



**PERBANDINGAN KEANDALAN MODEL HBV DENGAN
INPUT DATA CURAH HUJAN SATELIT TRMM DAN
OBSERVASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BEDADUNG
KABUPATEN JEMBER**

***RELIABILITY COMPARISON OF HBV MODEL WITH TRMM
SATTELITE AND OBSERVATION PRECIPITATION DATA AS
AN INPUT ON BEDADUNG WATERSHED JEMBER DISTRICT***

SKRIPSI

Oleh:

Muhamad Zulvi Alhamda

NIM 151910301119

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2020



**PERBANDINGAN KEANDALAN MODEL HBV DENGAN
INPUT DATA CURAH HUJAN SATELIT TRMM DAN
OBSERVASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI BEDADUNG
KABUPATEN JEMBER**

***RELIABILITY HBV MODEL COMPARISON WITH TRMM
SATTELITE AND OBSERVATION PRECIPITATION DATA
INPUT ON BEDADUNG WATERSHED JEMBER DISTRICT***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
Untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
Dan mencapai gelar sarjana

Oleh:

Muhamad Zulvi Alhamda

NIM 151910301119

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Segala puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas segala limpahan anugerah dan karunia-Mu skripsi ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam selalu terlimpah pada junjungan nabi besar Rasulullah Muhammad SAW. Karya tulis ini kupersembahkan sebagai ungkapan rasa terimakasih dan cinta kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat dan ridho-Nya yang telah memberikan ilmu, kekuatan dan kemudahan dalam setiap langkah.
2. Bapak saya Asror Arifin dan Ibuk saya Sri Sugiarti yang selalu mencurahkan cinta, kasih sayang, perhatian, doa, dan pengorbanan yang tulus dan tak pernah berkurang sedikitpun sejak dulu hingga saat ini.
3. Kakak pertamaku Nizar Nusfianto dan istrinya Tsalits Rahmayani, kakak keduku Ainur Rifqi dan istrinya Ony Yusronia Putri, yang selalu menyalakan semangat dan memberi dukungan hingga mengantarkanku sampai kini.
4. Keponakan kecilku Elang Maheswara Alfreda dan Attarazka Narel Lazuardi yang selalu memberikan kebahagiaan dan keceriaan dalam keseharianku.
5. Seluruh guru dari Taman Kanak-kanak hingga Perguruan Tinggi yang selalu bersedia memberikan ilmu, bimbingan, dan inspirasi dengan ikhlas dan tiada hentinya.

MOTTO

“Urip iku kudu urup”

(Anonim)

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai dari suatu urusan, kerjakanlah sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(QS. Al-Insyirah ayat 5-8)

“Everything won't last forever. So, prepare yourself for the fall of your throne, and don't lost hope because there will be a time for you to shine again.”

(Anonim)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhamad Zulvi Alhamda

NIM : 151910301119

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “Perbandingan Keandalan Model HBV Dengan Input Data Curah Hujan Satelit TRMM dan Observasi di Daerah Aliran Sungai Bedung Kabupaten Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instuisi lain manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember , 21 Januari 2020

Yang menyatakan,

Muhamad Zulvi Alhamda

NIM 151910301119

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KEANDALAN MODEL HBV DENGAN INPUT DATA
CURAH HUJAN SATELIT TRMM DAN OBSERVASI DI DAERAH ALIRAN
SUNGAI BEDADUNG KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Muhamad Zulvi Alhamda
NIM 151910301119

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

Dosen Pembimbing Anggota : Wiwik Yunarni S.T, M.T.

PENGESAHAN

Tugas akhir berjudul “Perbandingan Keandalan Model Dengan Data Curah Hujan Satelit TRMM dan Observasi Sebagai Input Menggunakan Simulasi Model HBV di Daerah Aliran Sungai Bedadung Kabupaten Jember” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Selasa, 21 April 2020

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

Wiwik Yunarni W., S.T., M.T
NIP 19700613 199802 2 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Gusfan Halik, S.T., M.T
NIP 19710804 199803 1 002

Retno Utami Agung Wiyono,
S.T, M.Eng., Ph.D.
NRP 760017219

Mengesahkan :
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember

Dr. Triwahju Hardianto, S.T.,M.T.M
NIP 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Perbandingan Keandalan Model Dengan Data Curah Hujan Satelit TRMM dan Observasi Sebagai *Input* Menggunakan Simulasi Model HBV di Daerah Aliran Sungai Bedadung (Kabupaten Jember) ; Muhamad Zulvi Alhamda; 151910301119; 2019; 67 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Curah hujan merupakan salah satu unsur penting sebagai masukan data ketika akan melakukan permodelan hidrologi. Namun dalam pengambilan data observasi seringkali terjadi data curah hujan yang hilang. Hal ini terjadi disebabkan alat pengukur curah hujan yang rusak, kesalahan rekapitulasi data, maupun *human error*. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka dapat digunakan solusi alternatif berupa penggunaan data curah hujan satelit yang pada penelitian ini digunakan data dari satelit TRMM. Pada penelitian ini akan juga berfokus pada perbandingan output dari input data yang berbeda yaitu data hujan observasi dan data satelit. Model yang digunakan untuk mentransformasikan data curah hujan menjadi debit pada penelitian ini adalah model HBV. Model ini biasa digunakan pada area subtropis skandinavia seperti Swedia, Norwegia, dsb. Model HBV dipilih karena ingin mengetahui performa model apabila digunakan pada area tropis seperti DAS Bedadung.

Sebelum dilakukannya pemodelan hujan-aliran, data yang tersedia perlu diolah terlebih dahulu. Beberapa proses tersebut di antaranya adalah perhitungan data curah hujan yang hilang menggunakan metode statistic normal ratio method, perhitungan curah hujan rerata wilayah menggunakan metode polygon thiessen, menghitung nilai evapotranspirasi menggunakan metode penmann-monteith, dan validasi data satelit.

Model ini terdiri dari bermacam-macam *routing* salju/hujan, air tanah, evapotranspirasi, dan air bumi dengan 3 persamaan *linier reservoir* dan *channel routing*. Untuk daerah tropis yang tidak mengalami curahan berupa salju, HBV membagi lapisan tanah menjadi 3 bagian dan 1 *channel routing* berdasarkan

respon permukaan tanah terhadap hujan yang turun. Empat lapisan tersebut adalah sebagai berikut: X1 (*Soil Moisture Storage*), X2 (*Upper Storage*), X3 (*Lower Storage/Ground Water*) dan X4 (Aliran air sungai).

Berdasarkan hasil dari pemodelan hujan aliran menggunakan model HBV yang menggunakan dua data masukan yang berbeda yaitu data stasiun hujan dan data satelit TRMM di DAS Bedadung dapat disimpulkan bahwa penggunaan data stasiun hujan lebih dapat diandalkan daripada data satelit TRMM 3B42. Hasil kalibrasi pemodelan yang menggunakan data stasiun hujan didapatkan nilai R^2 dan NSE berturut turut sebesar 0,7153 dan 0,7133 dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 89 mm/tahun. Hasil validasi didapatkan nilai R^2 dan NSE sebesar berturut turut 0,6989 dan 0,6954 dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 116 mm/tahun.

Sedangkan kalibrasi pemodelan yang menggunakan data satelit TRMM didapatkan nilai R^2 dan NSE berturut turut sebesar 0,5741 dan 0,5550 dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 305 mm/tahun. Hasil validasi didapatkan nilai R^2 dan NSE sebesar berturut turut 0,5334 dan 0,4785. Dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 460 mm/tahun.

SUMMARY

Reliability HBV Model Comparison With TRMM and Observation Rainfall Data Input on Bedadung Watershed Kabupaten Jember; Muhamad Zulvi Alhamda; 151910301119; 2019; 67 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Rainfall is an important input data to be carried out during hydrological modeling. But in collecting data observations, some of the data is often missing. This could happen due to either environmental change around the rainfall gauge, fault on data recapitulation, or human error. In order to anticipate this problems, satellite data can be used as an alternative which in this study uses data from the TRMM satellite. In this study, we will also discuss the output of different input data on hydrological modelling. The model that used for modeling rainfall-runoff in this study is the HBV model. This model is usually used in Scandinavian subtropical areas such as Sweden, Norway, etc. This model was chosen because to know how good are the model performance if used in the tropical area such as Bedadung watershed.

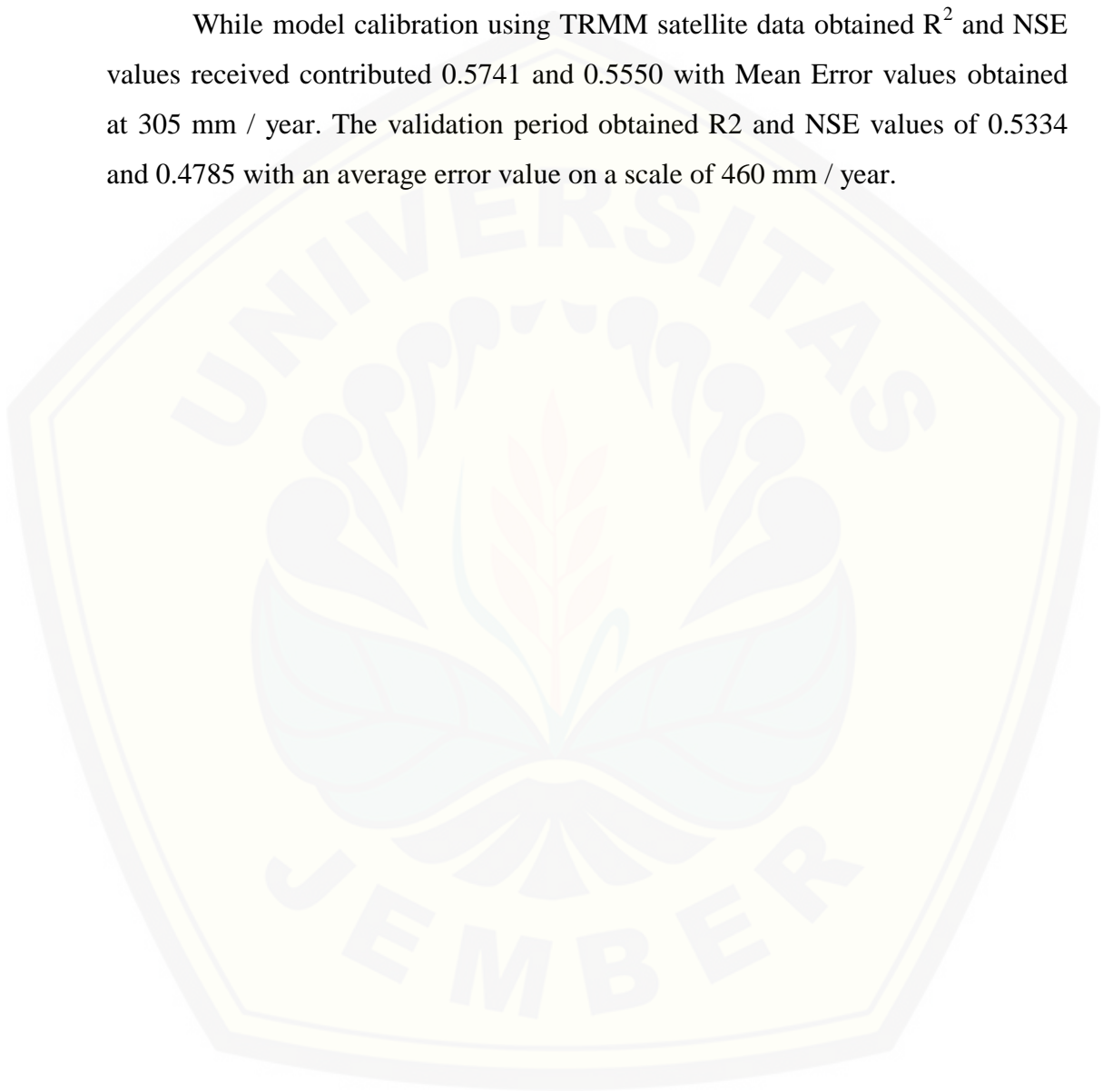
Before considering rainfall-runoff modeling, the available data needs to be processed first. Some of these processes is calculate the missing rainfall data using the normal ratio method, calculate the average regional rainfall using the polygon thiessen method, calculate the evapotranspiration value using the penmann-monteith method, and validate satellite data.

This model consists of various snow, groundwater, evapotranspiration, and groundwater routes with 3 linear reservoir equations and channel routes. For tropical regions that do not consist of snow, HBV divides the soil layer into 3 parts and 1 route channel based on surface response to falling rain. The four layers are as follows: X1 (Soil Moisture Storage), X2 (Top Storage), X3 (Underwater / Groundwater Storage) and X4 (River water flow).

Based on the results of rainfall-runoff modeling using the HBV model that uses two different input data, it can be concluded that the uses of rain station data as an input is better than TRMM 3B42 satellite data. The results of model

calibration using rain station data obtained R^2 and NSE values contributed 0.7153 and 0.7133 with Mean Error values collected at 89 mm / year. The validation period obtained R^2 and NSE values of 0.6989 and 0.6954 with an average error value on a scale of 116 mm / year.

While model calibration using TRMM satellite data obtained R^2 and NSE values received contributed 0.5741 and 0.5550 with Mean Error values obtained at 305 mm / year. The validation period obtained R^2 and NSE values of 0.5334 and 0.4785 with an average error value on a scale of 460 mm / year.



PRAKATA

Segala puji dan puji bagi Allah SWT penulis panjatkan atas limpahan karunia dan hidayah-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul “Perbandingan Keandalan Model HBV Dengan Input Data Curah Hujan Satelit TRMM dan Observasi di Daerah Aliran Sungai Bedadung Kabupaten Jember”. Proyek akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Triwahju Hardianto, S.T. M.T.M, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Dr. Gusfan Halik S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T., M.T, selaku Ketua Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,
4. Dr. Gusfan Halik S.T., M.T., selaku Pemimbing Akademik selama penulis menjadi mahasiswa,
5. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M, selaku Dosen Pembimbing I dan Wiwik Yunarni, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dengan kesabaran dan ketulusan sehingga proyek akhir ini dapat terselesaikan,
6. Dr. Gusfan Halik S.T., M.T., dan Retno Utami Agung Wiyono S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik membangun dalam penyusunan proyek akhir ini,
7. Semua dosen Teknik Sipil Program Studi yang selama ini telah banyak membimbing serta memberikan ilmu sampai terselesaikannya studi ini,
8. Bapak saya Asror Arifin dan Ibu saya Sri Sugiarti yang senantiasa mencurahkan cinta dan kasih sayang dalam setiap doa yang dipanjatkan.

9. Saudara-saudara saya Nizar Nusfianto dan Ainur Rifqi serta keponakanku Elang Maheswara Alfreda dan Attarazka Narel Lazuardi yang senantiasa memberikan doa dan semangat sehingga membuat penulis selalu berusaha segera menyelesaikan proyek akhir ini.
10. Keluarga KKN 24 Desa Panduman, Kecamatan Jelbuk.
11. Keluarga Kosan Manggis 89 yang nyaman dan murah, Anwar, Frendi, Mas Ardi, Mas Yayak, Mas Rudi, Mas Hafid, Mas Chudori dan Ibu Kusuma.
12. Sahabat-sahabat Adek ALEX yang selalu mendukung, selalu *mensupport*, tidak menghujat, selalu membawa kebahagiaan, kata-katanya lembut bagaikan sutera, perilakunya mencerminkan seorang cendekiawan, dan selalu memberikan nilai-nilai hidup yang akan berguna kelak.
13. Keluarga Tadika Mesra Bapak Alin, Ibu Alin, Alin, Ebik, Putek, Titin, Andin, Tiara, Fakhri.
14. Almamater kebanggaanku Program Studi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember,
15. Semua pihak yang membantu terselesaikannya proyek akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Amin.

Jember, 1 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

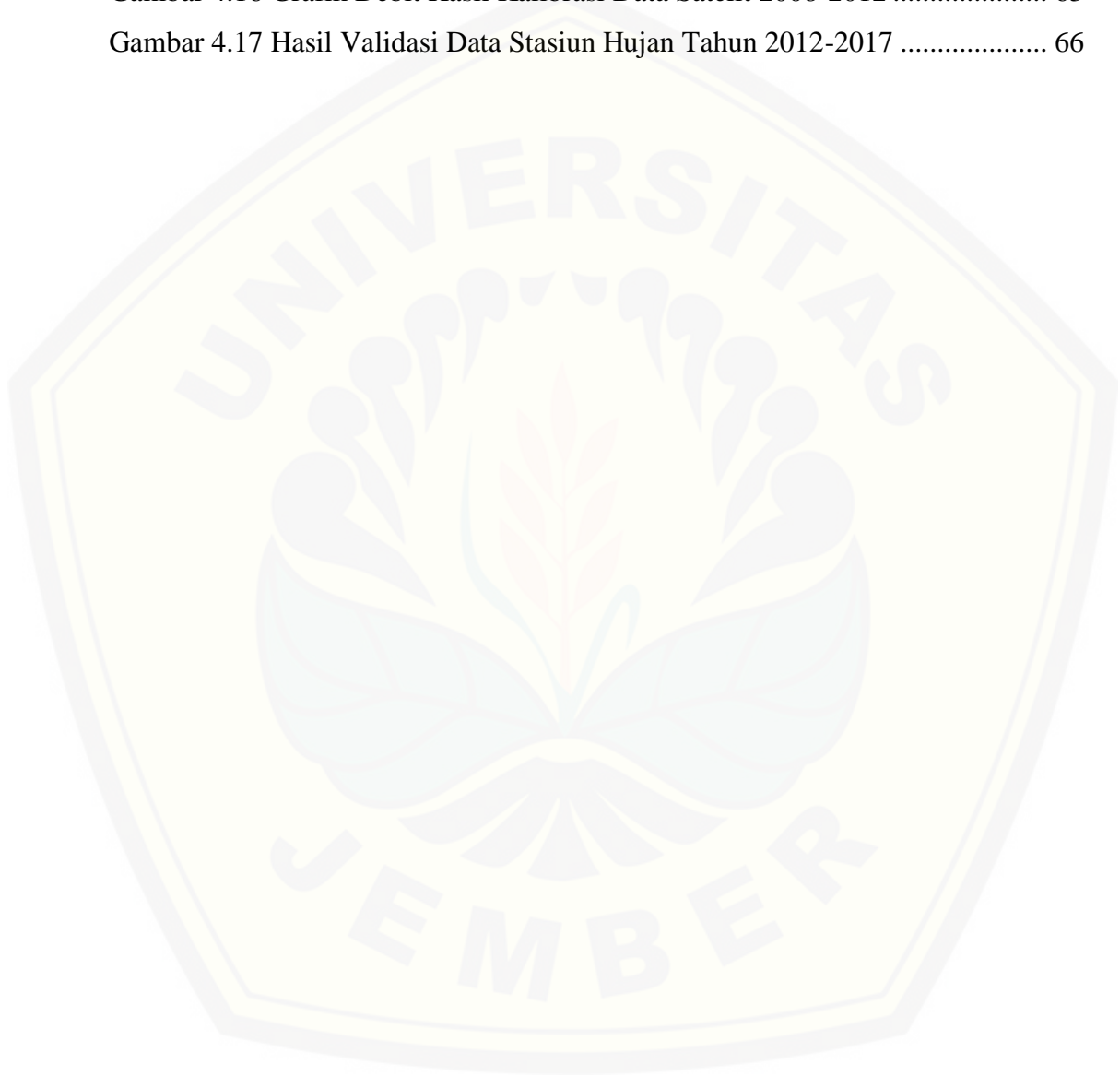
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.8 Siklus Hidrologi	4
2.8 Neraca Air	5
2.8 HBV	6
2.8 Evapotranspirasi.....	9
2.4.1 Metode Thornwhaite	10
2.4.2 Metode Blaney-Criddle.....	10
2.4.3 Metode Turc Lungbein.....	11
2.4.4 Penmann Monteith	12
2.8 Curah Hujan	13
2.5.1 <i>Manual Rainfall Recorder</i>	14
2.5.2 <i>Automatic Rainfall Recorder</i>	15
2.5.3 <i>Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)</i>	16
2.8 Pengolahan Data Hujan	17
2.6.1 Pengisian Data Hujan yang Hilang	18
2.6.2 Menentukan Curah Hujan Rata-Rata Wilayah	19
2.6.3 Kurva Massa Ganda	20
2.6.5 Validasi Data Satelit	22
2.7 Kalibrasi <i>Genetic Algorithm</i>.....	23
2.8 Penelitian Terdahulu	24
BAB 3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Lokasi Penelitian	26
3.2 Data Penelitian.....	26
3.3 Langkah-Langkah Penelitian	27

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pengolahan Data Hidrologi	35
4.1.1 Pengisian Data Curah Hujan yang Hilang	35
4.1.2 Uji Konsistensi Data Kurva Massa Ganda.....	37
4.1.3 Uji Konsistensi RAPS (<i>Rescalated Adjusted Partial Sums</i>)	39
4.2 Perhitungan Curah Hujan Wilayah	40
4.3 Validasi Data Satelit	45
4.4 Analisa Evapotranspirasi	46
4.5 Hasil Pemodelan HBV	50
4.5.1 Proses Kalibrasi Data Masukan Stasiun Hujan.....	51
4.5.2 Proses Validasi Data Masukan Stasiun Hujan	61
4.5.3 Proses Kalibrasi Data Masukan Satelit TRMM	62
4.5.4 Proses Validasi Data Masukan Satelit TRMM	65
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Hidrologi	4
Gambar 2.2 Konsep Neraca Air	6
Gambar 2.3 Curah hujan (input) dan debit aliran (output).....	8
Gambar 2.4 Skema struktur dari cekungan dalam HBV-96 model (Lindstrom et al., 1997)	9
Gambar 2.5 Manual Rainfall Recorder (MRR).....	14
Gambar 2.6 Automatic Rainfall Recorder tipe Hellman.....	15
Gambar 2.7 Instrumentasi Satelit TRMM.....	16
Gambar 2.8 Diagram Alir Algoritma TRMM (NASDA,2001)	17
Gambar 2.9 Kurva Masa Ganda	20
Gambar 3.1 Peta DAS Bedadung.....	26
Gambar 3.2 DEM DAS Bedadung.....	28
Gambar 3.3 <i>Depressionless</i> DEM DAS Bedadung	29
Gambar 3.4 <i>Flow Direction</i> DAS Bedadung	29
Gambar 3.5 <i>Flow Accumulation</i> DAS Bedadung	30
Gambar 3.6 <i>Snap Pour Point</i> DAS Bedadung	31
Gambar 3.7 <i>Watershed</i> DAS Bedadung.....	31
Gambar 3.8 Bagan Alir Penelitian	33
Gambar 3.9 Diagram Alir HBV	34
Gambar 4.1 Grafik Uji Konsistensi Data Stasiun Arjasa.....	39
Gambar 4.2 Peta Batas DAS Bedadung.....	41
Gambar 4.3 Peta Polygon Thiessen DAS Bedadung	42
Gambar 4.4 Polygon Thiessen Grid Satelit.....	45
Gambar 4.5 Struktur Model	50
Gambar 4.6 Tampilan Optimasi Menggunakan Genetic Algorithm	52
Gambar 4.7 Struktur Model <i>Standard Version</i>	54
Gambar 4. 8 Grafik Periode Kalibrasi Struktur Model <i>Standard Version</i>	55
Gambar 4. 9 Struktur Model <i>Three GW Boxes</i>	56
Gambar 4. 10 Grafik Periode Kalibrasi Struktur Model <i>Three GW Boxes</i>	57

Gambar 4. 13 Struktur Model <i>One GW Box</i>	58
Gambar 4. 14 Grafik Periode Kalibrasi Struktur Model <i>One GW Box</i>	59
Gambar 4.11 Struktur Model <i>Delay</i>	59
Gambar 4.12 Grafik Periode Kalibrasi Struktur Model <i>Delay</i>	60
Gambar 4.16 Grafik Debit Hasil Kalibrasi Data Satelit 2008-2012	63
Gambar 4.17 Hasil Validasi Data Stasiun Hujan Tahun 2012-2017	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Q/n dan R/n	22
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	24
Tabel 4.1 Rekapitulasi Data Hujan Hilang	35
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hujan Rata-rata Tahunan Stasiun Terdekat	36
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Data Hujan Hilang	37
Tabel 4.4 Rekapitulasi Uji Konsistensi Data Hujan.....	37
Tabel 4.5 Uji Konsistensi Data Stasiun Arjasa	38
Tabel 4.6 Tabel Uji Konsistensi RAPS di Stasiun Arjasa	39
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Uji Konsistensi Metode RAPS	40
Tabel 4.8 Rekapitulasi Koordinat Stasiun Hujan	42
Tabel 4.9 Rekapitulasi Koefisien Thiessen.....	43
Tabel 4.10 Rekapitulasi Curah Hujan Rata-rata Wilayah.....	44
Tabel 4.11 Hubungan Suhu(t) terhadap $e_a(mbar)$, w , $(1-w)$, dan $f(t)$	46
Tabel 4.12 Nilai Angot (R_a) dalam evaporasi Ekuivalen dalam hubungannya	47
Tabel 4.13 Angka Koreksi Bulanan (c).....	48
Tabel 4.14 Perhitungan Evapotransporasi Metode Penmann Tahun 2008	49
Tabel 4. 15 Parameter Dalam Struktur Model <i>Standard Version</i>	54
Tabel 4. 16 Hasil Kalibrasi Struktur Model <i>Standard Version</i>	55
Tabel 4. 17 Hasil Kalibrasi Struktur Model <i>One GW Box</i>	56
Tabel 4. 18 Hasil Kalibrasi Struktur Model <i>One GW Box</i>	58
Tabel 4.19 Parameter Kalibrasi Struktur Model <i>Delay</i>	60
Tabel 4.20 Parameter Hasil Kalibrasi Menggunakan Struktur Model <i>Delay</i>	60
Tabel 4. 21 Rekapitulasi Parameter Hasil Kalibrasi	61
Tabel 4. 22 Rekapitulasi Validasi Pada Setiap Struktur Model	62
Tabel 4.23 Nilai Parameter Hasil Kalibrasi	63

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Iklm merupakan rerata cuaca harian pada suatu daerah tertentu dalam rentan waktu tertentu. Iklm dari daerah satu dengan daerah yang lain tidak mungkin mempunyai pola yang identik. Iklm tersusun dari unsur-unsur yang mempunyai rentang variasi yang besar mengakibatkan hal ini bisa terjadi. Indonesia termasuk ke dalam iklm tropis dikarenakan letak geografisnya yang berada pada garis khatulistiwa serta diapit oleh dua benua dan dua samudra.

Salah satu unsur yang mempengaruhi cuaca dan iklm adalah curah hujan atau presipitasi. Hujan menjadi salah satu unsur pembentuk iklm yang berperan penting untuk sektor pertanian, perikanan, perkebunan, transportasi dan infrastruktur. Dalam pengukuran presipitasi terdapat dua cara observasi yaitu secara manual dan otomatis. Namun selain menggunakan data observasi, curah hujan juga dapat diprediksi menggunakan data sirkulasi atmosfer yang disediakan oleh satelit meteorologi.

Hujan merupakan salah satu unsur penting sebagai masukan data ketika akan melakukan permodelan hidrologi. Dalam pengambilan data observasi seringkali terjadi data curah hujan yang hilang. Hal ini terjadi disebabkan alat pengukur curah hujan yang rusak, data rekapitulasi yang hilang, maupun *human error*. Untuk mengatasi permasalahan ini, prediksi curah hujan menggunakan data sirkulasi atmosfer mampu menjadi salah satu opsi sebagai data masukan.

Model HBV (*Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning*) (Bergström, 1976,1972) adalah model *rainfall-runoff* yang mencakup konsep numerik dari proses hidrologi dalam skala Daerah Aliran Sungai (DAS). Model yang dapat bersifat *semi-distributed* ini telah diaplikasikan di berbagai negara di dunia yang memiliki perbedaan kondisi iklm seperti Swedia, Zimbabwe, India dan Kolombia.

Penggunaan model HBV sudah dilakukan di beberapa lokasi di Indonesia. Menurut Sipayung dkk (2010), estimasi debit model HBV yang

diaplikasikan di DAS Citarum Hulu memiliki pola mendekati dengan data observasi dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.8. Sudiar (2016) mensimulasikan nilai debit aliran DAS Batang Arau tahun 1991 dengan koefisien korelasi 0.48 dan nilai NSE sebesar 0.58 yang berarti akurasi model HBV memasuki kategori sedang.

Dalam penelitian yang lain, telah dilakukan beberapa studi mengenai DAS Bedadung menggunakan beberapa permodelan. Menurut Wahyuningsing dan Hidayah (2006), koefisien korelasi yang dihasilkan menggunakan model IHACRESS, Sacramento, dan SIMHYD yang diterapkan pada DAS Bedadung berturut turut adalah 0,867; 0,906; dan 0,997. Wahyuningsih, dkk (2010), menguji keandalan model Sacramento pada DAS Bedadung menghasilkan koefisien korelasi 0,993.

Berdasarkan hasil yang cukup baik yang ditunjukkan oleh model HBV yang telah digunakan oleh banyak negara di seluruh dunia, peneliti pada kesempatan ini ingin mengaplikasikan model HBV diterapkan pada DAS Bedadung Kabupaten Jember dengan membandingkan penggunaan data curah hujan satelit dan curah hujan observasi agar mengetahui bahwa distribusi debit hujan permodelan berkorelasi terhadap debit aktual pada DAS tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja model HBV dalam mensimulasikan pola hujan aliran pada DAS Bedadung?
2. Bagaimana perbandingan keandalan model data hujan satelit dengan data observasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis kinerja model HBV terhadap kondisi DAS Bedadung.
2. Menganalisis perbandingan keandalan data curah hujan satelit dan data curah hujan observasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat sebagai:

1. Dapat digunakan oleh Dinas Pengairan sebagai dasar pengelolaan sumber daya air di DAS Bedadung.
2. Dapat digunakan sebagai dasar identifikasi permasalahan potensi banjir di DAS Bedadung.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

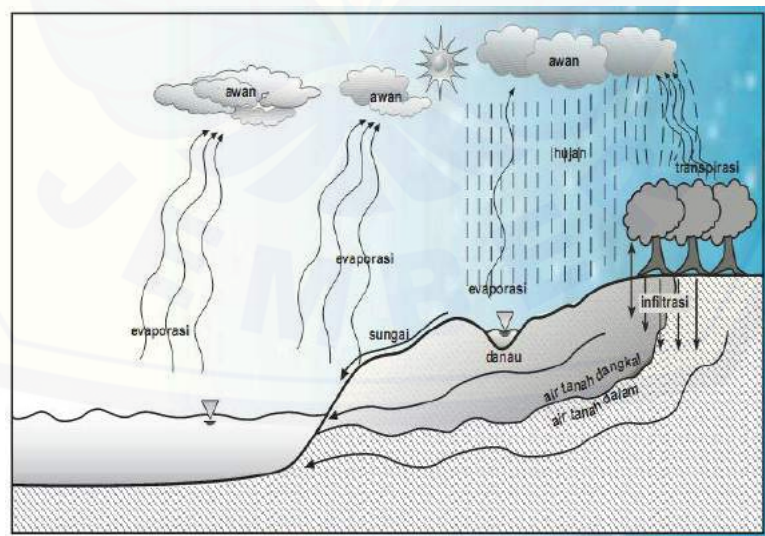
1. Menggunakan data curah hujan dan limpasan tahun 2008 sampai tahun 2017.
2. Data satelit TRMM yang dipakai adalah data TRMM 3B42.
3. Tidak memperhitungkan perubahan tata guna lahan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.8 Siklus Hidrologi

Air di bumi mengalami sistem daur ulang yang biasa disebut siklus hidrologi. Siklus hidrologi air mengalami perubahan bentuk dimulai dari penguapan di lautan yang disebabkan oleh panas matahari. Uap ini terbawa ke udara oleh massa udara yang bergerak. Uap selanjutnya terkondensasi di lapisan atmosfer bumi dan menjadi awan yang kemudian akan terjadi presipitasi atau hujan.

Air hujan yang telah jatuh ke bumi sebagian akan masuk ke dalam tanah pada lapisan pembawa air (akuifer), peristiwa ini biasa disebut dengan infiltrasi. Sebagian yang lain dari air hujan akan berupa *surface runoff*. Namun tidak semua air yang meresap ke dalam tanah akan langsung kembali ke laut. Beberapa air akan menguap kembali ke udara, sebagian yang lain akan menuju sungai sungai. Adapun *groundwater* adalah air yang tersimpan dalam tanah yang membutuhkan waktu yang lama untuk kembali ke permukaan tanah pada daerah rendah elevasi. (Indarto, 2010). Skema ilustrasi dari siklus hidrologi dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

(Sumber : belajargeodenganhendri.wordpress.com)

2.8 Neraca Air

Neraca air (*water balance*) merupakan model kuantitatif antara jumlah air yang terdapat di permukaan tanah dan di dalam tanah dengan curah hujan yang jatuh dalam suatu DAS pada kurun waktu tertentu. Diperlukan beberapa tahun pengamatan sehingga curah hujan dapat ditemukan nilai rata-ratanya dalam satu titik hujan dan hujan wilayah untuk perhitungan neraca air atau menggunakan peluang hingga melampaui nilai tertentu (Doorenbis dan Pruitt, 1977). Sesampainya di permukaan tanah, perjalanan air hujan ditentukan oleh karakteristik tanah tersebut meliputi sifat fisik tanah, penutupan vegetasi, dan karakteristik air permukaan pada cekungan-cekungan seperti danau, sungai dan lain sebagainya. *Flowchart* dari konsep neraca air dapat dilihat pada gambar 2.2.

Menurut Seyhan (1993), komponen-komponen dalam siklus hidrologi dihubungkan oleh persamaan neraca air yang dinyatakan sebagai berikut :

$$P = R + E + T + I + \Delta S \quad (2.1)$$

Atau dapat juga berbentuk :

$$P = R + ET + I + \Delta S \quad (2.2)$$

dengan :

P = Curah Hujan (Presipitasi)

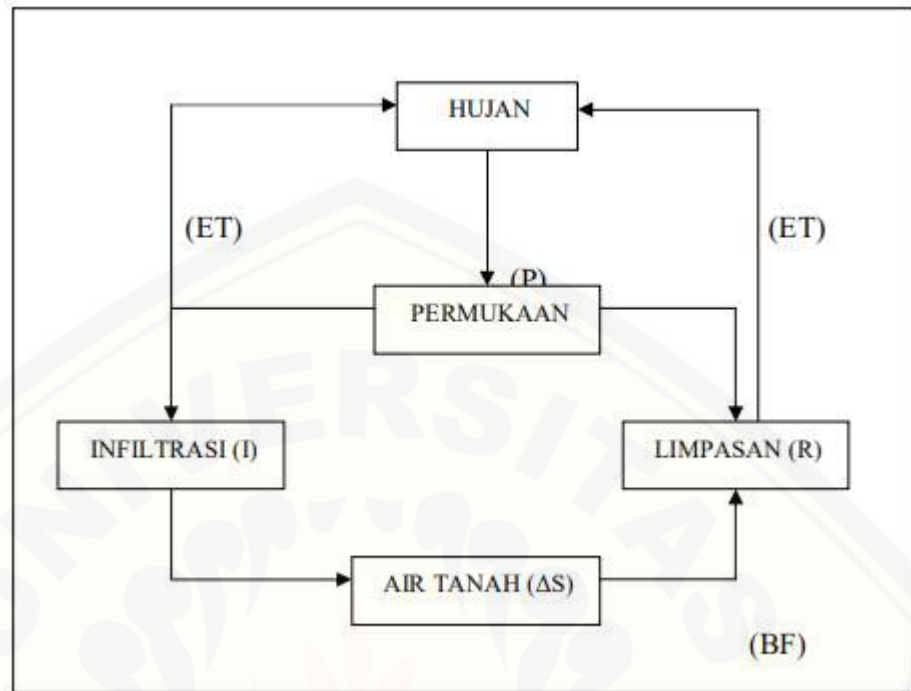
R = Limpasan (*Run-off*)

ET = Evapotranspirasi

I = Infiltrasi

ΔS = Cadangan air tanah

BF = *Base Flow*



Gambar 2.2 Konsep Neraca Air

(Sumber: *google.com*)

2.8 HBV

Model HBV (*Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning*) adalah model rainfall-runoff yang termasuk kedalam deskripsi konsep numerik dari proses hidrologi dalam skala DAS (Bergstrom, 1976, 1992). Persamaan *water balance* secara umum dideskripsikan sebagai berikut:

$$P - E - Q = \frac{d}{dt}[SP + SM + UZ + LZ + \text{Lakes}] \quad (2.3)$$

dengan:

- P = Presipitasi
- E = Evapotranspirasi
- Q = *Runoff*
- SP = *Snow Pack*
- SM = *Soil Moisture*
- UZ = *Upper Groundwater Zone*
- LZ = *Lower Groundwater Zone*

Model ini telah banyak dikembangkan antara lain HBV-ETH (Renner dan Braun 1990). HBV-96 (Lindstrom et al., 1997), dan HBV-Light (Seibert, 2005). Data input untuk HBV model adalah curah hujan, suhu udara dan perkiraan evapotranspirasi potensial. Untuk jangka waktu catatan data observasi yang digunakan adalah dalam skala harian. Namun direkomendasikan untuk menggunakan jangka waktu yang lebih pendek. Nilai penguapan yang digunakan biasanya menggunakan rata-rata bulanan walaupun dimungkinkan untuk menggunakan data harian. Data suhu udara juga digunakan untuk perhitungan akumulasi dan lelehan salju. Jika tidak ada, opsi terakhir yang digunakan adalah suhu dapat dihilangkan di area bebas salju.

Model ini terdiri dari bermacam-macam routing salju/hujan, air tanah, evapotranspirasi, dan air bumi dengan 3 persamaan linier reservoir dan *channel routing*. Untuk daerah tropis yang tidak mengalami curahan berupa salju, HBV membagi lapisan tanah menjadi 3 bagian dan 1 *channel routing* berdasarkan respon permukaan tanah terhadap hujan yang turun. Empat lapisan tersebut adalah sebagai berikut: X1 (*Soil Moisture Storage*), X2 (*Upper Storage*), X3 (*Lower Storage/Ground Water*) dan X4 (Aliran air sungai). Secara runut konsep model HBV dapat dilihat pada gambar 2.3 dan 2.4.

Model ini terdiri dari subrutin untuk interpolasi meteorologi, akumulasi dan lelehan salju, estimasi evapotranspirasi, prosedur perhitungan kelembaban tanah, rutinitas untuk pembangkitan limpasan dan terakhir prosedur pembuatan rute sederhana antara cekungan dan danau.

Beberapa parameter model dan estimasi evapotranspirasi potensial sebagai input, berhubungan dengan debit aliran melalui sejumlah parameter dan konsep persamaan seperti yang tercantum dalam gambar 2.3. Parameter model dan variabel dipergunakan sebagai verifikasi dan validasi seperti: *maximum soil moisture storage* (FC) = 200, *limit for potential evaporation* (LP) = 100, *beta coefficient* (β) = 1, *percolation rate* (PERC) = 1, *capillary flux rate* (CFLUX) = 0.0001, Kf = 0,001 dan alfa = 1, adalah merupakan *recession parameter* (Liden R. dan Harlin J, 2000). Untuk mengetahui kinerja model dihitung koefisien korelasi (R^2) dan NSE, persamaannya dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$R^2 = \frac{(\sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})(Q_{sim} - \bar{Q}_{sim}))^2}{\sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2 \sum(Q_{sim} - \bar{Q}_{sim})^2} \quad (2.4)$$

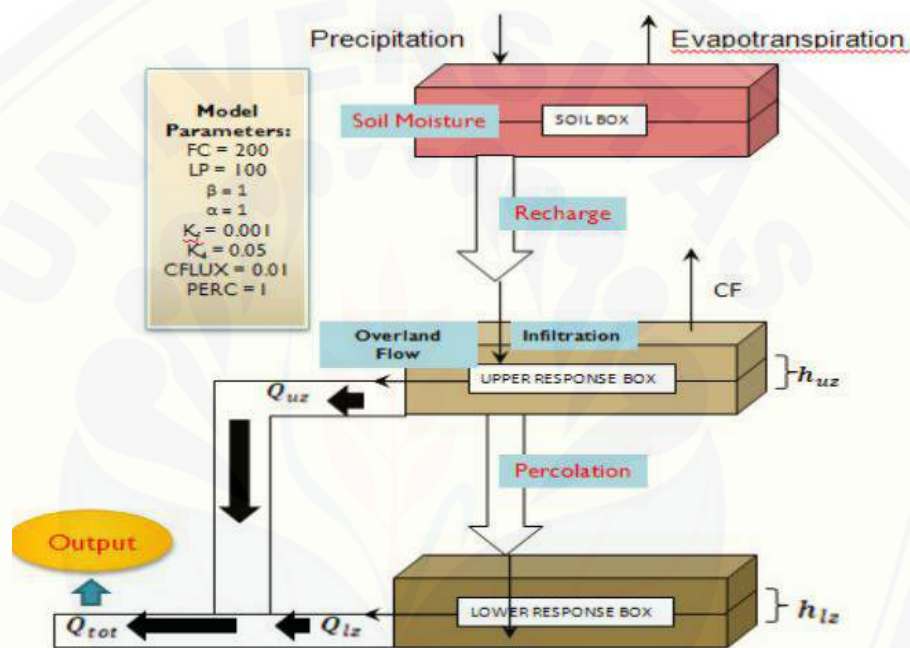
$$NSE = 1 - \frac{\sum(Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum(Q_{obs} - \bar{Q}_{obs})^2} \quad (2.5)$$

dengan:

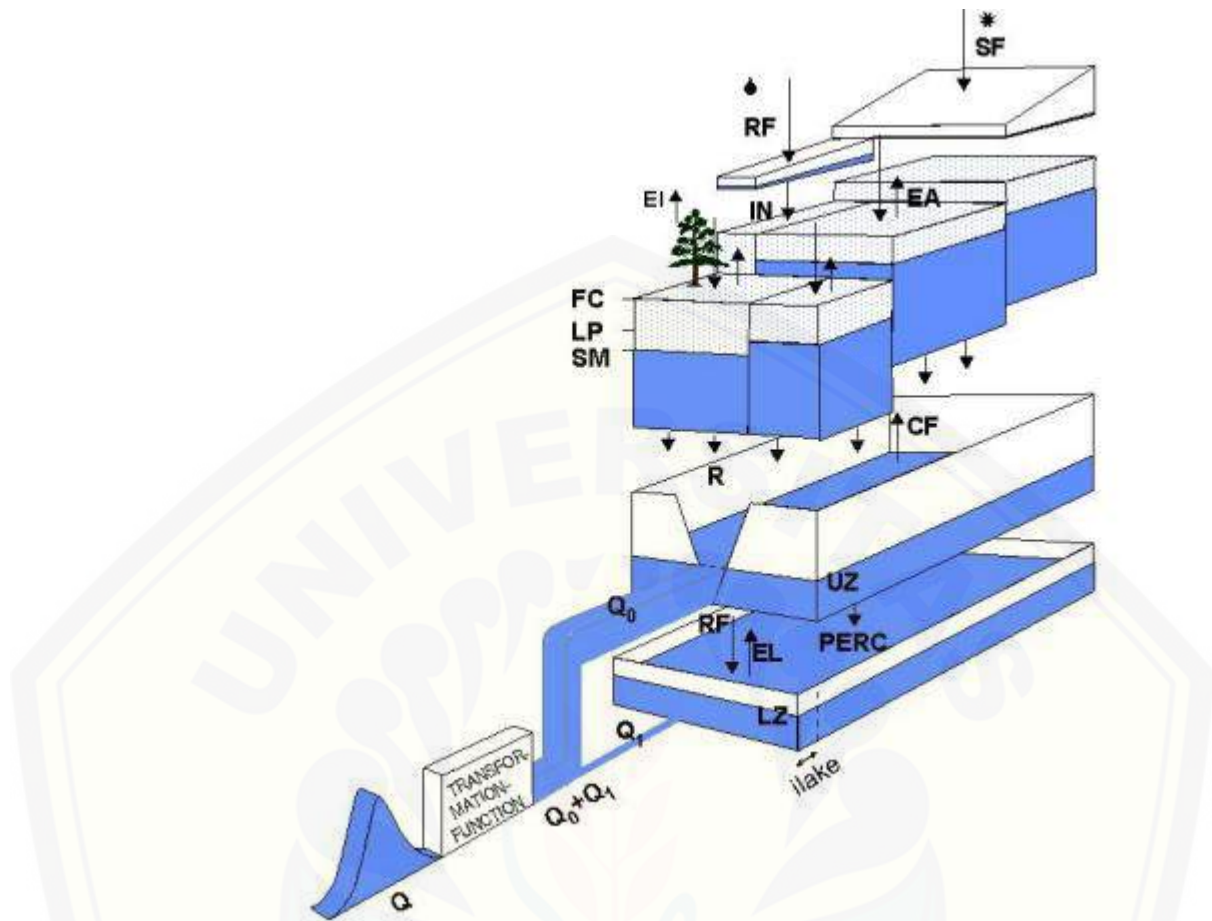
NSE = efisiensi model

R^2 = koefisien determinasi

Q_{sim} dan Q_{obs} = nilai limpasan data model dan observasi



Gambar 2.3 Curah hujan (input) dan debit aliran (output)
(Sumber : Sipayung, 2010)



Gambar 2.4 Skema struktur dari cekungan dalam HBV-96 model (Lindstrom et al., 1997)

(Sumber : *IHMS manual*)

2.8 Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah akumulasi air yang berasal dari permukaan tanah, air, dan vegetasi yang menguap ke atmosfer dikarenakan faktor iklim dan fisiologi tumbuhan. Besarnya evapotranspirasi adalah jumlah dari evaporasi, intersepsi, dan transpirasi. Evaporasi merupakan penguapan yang terjadi di permukaan tanah, sedangkan intersepsi adalah penguapan kembali air hujan yang belum terserap yang berada di tumbuhan. Adapun transpirasi merupakan penguapan air tanah kembali ke atmosfer yang melalui tumbuhan-tumbuhan.

Nilai evapotranspirasi potensial dapat dihitung menggunakan beberapa metode pendugaan yaitu diantaranya Metode Thornwhaite, Metode

Blaney-Criddle, Metode Blaney-Criddle Modifikasi, Metode Turc Lungbein, dan lain sebagainya.

2.4.1 Metode Thornwhaite

Besarnya evapotranspirasi potensial yang diambil dari data klimatologi dapat ditentukan menggunakan metode yang telah ditemukan Thornwhaite. Evapotranspirasi potensial (PET) tersebut diperoleh berdasarkan suhu udara rata-rata bulanan dengan standar 1 bulan 30 hari, dengan lama penyinaran 12 jam sehari. Suhu udara dalam metode ini dimanfaatkan sebagai indeks ketersediaan energi panas, maka dalam hal ini dianggap berkorelasi dengan efek radiasi matahari dan unsur unsur yang lainnya dalam proses evapotranspirasi.

Dengan masukan parameter suhu rata-rata bulanan (T_m). Evapotranspirasi menggunakan metode thornwaite mengikuti persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$E_{To} = 1.62 \left(10 \times \frac{T_m}{I}\right)^a \quad (2.6)$$

$$I = \sum i \quad (2.7)$$

$$i = \left(\frac{T_m}{5}\right)^{1.514} \quad (2.8)$$

$$a = 0,49239 + 1729 - 771 \times 10^{-7} (I^2) + 675 \times 10^{-9} (I^3) \quad (2.9)$$

dengan:

E_{To} = nilai evapotranspirasi potensial

T_m = nilai suhu rata-rata.

2.4.2 Metode Blaney-Criddle

Metode ini digunakan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi dari tumbuhan yang pengembangannya didasarkan pada kenyataan bahwa evapotranspirasi bervariasi sesuai dengan keadaan temperatur, lamanya penyinaran matahari/siang hari, kelembaban udara dan kebutuhan tanaman. Persamaan blaney-criddle dapat dijabarkan sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$U = K \frac{TP}{100} \quad (2.10)$$

dengan :

U = *consumptive use* (inch) selama pertumbuhan tanaman

K = koefisien empiris yang tergantung pada tipe dan lokasi tanaman

P = persentase jumlah jam penyinaran matahari per bulan dalam satu tahun (%)

T = Temperatur bulan ke-n

Sedangkan untuk metode Blaney-Criddle yang telah dimodifikasi memiliki rumus sebagai berikut (Soemarto, 1987):

$$E = K \frac{P\{(45,7 \times T) + 8130\}}{100} \quad (2.11)$$

dengan :

U = Transpirasi bulanan (mm/bulan)

T = Suhu udara bulan ke-n

P = persentase jam siang bulanan dalam setahun

K = Kt x Kc

Kt = $0,0311(t) + 0,24$

Kc = Koefisien tanaman bulanan dalam setahun = 0,94

Harga-harga Kc padi di Indonesia telah ditetapkan oleh Lembaga-lembaga terkait.

2.4.3 Metode Turc Lungbein

Inovasi tentang metode penentuan evapotranspirasi yang diinisiasi oleh Turc yang didasarkan pada penggunaan faktor klimatologi yang frekuensi penggunaannya paling tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai evapotranspirasi diantaranya adalah kelembaban relatif dan temperature udara.

Metode ini memiliki persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1987) :

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{E_0^2}}} \quad (2.12)$$

Nilai E₀ dapat dicari dengan :

$$E_0 = 325 + 21T + 0,9T^2 \quad (2.13)$$

dengan:

P = Curah hujan tahunan (mm)

E = Evapotranspirasi (mm/tb)

E_o = Evaporasi (mm/tb)

T = Rerata temperature tahunan (°C)

2.4.4 Penmann Monteith

Metode Penmann yang dikembangkan oleh H.L. Penman (Rothamsed Experimental Station, Harpenden, England) pada tahun 1948 menyatakan bahwa evaporasi air bebas E_o yang dikaitkan dengan neraca energi perlu dipengaruhi oleh panas dan kondisi gradien uap. Gradien harus terjadi untuk memindahkan uap setelah dihasilkan. Data input yang dibutuhkan untuk perhitungan evapotranspirasi menggunakan metode Penmann-Monteith diantaranya adalah: suhu, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kelembaban udara. (Soemarto, 1987).

$$ET_0 = c \times ET_0^* \quad (2.14)$$

$$ET_0 = w(0,75R_s - R_{nl}) + (1-w)xf(u)x(e_a - e_d) \quad (2.15)$$

$$R_s = (0,25 + 0,54n/N) \times R_a \quad (2.16)$$

$$E_d = e_a \times Rh \quad (2.17)$$

$$R_{nl} = f(t) \times f(ed) \times f(n/N) \quad (2.18)$$

$$f(e_d) = 0,34 - (0,44 \times e_d^{0,5}) \quad (2.19)$$

$$f(n/N) = 0,1 - (0,9 \times n/N) \quad (2.20)$$

$$f(u) = 0,27 - (1 + 0,864 U) \quad (2.21)$$

dengan:

c : angka koreksi penman

E_{to}* : evapotranspirasi tak terkoreksi (mm/hari)

w : factor yang berhubungan dengan suhu dan elevasi

R_s : radiasi gelombang pendek (mm/hari)

R_a : radiasi gelombang pendek yang memenuhi batas luar atmosfer (mm/hari)

ed : tekanan uap nyata

- ea : tekanan uap jenuh
Rnl : radiasi bersih gelombang panjang (mm/hari)
f(t) : fungsi suhu
f(ed) : fungsi tekanan uap
f(n/N) : fungsi kecerahan
n/N : durasi penyinaran matahari efektif (%)
U : kecepatan angin pada ketinggian 2 meter (m/det)

Nilai besaran parameter evapotranspirasi ea , w , dan $f(t)$ bergantung pada temperature rata-rata, sedangkan nilai radiasi gelombang pendek (R_a) bergantung pada letak lintang, dan besaran koefisien Penman sudah ditetapkan berdasarkan tabel yang sudah disertakan dalam lampiran.

Dalam perhitungan besaran radiasi gelombang pendek yang terjadi, terdapat konstanta a dan b yang mempengaruhinya. Konstanta ini bernilai berbeda bergantung pada letak suatu tempat di atas bumi. Nilai a dan b pada beberapa tempat adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987):

- a) Virginia, Amerika Serikat : $a = 0,22$; $b = 0,54$
b) Canberra, Australia: $a = 0,25$; $b = 0,54$
c) Belanda: $a = 0,20$; $b = 0,48$

(Untuk Indonesia yang secara geografis berdekatan dengan Australia maka dapat diambil harga a dan b senilai dengan Australia).

2.8 Curah Hujan

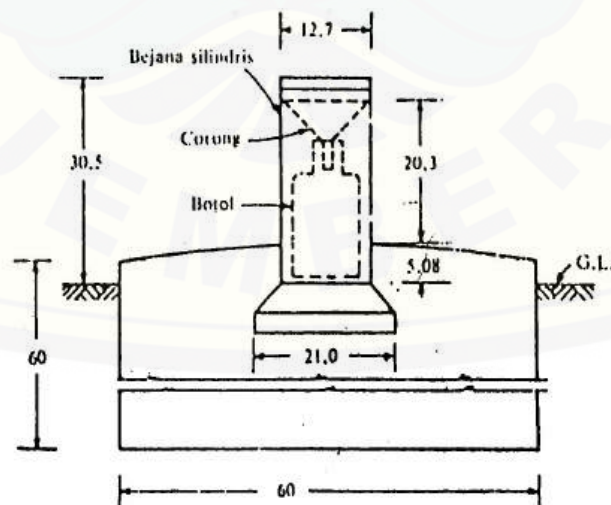
Bentuk dari presipitasi dapat berupa salju, batu es, dan slit. Adapun presipitasi yang jatuh ke bumi dalam bentuk cair biasa disebut hujan (*rainfall*). Berdasarkan pendapat para pakar hidrologi, seluruh bentuk presipitasi tidak sepenuhnya kembali ke laut. Diperkirakan hanya seperempat dari keseluruhan presipitasi yang jatuh ke daratan yang mampu kembali lagi ke laut melalui *direct runoff* dan *ground water flow*. Maka dari itu pada umumnya diyakini bahwa evaporasi dari daratan adalah sumber lengas utama bagi presipitasi daratan.

Pada saat ini telah diketahui bahwa penguapan dari laut adalah sumber utama dari pembentukan air hujan. Hanya kurang dari 10 persen air hujan yang terbentuk dari penguapan air yang berada di daratan. Namun tidak serta merta daerah yang berdekatan dengan lautan akan mendapatkan curahan air hujan yang memadai. Faktor orografik diyakini lebih berpengaruh terhadap cuaca suatu daerah daripada pengaruh kedekatan dengan sumber air. Faktor cuaca dan geografis merupakan beberapa dari sekian hal yang berpengaruh besar dalam menentukan frekuensi, jenis dan curah hujan di suatu daerah.

Dalam pengukuran curah hujan terdapat beberapa alat dan metode dalam mengukurnya. Dalam segi pengoperasian terdapat dua jenis alat yaitu tipe manual dan otomatis.

2.5.1 Manual Rainfall Recorder

Alat penakar hujan manual dapat berupa ember yang ditentukan diameternya. Diameter dari ember di tiap tiap alat penakar hujan memiliki ukuran standar yang berbeda di setiap negara. Ada yang memiliki diameter 2 dm², dan ada pula yang 4 dm². Adapula alat pengukur hujan manual di amerika serikat memiliki ukuran Ø8". Penakar hujan jenis ini tidak dapat mencatat sendiri (*non recording*).



Gambar 2.5 Manual Rainfall Recorder (MRR)

(Sumber: google.com)

Prinsip kerja dari alat ini adalah dengan membagi volume air hujan yang tertampung dengan luas mulut penakar hujan. Pelatakan alat ini biasanya disesuaikan pada ketinggian sekitar 120-150 cm.

2.5.2 *Automatic Rainfall Recorder*

Alat ini dapat melakukan pencatatan secara otomatis sehingga tidak perlu melakukan perhitungan manual seperti halnya alat MRR. Kelebihan dari alat ini adalah memiliki ketelitian yang tinggi sehingga dapat merekam curah hujan tinggi maupun rendah. Selang periode tertentu juga dapat dicatat lamanya waktu hujan. Dengan demikian besarnya intensitas curah hujan dapat ditentukan. Alat penakar curah hujan otomatis ini memiliki banyak jenis, diantaranya adalah tipe bendix, titlting siphon, tipping bucket, dsb. Tipe ARR yang biasa digunakan di Indonesia adalah tipe Hellman seperti yang terlampir pada gambar 2.6.

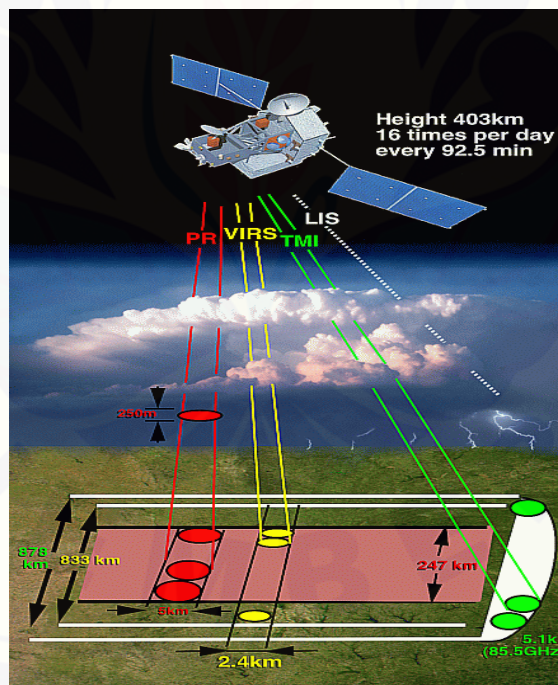


Gambar 2.6 *Automatic Rainfall Recorder* tipe Hellman
(Sumber: *google.com*)

2.5.3 Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)

TRMM atau *Tropical Rainfall Measuring Mission* merupakan satelit buah dari hasil kerjasama badan antariksa nasional milik Amerika Serikat yaitu NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan Jepang yaitu NASDA (*National Space Development of Japan*) yang kini berubah nama menjadi JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*). Satelit ini mulai beroperasi pada 27 November 1997 dan berorbit pada sudut inklinasi sebesar 35° terhadap ekuator. Pada awal peluncurannya satelit ini mengorbit pada ketinggian 350 km, namun sejak 24 Agustus 2001 telah diubah ketinggiannya menjadi 403 km.

Satelit TRMM memiliki sensor PR (*Precipitation Radar*), TMI (*TRMM Microwave Imager*), VIRS (*Visible and Infrared Scanner*), CERES (*Clouds and the Earth's Radiant Energy System*), dan LIS (*Lightning Imaging Sensor*).

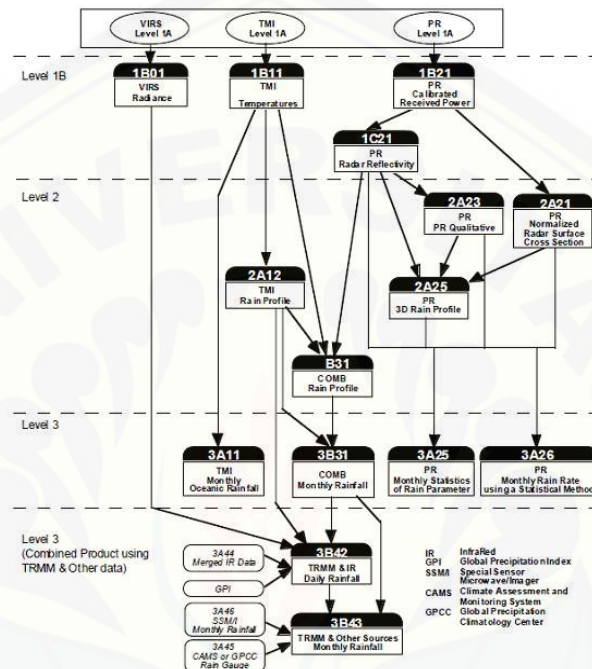


Gambar 2.7 Instrumentasi Satelit TRMM

(Sumber: http://trmm.gsfc.nasa.gov/overview_dir/background.html)

Satelit TRMM memiliki resolusi spasial $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ dan menghasilkan tipe dan bentuk data hujan yang beragam yang dimulai dari level 1 hingga level 3. Data level 3 merupakan data yang memiliki kualitas paling baik karena telah

memiliki nilai-nilai hujan khususnya hujan bulanan. Data dari satelit TRMM telah digunakan untuk berbagai kepentingan pengamatan dan penelitian. Namun, untuk penggunaan data satelit TRMM perlu diperhitungkan terlebih dahulu keakurasian data dengan membandingkan data satelit dengan data observasi lapangan. Berikut adalah bagan alir dari algoritma satelit TRMM:



Gambar 2.8 Diagram Alir Algoritma TRMM (NASDA,2001)

Hasil akhir dari satelit ini dengan dilakukannya analisis hasil dari beberapa satelit meteorologi untuk memproduksi data hujan presipitasi yang disebut TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) yang memiliki tingkat akurasi data yang lebih baik.

2.8 Pengolahan Data Hujan

Dalam dilakukannya suatu penelitian, hal yang penting untuk diperhatikan adalah kualitas dari data sebelum dilakukannya analisa lebih lanjut. Karena kualitas dari data itu sendiri dapat menentukan besarnya bias maupun *error* ketika dilakukannya penelitian. Dalam hal ini data hujan juga perlu dilakukan pengecekan kualitas data. Tahap ini menjadi penting dikarenakan seringnya kesalahan yang terjadi karena pengaruh teknis maupun *human error*. Seperti halnya ketika alat ukur hujan disekililingnya tumbuh

tumbuhan yang cukup tinggi sehingga mengurangi nilai curah hujan yang terukur sehingga berpengaruh terhadap trend data pada stasiun hujan tersebut.

2.6.1 Pengisian Data Hujan yang Hilang

Banyak stasiun yang memiliki data yang kurang baik dikarenakan masalah human error maupun kerusakan alat sehingga mengakibatkan hilangnya beberapa data dalam jangka waktu tertentu. Untuk itu sering dilakukan pendugaan melalui perhitungan statistik untuk mengisi data hujan yang hilang. Hal ini perlu dilakukan apabila terdapat data hujan yang tidak ada ataupun hilang, maka untuk mengisi *gap* yang ada perlu dilakukan pengisian dengan menggunakan beberapa metode pengisian data hujan yang hilang. Prosedur yang telah ditetapkan oleh *U.S. Environmental Data Service* jumlah data yang disertakan dalam perhitungan minimal harus berasal dari tiga stasiun terdekat dari stasiun hujan yang hilang. Bila hujan tahunan normal pada masing-masing stasiun indeks berada dalam 10 persen dari stasiun-stasiun kehilangan catatan tersebut, rata-rata aritmetik sederhana dari hujan di stasiun indeks dapat memberikan jumlah yang diperkirakan (Linsley, 1996).

$$dx = \frac{1}{n} \sum_i^n d_i \frac{A_{nx}}{A_{ni}} \quad (2.22)$$

dengan:

n = banyaknya pos penakar di sekitar X untuk membantu menentukan data X.

A_{nx} = tinggi hujan rata-rata tahunan di X.

A_{ni} = tinggi hujan rata-rata tahunan di pos penakar di sekitar X untuk membantu menentukan data X.

d_i = nilai curah hujan harian di pos penakar di sekitar x untuk membantu menentukan data X

Cara yang dipakai dinamakan *Normal Ratio Method*, yang mensyaratkan adanya data bantu dari stasiun di sekitarnya. Selain itu, tinggi hujan rata-rata tahunan dari data hujan yang hilang juga harus diketahui.

2.6.2 Menentukan Curah Hujan Rata-Rata Wilayah

Curah hujan yang jatuh di suatu wilayah sangat jarang sekali terjadi secara merata. Apalagi pada suatu wilayah yang luas dan bergunung-gunung mengakibatkan hujan yang merata hampir tidak pernah terjadi. Hal ini mengakibatkan pengukuran curah hujan wilayah ini menggunakan stasiun-stasiun hujan yang tidak sesuai karena tidak dapat mewakili curah hujan seluruh wilayah tersebut. Faktor yang dapat mempengaruhi distribusi curah hujan wilayah diantaranya adalah letak lintang, ketinggian, luas wilayah, topografi, jarak terhadap pantai, asal angin, dan temperatur laut.

Dengan adanya faktor-faktor tersebut, untuk menentukan besarnya curah hujan wilayah harus diperhitungkan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Prinsip dari perhitungan ini adalah menghitung rata-rata dari hasil pengukuran dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Terdapat tiga metode untuk menghitung hujan rata-rata wilayah yaitu adalah Rata-rata aljabar, Polygon Thiessen, dan Isohyet. Adapun rumus perhitungannya adalah sebagai berikut:

a. Rata-rata aljabar

$$P = \frac{1}{n} (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) \quad (2.23)$$

dengan:

P	= Rata-rata curah hujan wilayah (mm)
P_1, P_2, \dots, P_n	= Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)
n	= Jumlah stasiun pengukuran

b. Rata-rata Polygon Thiessen

$$P = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.24)$$

dengan :

P	= Rata-rata curah hujan wilayah (mm)
P_1, P_2, \dots, P_n	= Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm).
A_1, A_2, \dots, A_n	= Luas wilayah pengaruh setiap stasiun curah hujan (km ²)

c. Rata-rata Isohyet

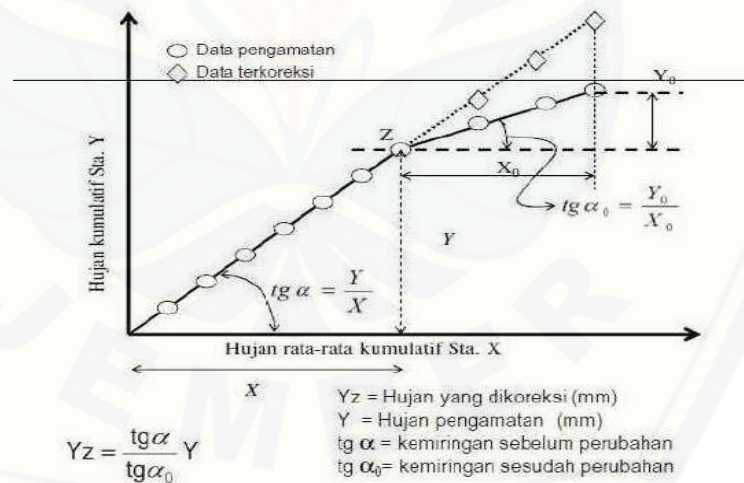
$$P = \frac{A_1 \frac{(P_1+P_2)}{2} + A_2 \frac{(P_1+P_2)}{2} + \dots + A_n \frac{(P_{n-1}+P_n)}{2}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \tag{2.25}$$

dengan:

- P = Rata-rata curah hujan wilayah (mm)
- P₁, P₂, ..., P_n = Curah hujan pada garis isohyet 1,2,...,n (mm)
- A₁, A₂, ..., A_n = Luas wilayah pengaruh antara 2 garis kontur (km²)

2.6.3 Kurva Massa Ganda

Suatu data seringkali mengalami ketidak akuratan dikarenakan kerusakan alat, pengaruh lingkungan sekitar, maupun *human error*. Hal tersebut akan mengakibatkan penyimpangan data terhadap data semula. Maka, untuk menguji kekonsistenan data dapat diselidiki dengan menggunakan kurva massa ganda.



Gambar 2.9 Kurva Masa Ganda

(Sumber: *google.com*)

Apabila sekumpulan data bersifat konsisten, maka grafik akan membentuk garis lurus. Sedangkan apabila data bersifat tidak konsisten maka akan terjadi patahan pada garis yang sebelumnya lurus. Patahan tersebut mengindikasikan bahwa terjadi penyimpangan tren data akibat kesalahan pengukuran seperti yang telah dijelaskan di atas.

Apabila data hujan tersebut tidak konsisten, maka dapat dilakukan koreksi menggunakan rumus:

$$Y_z = F_k \times Y \quad (2.26)$$

$$F_k = \frac{\tan \alpha}{\tan \alpha_0} \quad (2.27)$$

dengan:

Y_z = data hujan yang diperbaiki (mm)

Y = data hujan hasil pengamatan (mm)

$Tg\alpha$ = kemiringan sebelum ada perubahan

$Tg\alpha_0$ = kemiringan setelah ada perubahan.

2.6.4. RAPS (*Rescaled Adjust Partial Sums*)

Data observasi yang didapatkan merupakan gambaran dari apa yang ada di lapangan. Agar data dapat merepresentasikan fenomena yang sebenarnya, keabsahan dari sebuah data perlu di uji ulang agar terhindar dari kesalahan-kesalahan. Berbeda dengan kurva massa ganda yang membandingkan kualitas suatu data dengan data lainnya. RAPS ini menguji data dengan data itu sendiri dengan menghitung nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata.

$$S^*k = (Y_i - Y) \quad (2.28)$$

$$S^{**}k = S^*k / Dy^2 \quad (2.29)$$

$$Dy^2 = \frac{\sum_i^k (Y_i - Y)^2}{n} \quad (2.30)$$

dengan:

K = 1,2,3,..., n.

S^*k = simpangan mutlak

$S^{**}k$ = nilai konsistensi data

n = jumlah data

Dy = simpangan rata-rata

Nilai statistik data diuji dengan menentukan nilai Q dan R.

Q = nilai maksimum $|S^{**}k|$ untuk $0 \leq k \leq n$

R = nilai maksimum $S^{**}k$ – nilai minimum $S^{**}k$

Setelah nilai Q dan R diketahui maka dapat dicari nilai dari Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n} . Nilai tersebut berguna untuk justifikasi kualitas data yang dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Nilai Q/\sqrt{n} dan R/\sqrt{n}

n	Q/\sqrt{n}			R/\sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
>100	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

Sumber :Harto 2009:41

2.6.5 Validasi Data Satelit

Pada penggunaan data satelit sebagai data sekunder penelitian perlu dilakukan suatu validasi sebelum data tersebut dapat digunakan. Validasi ini berfungsi sebagai kontrol bahwa data dari satelit bersifat berkorelasi dengan data observasi sehingga dapat digunakan sebagai input data untuk penelitian selanjutnya. Analisis dilakukan dengan membandingkan data TRMM terhadap data observasi menggunakan nilai koefisien korelasi dan nilai *root mean square error* (RMSE). Korelasi dinyatakan dengan suatu koefisien yang menunjukkan hubungan liner related antara dua peubah. Persamaan korelasi R adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (2.28)$$

dengan:

X = data hujan observasi

Y = data hujan satelit

Jika nilai koefisien korelasi menunjukkan nilai yang semakin besar antara keduanya, maka berarti hubungan antara keduanya semakin kuat. Dengan kata lain pola estimasi data satelit semakin mendekati pola data actual pada stasiun

hujan observasi. Berikut merupakan justifikasi yang dapat ditarik dari nilai koefisien korelasi:

- 0 = tidak ada korelasi antara dua variable
- 0 - 0,25 = korelasi sangat lemah
- 0,25 – 0,5 = korelasi cukup
- 0,5 – 0,75 = korelasi kuat
- 0,75-0,99 = korelasi sangat kuat
- 1 = korelasi sempurna

Galat atau error adalah selisih antara nilai hujan satelit dengan nilai hujan observasi. RMSE dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_i - \hat{y})^2}{n}} \quad (2.29)$$

dengan:

- n = jumlah data yang digunakan
- y = data hujan observasi/satelit
- \hat{y} = nilai rata-rata dari series data y

2.7 Kalibrasi *Genetic Algorithm*

Dengan algoritma kalibrasi genetik, set parameter yang dioptimalkan ditemukan dari set parameter yang berevolusi menggunakan metode seleksi dan rekombinasi. Populasi awal sejumlah n set parameter dihasilkan secara acak di ruang parameter dan kecocokan pada setiap set dievaluasi oleh nilai fungsi objektif. Dari populasi ini generasi baru dihasilkan sebanyak n kali penggabungan dua set parameter. Dua set dipilih secara acak, tetapi kemungkinan dipilih terkait dengan kesesuaian set parameter memberikan probabilitas tertinggi ke set dengan kecocokan tertinggi. Set parameter baru dihasilkan dari dua set induk (set A dan B) dengan menerapkan salah satu dari empat aturan berikut untuk setiap parameter secara acak dengan probabilitas tertentu p:

- nilai acak dalam batas yang diberikan untuk parameter (mutasi)
- nilai yang dioptimalkan untuk parameter tertentu

- nilai acak antara nilai himpunan A dan himpunan B (jika tidak, kedua nilai sama, nilai acak dekat dengan nilai ini)
- baik nilai set A, atau nilai set B

Aturan terakhir mempertahankan nilai-nilai generasi sebelumnya, sedangkan aturan lain menyediakan sejumlah pencarian acak. Keseimbangan antara aturan-aturan ini penting untuk keberhasilan algoritma. Selanjutnya kecocokan setiap set dalam populasi baru dievaluasi dan generasi baru menggantikan yang lama. Namun, himpunan terbaik dipertahankan jika tidak ada himpunan yang lebih baik dalam generasi selanjutnya. Proses evolusi ini akan diulang untuk beberapa generasi (hingga jumlah maksimum model berjalan tercapai).

Sebagai alternatif, alih-alih kombinasi parameter per parameter yang dijelaskan di atas, set parameter baru dapat dihasilkan dengan menerapkan optimasi satu dimensi di sepanjang proses ini yang ditentukan oleh dua set parameter menggunakan metode Brent (Press et al., 1992).

Setelah algoritma genetika selesai, metode Powell's secara konvergen kuadrat seperti yang dijelaskan oleh Press et al. (1992) diterapkan untuk *fine-tuning* berikutnya.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang terlebih dahulu pernah dilakukan mengenai metode Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.2

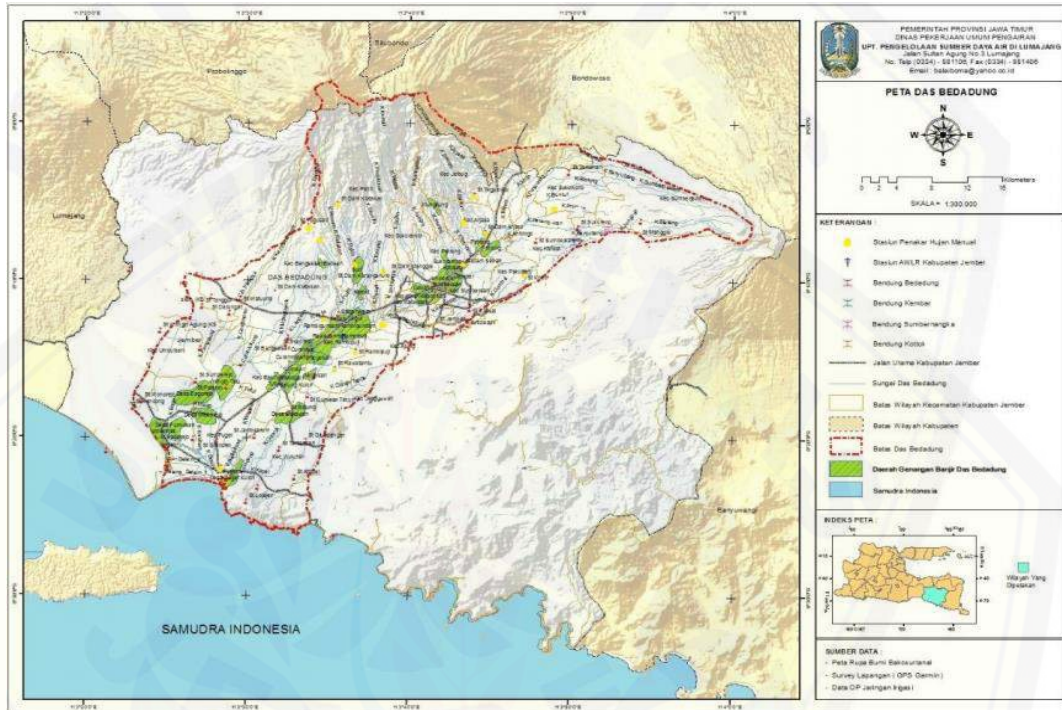
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Sipayung (2010)	Untuk menganalisa perubahan curah hujan menjadi debit banjir berbasis data satelit.	<i>Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning</i> (HBV)	Dengan menggunakan data observasi terlihat respon curah hujan terhadap bersaran debit observasi di sub-DAS Lematang dengan koefisien korelasi 0.25

Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			dan 0.7. Pada sungai Musi, Lakitan, dan Komering respon curah hujan terhadap besaran debit menunjukkan koefisien korelasi 0.59, 0.52, dan 0.71. Sedangkan permodelan HBV menggunakan data berbasis satelit mengikuti tren insitu dengan koefisien korelasi sebesar 0.71.
Sudiar (2016)	Menganalisa perubahan curah hujan terhadap debit banjir.	<i>Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning (HBV)</i>	Hasil simulasi model belum mampu menggambarkan nilai debit aliran DAS Batang Arau tahun 1991 dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0.48 dan nilai NSE sebesar 0.58.
Masitoh, dkk. (2017)	Menganalisa sensitivitas parameter model HBV	<i>Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning (HBV)</i>	Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa parameter FC, K_0 , K_1 , K_{PERC} memiliki nilai sensitivitas yang cukup tinggi, sedangkan L_1 dan K_2 tidak sensitif. FC merupakan parameter yang mempengaruhi volume debit. Parameter K_0 dan K_1 berpengaruh pada penentuan titik puncak debit simulasi, sedangkan parameter K_{PERC} berpengaruh terhadap pendistribusian antara aliran permukaan dan aliran dasar.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1 Peta DAS Bedadung
(Sumber: *PSAWS Mayang Bondoyudo Lumajang*)

Lokasi penelitian terletak pada DAS Bedadung yang berlokasi di Kabupaten Jember. DAS Bedadung memiliki letak geografis pada koordinat 113°35' BT - 114°1'17" BT dan 7°58'8" LS - 8°13'52" LS. DAS Bedadung memiliki sungai sepanjang 161 Km dengan luas cekungan DAS seluas 645 km². Sungai bedadung memiliki hulu di wilayah lereng barat Pegunungan Hyang di sekitar Desa Rowosari, Kecamatan Sumberjambe dan bermuara ke Samudra Hindia di Kecamatan Puger.

3.2 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder, diantaranya adalah:

1. Data curah hujan observasi tahun 2008-2017 yang didapatkan dari UPT PSDA Lumajang

2. Data curah hujan satelit TRMM yang dapat didownload di laman <http://mirador.gsfc.nasa.gov>.
3. Data suhu permukaan tahun 2008-2017 yang didapatkan dari UPT PSDA Lumajang
4. Data limpasan permukaan (debit) tahun 2008-2017 yang didapatkan dari UPT PSDA Lumajang.

3.3 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Pengumpulan Data

Data primer yang dibutuhkan antara lain adalah curah hujan observasi, suhu permukaan, dan limpasan permukaan yang dapat didapatkan dari UPT PSDA Lumajang dan data curah hujan satelit TRMM 3B42RT yang didownload melalui laman <http://mirador.gsfc.nasa.gov>.

b. Pengisian Data Hujan yang Hilang

Pengisian data hujan menggunakan *Normal Ratio Method* dengan menggunakan minimal 3 stasiun hujan terdekat yang memiliki data yang lebih lengkap.

c. Uji Konsistensi Data Hujan

Untuk pengujian kekonsistenan data hujan yang dimiliki, metode yang digunakan adalah kurva massa ganda (*double mass curve*). Data yang akan diuji adalah seluruh series data mulai dari data tahun 2008-2017.

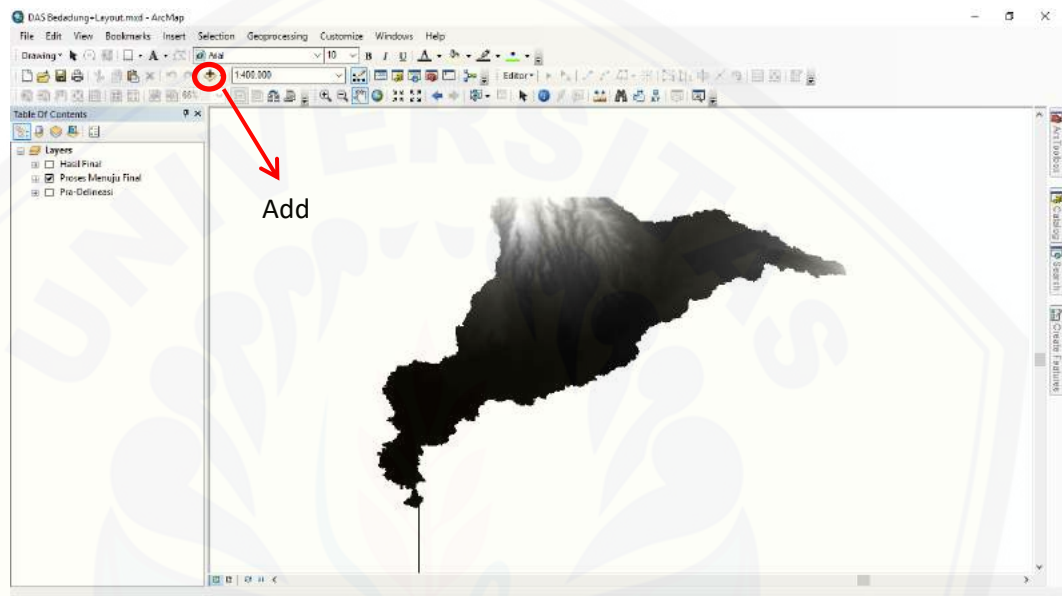
d. Validasi Data Satelit

Data curah hujan satelit sebelum dijadikan sebagai masukan pemodelan akan terlebih dahulu dilakukan validasi data dengan melihat korelasinya terhadap data hujan observasi menggunakan koefisien korelasi dan *root mean squared error*.

e. Analisa Data DEM Menggunakan Program ArcMap GIS.

- Memasukkan Data DEM ke ArcMap

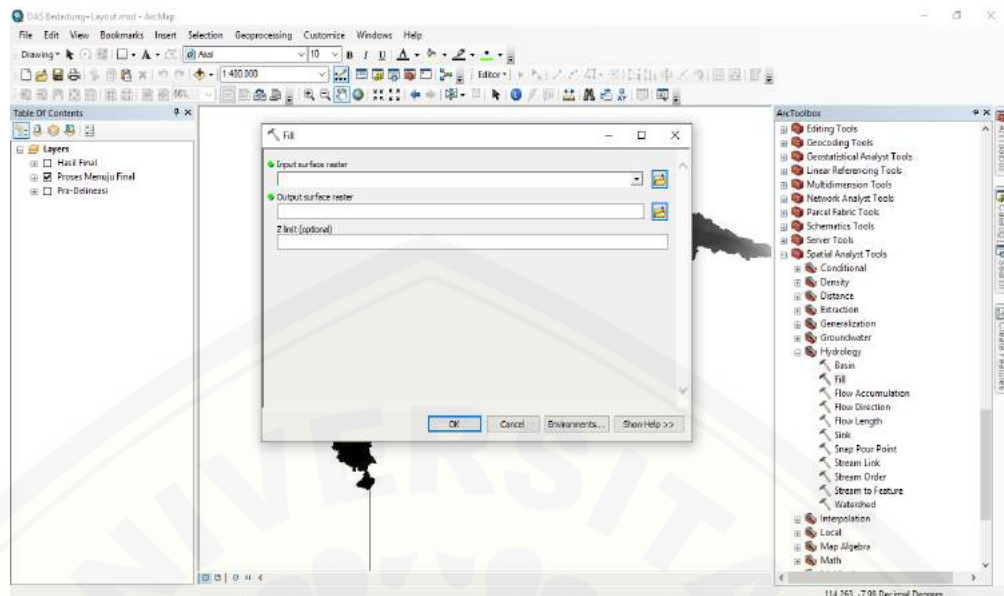
DEM merupakan *Digital Elevation Model* yang berisi informasi tentang kontur permukaan bumi. Data DEM pada penelitian ini diperoleh dari DEMNAS yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Cara menambahkan data DEM adalah dengan mengklik Add pada icon (+) dan pilih data DEM yang akan diolah ketika kotak dialog sudah muncul.



Gambar 3.2 DEM DAS Bedadung
(Sumber: *Pengolahan data DEM melalui ArcMap 10.3*)

- Membuat *Fill* DEM

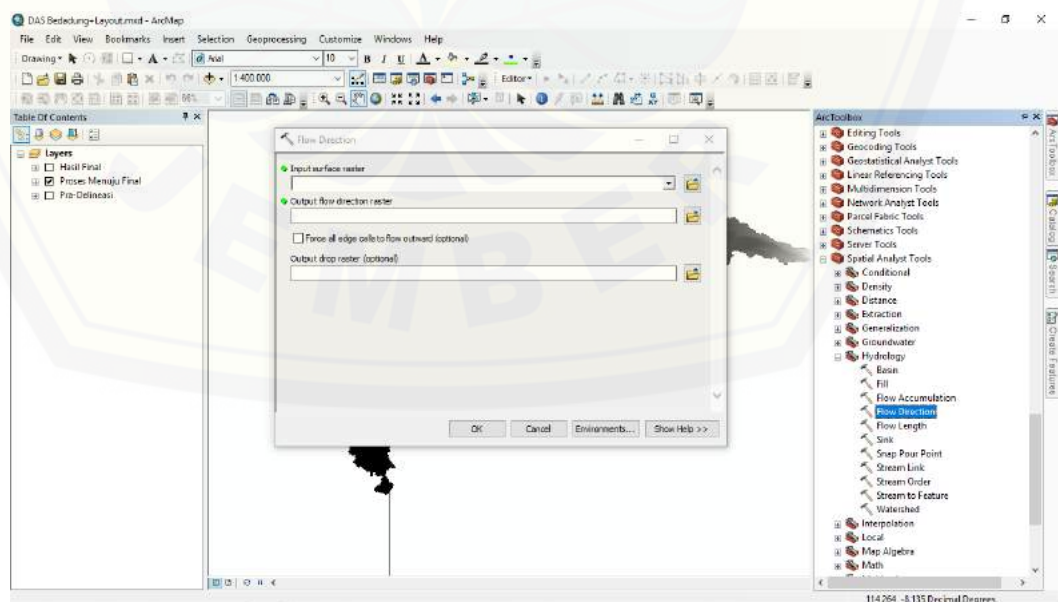
Fill DEM diperlukan untuk menutupi cekungan tidak perlu yang dapat mengurangi ke akuratan dalam penelusuran aliran sungai pada tahap selanjutnya. Langkah untuk melakukan *fill* terhadap data DEM adalah sebagai berikut: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill*.



Gambar 3.3 *Depressionless DEM DAS Bedadung*
(Sumber: *Pengolahan data DEM melalui ArcMap 10.3*)

- Membuat *Flow Direction*

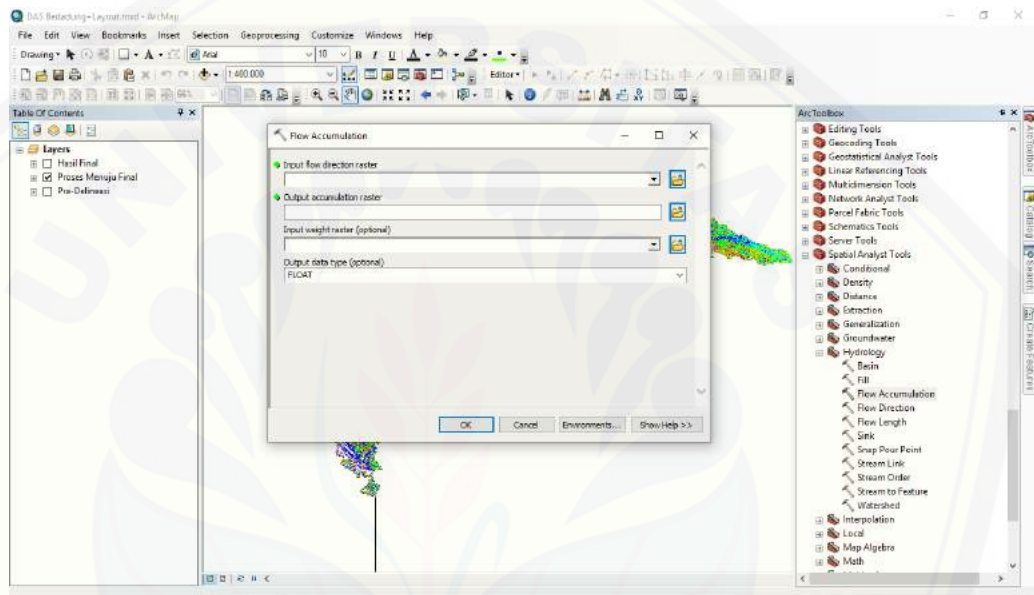
Langkah ini digunakan untuk penelusuran arah aliran sungai pada data DEM yang pada dasarnya diperoleh dari elevasi yang berbeda dari daerah penelitian yang ditinjau. Langkah untuk membuat *flow direction* adalah sebagai berikut: *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tool* > *Hydrology* > *Flow Direction*.



Gambar 3.4 *Flow Direction DAS Bedadung*
(Sumber: *Pengolahan data DEM melalui ArcMap 10.3*)

- Membuat *Flow Accumulation*

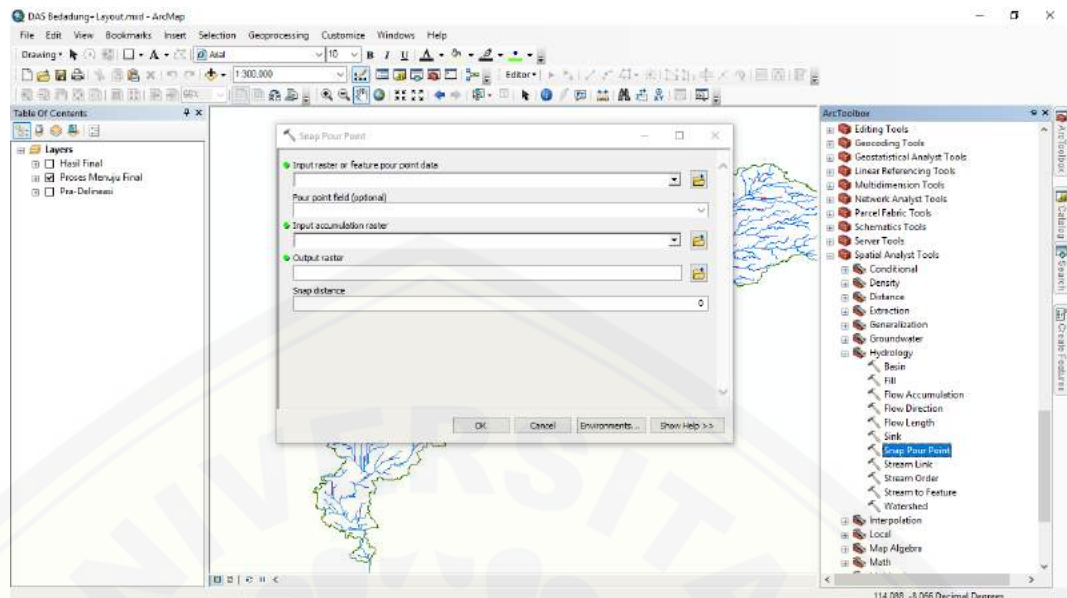
Pada tahap ini pada dasarnya program telah mengalkulasi di mana letak air akan ter akumulasi dan membentuk suatu jaringan sungai berdasarkan pada langkah *flow direction*. Cara untuk membuat *flow accumulation* adalah sebagai berikut: *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tools* > *Hydrology* > *Flow Accumulation*.



Gambar 3.5 *Flow Accumulation* DAS Bedadung
(Sumber: Pengolahan data DEM melalui ArcMap 10.3)

- Membuat *Snap Pour Point*

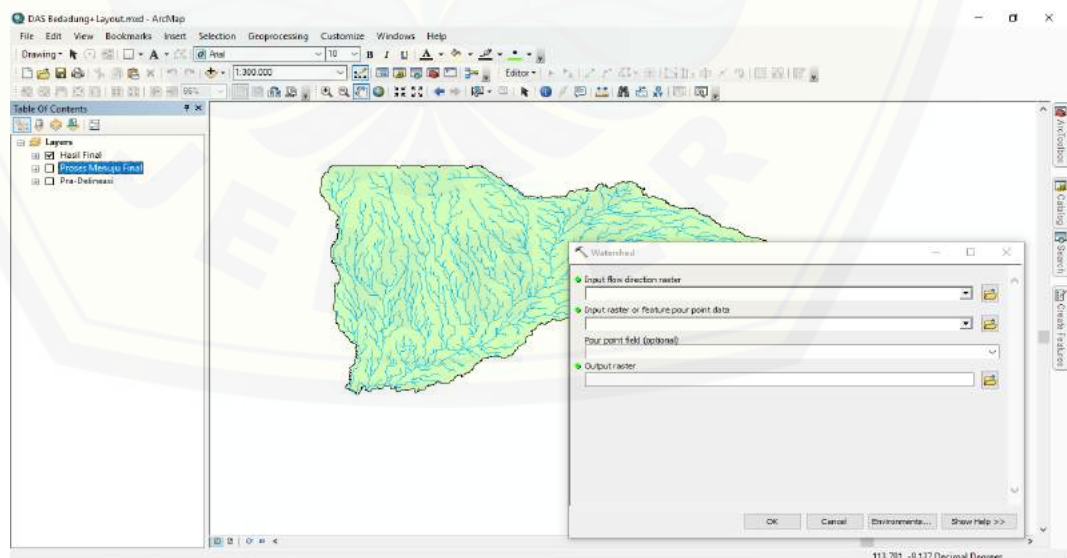
Snap pour point digunakan untuk menentukan titik outlet dari aliran air yang menjadi acuan dalam proses delineasi DAS. Caranya adalah dengan meletakkan *point* pada tiap pertemuan sungai utama maupun anak sungai. Langkah untuk membuat *Snap Pour Point* adalah sebagai berikut: *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tool* > *Hydrology* > *Snap Pour Point*.



Gambar 3.6 *Snap Pour Point* DAS Bedadung
(Sumber: *Pengolahan data DEM melalui ArcMap 10.3*)

- **Membuat *Watershed***

Setelah melengkapi langkah-langkah di atas, maka langkah terakhir adalah pembuatan *watershed* yang merupakan daerah tangkapan air yang akan ditinjau untuk penelitian lebih lanjut. Langkah untuk membuat *watershed* adalah sebagai berikut: *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tool* > *Hydrology* > *Watershed*.



Gambar 3.7 *Watershed* DAS Bedadung
(Sumber: *Pengolahan data DEM melalui ArcMap 10.3*)

f. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi potensial dapat dihitung menggunakan metode penman-monteith karena metode ini memiliki tingkat ketelitian yang cukup tinggi dan sudah dijadikan metode standard untuk perhitungan evapotranspirasi. Metode ini membutuhkan masukan data berupa data suhu, kecepatan angin, kelembaban, dan radiasi matahari.

g. *Soil Routine*

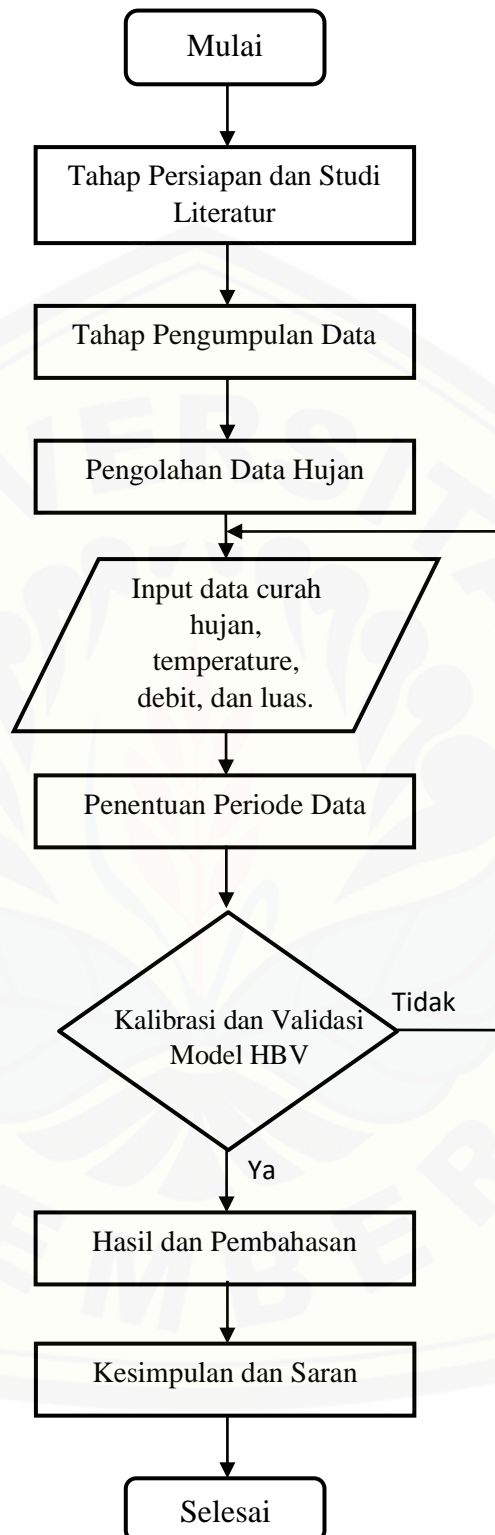
Evapotranspirasi dan data curah hujan digunakan sebagai data masukan untuk *setting* parameter-parameter *soil routine* yang memperhitungkan prediksi tingkat kelembaban tanah pada seluruh DAS. Hal ini dikontrol melalui 3 parameter bebas yaitu FC, BETA, dan LP. FC adalah nilai maksimum dari tampungan kelembaban tanah dalam suatu DAS, LP mengontrol bentuk dari lengkung reduksi dari potensial evapotranspirasi dan BETA menentukan peran relative terhadap limpasan dari tiap curah hujan yang mempengaruhi kelembaban tanah. Ketika nilai *soil moisture* berada di bawah nilai LP, maka nilai aktual evapotranspirasi akan tereduksi.

h. *Response routine*

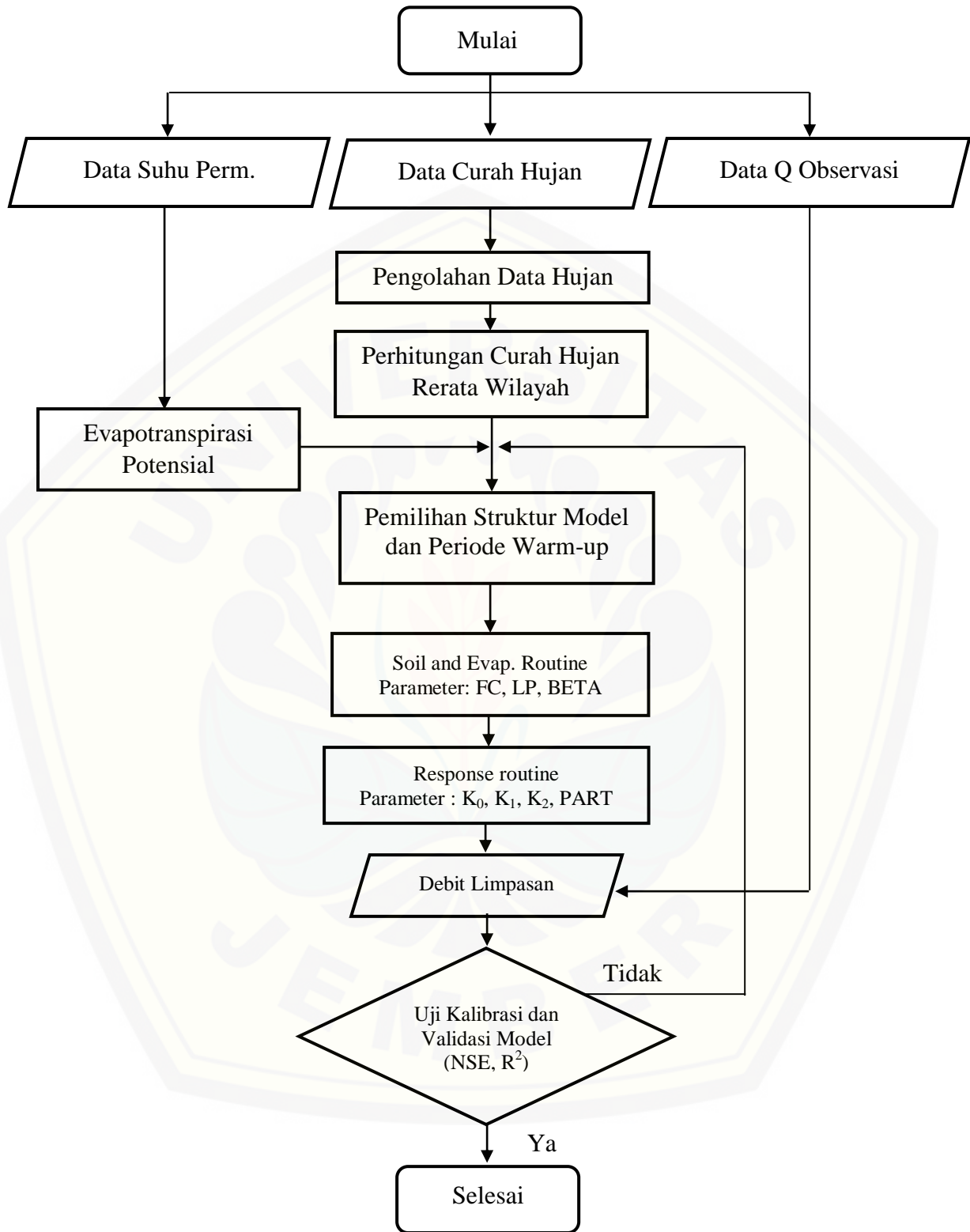
Response routine mengontrol distribusi air tanah yang akan menjadi hasil dari tahap *soil routine*. Dalam *response routine* ini diasumsikan terdapat 2 tampungan berkaitan dengan parameter-parameter bebas sebagai berikut: tiga *recession coefficients* K_0 , K_1 , dan K_2 , dan nilai perkolasi konstan, PERC.

i. Kalibrasi Model

Hasil permodelan selanjutnya akan dikalibrasi menggunakan metode NSE dan R^2 . Untuk kalibrasi dan validasi digunakan metode *trial and error* untuk menentukan parameter parameter bebas sehingga didapatkan hasil model yang terbaik.



Gambar 3.8 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Diagram Alir HBV

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pemodelan hujan aliran menggunakan model HBV yang menggunakan dua data masukan yang berbeda yaitu data stasiun hujan dan data satelit TRMM di DAS Bedadung dapat disimpulkan bahwa penggunaan data stasiun hujan lebih dapat diandalkan daripada data satelit TRMM 3B42. Hasil kalibrasi pemodelan yang menggunakan data stasiun hujan didapatkan nilai R^2 dan NSE berturut turut sebesar 0,7153 dan 0,7133 dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 89 mm/tahun. Hasil validasi didapatkan nilai R^2 dan NSE sebesar berturut turut 0,7014 dan 0,6977. Dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 121 mm/tahun.

Sedangkan kalibrasi pemodelan yang menggunakan data satelit TRMM didapatkan nilai R^2 dan NSE berturut turut sebesar 0,5741 dan 0,5550 dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 305 mm/tahun. Hasil validasi didapatkan nilai R^2 dan NSE sebesar berturut turut 0,5334 dan 0,4785. Dengan nilai *Mean Error* berkisar pada besaran 460 mm/tahun.

5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian maka saran yang dapat penulis ajukan untuk penelitian lanjutan diantaranya adalah:

1. Disarankan dilakukan penggunaan data dari satelit JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) GrsMap.
2. Perlu dilakukan perbandingan kualitas data dan keandalan model menggunakan data harian satelit TRMM 3B42 dengan data *real-time* harian satelit TRMM B42RT.
3. Dapat diperhitungkan perubahan tata guna lahan pada daerah peneilitian.
4. Dapat dilakukan pemodelan hujan aliran dengan input data bulanan.
5. Dapat dilakukan perbandingan korelasi data dengan ragam resolusi spasial.

DAFTAR PUSTAKA

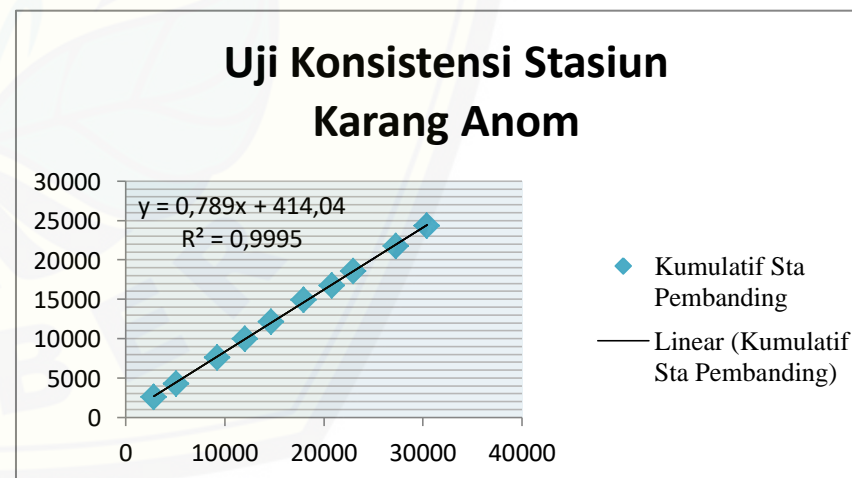
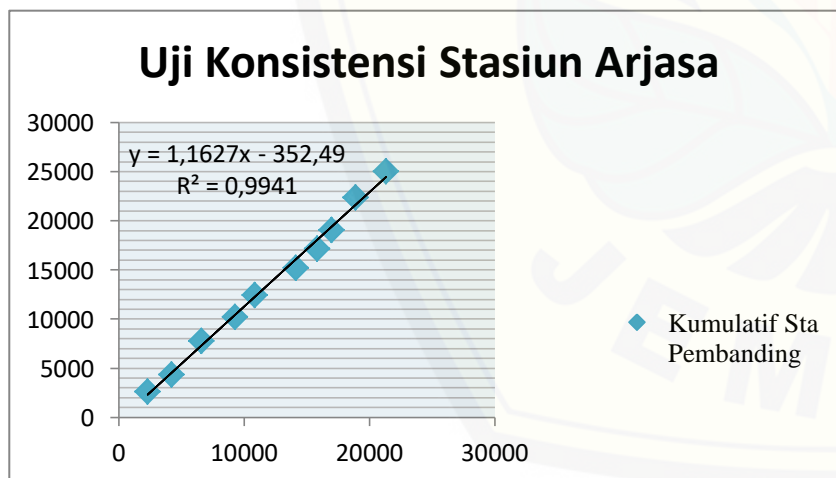
- Bergstrom, S., 1992, *The HBV model its structure and applications*, SMHI Report Hydrology., RH No. 4. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping, Sweden
- Heryanto, A. 2017. *Pemanfaatan Data Satelit TRMM 3B42RT Untuk Memprediksi Curah Hujan di DAS Bedadung*. Jember. Teknik Sipil/Universitas Jember.
- Ilhamsyah, Y., S. Koem, dan A. Syahid Muttaqin. 2012. Aplikasi Model Hidrologi HBV di DAS Peusangan Aceh Sebagai Studi Pengantar Pengembangan Konsep Ekohidrologi Berkelanjutan. *Jurnal Hidrologi*. 1(2): 86-92.
- Indarto, dkk. 2008. Kalibrasi Model IHACRES Pada Dua DAS Identik. *Dinamika Teknik Sipil*. Volume 8, No. 1: 89-100.
- Lindstrom, G., B. Johansson, M. Persson, M. Gardelin., S. Bergstrom. 1997. *Development and Test of The Distributed HBV-96 Hydrological Model*. Swedish Meteorological and Hydrological Institute. *Jurnal Hidrologi*. 201(1997) 272-288.
- Sipayung, S.B., dan Nani C. 2010. Analisis Hubungan Curah Hujan dan Limpasan dengan di DAS Citarum Hulu Menggunakan Model HBV. *Prosiding Seminar Penerbangan dan Antariksa 2010*. 15 November 2010. Pusfatsatklm. Hal 266-272.
- Sipayung, S.B. dan Nani C. 2012. Aplikasi Model HBV (Hydrologiska Byrans Vattenbalansavdelning) Berbasis Satelit di DAS Musi (Sumatra Selatan). *Atmosfer Indonesia: Sains, Teknologi, dan Aplikasinya*. Hal 48-61.
- SMHI. (2006). *Integrated Hydrological Model System Manual*. Norkopping, Sweden. SMHI.
- Sudiar, N.Y. 2016. Simulasi Model HBV Pada Daerah Aliran Sungai Batang Arau Padang. 7(1): 86-94
- Wahyuningsih, S., dan Entin H. 2006. Aplikasi Tiga Model Hujan-Aliran Untuk Memprediksi Debit Harian Studi Kasus Pada Dua DAS Di Wilayah Tapalkuda. *Puslit Pengembangan Sumberdaya Air dan Irigasi (PUSLIT PSDA)*. Universitas Jember.

- Mastitoh, S. dan Dasanto, B.D. 2018. Analisis Sensitivitas Parameter Model HBV: Studi Kasus sub-DAS Citarum Hulu. LIMNOTEK Perairan Dara Tripis di Indonesia. 25(2): 78-87.
- Liu, Z. 2015. Comparison of precipitation estimates between Version 7 3-hourly TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) near-real-time and research products. *Atmospheric Research*, 153, 119-133.
- Mamenun, M., Pawitan, H., & Sopaheluwakan, A. 2014. *Validasi dan koreksi data satelit trmm pada tiga pola hujan di indonesia*. Jurnal Meteorologi dan Geofisika, 15(1)
- Soemarto, CD. 1999. Hidrologi Teknik. Erlangga. Jakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2006. Hidrologi Terapan.. Beta Offset. Yogyakarta.
- Linsey, Ray K Jr. dkk. 1989. Hidrologi untuk Insinyur. Penerjemah Yandi Hermawan. Erlangga, Jakarta
- Indarto. 2010. Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi. Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Sosrodarsono, S. 1993. Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Kusworowati, E. *Geolistrik Resistivitas Mapping Dengan Konfigurasi Wenner Untuk Pendugaan Air Tanah Di Perumahan Grand Puri Bunga Nirwana, Jember* (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Jember).
- Seyhan, E., 1990. Dasar-dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press, Bulaksumur, Yogyakarta.
- Lidén, R., & Harlin, J. (2000). Analysis of conceptual rainfall–runoff modelling performance in different climates. *Journal of hydrology*, 238(3-4), 231-247.
- Gao, H., He, X., Ye, B., & Pu, J. (2012). Modeling the runoff and glacier mass balance in a small watershed on the Central Tibetan Plateau, China, from 1955 to 2008. *Hydrological Processes*, 26(11), 1593-1603.

Lampiran 1. Uji Konsistensi Data Hujan

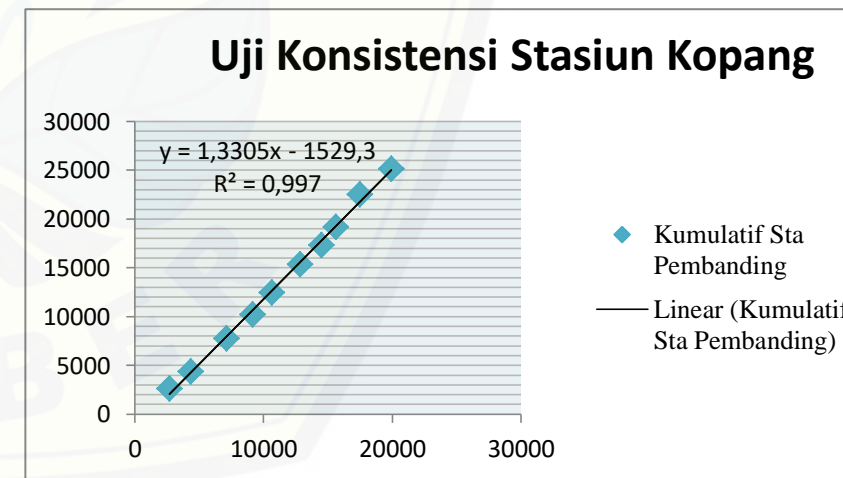
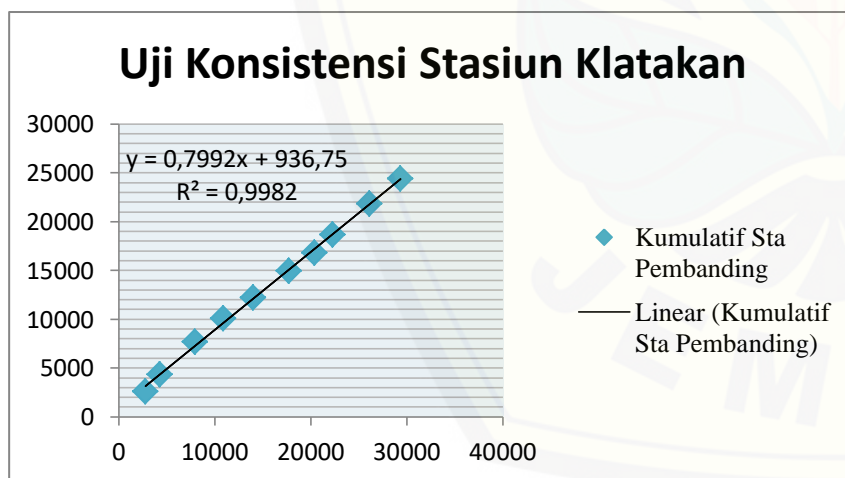
Tahun	Arjasa	Kumulatif Stasiun Arjasa	Rata2 STA. Pemandang	Kumulatif Sta Pemandang
2008	2308	2308	2638	2638
2009	1914	4222	1744	4382
2010	2352	6574	3428	7810
2011	2681	9255	2407	10217
2012	1590	10845	2243	12460
2013	3263	14108	2768	15228
2014	1725	15833	1956	17184
2015	1158	16991	1884	19068
2016	1920	18911	3340	22408
2017	2426	21337	2640	25049

Tahun	Karang Anom	Kumulatif Stasiun Karang Anom	Rata2 STA. Pemandang	Kumulatif Sta Pemandang
2008	2851	2851	2596	2596
2009	2267	5118	1717	4313
2010	4113	9231	3292	7605
2011	2811	12042	2397	10002
2012	2655	14697	2161	12163
2013	3291	17988	2766	14929
2014	2847	20835	1870	16799
2015	2159	22994	1807	18606
2016	4307	27301	3157	21763
2017	3130	30431	2586	24349



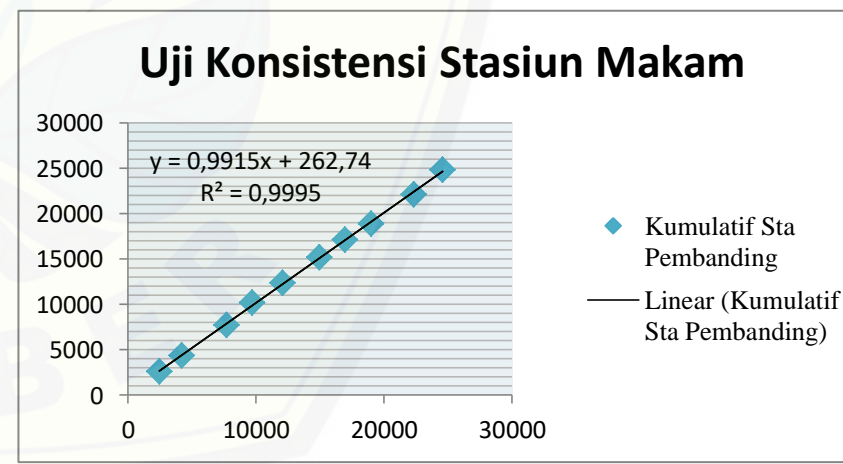
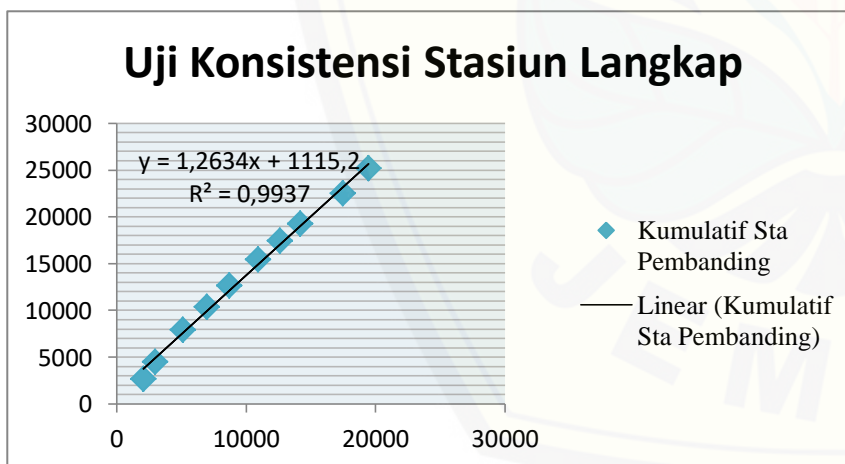
Tahun	Klatakan	Kumulatif Stasiun Klatakan	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2753	2753	2604	2604
2009	1533	4286	1773	4377
2010	3653	7939	3328	7705
2011	2941	10880	2387	10092
2012	3106	13986	2126	12218
2013	3721	17707	2733	14951
2014	2682	20389	1882	16833
2015	1860	22249	1830	18664
2016	3842	26091	3192	21856
2017	3243	29334	2577	24433

Tahun	Kopang	Kumulatif Stasiun Kopang	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2682	2682	2609	2609
2009	1652	4334	1764	4373
2010	2804	7138	3393	7766
2011	2034	9172	2457	10223
2012	1494	10666	2250	12473
2013	2194	12860	2850	15324
2014	1636	14496	1963	17287
2015	1109	15605	1888	19175
2016	1898	17503	3342	22517
2017	2433	19936	2640	25156

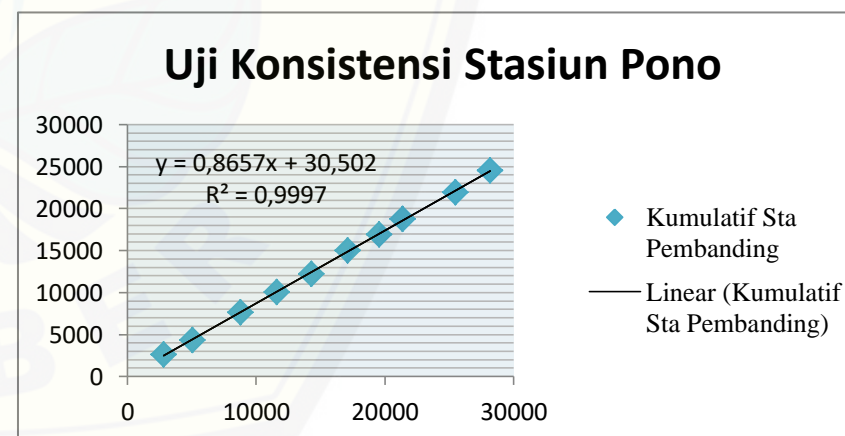
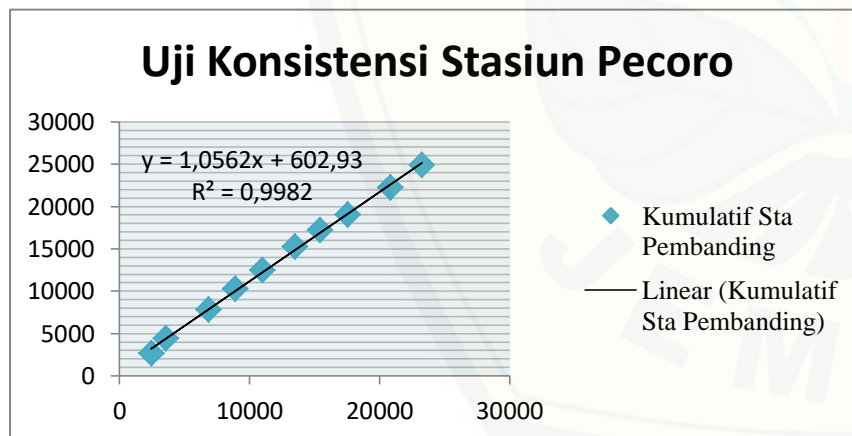


Tahun	Langkap	Kumulatif Stasiun Langkap	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2076	2076	2656	2656
2009	878	2954	1824	4479
2010	2135	5089	3445	7924
2011	1859	6948	2470	10394
2012	1726	8674	2233	12627
2013	2242	10916	2847	15473
2014	1708	12624	1957	17431
2015	1571	14195	1853	19283
2016	3277	17472	3236	22519
2017	1964	19436	2676	25195

Tahun	Makam	Kumulatif Stasiun Makam	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2455	2455	2626	2626
2009	1755	4210	1756	4383
2010	3480	7690	3341	7724
2011	2005	9695	2459	10183
2012	2393	12088	2181	12364
2013	2881	14969	2798	15162
2014	1963	16932	1938	17099
2015	2053	18985	1816	18915
2016	3334	22319	3231	22146
2017	2250	24569	2654	24800

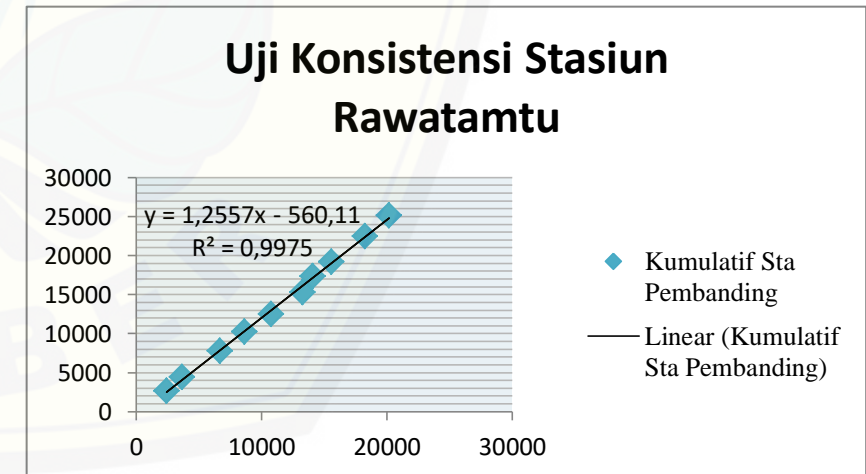
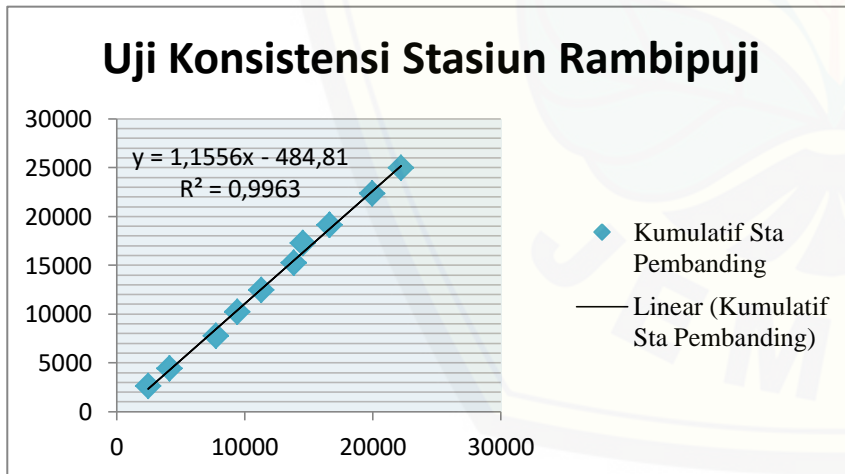


Tahun	Pecoro	Kumulatif Stasiun Pecoro	Rata Rata Stasiun Pemanding	Kumulatif Stasiun Pemanding	Tahun	Pono	Kumulatif Stasiun Pono	Rata Rata Stasiun Pemanding	Kumulatif Stasiun Pemanding
2008	2468	2468	2625	2625	2008	2811	2811	2599	2599
2009	1093	3561	1807	4433	2009	2250	5061	1718	4317
2010	3274	6835	3357	7789	2010	3737	8798	3321	7638
2011	2079	8914	2453	10243	2011	2791	11589	2399	10037
2012	2085	10999	2205	12448	2012	2688	14277	2159	12196
2013	2500	13499	2827	15275	2013	2818	17095	2802	14998
2014	1911	15410	1942	17216	2014	2461	19556	1899	16897
2015	2126	17536	1810	19026	2015	1841	21397	1832	18729
2016	3271	20807	3236	22263	2016	4068	25465	3175	21904
2017	2424	23231	2640	24903	2017	2735	28200	2616	24521



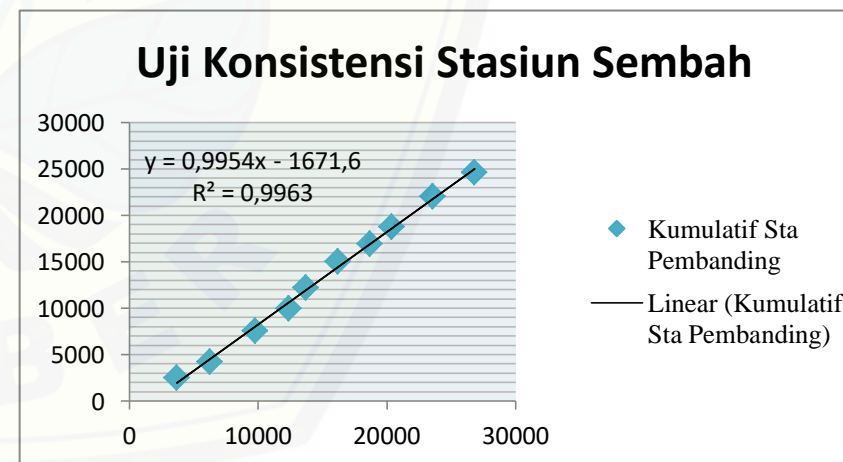
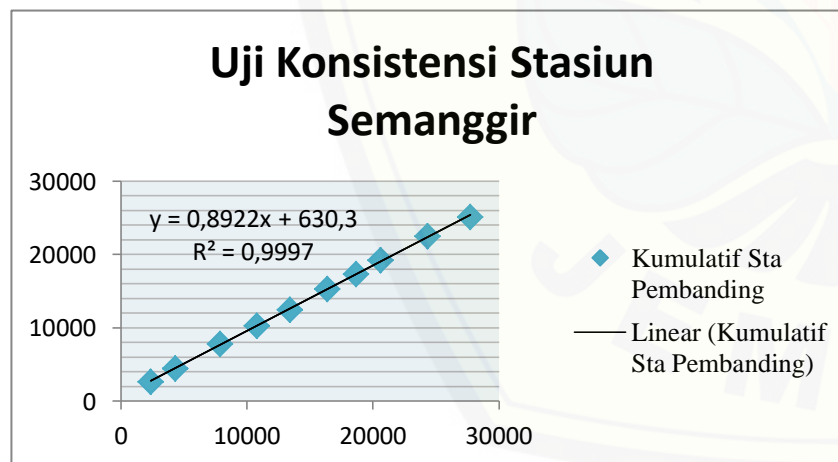
Tahun	Rambipuji	Kumulatif Stasiun Rambipuji	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2460	2460	2626	2626
2009	1651	4111	1764	4390
2010	3622	7733	3330	7720
2011	1679	9412	2484	10204
2012	1867	11279	2222	12426
2013	2559	13838	2822	15249
2014	708	14546	2034	17283
2015	2072	16618	1814	19097
2016	3323	19941	3232	22329
2017	2269	22210	2652	24981

Tahun	Rawatamtu	Kumulatif Stasiun Rawatamtu	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2433	2433	2628	2628
2009	1240	3673	1796	4424
2010	3005	6678	3378	7802
2011	1954	8632	2463	10264
2012	2137	10769	2201	12465
2013	2506	13275	2826	15292
2014	803	14078	2027	17319
2015	1484	15562	1859	19178
2016	2697	18259	3280	22459
2017	1920	20179	2679	25138



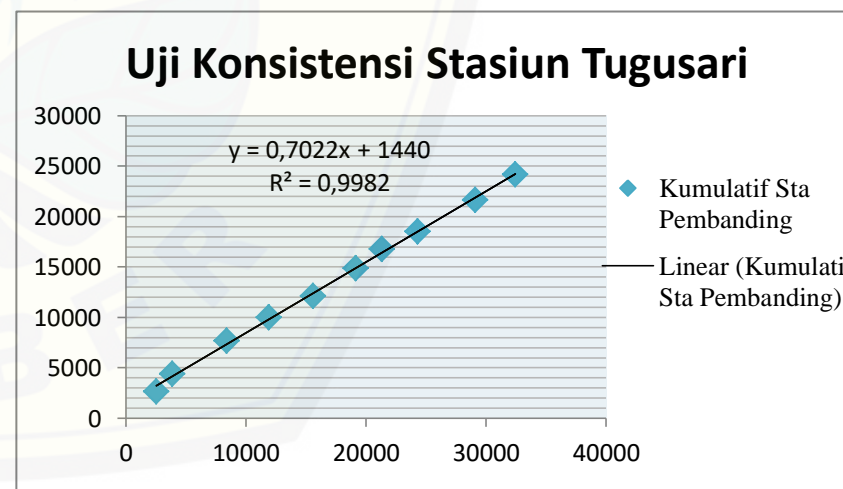
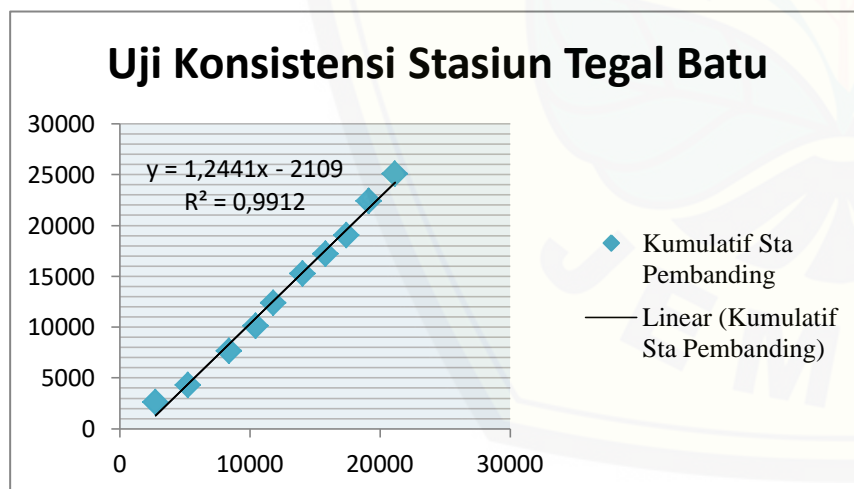
Tahun	Semanggir	Kumulatif Stasiun Semanggir	Rata Rata Stasiun Pemandang	Kumulatif Stasiun Pemandang
2008	2369	2369	2633	2633
2009	1927	4296	1796	4429
2010	3558	7854	3378	7806
2011	2946	10800	2463	10269
2012	2636	13436	2201	12470
2013	2959	16395	2826	15297
2014	2273	18668	2027	17324
2015	1950	20618	1859	19183
2016	3732	24350	3280	22463
2017	3378	27728	2679	25143

Tahun	Sembah	Kumulatif Stasiun Sembah	Rata Rata Stasiun Pemandang	Kumulatif Stasiun Pemandang
2008	3663	3663	2534	2534
2009	2602	6265	1691	4225
2010	3503	9768	3339	7564
2011	2623	12391	2411	9975
2012	1306	13697	2265	12240
2013	2501	16198	2827	15067
2014	2509	18707	1896	16963
2015	1692	20399	1843	18806
2016	3169	23568	3244	22050
2017	3243	26811	2577	24627



Tahun	Tegal Batu	Kumulatif Stasiun Tegal Batu	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2740	2740	2605	2605
2009	2485	5225	1700	4305
2010	3167	8392	3365	7670
2011	2064	10456	2454	10124
2012	1366	11822	2260	12384
2013	2238	14060	2847	15231
2014	1771	15831	1952	17184
2015	1608	17439	1850	19034
2016	1710	19149	3356	22390
2017	1998	21147	2673	25063

Tahun	Tugusari	Kumulatif Stasiun Tugusari	Rata Rata Stasiun Pembanding	Kumulatif Stasiun Pembanding
2008	2530	2530	2621	2621
2009	1338	3868	1788	4409
2010	4511	8379	3262	7671
2011	3505	11884	2344	10014
2012	3701	15585	2081	12095
2013	3576	19161	2744	14839
2014	2156	21317	1923	16762
2015	2972	24289	1745	18507
2016	4795	29084	3119	21626
2017	3335	32419	2570	24196



Lampiran 2. Perhitungan Evapotranspirasi

2008															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,60	27,61	27,51	27,55	26,88	25,80	25,30	25,93	28,05	27,72	27,02	27,61
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,66	0,86	0,47	0,60	0,57	0,62	0,81	0,88	0,84	0,67	0,51	0,59
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,97	0,96	0,98	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,97	0,98	0,97	0,98
4	Keceharaan matahari (n/N)	data	%	0,58	0,50	0,55	0,66	0,57	0,46	0,63	0,66	0,60	0,84	0,55	0,49
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,93	36,95	36,73	36,84	35,42	33,21	32,18	33,48	37,91	37,20	35,71	36,96
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		35,72	35,43	35,88	35,25	34,34	32,27	30,99	32,19	36,69	36,35	34,53	36,05
8	w	tabel A.1		0,77	0,77	0,77	0,77	0,76	0,75	0,74	0,75	0,77	0,77	0,76	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,25	0,23	0,23	0,24	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,22	16,22	16,20	16,21	16,08	15,85	15,72	15,88	16,31	16,24	16,10	16,22
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	5,27	4,57	4,82	5,31	4,20	3,38	4,41	4,91	4,83	7,12	4,95	4,45
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	1,22	1,53	0,85	1,58	1,09	0,94	1,19	1,29	1,23	0,85	1,18	0,91
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,09	0,07	0,07	0,08	0,08
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,62	0,55	0,59	0,69	0,61	0,52	0,66	0,70	0,64	0,85	0,60	0,54
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,42	0,47	0,38	0,41	0,40	0,41	0,46	0,48	0,47	0,43	0,39	0,41
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,77	0,69	0,74	0,88	0,81	0,74	0,99	1,00	0,77	1,03	0,78	0,66
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,51	1,96	2,46	2,33	1,94	1,52	1,78	2,00	2,23	3,65	2,36	2,23
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	2,76	2,16	2,46	2,33	1,84	1,44	1,78	2,00	2,45	4,01	2,71	2,57

2009															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	28,32	27,33	27,26	27,56	27,46	27,30	26,67	26,30	28,41	27,79	27,41	27,73
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,54	0,67	0,56	0,62	0,55	0,56	0,60	0,59	0,56	0,54	0,52	0,60
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,97	0,97	0,97	0,96	0,98	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,55	0,55	0,74	0,78	0,59	0,65	0,63	0,81	0,85	0,74	0,77	0,72
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	38,51	36,35	36,21	36,85	36,64	36,30	34,99	34,21	38,73	37,35	36,52	37,22
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		37,51	35,35	35,25	35,29	35,78	35,30	34,03	33,36	37,81	36,49	35,58	36,42
8	w	tabel A.1		0,77	0,77	0,76	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,77	0,77	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,23	0,24	0,23	0,23	0,24	0,24	0,25	0,22	0,23	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,36	16,17	16,15	16,21	16,19	16,16	16,03	15,96	16,38	16,26	16,18	16,25
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	5,05	4,97	6,37	6,25	4,32	4,63	4,42	5,97	6,78	6,37	6,84	6,50
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	1,01	1,00	0,96	1,56	0,86	1,00	0,96	0,85	0,92	0,86	0,94	0,79
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,60	0,59	0,76	0,80	0,63	0,69	0,67	0,83	0,87	0,77	0,79	0,75
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,40	0,43	0,40	0,41	0,40	0,40	0,41	0,41	0,40	0,40	0,39	0,41
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,69	0,75	0,97	1,02	0,78	0,87	0,89	1,14	0,99	0,93	1,00	0,91
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,57	2,44	3,19	2,78	2,14	2,22	2,07	2,90	3,49	3,29	3,48	3,38
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	2,82	2,68	3,19	2,78	2,03	2,10	2,07	2,90	3,84	3,62	4,00	3,88

2010															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	28,21	27,23	26,95	27,56	27,01	26,01	25,39	26,34	27,92	27,82	27,87	27,38
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,64	0,54	0,60	0,61	0,57	0,58	0,60	0,56	0,29	0,46	0,37	0,52
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,98	0,97	0,97	0,96	0,97	0,97	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,97
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,38	0,49	0,35	0,59	0,64	0,68	0,80	0,86	0,90	0,83	0,78	0,50
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	38,28	36,14	35,55	36,86	35,67	33,64	32,43	34,29	37,63	37,41	37,53	36,47
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		37,50	35,15	34,65	35,32	34,58	32,70	31,26	32,95	36,41	36,57	36,63	35,46
8	w	tabel A.1		0,77	0,76	0,76	0,77	0,76	0,75	0,75	0,76	0,77	0,77	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,24	0,24	0,23	0,24	0,25	0,25	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,34	16,15	16,09	16,21	16,10	15,90	15,75	15,97	16,28	16,26	16,27	16,18
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	3,55	4,50	3,16	4,78	4,70	4,84	5,56	6,29	7,13	7,08	6,91	4,57
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	0,78	0,99	0,89	1,54	1,09	0,94	1,17	1,34	1,22	0,83	0,90	1,01
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,08
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,44	0,54	0,42	0,63	0,68	0,71	0,82	0,87	0,91	0,85	0,80	0,55
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,42	0,39	0,41	0,41	0,40	0,40	0,41	0,40	0,34	0,38	0,36	0,39
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,51	0,69	0,54	0,80	0,88	1,00	1,21	1,22	1,10	1,02	0,96	0,69
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	1,82	2,21	1,52	2,10	2,19	2,25	2,40	2,77	3,58	3,70	3,61	2,26
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	2,00	2,43	1,52	2,10	2,08	2,14	2,40	2,77	3,93	4,07	4,15	2,60

2011															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,34	27,24	27,30	27,21	26,88	25,28	25,09	24,58	26,10	27,29	27,67	27,82
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,67	0,55	0,38	0,28	0,33	0,49	0,56	0,68	0,81	0,89	0,43	0,57
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,97	0,96	0,94	0,94	0,96	0,97	0,97
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,34	0,46	0,74	0,55	0,49	0,55	0,60	0,71	0,74	0,69	0,57	0,51
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,37	36,18	36,30	36,11	35,41	32,22	31,86	30,91	33,81	36,28	37,08	37,42
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		34,82	35,12	35,35	35,10	34,15	31,39	30,53	29,14	31,90	34,68	36,00	36,15
8	w	tabel A.1		0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,74	0,74	0,74	0,75	0,76	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,26	0,26	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,17	16,15	0,76	16,14	16,08	15,72	15,67	15,55	15,92	16,16	16,23	16,26
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	3,20	4,22	6,41	4,49	3,69	3,94	4,22	5,25	5,89	5,93	5,10	4,61
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	1,55	1,06	0,95	1,01	1,26	0,83	1,34	1,76	1,92	1,59	1,09	1,27
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,41	0,51	0,77	0,60	0,55	0,59	0,64	0,74	0,76	0,72	0,61	0,55
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,43	0,40	0,36	0,34	0,35	0,39	0,40	0,43	0,46	0,48	0,37	0,40
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,53	0,66	0,05	0,76	0,73	0,87	0,97	1,18	1,11	0,94	0,75	0,68
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	1,34	2,04	3,58	2,23	1,68	1,84	1,69	1,82	2,13	2,50	2,54	2,20
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	1,47	2,25	3,58	2,23	1,60	1,75	1,69	1,82	2,34	2,76	2,92	2,53

2012															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,61	25,54	25,35	27,52	27,03	25,99	25,51	24,72	26,38	27,33	27,71	27,81
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,75	0,47	0,80	0,34	0,35	0,42	0,50	0,65	0,78	0,77	0,43	0,47
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,47	0,61	0,53	0,73	0,63	0,51	0,55	0,76	0,83	0,81	0,62	0,55
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,97	32,73	32,35	36,77	35,73	33,61	32,66	31,17	34,37	34,37	36,35	37,17
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		35,81	31,71	31,35	35,90	34,68	32,81	31,60	29,67	32,88	33,22	35,40	36,12
8	w	tabel A.1		0,77	0,75	0,75	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74	0,76	0,76	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,25	0,25	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26	0,24	0,24	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,22	15,79	15,74	16,20	16,11	15,90	15,78	15,58	15,98	15,98	16,17	16,24
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	4,33	5,54	4,66	5,86	4,63	3,71	3,88	5,55	6,63	6,88	5,56	4,97
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	1,16	1,02	1,00	0,87	1,05	0,80	1,06	1,50	1,49	1,15	0,95	1,04
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,52	0,65	0,58	0,76	0,67	0,56	0,59	0,78	0,85	0,83	0,66	0,59
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,45	0,38	0,46	0,35	0,35	0,37	0,39	0,42	0,45	0,45	0,37	0,38
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,65	0,94	0,85	0,94	0,87	0,79	0,87	1,22	1,19	1,14	0,83	0,73
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,04	2,64	2,10	3,02	2,23	1,79	1,71	2,14	2,79	3,18	2,82	2,49
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	2,24	2,91	2,10	3,02	2,12	1,70	1,71	2,14	3,07	3,50	3,24	2,86

2013															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,62	27,75	27,56	27,98	27,19	26,71	25,92	24,86	26,65	27,36	27,74	27,80
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,42	0,38	0,43	0,33	0,37	0,33	0,44	0,62	0,70	0,66	0,40	0,37
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,48	0,61	0,76	0,67	0,57	0,47	0,52	0,88	0,92	0,94	0,61	0,46
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,98	37,27	36,86	37,76	36,08	35,05	33,47	31,43	36,42	36,42	37,25	37,38
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		36,00	36,14	35,89	36,81	35,23	34,28	32,70	30,21	35,33	35,59	36,40	36,55
8	w	tabel A.1		0,77	0,77	0,77	0,77	0,76	0,76	0,75	0,74	0,76	0,77	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26	0,24	0,23	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,22	16,25	16,21	16,30	16,14	16,04	15,88	15,62	16,03	16,17	16,25	16,26
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	4,43	5,55	6,58	5,36	4,22	3,39	3,73	6,43	7,28	8,02	5,46	4,22
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	0,98	1,13	0,98	0,94	0,85	0,77	0,77	1,23	1,09	0,83	0,84	0,83
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,08	0,08	0,07	0,07
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,53	0,65	0,79	0,70	0,61	0,52	0,57	0,89	0,93	0,95	0,65	0,51
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,37	0,36	0,37	0,35	0,36	0,35	0,37	0,41	0,43	0,42	0,36	0,36
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,66	0,80	0,97	0,83	0,78	0,69	0,80	1,37	1,17	1,19	0,79	0,62
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,23	2,79	3,36	2,75	2,11	1,68	1,80	2,74	3,47	4,10	2,84	2,18
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	2,45	3,06	3,36	2,75	2,00	1,60	1,80	2,74	3,82	4,51	3,26	2,51

2014															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,55	28,05	27,65	28,12	25,43	26,71	27,36	26,15	27,65	27,36	27,80	27,76
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,53	0,45	0,39	0,33	0,36	0,31	0,44	0,43	0,53	0,56	0,33	0,34
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,98	0,98	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,59	0,68	0,81	0,74	0,64	0,60	0,56	0,69	0,92	0,97	0,74	0,64
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,84	37,93	37,04	38,07	32,51	35,05	36,42	33,92	37,05	36,42	37,36	37,29
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		36,07	37,05	36,02	37,15	31,80	34,28	35,62	33,18	36,21	35,59	36,57	36,47
8	w	tabel A.1		0,77	0,77	0,77	0,77	0,75	0,76	0,77	0,75	0,77	0,77	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,23	0,23	0,23	0,25	0,24	0,23	0,25	0,23	0,23	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,21	16,31	16,23	16,32	15,76	16,04	16,17	15,93	16,23	16,17	16,26	16,25
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	5,40	6,11	7,00	5,97	4,67	4,32	3,94	5,06	7,28	8,20	6,58	5,79
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	0,77	0,88	1,03	0,91	0,71	0,77	0,80	0,73	0,84	0,83	0,80	0,82
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,07	0,08	0,07	0,09	0,08	0,08	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,63	0,71	0,83	0,77	0,67	0,64	0,60	0,72	0,93	0,97	0,77	0,68
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,39	0,37	0,36	0,35	0,35	0,34	0,37	0,37	0,39	0,40	0,35	0,35
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,78	0,83	1,02	0,90	0,97	0,85	0,75	0,99	1,13	1,22	0,92	0,82
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,80	3,19	3,57	3,10	2,30	2,17	1,97	2,52	3,74	4,22	3,48	3,04
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	3,08	3,51	3,57	3,10	2,19	2,06	1,97	2,52	4,12	4,65	4,00	3,50

2015															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,34	27,82	27,32	27,80	26,75	26,71	27,36	27,36	27,65	27,36	27,80	27,76
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,36	0,32	0,41	0,42	0,30	0,30	0,41	0,48	0,54	0,52	0,33	0,34
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,96	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,65	0,33	0,47	0,67	0,85	0,83	0,90	0,76	0,87	0,75	0,57	0,44
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,37	37,41	36,34	37,36	35,15	35,05	36,42	36,42	37,05	36,42	37,36	37,29
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		34,82	36,61	35,49	36,57	34,38	34,28	35,62	35,62	36,21	35,59	36,57	36,47
8	w	tabel A.1		0,77	0,77	0,76	0,77	0,76	0,76	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,23	0,24	0,23	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
10	f(t)	tabel A.1		16,17	16,26	16,16	16,26	0,24	16,04	16,17	16,17	16,23	16,17	16,26	16,25
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	5,90	3,11	4,16	5,39	6,16	5,85	6,22	5,59	6,90	6,42	5,12	4,05
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	1,55	0,80	0,86	0,80	0,77	0,77	0,80	0,80	0,84	0,83	0,80	0,82
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,69	0,40	0,52	0,70	0,87	0,85	0,91	0,78	0,88	0,78	0,61	0,50
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,36	0,34	0,36	0,37	0,34	0,34	0,36	0,38	0,40	0,39	0,35	0,35
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,89	0,48	0,66	0,85	0,02	1,12	1,14	0,98	1,08	0,97	0,74	0,60
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,77	1,60	2,11	2,80	3,44	2,97	3,17	2,84	3,54	3,29	2,69	2,10
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	3,04	1,76	2,11	2,80	3,27	2,82	3,17	2,84	3,89	3,62	3,09	2,42

2016															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	27,61	26,90	27,11	26,70	27,10	26,73	25,85	24,94	25,38	27,76	25,23	26,18
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,08	0,26	0,31	0,38	0,28	0,28	0,62	0,36	0,35	0,36	0,30	0,45
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,42	0,45	0,42	0,64	0,86	0,87	0,81	0,88	0,93	0,89	0,88	0,67
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	36,96	35,45	35,90	35,04	35,87	35,11	33,33	31,57	32,42	37,29	32,13	33,97
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		36,05	34,70	35,12	34,29	35,10	34,34	32,60	30,87	31,68	36,49	31,44	33,23
8	w	tabel A.1		0,77	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,74	0,75	0,77	0,74	0,75
9	1-w	tabel A.1		0,23	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,25	0,26	0,25	0,23	0,26	0,25
10	f(t)	tabel A.1		16,22	16,08	16,12	16,04	16,12	16,05	15,86	15,63	15,75	16,25	15,71	15,94
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	3,90	4,15	3,74	5,16	6,23	6,12	5,62	6,43	7,36	7,58	7,76	6,04
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	0,91	0,75	0,79	0,75	0,76	0,77	0,73	0,69	0,73	0,79	0,69	0,75
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	0,09	0,07	0,09	0,09
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,48	0,51	0,48	0,68	0,87	0,88	0,83	0,89	0,94	0,90	0,89	0,70
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,29	0,33	0,34	0,36	0,34	0,33	0,42	0,35	0,35	0,35	0,34	0,38
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,59	0,66	0,61	0,89	1,12	1,16	1,17	1,33	1,36	1,09	1,31	0,97
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	2,03	2,15	1,91	2,63	3,21	3,12	2,73	3,18	3,70	4,00	3,97	3,07
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	2,24	2,36	1,91	2,63	3,05	2,96	2,73	3,18	4,07	4,40	4,57	3,53

2017															
No	Uraian	Rumus	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
<i>Data</i>															
1	Temperatur (t)	data	⁰ C	26,35	26,27	26,47	26,43	26,29	25,53	24,82	23,50	24,83	27,56	26,22	27,00
2	Kecepatan Angin (u)	data	m/dt	0,31	0,88	0,35	0,30	0,32	0,29	0,45	0,56	0,54	0,44	0,35	0,42
3	Kelembaban Relatif (Rh)	data	%	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
4	Kecerahan matahari (n/N)	data	%	0,70	0,52	0,68	0,84	0,86	0,91	0,86	0,83	0,95	0,95	0,72	0,57
<i>Perhitungan</i>															
5	Nilai Angot (Ra)	tabel A.2	mm/hari	16,10	16,05	15,41	14,21	12,87	12,49	12,28	13,00	14,16	15,24	15,81	16,00
6	Tekanan Uap Jenuh (ea)	tabel A.1	mbar	34,33	34,16	35,90	34,49	34,12	32,70	31,35	28,95	31,37	36,85	34,05	35,66
7	Tekanan Uap Nyata (ed=ea*Rh)	(6)*(3)		33,58	33,44	35,12	33,75	33,40	31,98	30,67	28,31	30,66	36,04	33,33	34,88
8	w	tabel A.1		0,76	0,75	0,76	0,76	0,75	0,75	0,74	0,73	0,74	0,77	0,75	0,76
9	1-w	tabel A.1		0,24	0,25	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,26	0,23	0,25	0,24
10	f(t)	tabel A.1		15,97	15,95	16,12	15,99	15,96	15,78	15,61	15,28	15,61	16,21	15,94	16,10
11	Radiasi Gelombang Pendek (Rs) = (0.25+0.54n/N)*Ra	(0.25+0.54*(4))*(5)	mm/hari	6,34	4,76	5,91	6,70	6,23	6,39	5,95	6,08	7,51	8,07	6,40	5,17
12	Perbedaan Tekanan Uap Jenuh dengan Tekanan Uap (ea-ed)	(6)-(7)	mbar	0,75	0,72	0,79	0,74	0,73	0,72	0,69	0,64	0,71	0,81	0,73	0,78
13	f(ed) = 0.34 - (0.044*(ed)^0.5)	0.34 - (0.044*(7)^0.5)	mbar	0,09	0,09	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,08	0,09	0,08
14	f(n/N) = 0.1 + (0.9*(n/N))	0.1 + (0.9*(4))		0,73	0,57	0,71	0,86	0,87	0,92	0,87	0,85	0,96	0,96	0,75	0,61
15	f(u) = 0.27*(1+ 0.864*(u))	0.27*(1+ 0.864*(2))	m/dt	0,34	0,48	0,35	0,34	0,34	0,34	0,37	0,40	0,40	0,37	0,35	0,37
16	Radiasi bersih Gelombang Panjang (Rn 1)=(f(t)*f(ed)* f(n/N))	(10)*(13)*(14)	mm/hari	0,99	0,78	0,91	1,15	1,20	1,32	1,31	1,37	1,44	1,17	1,03	0,79
17	Eto*= w*(0.75Rs-Rn 1)+(1-w)* f(u)*(ea- ed)	(8)*((0.75*(11)-(16))+ (9))*(15)*((6)-(7))	mm/hari	3,27	2,34	3,06	3,45	3,16	3,20	2,90	2,89	3,69	4,22	3,29	2,66
18	Angka Koreksi (c)	tabel A.3		1,10	1,10	1,00	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,10	1,10	1,15	1,15
19	Eto = Eto* x c	(17)*(18)	mm/hari	3,60	2,58	3,06	3,45	3,00	3,04	2,90	2,89	4,06	4,64	3,79	3,06

Lampiran 3. Curah Hujan Rerata Wilayah

2008												
No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	55,93	34,74	24,37	8,45	4,73	0,00	0,00	0,00	0,00	8,59	3,79	0,00
2	29,69	4,77	46,42	0,26	1,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	1,59	1,99
3	14,75	12,75	21,79	0,30	4,68	0,00	0,00	0,00	0,00	15,49	24,47	1,25
4	20,21	7,31	19,72	13,00	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	1,83	5,15	0,39
5	37,28	20,54	15,60	19,35	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	8,38	1,33
6	14,02	8,75	31,24	22,40	7,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	29,07	2,33
7	0,00	6,57	8,33	12,80	10,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	21,87	22,25
8	11,77	3,95	1,81	6,40	3,17	0,00	0,00	0,00	0,00	5,19	1,75	35,29
9	8,55	15,25	8,68	0,02	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	18,20	14,34	28,59
10	1,05	0,92	15,91	0,69	0,00	0,33	0,00	4,85	0,00	17,25	3,62	26,39
11	2,29	8,52	19,94	7,46	0,00	0,01	0,00	3,31	0,00	0,04	18,17	26,16
12	5,19	5,40	8,38	0,00	1,01	0,00	0,00	0,33	0,00	9,00	12,18	16,07
13	1,57	0,69	7,88	0,00	0,47	0,00	0,00	0,17	0,00	1,19	2,80	3,42
14	3,77	4,77	53,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	4,14	11,22	1,73
15	2,04	5,53	14,75	19,42	1,28	0,00	0,00	3,09	0,00	8,55	14,22	0,00
16	15,16	18,26	10,02	11,86	1,37	0,00	0,00	0,14	0,00	0,03	11,98	8,52
17	3,28	1,41	14,40	4,93	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	13,53	0,97	16,45
18	10,15	0,00	11,55	0,44	19,61	0,00	0,00	0,07	0,00	2,29	0,54	11,93
19	21,30	0,06	27,65	11,16	6,45	0,00	0,00	0,02	0,00	19,03	18,83	43,83
20	33,10	23,20	28,39	4,19	1,77	0,00	0,00	0,00	0,00	1,98	3,03	14,32
21	8,24	12,92	28,64	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	20,49	20,37
22	14,51	10,94	51,79	0,60	0,38	0,00	0,00	0,31	0,00	2,76	4,24	19,15
23	0,00	15,45	45,01	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,84	51,93	12,24

24	1,09	3,70	26,71	3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,45	21,76	8,64
25	2,27	9,06	4,74	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	50,66	8,78
26	38,63	34,69	0,41	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	2,48	43,95	0,00
27	0,90	16,08	12,72	0,39	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	38,56	13,54	13,19
28	6,01	28,07	8,35	1,10	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	14,92	10,56	13,95
29	25,36	23,87	12,61	0,12	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	11,66	0,00	58,01
30	13,22		1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	12,30	0,00	12,16
31	23,16		0,24		0,00		0,00	0,00		8,81		24,70
Jumlah	424,46	338,16	583,11	149,78	71,69	1,61	0,00	15,40	0,00	240,42	425,12	453,40
MAX	55,93	34,74	53,82	22,40	19,61	0,95	0,00	4,85	0,00	38,56	51,93	58,01
MIN	0,00	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00

2009

No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	1,76	26,49	22,45	1,46	0,00	28,00	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00	1,09
2	14,29	42,28	0,02	13,24	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,95
3	2,84	24,35	7,03	0,20	0,00	0,00	0,25	0,12	0,00	0,25	1,05	0,25
4	0,00	9,95	8,00	0,97	4,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00
5	1,25	5,24	17,11	0,11	0,34	11,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
6	2,06	3,55	31,40	9,21	0,01	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	3,59	0,00
7	1,34	0,00	24,69	0,02	17,24	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	14,48	0,00
8	12,62	0,00	18,84	3,20	0,68	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	18,57	0,00
9	3,51	0,00	0,06	7,90	12,14	3,54	0,00	0,00	0,00	0,46	0,09	0,46
10	7,69	4,60	0,59	0,00	29,21	0,11	0,00	0,00	0,00	0,02	2,21	0,02
11	12,43	15,72	8,48	8,73	13,01	5,14	0,00	0,00	0,00	0,00	21,09	0,00

2009												
No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	10,40	12,78	11,73	18,11	2,66	2,42	13,14	0,00	10,03	0,20	11,08	0,20
2	35,55	29,88	4,81	4,67	21,65	0,00	3,58	0,00	0,30	12,87	3,88	12,87
3	14,59	6,42	5,73	16,18	7,77	11,10	0,27	9,75	0,93	0,84	10,50	0,84
4	37,75	37,74	1,40	18,27	2,97	5,40	1,12	12,21	0,55	10,52	21,44	10,52
5	35,64	9,51	29,92	27,23	5,80	2,43	9,62	4,39	1,52	0,76	25,79	0,76
6	15,49	37,70	19,08	4,92	2,29	0,75	16,27	0,35	14,47	0,42	24,55	0,42
7	29,70	42,00	17,94	0,81	36,56	6,04	6,01	0,00	10,48	1,35	20,10	1,35
8	18,49	3,92	1,76	5,63	17,91	3,54	1,37	0,00	1,23	3,61	23,01	3,61
9	21,65	3,45	0,43	1,67	8,34	3,92	5,51	0,00	25,76	10,30	5,60	10,30
10	13,16	6,60	16,65	12,72	12,31	0,35	1,27	0,00	3,27	19,42	3,29	19,42
11	17,57	11,13	3,41	3,40	7,17	1,27	0,95	0,60	43,45	2,95	0,15	2,95
12	13,49	8,30	0,28	7,30	5,40	1,75	9,37	0,15	20,96	2,13	0,00	2,13
13	4,92	40,77	8,45	10,62	29,49	7,28	11,52	0,24	9,23	0,16	1,17	0,16
14	23,99	4,84	45,16	10,93	7,19	2,49	2,43	0,18	0,57	0,00	2,20	0,00
15	9,32	26,58	2,67	5,58	6,04	3,15	0,00	0,29	0,87	1,05	2,67	1,05
16	15,06	2,68	11,46	1,57	3,62	3,76	0,00	0,00	11,50	3,49	2,66	3,49
17	0,62	9,33	18,89	9,50	6,41	1,51	0,20	0,00	9,01	12,68	0,41	12,68
18	21,38	18,52	20,64	17,78	6,96	0,25	1,03	0,00	7,88	3,86	12,60	3,86
19	16,38	7,34	7,33	15,94	2,07	0,08	1,47	0,15	19,17	6,57	0,00	6,57
20	10,89	1,25	2,95	2,76	8,20	0,59	0,62	6,73	3,25	0,00	0,00	0,00
21	15,54	5,83	13,48	13,45	10,73	0,00	0,00	1,54	5,74	10,23	0,00	10,23
22	8,49	5,15	10,81	29,17	6,94	0,00	0,00	4,54	1,40	16,52	0,00	16,52
23	18,10	32,74	21,60	9,45	2,50	0,44	0,00	10,95	7,23	13,06	0,20	13,06
24	11,08	0,04	7,84	25,51	5,85	0,83	0,00	11,23	2,01	11,88	0,79	11,88

25	16,05	20,33	0,47	8,52	19,90	0,75	0,27	4,12	9,16	9,03	18,86	9,03
26	16,71	2,64	22,10	5,89	17,67	1,12	4,06	0,24	2,92	2,15	22,84	2,15
27	23,68	2,49	31,46	2,64	11,77	0,00	6,64	0,00	1,50	5,22	8,03	5,22
28	2,50	12,09	5,19	36,82	10,93	2,22	9,49	0,00	0,24	11,90	8,86	11,90
29	16,38		10,90	18,89	1,63	0,00	4,20	0,00	0,20	18,25	23,09	18,25
30	9,30		5,65	7,23	2,10	0,00	1,01	0,11	1,12	16,13	26,49	16,13
31	6,26		9,46		0,00		0,00	5,90		17,19		17,19
Jumlah	510,14	402,03	369,65	353,18	290,81	63,43	111,41	73,64	225,94	224,71	280,25	224,71
MAX	37,75	42,00	45,16	36,82	36,56	11,10	16,27	12,21	43,45	19,42	26,49	19,42
MIN	0,62	0,04	0,28	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00

2011												
No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	29,50	28,40	18,28	28,30	19,84	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	6,64	0,00
2	20,70	17,39	2,52	41,81	5,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,36	0,00
3	23,10	34,04	10,02	15,16	2,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,52	0,00
4	3,32	35,33	12,98	9,79	3,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00
5	2,84	8,89	10,55	5,95	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,13	0,00
6	1,37	3,11	45,36	3,82	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,04	0,00
7	11,02	0,00	35,13	9,00	5,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28,91	0,00
8	9,77	2,20	28,69	13,60	2,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,55	0,00
9	23,41	10,36	11,10	7,56	5,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50	0,00
10	34,88	7,55	6,57	14,24	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00
11	11,35	18,53	12,92	11,12	2,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,32	0,00
12	3,29	7,76	17,46	5,61	6,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,49	0,00

2012												
No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	23,60	31,47	1,93	8,64	6,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,17	8,05
2	11,77	13,00	25,96	4,44	0,00	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	16,85
3	8,95	21,91	12,35	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	4,92	7,10
4	37,14	43,24	7,29	6,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	6,00	12,68
5	8,28	40,56	4,48	3,10	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	8,79	0,00	22,58
6	18,52	30,57	21,13	3,63	6,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	4,48
7	50,70	19,02	21,50	2,07	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00	1,96	0,00	13,99
8	22,06	12,46	51,00	8,91	7,16	10,11	0,00	0,00	0,00	1,61	0,00	3,28
9	10,68	12,70	1,45	5,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,30
10	4,65	0,24	14,80	0,93	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	5,42	22,12
11	18,61	10,74	2,00	1,11	0,39	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	13,57
12	60,03	9,03	1,25	2,63	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	15,74
13	8,49	0,11	2,66	2,16	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	0,72	2,60
14	9,23	0,43	8,82	5,84	8,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,57	22,07
15	12,50	0,46	1,54	2,84	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	6,92	8,30
16	12,84	8,53	1,14	8,08	15,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	6,54	19,95
17	17,58	9,31	4,34	7,11	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	14,26	2,53	7,70
18	22,00	5,20	6,16	0,70	0,83	0,00	0,79	0,00	0,00	5,70	20,30	26,11
19	3,83	6,46	4,67	14,20	9,64	0,00	22,34	0,00	0,00	0,05	14,08	14,47
20	5,13	5,40	17,72	0,69	0,00	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	21,77	21,93
21	19,34	3,30	9,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	7,40	23,33
22	10,48	0,53	3,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,69	4,15
23	14,47	10,47	6,61	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,77	4,39
24	9,35	11,17	2,94	2,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,80	16,39

25	6,91	15,26	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,61	10,91
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	1,23	6,74
27	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67	48,84
28	9,90	15,87	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,24	16,67	9,87
29	19,90	0,00	1,62	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,40	30,21	2,09
30	14,32		1,39	9,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,17	0,91	30,51
31	0,29		2,65		0,18		0,00	0,00		2,80		66,24
Jumlah	472,12	337,42	239,94	108,41	68,43	15,12	23,13	0,00	0,00	70,86	205,63	507,36
MAX	60,03	43,24	51,00	14,20	15,96	10,11	22,34	0,00	0,00	15,40	30,21	66,24
MIN	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09

2013

No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	24,82	6,10	2,26	10,22	0,00	4,69	1,56	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00
2	18,88	18,23	8,70	3,23	0,63	3,00	0,87	0,00	0,00	0,00	10,67	0,00
3	4,35	4,75	7,63	12,27	0,00	11,30	0,46	0,00	0,00	0,00	10,53	0,00
4	20,73	13,38	18,66	3,19	0,00	7,27	5,21	0,00	0,00	0,00	7,00	0,00
5	14,04	23,59	13,73	4,21	0,00	0,94	0,04	0,00	0,00	0,00	1,91	0,00
6	28,09	14,03	0,33	10,91	3,40	37,62	0,00	0,00	0,00	0,00	15,86	0,00
7	9,36	7,56	11,66	3,59	1,24	30,37	0,86	0,00	0,00	0,00	18,70	0,00
8	33,61	20,07	1,57	20,41	0,00	4,22	0,04	0,00	0,00	0,00	12,54	0,00
9	18,61	10,87	8,40	0,47	0,00	18,57	0,38	0,00	0,00	0,00	6,57	0,00
10	15,80	22,86	0,18	0,00	0,00	5,33	6,19	0,00	0,00	0,00	4,48	0,00
11	13,50	14,24	0,83	1,08	0,00	0,41	9,41	0,00	0,00	0,00	28,49	0,00
12	24,25	16,72	14,80	15,63	1,27	0,00	12,46	0,00	0,00	0,00	8,99	0,00

2014												
No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	66,54	22,98	0,71	1,59	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	22,24	17,20	5,11	11,63	1,68	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	9,86	17,21	1,79	21,08	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	13,73	22,34	4,83	3,16	0,29	9,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	42,89	21,69	8,01	7,22	0,00	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	17,22	15,88	0,00	1,27	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,38	0,00
7	7,22	4,30	10,65	0,00	0,90	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	5,02	0,00
8	1,41	13,09	0,00	39,71	14,50	1,79	0,00	0,56	0,00	0,00	6,03	0,00
9	10,47	12,98	0,00	11,26	7,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,31	0,00
10	13,13	7,55	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,66	0,00
11	12,85	0,70	5,97	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,96	0,00
12	6,90	9,88	1,04	12,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,11	0,00
13	29,46	1,39	7,20	7,95	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,03	0,00
14	7,85	0,96	21,89	3,28	2,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,41	0,00
15	1,73	1,62	4,27	1,66	3,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,18	0,00
16	0,57	3,05	3,85	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,98	0,00
17	1,86	13,15	5,32	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,69	0,00
18	6,07	0,21	19,04	1,25	0,00	9,39	0,00	0,00	0,00	0,00	9,30	0,00
19	0,70	0,00	5,26	17,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,16	0,00
20	0,15	7,33	3,05	13,22	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,35	1,12	0,35
21	17,08	6,23	1,65	9,72	1,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	9,09	0,46
22	22,80	14,39	1,66	1,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,53	0,00
23	25,61	16,93	1,77	16,73	0,30	3,08	0,00	0,00	0,00	0,12	6,54	0,12
24	26,88	7,10	7,56	7,02	0,00	0,00	4,41	0,00	0,00	0,00	12,16	0,00

25	26,66	11,43	0,16	0,01	0,98	14,08	0,00	0,00	0,00	0,00	5,54	0,00
26	4,51	0,16	1,42	1,89	2,21	2,29	0,00	0,00	0,00	0,00	5,13	0,00
27	2,57	5,43	9,93	8,46	0,12	0,81	0,92	0,00	0,00	0,00	15,09	0,00
28	6,04	2,43	13,97	30,20	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00
29	4,18		6,78	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,96	0,00
30	0,98		4,81	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,85	0,00
31	0,38		12,19		0,00		0,00	0,00		0,00		0,00
Jumlah	410,55	257,59	170,03	231,63	46,04	43,39	6,13	0,56	0,00	0,92	185,25	0,92
MAX	66,54	22,98	21,89	39,71	14,50	14,08	4,41	0,56	0,00	0,46	15,09	0,46
MIN	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

2015

No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	15,08	13,31	14,12	6,62	12,83	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	10,88	12,29	20,88	1,01	5,22	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	14,23	7,10	3,34	2,48	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,27	0,00
4	11,96	0,00	0,14	4,25	1,26	9,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	10,65	4,53	0,11	2,15	0,07	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	6,17	0,00
6	19,12	12,98	26,24	17,77	3,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	2,70	17,59	15,98	6,17	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00
8	4,73	29,38	12,27	9,84	0,59	1,79	0,00	0,00	0,00	0,00	24,26	0,00
9	1,06	5,48	11,82	0,01	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,73	0,00
10	3,79	0,58	0,00	5,67	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	15,84	10,59	12,81	4,01	1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	0,00
12	32,76	35,70	0,20	10,05	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,65	0,00

2016												
No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	4,07	15,90	8,34	1,21	8,41	3,58	0,68	0,00	0,00	7,97	12,74	10,34
2	0,00	39,03	20,27	0,44	7,08	5,80	15,77	0,00	8,62	15,15	6,81	14,27
3	7,73	50,97	8,15	0,61	4,50	0,00	8,02	0,19	0,00	9,76	10,28	32,60
4	0,64	6,13	1,26	1,73	5,97	0,00	0,17	1,46	0,00	6,46	7,06	24,32
5	1,10	20,15	7,92	15,47	6,58	10,05	0,01	10,79	0,00	12,79	14,05	1,22
6	0,70	4,60	0,78	1,46	4,54	0,00	0,00	1,29	0,68	27,66	0,77	12,73
7	0,00	12,31	9,34	1,90	2,13	8,19	0,00	13,73	0,06	26,06	0,12	6,22
8	3,08	8,53	15,46	20,25	12,79	18,83	8,88	5,96	0,00	3,63	15,03	9,51
9	7,14	10,35	29,40	21,98	19,76	13,67	8,95	0,72	0,00	6,59	33,54	28,78
10	18,47	6,27	5,52	6,44	3,97	0,00	1,25	0,00	0,00	0,61	9,13	10,24
11	11,34	23,62	18,94	13,73	7,56	0,01	16,92	0,00	0,44	9,50	29,82	7,64
12	0,42	31,06	16,53	14,47	13,88	4,35	11,11	0,00	3,85	10,09	11,70	8,34
13	12,33	12,41	2,07	23,86	3,31	1,29	3,50	0,40	6,13	11,78	5,88	31,93
14	6,31	16,10	5,62	16,15	2,19	4,13	4,78	0,00	4,66	0,00	1,10	7,24
15	6,42	2,45	8,59	5,94	4,68	12,20	5,21	0,23	11,82	1,85	13,94	6,64
16	11,89	23,58	3,73	10,87	9,37	6,09	1,38	0,36	2,08	7,37	21,55	6,85
17	0,47	4,08	11,18	2,55	4,43	3,11	2,63	10,66	8,88	0,00	10,75	15,48
18	0,20	4,97	0,00	3,19	1,19	21,29	7,73	0,00	0,00	0,00	26,28	5,22
19	17,97	12,78	0,61	1,59	1,24	16,86	5,71	0,00	0,00	0,00	8,06	2,98
20	10,79	12,49	2,66	0,00	8,28	4,66	1,76	0,00	0,18	0,33	17,66	8,53
21	2,97	1,82	2,85	3,71	1,74	0,00	3,00	0,00	0,00	13,13	2,02	21,31
22	13,23	18,11	0,29	0,88	0,00	0,00	5,94	0,00	8,45	1,23	6,80	3,92
23	2,44	19,88	0,18	2,23	12,27	0,00	6,84	0,00	17,20	3,51	15,24	3,55
24	11,57	26,57	3,80	14,43	0,00	0,00	0,26	0,00	10,23	6,23	14,90	9,26

25	14,03	25,41	3,14	2,83	1,78	4,98	0,00	0,00	13,10	8,86	21,06	3,49
26	1,66	9,08	8,38	1,27	0,00	0,01	0,00	0,00	13,98	0,49	8,66	12,98
27	2,27	6,87	0,29	4,53	4,37	20,23	0,39	0,30	5,87	21,82	41,86	0,00
28	13,51	9,32	0,12	12,21	13,12	4,90	0,00	3,40	4,69	11,95	30,96	1,47
29	3,49	27,11	3,27	17,41	0,00	7,52	0,00	14,97	17,15	1,65	42,88	1,93
30	0,00		1,22	6,81	11,69	4,01	0,14	6,24	0,00	16,55	16,18	8,06
31	0,02		0,29		7,81		0,00	0,00		4,96		9,84
Jumlah	186,25	461,92	200,19	230,15	184,63	175,77	120,98	70,69	138,06	247,99	456,82	326,87
MAX	18,47	50,97	29,40	23,86	19,76	21,29	16,92	14,97	17,20	27,66	42,88	32,60
MIN	0,00	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00

2017

No.	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
1	18,00	4,63	16,32	11,93	1,71	5,09	0,72	0,00	0,00	0,96	0,00	0,96
2	38,33	8,07	12,69	14,54	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	10,65	0,00
3	10,37	4,14	16,25	37,62	0,95	0,37	0,00	0,00	0,00	2,28	15,12	2,28
4	16,06	4,25	4,84	24,50	5,87	0,00	0,00	0,00	0,00	5,18	13,49	5,18
5	6,64	0,00	8,09	14,86	1,06	6,04	0,00	0,95	0,00	15,81	19,67	15,81
6	10,79	3,23	4,30	10,96	3,02	18,01	0,97	1,54	0,00	22,11	17,83	22,11
7	0,54	3,79	0,36	1,11	0,13	5,02	0,00	0,00	0,00	5,80	7,35	5,80
8	0,98	6,33	2,20	21,99	0,79	4,79	2,17	0,00	0,00	17,84	9,02	17,84
9	1,59	15,44	0,00	22,45	0,26	0,00	2,23	0,00	0,00	10,29	22,77	10,29
10	0,00	3,89	3,43	6,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88	1,77	1,88
11	0,00	10,32	8,54	3,16	0,00	1,89	0,64	0,00	0,00	4,37	3,72	4,37
12	9,01	16,91	5,57	8,11	0,00	6,68	0,22	0,06	0,00	1,42	7,45	1,42

