

**ANALISIS HUBUNGAN CURAH HUJAN DAN DEBIT DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI DOLOK DENGAN METODE**

JARINGAN SARAF TIRUAN

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR
TEKNIK SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



NOVIANTI SIDI ASTRI

NIM. 155060407111012

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS HUBUNGAN CURAH HUJAN DAN DEBIT DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI DOLOK DENGAN METODE
JARINGAN SARAF TIRUAN**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR
TEKNIK SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**NOVIANTI SIDI ASTRI
NIM. 155060407111012-64**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 25 November 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19711209 199803 2 001

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

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

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



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia
Telp. : +62-341-587710, 587711; Fax : +62-341-551430
<http://teknik.ub.ac.id> E-mail : teknik@ub.ac.id

**PERNYATAAN
ORISINALITAS SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya, di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK/Strata-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
(Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13)

Malang,
Mahasiswa,

Materai Rp. 6.000,-

Nama : Novianti Sidi Astri
NIM : 155060407111012
Jurusan: TEKNIK PENGAIRAN





KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Mayjend. Haryono no. 167, Malang, 65145, Indonesia

Telp. : +62-341-587710, 587711; Fax : +62-341-551430

<http://teknik.ub.ac.id>

E-mail : teknik@ub.ac.id

UNDANG – UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 20 TAHUN 2003 SISTEM PENDIDIKAN NASIONAL

Pasal 25 Ayat 3 :

Lulusan Perguruan Tinggi Yang Karya Ilmiahnya Digunakan Untuk Memperoleh Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Terbukti Merupakan Jiplakan Dicaput Gelarnya.

Pasal 70 :

Lulusan Yang Karya Ilmiah Yang Digunakan Untuk Mendapatkan Gelar Akademik, Profesi, Atau Vokasi Sebagaimana Dimakud Dalam Pasal 25 Ayat (2) Terbukti Merupakan Jiplakan Dipidana Penjara Paling Lama Dua Tahun Dan/Atau Pidana Denda Paling Banyak Rp. 200.000.000,00 (Dua Ratus Juta Rupiah).





It's given to me by me,
I want to thank me.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, yang telah memberikan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi ini. Tujuan dari pembuatan Skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan yang harus ditempuh mahasiswa Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, dan juga sebagai wadah untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.

Dengan kesungguhan serta rasa rendah hati, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orangtua, beserta Kakak-kakak tercinta yang selalu memberikan doa, kepercayaan, kasih dan dukungan penuh.
2. Sri Wahyuni ST., MT., Ph.D., dan Dr. Ery Suhartanto, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan kepada penyusun untuk dapat dibimbing oleh Beliau.
3. Dr. Very Dermawan, ST., MT., beserta Bambang Winarta, ST., MT., Ph.D., selaku dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu dalam perbaikan skripsi ini.
4. Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Dr. Ery Suhartanto, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Dr. Very Dermawan, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Strata 1 Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
7. Staf administrasi Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
8. Himpunan Mahasiswa Pengairan Periode 2018/2019, atas pengalaman yang dihadirkan dan dilalui bersama-sama.
9. Teman-teman Teknik Pengairan 2015, yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan skripsi ini.
10. Keluarga Besar Mahasiswa Pengairan, yang telah memberikan bantuan dan dukungan terhadap penyusun.
11. Semua pihak yang telah membantu terselesainya laporan ini yang mungkin penyusun luput sebutkan.

Skripsi ini mungkin memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penyusun berharap pembaca dapat memberikan kritik dan saran yang konstruktif untuk dijadikan bahan evaluasi. Selamat membaca.

Malang, November 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
RINGKASAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Analisis Data Hidrologi.....	5
2.1.1. Uji Konsistensi Data.....	5
2.1.2. Uji Ketidakadaan <i>Trend</i>	6
2.1.3. Uji Stasioner.....	8
2.1.3.1. Uji Kestabilan Nilai Varian (Uji F).....	9
2.1.3.2. Uji Kestabilan Nilai Rata-rata (Uji-t).....	9
2.2. Analisis Curah Hujan Rerata Wilayah.....	10
2.3. Perhitungan Koefisien Aliran.....	11
2.4. Bendung.....	11
2.4.1. Kondisi Wilayah Sungai.....	11
2.5. Jaringan Saraf Tiruan.....	12
2.5.1. Cara Kerja Jaringan Saraf Tiruan.....	13
2.5.1.1. Arsitektur Jaringan.....	13



2.5.1.2. Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan.....	14
2.5.1.3. Jenis Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan.....	17
2.5.2. Analisis Kesesuaian Metode.....	17
2.5.2.1. <i>Mean Square Error</i> dan <i>Root Mean Square Error</i>	18
2.5.2.2. Nash-Sutcliffe Coefficient (Coefficient of efficiency)	19
2.5.2.3. Koefisien Determinasi atau Koefisien Korelasi.....	19
2.6. Jaringan Saraf Tiruan dengan Metode <i>Backpropagation</i>	20
2.6.1. Fungsi Aktivasi <i>Backpropagation</i>	21
2.6.2. Algoritma <i>Backpropagation</i>	22
2.6.2.1. Tahap Perambatan Maju (<i>Forward Propagation</i>).....	22
2.6.2.2. Tahap Perambatan Balik (<i>Backpropagation</i>).....	22
2.6.2.3. Tahap Perubahan atau Pembaharuan Bobot dan Bias	23
2.6.3. Pemilihan Bobot Awal dan Persamaan Umum <i>Backpropagation</i>	24
2.6.4. Aplikasi Matlab.....	25
2.6.4.1. Matlab R2014b.....	25
2.6.4.2. Transformasi Data	27
2.7. Perbedaan Studi Ini dengan yang Terdahulu	28
BAB III METODOLOGI	31
3.1. Lokasi Studi	31
3.1.1. Kondisi Administratif dan Geografis	31
3.1.2. Kondisi Topografi.....	34
3.1.3. Kondisi Daerah Aliran Sungai Dolok	36
3.1.4. Kondisi Kependudukan	38
3.2. Data Teknis yang Diperlukan.....	40
3.3. Tahapan Penyelesaian Skripsi.....	41
3.4. Garis Waktu Pengerjaan Skripsi	44
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Analisis Kualitas Data Hidrologi.....	45
4.1.1. Pengolahan Data Curah Hujan.....	45
4.1.1.1. Uji Konsistensi.....	46
4.1.1.2. Uji Ketidakadaan <i>Trend</i>	51
4.1.1.3. Uji Stasioner.....	57
4.1.2. Pengolahan Data Debit.....	61



4.2. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah.....	62
4.2.1. Perhitungan Nilai Faktor Luas Pengaruh Stasiun Hujan (Kr).....	62
4.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah.....	64
4.3. Pengolahan Data Koefisien Aliran.....	68
4.4. Analisis Curah Hujan dan Debit dengan Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Perangkat Lunak Matlab	70
4.4.1. Langkah-langkah Analisis Pemodelan Curah Hujan dan Debit dengan Matlab R2014b.....	70
4.4.2. Hasil Pengolahan ANN Matlab R2014b.....	82
4.4.3. Kalibrasi.....	83
4.4.4. Verifikasi.....	85
4.4.5. Validasi	86
4.5. Pendugaan Debit.....	88
4.5.1. Kalibrasi Hasil Pendugaan.....	90
4.5.2. Verifikasi Hasil Pendugaan.....	91
4.5.3. Validasi Hasil Pendugaan	91
4.5.4. Uji RAPS Debit Tahun 2008 sampai 2017	92
4.5.5. Perbandingan Hasil Pemodelan Sebelum dan Sesudah Pendugaan dengan Berbagai <i>Layer</i>	93
BAB V PENUTUP.....	97
5.1. Kesimpulan.....	97
5.2. Saran.....	97

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Bangunan Pengendali Banjir di Sistem Dolok Penggaron.....	12
Tabel 2.2	Kriteria Nilai NSE.....	19
Tabel 2.3	Perbedaan studi ini dengan studi terdahulu.....	28
Tabel 3.1	Wilayah Administratif DAS Dolok.....	31
Tabel 3.2	Jumlah Penduduk Kota Semarang Per Kecamatan.....	39
Tabel 3.3	Pertumbuhan Penduduk Kota Semarang.....	39
Tabel 3.4	Jenis dan Sumber Data yang Diperlukan.....	40
Tabel 3.5	Garis Waktu Penyelesaian Skripsi.....	44
Tabel 4.1	Curah Hujan Bulanan Stasiun Banyumeneng.....	45
Tabel 4.2	Curah Hujan Bulanan Stasiun Ngobo.....	45
Tabel 4.3	Curah Hujan Bulanan Stasiun Bendung Sigotek.....	46
Tabel 4.4	Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Banyumeneng.....	47
Tabel 4.5	Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Ngobo.....	47
Tabel 4.6	Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Bendung Sigotek.....	48
Tabel 4.7	Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Ngobo Terkoreksi.....	49
Tabel 4.8	Rekapitulasi Faktor Koreksi Stasiun Hujan.....	50
Tabel 4.9	Rekapitulasi Data Curah Hujan Tahunan Sebelum Terkoreksi.....	50
Tabel 4.10	Rekapitulasi Data Curah Hujan Tahunan Setelah Terkoreksi.....	51
Tabel 4.11	Peringkat Data Stasiun Hujan Banyumeneng.....	52
Tabel 4.12	Rekapitulasi Uji Ketidakadaan <i>Trend</i> Metode Spearman Tahunan.....	53
Tabel 4.13	Rekapitulasi Uji Ketidakadaan <i>Trend</i> Metode Spearman Bulanan.....	53
Tabel 4.14	Peringkat Data Stasiun Hujan Banyumeneng.....	53
Tabel 4.15	Rekapitulasi Uji Mann dan Whitney Tahunan.....	55
Tabel 4.16	Rekapitulasi Uji Mann dan Whitney Bulanan.....	56
Tabel 4.17	Kelompok Data Stasiun Banyumeneng.....	56
Tabel 4.18	Rekapitulasi Uji Tanda dar Cox dan Stuart Bulanan.....	57
Tabel 4.19	Uji F untuk Data Curah Hujan Tahunan Stasiun Banyumeneng.....	58
Tabel 4.20	Rekapitulasi Uji F (Kestabilan Varian) Data Hujan Tahunan.....	59
Tabel 4.21	Rekapitulasi Uji F (Kestabilan Varian) Data Hujan Tahunan.....	59



Tabel 4.22 Uji T untuk Data Curah Hujan Tahunan Stasiun Banyumeneng.....	59
Tabel 4.23 Rekapitulasi Uji T (Kestabilan Nilai Rerata) Data Hujan Tahunan.....	60
Tabel 4.24 Rekapitulasi Uji T (Kestabilan Nilai Rerata) Data Hujan Bulanan	60
Tabel 4.25 Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR Tahun 2009-2013 dan 2015-2017	61
Tabel 4.26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Kr	64
Tabel 4.27 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah	64
Tabel 4.28 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Periode Bulanan	67
Tabel 4.29 Nilai Volume Air Larian Tahun 2009	68
Tabel 4.30 Nilai Volume Curah Hujan 2009	68
Tabel 4.31 Nilai Koefisien Aliran	69
Tabel 4.32 Perhitungan Koefisien Aliran untuk Pendugaan.....	69
Tabel 4.33 Rekapitulasi Nilai Koefisien Aliran	70
Tabel 4.34 Rekapitulasi Data <i>Input</i> dan <i>Target</i> untuk Analisis Menggunakan Matlab	71
Tabel 4.35 Perhitungan Kalibrasi Hasil Pelatihan Data 5 Tahun (<i>epoch</i> 1000)	83
Tabel 4.36 Perhitungan Verifikasi Hasil Simulasi Data 3 Tahun (<i>epoch</i> 1000).....	85
Tabel 4.37 Rekapitulasi Perbandingan Kalibrasi dan Verifikasi	86
Tabel 4.38 Tabel Rekapitulasi Pendugaan Debit Tahun 2008 dan 2014.....	90
Tabel 4.39 Tabel Rekapitulasi Kalibrasi.....	90
Tabel 4.40 Tabel Rekapitulasi Verifikasi	91
Tabel 4.41 Rekapitulasi Perbandingan Kalibrasi dan Verifikasi	92
Tabel 4.42 Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR Tahun 2008-2017	92
Tabel 4.43 Perbandingan Hasil Kalibrasi dan Verifikasi Sebelum dan Sesudah Pendugaan.....	93

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Contoh kurva massa ganda.....	6
Gambar 2.2	Contoh metode poligon thiennes.....	11
Gambar 2.3	Jaringan Saraf dengan Lapisan Tunggal.....	13
Gambar 2.4	Jaringan Saraf dengan Banyak Lapisan.....	14
Gambar 2.5	Jaringan Saraf dengan Kompetitif.....	14
Gambar 2.6	<i>Hard Limit Function</i>	15
Gambar 2.7	<i>Treshold Function</i>	15
Gambar 2.8	<i>Bipolar Function</i>	15
Gambar 2.9	<i>Bipolar Threshold Function</i>	16
Gambar 2.10	<i>Linear Function</i>	16
Gambar 2.11	<i>Binary Sigmoid Function</i>	16
Gambar 2.12	Tiga Lapis Jaringan <i>backpropagation</i>	21
Gambar 2.13	Langkah Perambatan Maju.....	22
Gambar 2.14	<i>Command Window</i>	26
Gambar 2.15	<i>Workspace Matlab Editor/ Debugger</i>	26
Gambar 2.16	<i>Figure</i>	26
Gambar 3.1	Peta Wilayah Sungai Jratuseluna.....	35
Gambar 3.2	Peta DAS Sistem Dolok-Penggaron.....	36
Gambar 3.3	Peta DAS Studi Bendung Barang.....	37
Gambar 3.4	Diagram alir penyelesaian skripsi.....	42
Gambar 3.5	Diagram alir jaringan saraf tiruan.....	43
Gambar 4.1	Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Banyumeneng.....	47
Gambar 4.2	Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Ngobo.....	48
Gambar 4.3	Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Bendung Sigotek.....	48
Gambar 4.4	Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Ngobo.....	50
Gambar 4.5	Poligon Thiessen.....	63
Gambar 4.6	Luasan pengaruh stasiun hujan pada DAS Studi.....	63
Gambar 4.7	Tampilan awal Matlab R2014b.....	74
Gambar 4.8	<i>Command window</i> pada Matlab R2014b.....	74



Gambar 4.9	Tampilan <i>workspace</i> pada Matlab R2014b.....	75
Gambar 4.10	Tampilan <i>variables window</i>	75
Gambar 4.11	Tampilan pilihan <i>save</i> pada Matlab R2014b.....	76
Gambar 4.12	Tampilan <i>command window</i>	76
Gambar 4.13	Tampilan <i>window nntool</i> Matlab R2014b.....	76
Gambar 4.14	Tampilan <i>window import nntool</i> Matlab R2014b	77
Gambar 4.15	Tampilan <i>window create network or data</i> Matlab R2014b	78
Gambar 4.16	Tampilan <i>window nntool</i> Matlab Matlab R2014b.....	78
Gambar 4.17	Tampilan arsitektur jaringan	79
Gambar 4.18	Tampilan <i>window training info</i>	79
Gambar 4.19	Tampilan <i>window training parameters</i>	79
Gambar 4.20	Tampilan hasil <i>training</i> dengan kalibrasi 4-4 dan <i>epochs</i> 1000.....	80
Gambar 4.21	Tampilan <i>window simulate</i> pada Matlab R2014b	80
Gambar 4.22	Tampilan <i>command</i> dan <i>variables window</i> Matlab R2014b.....	81
Gambar 4.23	Tampilan <i>window nntool</i> Matlab R2014b.....	82
Gambar 4.24	Grafik perbandingan antara debit asli dan hasil kalibrasi	87
Gambar 4.25	Tampilan <i>window simulate</i>	88
Gambar 4.26	Tampilan <i>window simulate</i>	88
Gambar 4.27	Tampilan <i>window simulate</i>	88
Gambar 4.28	Tampilan <i>window simulate</i>	89
Gambar 4.29	Tampilan <i>window neural network</i> dan <i>export data</i>	89
Gambar 4.30	Tampilan <i>variables window</i>	89
Gambar 4.31	Arsitektur Jaringan yang Digunakan	94
Gambar 4.32	Tampilan <i>plotting</i> grafik hasil kalibrasi dan verifikasi terpilih.....	95
Gambar 4.33	Grafik perbandingan jaringan saraf tiruan menggunakan satu hingga lima <i>layer</i>	96

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Data Curah Hujan.....	103
Lampiran 2.	Data Debit.....	125
Lampiran 3.	Dokumentasi.....	135





Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR SIMBOL

Besaran dasar	Satuan dan singkatan	Simbol
Batas Atas	-	BA
Batas Bawah	-	BB
Bobot sambungan dari unit i ke unit j	-	w _{ji}
Curah hujan	Milimeter (mm)	R
Debit	Meter ³ /detik (m ³ /detik)	Q
Derajat kebebasan kelompok sampel ke-i	-	dk _i
Galat informasi	-	δ
Hidden layer	-	Z _i
Input	-	X _i
Jumlah data	-	n
Jumlah sampel kelompok sampel ke-i	-	n _i
Kesalahan relatif	-	KR
Koefisien korelasi peringkat dari Spearman	-	KP
Koefisien luas pengaruh	-	Kr
Luas	Meter ² (m ²)	A
Masukan yang berasal dari unit i	-	a _i
Root Mean square error	-	RMSE
Momentum	-	μ
Nash-sutcliffe efficiency	-	NSE
Nilai distribusi F dengan derajat kebebasan	-	F _{kritis}
Nilai distribusi T dengan derajat kebebasan	-	T _{tabel}



Nilai distribusi T dengan derajat kebebasan	-	Z_{tabel}	
Nilai F yang dihitung	-	F_{hitung}	
Nilai T yang dihitung	-	T_{hitung}	
Nilai Z yang dihitung	-	Z_c	
Output hasil kalibrasi 4-4	-	Y_{04}	
Output hasil kalibrasi 5-3	-	Y_{05}	
Output hasil kalibrasi 6-2	-	Y_{06}	
Output hasil kalibrasi 7-1	-	Y_{07}	
Output hasil kalibrasi 7-3	-	Y_{073}	
Output hasil kalibrasi 8-2	-	Y_{08}	
Output hasil kalibrasi 9-1	-	Y_{09}	
Penjumlahan berbobot	-	S_j	
Peringkat dari waktu	-	T_t	
Peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala	-	R_t	
Rerata	-	\bar{x}	
$R_t - T_t$	-	dt	
Standar deviasi	-	S_i	
Sudut	o	α	
Target	-	Y_i	
Vektor bobot unit i	-	v_{ij}	



RINGKASAN

Novianti Sidi Astri, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, November 2019, *Analisis Hubungan Curah Hujan dan Debit di Daerah Aliran Sungai Dolok dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan*, Dosen Pembimbing: Sri Wahyuni, dan Ery Suhartanto.

Data hidrologi seharusnya didapatkan langsung dari pengukuran di lapangan seperti melalui stasiun hujan atau dari *Automatic Water Level Recorder* (AWLR). Pada realita yang terjadi terkadang alat yang digunakan dalam pengukuran data mengalami kerusakan, sehingga data-data tersebut tidak tercatat pada waktu-waktu tertentu. Padahal, data hidrologi merupakan salah satu data terpenting dalam pemecahan masalah dan analisis sumber daya air seperti analisis ketersediaan air. Analisis ini memerlukan data debit yang cukup panjang dan kontinu.

Adanya data hidrologi yang terekam tidak menjamin bahwa informasi tersebut dapat digunakan dalam pengambilan keputusan terkait masalah keairan, karena terkadang data yang ada tidak mudah diakses. Data tersebut tersebar di berbagai instansi dan departemen. Sekarang, pemodelan telah sering diaplikasikan dalam berbagai ilmu pengetahuan, pemodelan dalam bidang hidrologi bisa menjadi jawaban dari kurangnya informasi yang dibutuhkan. Dalam studi ini dilakukan pemodelan curah hujan dan debit di Bendung Barang menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan bantuan perangkat lunak Matlab R2014b. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan model terbaik dalam pendugaan data debit yang hilang.

Didapatkan dari hasil analisis bahwa kalibrasi terbaik yaitu menggunakan 7 tahun untuk kalibrasi dan 1 tahun untuk verifikasi menggunakan TRAINCGB dan 1000 *epochs*. Kesesuaian model sebesar $NSE = 0,948$, $RMSE = 0,175$, dan $R = 0,974$, hasil verifikasi terbaik memiliki $NSE = 0,786$, $RMSE = 0,082$, dan $R = 0,979$. Hasil kalibrasi dan verifikasi terbaik digunakan dalam pendugaan data yang hilang pada tahun 2008 dan 2014. Dapat disimpulkan bahwa kalibrasi dan verifikasi dari set data yang ada yaitu kalibrasi dan verifikasi dengan data asli tanpa penambahan data pendugaan pada 7 tahun kalibrasi (2009-2016 tanpa 2014) dan 1 tahun kalibrasi (2017).

Kata Kunci: Jaringan saraf tiruan, perambatan balik, curah hujan, debit, pendugaan



Halaman ini sengaja dikosongkan

SUMMARY

Novianti Sidi Astri, *Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, November 2019, Analysis of Rainfall and Discharge in Dolok River Basin Using Artificial Neural Networks, Academic Supervisor: Sri Wahyuni and Ery Suhartanto.*

Ideally, the method to obtain hydrological data is by direct measurements based on hydrological station in the field, such as rainfall station and automatic water level recorder (AWLR). In reality, sometimes the measuring tool is damaged and cannot be used for recording data at a certain period of time. Whereas hydrological data is one of the most important data for solving water resources problem and analysis, one of which is water availability analysis. This analysis needs continuous and long discharge data.

The existence of well-functioning measurement does not guarantee information will be used for better decision making. Sometimes data are not easily accessible, those data are scattered over different institution and department. Modelling is now a common tool in many fields of scientific endeavour, because it could provide answer for the lack of hydrology data for analysis of water resources problem. This study developed artificial neural networks of rainfall and discharge in Barang Weir using Matlab R2014b. It aimed to find the best model for forecasting the missing discharge.

The result showed that, the developed artificial neural networks model with the best calibration was at 7-1 using TRAINCGP with 1000 epochs. The performances of the model $NSE = 0,948$, $RMSE = 0,175$, and $R = 0,974$, the best verification of the model $NSE = 0,786$, $RMSE = 0,082$, and $R = 0,979$. The developed artificial neural networks model with the best calibration and verification had been used for forecasting the unknown discharge in 2008 and 2014. The selected alternative model was at 7 years of calibration (2009-2016 without 2014) and 1 year of verification (2017).

Keywords: *Artificial neural network, backpropagation, rainfall, discharge, forecasting.*



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Data hidrologi seharusnya didapatkan langsung dari pengukuran langsung di lapangan seperti melalui stasiun hujan atau dari *Automatic Water Level Recorder* (AWLR). Pada realita yang terjadi terkadang alat yang digunakan dalam pengukuran data mengalami kerusakan, sehingga data-data tersebut tidak tercatat pada waktu-waktu tertentu. Data hidrologi merupakan salah satu data terpenting dari perencanaan proyek bangunan air. Contoh kasus dari pernyataan sebelumnya yaitu, pada tahun 1950-an di Belanda, pemerintah setempat mengalami kesulitan dalam proyek *monitoring* sistem untuk melindungi dan menginformasikan masyarakat mengenai badai dan banjir yang akan menerjang. Sebelum proyek tersebut sempat dilaksanakan karena kekurangan data yang dibutuhkan, terjadi banjir bandang tahun 1953. Setelah kejadian itu, akhirnya para pembuat kebijakan menyetujui proyek tersebut dengan dimulainya pemantauan data hidrologi secara berkala.

Adanya data hidrologi yang terekam tidak menjamin bahwa informasi tersebut dapat digunakan sebagaimana mestinya. Terkadang data yang ada tidak mudah diakses karena data tersebut tersebar di berbagai instansi, dan departemen. Sehingga pemodelan data hidrologi yang ada bisa menjadi jawaban dari kurangnya informasi yang dibutuhkan dalam sebuah perencanaan proyek bangunan air.

Model hubungan curah hujan dan debit masih tetap dibutuhkan sampai saat ini, baik untuk pengisian data maupun untuk memperpanjang data. Yang terakhir lebih banyak digunakan karena data hujan umumnya lebih panjang daripada data debit. Model hubungan hujan dan debit yang berkesinambungan (*continuous model*) biasanya menggunakan interval waktu bulanan serta model hubungan hujan limpasan yang bersifat per kejadian (*event-model*) menggunakan interval waktu lebih pendek seperti jam-jaman atau lebih kecil dari satu jam untuk Daerah Aliran Sungai kecil.

Model-model tersebut dibentuk oleh satu set persamaan matematis yang mencerminkan perilaku aliran di DAS, melalui sistem *lumped* atau *distributed*, sehingga parameter-parameter yang terkandung dalam persamaan tersebut mempunyai arti fisik. Tahap kalibrasi parameter merupakan tahap yang terpenting agar menghasilkan perpanjangan data debit yang handal.

2

Dalam memodelkan curah hujan dan debit yang berkesinambungan salah satunya dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST). Model ini menggunakan satu set persamaan matematis linier dan nonlinier yang tidak memperhitungkan sama sekali proses fisiknya, yang penting *output* yang dihasilkan mendekati yang sebenarnya.

Dalam penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu sebagai berikut:

1. Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model *Artificial Neural Network* (ANN) di Sub DAS Lesti, penulis: Siska Widyastuti, Ery Suhartanto, Very Dermawan.
 2. Model Prediksi Tinggi Muka Air Sungai Kali Garang Semarang dengan Jaringan Saraf Tiruan, penulis: Joko Windarto, Hidayat Pawitan, Suripin, M. Januar J.P.
 3. Perbandingan Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) dan NRECA, penulis: Wanny K. A., Iwan K. H., Sri Legowo.
- Rencana pembangunan Bendungan Dolok yang merupakan proyek dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali-Juana telah melalui tahap *feasibility study*. Dalam perencanaan detailnya memerlukan ketersediaan data yang memadai. Data yang hilang dapat didapatkan melalui pemodelan curah hujan dan debit.

1.2 Identifikasi Masalah

Di DAS Dolok sendiri khususnya di Bendung Barang belum pernah dilakukan studi mengenai analisis model curah hujan dan debit, sementara menurut perencanaan Wilayah Sungai Jratun Seluna akan dibangun bangunan air, salah satunya yaitu Bendungan Dolok.

Analisis ketersediaan air memerlukan data debit yang relatif cukup panjang dan kontinu.

Jika data debit yang tersedia tidak cukup panjang dan kontinu maka diperlukan model hubungan hujan-limpasan. Hubungan ini bisa diekstrasi dari model curah hujan dan debit.

Maka dari itu, penelitian kali ini akan membahas mengenai analisis pemodelan curah hujan dan debit menggunakan metode jaringan saraf tiruan.

Pemodelan dapat dilakukan dengan menggunakan tiga pendekatan yaitu, metode deterministik atau fisik (*physically based modelling*), metode stokastik, dan metode empiris (Baja, 2012, p. 283). Simulasi model dengan pendekatan empiris memiliki beberapa tipe yaitu, *black box*, *grey box*, dan *white box*. Metode *white box* mempunyai banyak kendala diantaranya sulitnya mendapatkan data di lapangan, seperti tata guna lahan, evapotranspirasi, infiltrasi, perkolasi, inflow, dan lain-lain. Model *black box* yang dapat menggunakan metode ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*) dan metode ANN (*Artificial Neural*

Network) atau Jaringan Saraf Tiruan (JST). Dalam skripsi ini dikembangkan pemodelan curah hujan dan debit dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dijabarkan, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil kalibrasi dan verifikasi jaringan saraf tiruan yang dihasilkan dari *training* yang dilakukan?
2. Bagaimana hasil kalibrasi dan verifikasi jaringan saraf tiruan menggunakan data hasil pendugaan yang telah dilakukan?
3. Bagaimana alternatif terbaik dari data sebelum dan sesudah pendugaan?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam studi ini dibatasi berikut:

1. Lokasi studi pada Bendung Barang yang terletak di DAS Dolok.
2. Pada penelitian ini hanya memodelkan curah hujan sebagai *input* dan debit sebagai *output*.
3. Penelitian ini dilakukan dengan metode Jaringan Saraf Tiruan menggunakan aplikasi Matlab R2014b.
4. Model arsitektur jaringan yang digunakan adalah algoritma pelatihan perambatan galat mundur (*backpropagation*).
5. Hanya mengetahui kesesuaian kalibrasi dan verifikasi dari pemodelan curah hujan dan debit di Bendung Barang.
6. Pada penelitian ini tidak menghitung pendangkalan sungai, laju infiltrasi, laju erosi, tingkat kelengasan tanah dan kelembaban tanah.

1.5 Tujuan

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model prediksi debit guna menjadi dasar dalam pengambilan keputusan pemanfaatan sumber daya air dalam analisis ketersediaan air. Secara rinci tujuan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil kalibrasi dan verifikasi hasil pemodelan jaringan saraf tiruan yang didapatkan.
2. Mengetahui hasil kalibrasi dan verifikasi hasil pemodelan jaringan saraf tiruan yang menggunakan data hasil pendugaan.

Mengetahui hasil alternatif jaringan saraf tiruan terbaik dari pengolahan data sebelum dan sesudah pendugaan.

1.6 Manfaat

Manfaat kegiatan studi ini yaitu, antara lain:

1.

Menyediakan informasi berupa pemodelan curah hujan dan debit.

2.

Sebagai dasaran dalam perencanaan bangunan air.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Analisis Data Hidrologi

Analisis hidrologi secara umum dilakukan untuk mendapatkan karakteristik hidrologi dan meteorologi Daerah Aliran Sungai (DAS). Analisis data hidrologi merupakan analisis tahapan awal yang dilakukan sebelum data tersebut digunakan dalam perhitungan perencanaan. Pada analisis ini didapatkan apakah suatu data bisa digunakan untuk analisis selanjutnya atau tidak. Jika hasil dari analisis kualitas data hidrologi menunjukkan bahwa data yang ada tidak dapat digunakan maka data tersebut bisa diberikan perlakuan agar masuk dalam kategori baik atau dalam analisis selanjutnya data tersebut tidak boleh digunakan.

2.1.1. Uji Konsistensi Data

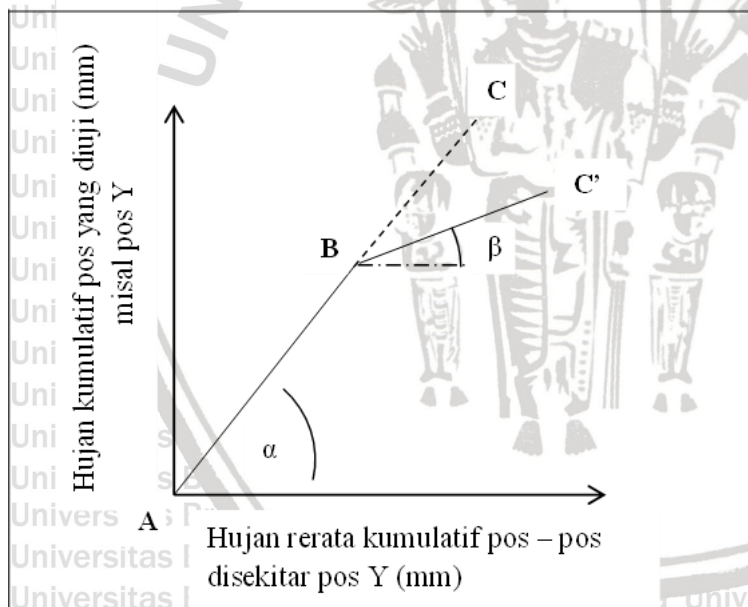
Uji konsistensi berarti menguji kebenaran data. Data hujan disebut konsisten berarti data yang terukur dan dihitung dari pengukuran adalah teliti dan benar sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Beberapa hal yang menyebabkan data hujan tidak konsisten, antara lain karena (Soewarno, 2000, p.199):

1. Pergantian jenis alat dan atau spesifikasi alat misal dari Alat Ukur Hujan Biasa (AUHB) menjadi Pos Stasiun Hujan Otomatis (AUHO).
2. Perkembangan lingkungan sekitar pos stasiun hujan, misal dari kawasan persawahan menjadi kawasan perkantoran dengan gedung-gedung tinggi sehingga hujan tidak dapat terukur seperti kondisi semula.
3. Pemindahan lokasi pos hujan atau perubahan elevasi pos hujan, misal dari AUHB ditanam berubah elevasinya menjadi 1,20 m.
4. Perubahan alam; misal perubahan iklim.

Uji konsistensi data dilakukan terhadap data curah hujan tahunan dengan tujuan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipakai dalam analisa hidrologi atau tidak. Cara untuk menguji kebenaran data curah hujan pada kajian ini, menggunakan analisis kurva massa ganda (*double mass curve analysis*). Jika terdapat data curah hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang, maka kurva massa ganda itu dapat digunakan untuk memperbaiki kesalahan pengamatan yang terjadi, disebabkan oleh perubahan posisi atau cara pemasangan yang tidak baik dari alat ukur curah hujan (Sosrodarsono dan Kensaku Takeda, 1976, p.52).

Berikut cara melakukan uji konsistensi, dengan menggunakan kurva massa ganda (Soewarno, 1995, p.200):

1. Data curah hujan harian dikumulatikan, maka menjadi data curah hujan tahunan kumulatif tiap pos stasiun hujan minimal 10 tahun. Data yang ada diurutkan dari tahun terbaru hingga yang terlama.
2. Misalkan data yang akan diuji adalah data hujan di pos Y, maka data hujan tahunan kumulatif di pos Y dibandingkan secara grafis dengan harga kumulatif dari rata-rata hujan tahunan dari pos A, B, C, D dan seterusnya yang letaknya di sekitar atau berdekatan dengan pos Y.
3. Kemudian digambarkan di kertas grafik dengan data hujan kumulatif pos Y sebagai sumbu tegak dan rata-rata komulatif dari pos di sekitarnya sebagai sumbu mendatar.
4. Apabila terjadi patahan pada garis lurus dari pola pasangan data. Maka data curah hujan kumulatif tahunan pada pos Y, sesudah titik patah harus dikalikan dengan faktor sebesar $\tan \beta / \tan \alpha$, dimana α adalah kemiringan garis sebelum patah dan β adalah kemiringan garis setelah patah.



Gambar 2.1 Contoh kurva massa ganda
Sumber: Soemarto (1987, p.39)

2.1.2. Uji Ketidakadaan Trend

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju ke satu arah, arah menaik atau menurun disebut dengan pola atau *trend*. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya *trend* maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam beberapa analisis hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi.

Ketidakadaan *trend* dapat diuji dengan banyak cara. Secara visual dapat ditentukan dengan menggambarkan deret berkala dalam kertas grafik aritmatik. Beberapa metode statistik yang dapat digunakan untuk menguji ketidakadaan *trend* dalam data *time series* (deret berkala), yaitu uji:

1. Korelasi peringkat Metode Spearman.

Trend dapat dipandang sebagai korelasi antara waktu dengan variasi dari suatu variabel hidrologi. Oleh karena itu koefisien korelasinya dapat digunakan untuk menentukan ketidakadaan *trend* dari data berkala. Adapun koefisien korelasi Spearman dapat dicari dengan rumus berikut:

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \dots\dots\dots (2-1)$$

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-Kp^2} \right]^{0,5} \dots\dots\dots (2-2)$$

Keterangan:

- KP = koefisien korelasi peringkat dari Spearman.
- n = jumlah data.
- dt = Rt - Tt.
- Rt = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala.
- Tt = peringkat dari waktu.
- t = nilai distribusi t, pada derajat kebebasan (n-2) untuk derajat kepercayaan tertentu (dalam studi ini 5%).

2. Mann dan Whitney.

Uji Mann dan Whitney untuk menguji apakah dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Dari dua kelompok sampel yang diukur dari dua kelompok populasi A dan populasi B, maka dapat dibuat hipotesis bahwa A mempunyai sebaran yang sama dengan B. Untuk menguji apakah satu set sampel data deret berkala menunjukkan adanya *trend*. Adapun langkah pengerjaannya yaitu:

- a) Dari data yang didapat pisahkan data tersebut menjadi dua kelompok sama banyak.
- b) Buat peringkat rangkaian data dari nilai terkecil sampai yang terbesar.
- c) Hitung jumlah peringkat rangkaian data tiap kelompok.
- d) Lalu hitung parameter statistik:

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} (N_2 + 1) - R_m \dots\dots\dots (2-3)$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1 \dots\dots\dots (2-4)$$

Keterangan:



$U_1, U_2 =$ parameter statistik.

$N_1 =$ jumlah data kelompok A.

$N_2 =$ jumlah data kelompok B.

$Rm =$ jumlah nilai peringkat dari rangkaian data kelompok A.

e) Pilih nilai U_1 dan U_2 yang nilainya lebih kecil sebagai nilai U .

f) Hitung uji Mann dan Whitney, sebagai nilai Z :

$$Z = \frac{U - (N_1 N_2) / 2}{\sqrt{\frac{1}{2} \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\}}} \dots \dots \dots (2-5)$$

Keterangan:

$Z =$ nilai Z metode Mann dan Whitney.

g) Jika nilai $Z < Z_c$, maka hipotesis nol dapat diterima dan disimpulkan bahwa deret berkala tidak memiliki *trend*.

3. Tanda dari Cox dan Stuart.

Perubahan *trend* dapat juga ditunjukkan dengan uji tanda dari Cox dan Stuart. Nilai data urut waktu dibagi menjadi tiga bagian yang sama. Setiap bagian jumlahnya $n/3$. Apabila sampel acak tidak dapat dibagi menjadi tiga bagian yang sama maka bagian yang kedua jumlahnya dikurangi dua atau satu. Selanjutnya membandingkan nilai bagian ke 1 dan ke 3, dan memberi tanda (+) untuk nilai yang plus dan (-) untuk nilai yang negatif. Jumlah total nilai (+) dan (-) diberi tanda S , maka nilai Z_{cs} dapat dihitung sebagai berikut:

$$Z_{cs} = \frac{S - \frac{n}{6} - 0,5}{\left(\frac{n}{2}\right)^{\frac{1}{2}}} \dots \dots \dots (2-6)$$

Keterangan:

$Z_{cs} =$ nilai Z metode Cox dan Stuart.

$S =$ jumlah data yang memiliki tanda (+) atau (-).

$n =$ jumlah data.

2.1.3. Uji Stasioner

Uji Stasioner digunakan untuk menguji kestabilan atau mengetahui homogen atau tidaknya nilai parameter statistik (rata-rata dan varian) dari deret berkala. Pengujian nilai varian dari deret berkala dapat dilakukan dengan Uji-F. apabila hasil pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai varian tidak stabil atau tidak homogen, artinya deret berkala tersebut tidak stasioner. Akan tetapi jika hipotesis nol untuk nilai varian tersebut menunjukkan stasioner, maka pengujian selanjutnya adalah menguji kestabilan nilai



reratanya. Apabila dalam pengujian ternyata hipotesis nol ditolak, berarti nilai rerata setiap dua kelompok tidak homogen dan deret berkala tersebut tidak stasioner pada derajat kepercayaan tertentu.

2.1.3.1. Uji Kestabilan Nilai Varian (Uji F)

Uji F berfungsi untuk menguji homogenitas nilai varian dari deret berkala. (Soewarno, 1995, p.35).

$$F = \frac{n_1 S_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 S_2^2 (n_1 - 1)} \dots \dots \dots (2-7)$$

$$dk_1 = n_1 - 1$$

$$dk_2 = n_2 - 1$$

Dengan:

dk_1 = derajat kebebasan kelompok sampel ke 1

dk_2 = derajat kebebasan kelompok sampel ke 2

n_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke 1

n_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke 2

S_1 = deviasi standar kelompok sampel ke 1

S_2 = deviasi standar kelompok sampel ke 2

2.1.3.2. Uji Kestabilan Nilai Rata-rata (Uji-t)

Uji t yaitu uji yang dilakukan untuk menguji homogenitas nilai rata-rata dari deret berkala. Uji t menguji dua set sampel data apakah berasal dari populasi yang sama atau tidak digunakan apabila standar deviasi tidak diketahui dan $n \leq 30$.

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \dots \dots \dots (2-8)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \dots \dots \dots (2-9)$$

dengan:

t = variabel-t terhitung

\bar{X}_1 = rata-rata hitung sampel set ke 1

\bar{X}_2 = rata-rata hitung sampel set ke 2

N_1 = jumlah sampel set ke 1

N_2 = jumlah sampel set ke 2

S_1^2, S_2^2 = varian sampel set ke 1 dan ke 2

dk = $n_1 + n_2 - 2$ = derajat kebebasan



2.2. Analisis Curah Hujan Rerata Wilayah

Curah hujan yang diukur menggunakan penakar hujan pada setiap stasiun pengukur hujan, menggunakan prinsip hujan titik atau setempat. Peluang hujan pada intensitas tertentu dari satu lokasi ke lokasi lainnya dapat berbeda-beda. Tentunya hujan pengukuran tidak dapat digunakan langsung sebagai data curah hujan yang mewakili satu luasan DAS. Menurut Soewarno (2015, p.222), penakar hujan dapat mewakili karakteristik curah hujan untuk daerah yang luas bergantung pada beberapa faktor, antara lain:

- a) Jarak stasiun hujan tersebut diusahakan berapa di tengah kawasan,
- b) Luas daerah,
- c) Topografi,
- d) Sifat.

Ada berbagai macam metode interpolasi geostatistik yang dapat digunakan untuk menghitung curah hujan wilayah, antara lain, rerata aritmatika, poligon Thiessen, metode isohyet, *inverse distance*, dan *kriging* (Indarto, 2012, p.18). Umumnya, metode yang sering digunakan dalam penentuan curah hujan wilayah menggunakan tiga metode, seperti metode aritmatika, poligon Thiessen dan isohyet. Dalam studi ini digunakan analisis hujan rerata menggunakan metode poligon Thiessen.

Poligon Thiessen merupakan metode yang paling banyak digunakan, karena relatif paling mudah diterapkan. Asumsi yang digunakan adalah bahwa tebal hujan pada setiap titik di dalam DAS sama dengan tebal hujan di stasiun hujan (penakar hujan) yang jaraknya terdekat, terletak di dalam atau dekat dengan DAS. Interpolasi dilakukan dengan membuat batas luas satuan yang jaraknya sama untuk setiap stasiun. Pemberatan terhadap tiap stasiun hujan dilakukan proporsional terhadap luas bagian di dalam DAS yang paling dekat dengan stasiun yang dikaji (Indarto, 2012, p.19).

Stasiun terdekat terhadap setiap titik di dalam DAS dapat dicari dengan menghubungkan tiap stasiun hujan yang ada secara grafis, dan membuat garis tegak lurus yang membagi dua stasiun terdekat, ini akan membentuk poligon yang mengelilingi tiap stasiun. Luasan di dalam poligon menunjukkan wilayah yang paling dekat dengan stasiun di dalamnya, sehingga pemberatan yang dilakukan terhadap stasiun tersebut adalah perbandingan antara luas poligon terdekat dan keseluruhan DAS. Analisis ini bisa menggunakan bantuan *software* ArcGIS 10.4 untuk mendapatkan nilai Kr. Adapun persamaan yang digunakan, yaitu:

$$Kr = \frac{\text{Luas pengaruh pos stasiun}}{\text{Total Luas DAS}} \dots\dots\dots (2-10)$$

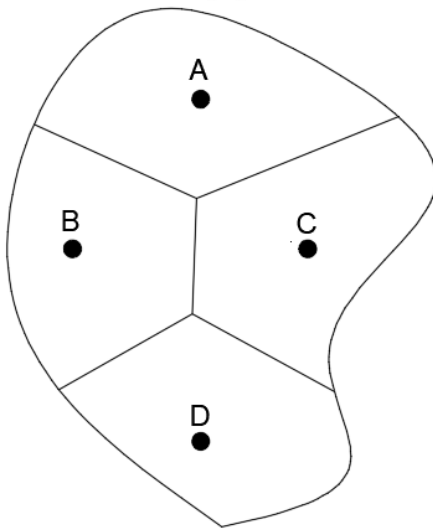
$$R_{rerata} = (R_1Kr_1 + R_2Kr_2 + \dots + R_nKr_n) \dots\dots\dots (2-11)$$



Dengan:

R_1, R_2, R_n = Nilai besaran curah hujan

Kr_1, Kr_2, Kr_n = Nilai faktor luas pengaruh tiap stasiun hujan



Gambar 2.2 Contoh metode poligon thiennes

Sumber: Soewarno (2000, p.207)

2.3. Perhitungan Koefisien Aliran

Koefisien aliran (C) dapat didefinisikan sebagai rasio antara aliran dengan curah hujan pada suatu DAS. Koefisien aliran terbesar yaitu sebesar 1, yang artinya semua curah hujan yang turun, mengalir menjadi aliran (*runoff*) tanpa adanya proses infiltrasi. Untuk mengukur besarnya koefisien aliran dapat dilakukan dengan dua cara;

1. Dengan cara pendekatan karakteristik fisik menggunakan peta tata guna lahan.
2. Dengan perhitungan aliran langsung atau debit aliran (Asdak, 2007, p.158).

Koefisien aliran memiliki peranan penting sebagai indikator aliran permukaan dalam DAS yang pada akhirnya berpengaruh pada debit yang ada di sungai. Koefisien aliran juga digunakan sebagai tolak ukur dalam mengevaluasi pengelolaan DAS.

2.4. Bendung

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.25/PRT/M/2014, bendung adalah suatu bangunan yang melintang pada aliran sungai (palung sungai), yang terbuat dari pasangan batu kali atau bronjong, atau beton, yang berfungsi untuk meninggikan muka air agar dapat dialirkan ke tempat yang diperlukan.

2.4.1. Kondisi Wilayah Sungai

Sistem Dolok Penggaron, terdiri atas Kanal Banjir Timur, Sungai Penggaron, Banjar Kanal Dombo Sayung, Kanal Banjir Timur, Sungai Babon, Sungai Dolok, Sungai Tenggara,

Sungai Sringin, Sungai Setu, Sungai Deresan dan sungai-sungai kecil lainnya di bagian timur Kota Semarang dan bagian barat Kabupaten Demak. Sistem Dolok Penggaron telah tersedia prasarana dan sarana sumber daya air, berupa bangunan pengendali banjir, pompa drainase, bendung dan embung.

Tabel 2.1 Bangunan Pengendali Banjir di Sistem Dolok Penggaron
Bangunan Pengendali Banjir di Sistem Dolok Penggaron

No	Jenis Bangunan	Nama	Fungsi	Keterangan
1	Bendung	Pucanggading	Membagi banjir dari S. Penggaron dan S. Dolok ke Kanal Banjir Timur dan Sungai Babon	Rencana aliran ke KBT ditutup setelah <i>floodway</i> Dolok dilaksanakan
		Bendung Barang	Irigasi DI	Rencana menghidupkan lagi alur ke Dolok pada pintu Kebon Batur sehingga tidak membebani Penggaron
		Pintu Air Kebunbatur	Pengatur air banjir Sungai Dolok menuju Sungai Penggaron	Rencana menghidupkan lagi alur ke Dolok pada pintu Kebon Batur sehingga tidak membebani Penggaron
2	Floodway	Kanal Banjir Timur (KBT)	Mengalirkan debit banjir Sungai Penggaron dan Sungai Dolok serta Sungai Kedung Mundu, Bajak, dan Candi.	
		Dombo Sayung	Mengalirkan debit banjir Sungai Penggaron 200 m ³ /dt dari total 442 m ³ /dt	
		Kebon Batur	Mengalirkan debit banjir dari K. Dolok ke Sungai Penggaron selanjutnya ke KBT sebesar 50 m ³ /dt.	
		Dolok	Mengalirkan debit banjir sebesar 320 m ³ /dt (Q25)	

Sumber: Rencana Pengelolaan Wilayah Sungai Jratunseluna Tahun 2015

2.5. Jaringan Saraf Tiruan

Dalam mengkaji penelitian tentang analisis curah hujan dan debit, digunakan metode yang disebut dengan *Artificial Neural Network* atau Jaringan Saraf Tiruan. Jaringan saraf tiruan termasuk dalam kategori *Soft Computing* atau aplikasi komputer. Jaringan Saraf Tiruan merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak

manusia tersebut (Hermawan, 2006, p.37). Jaringan saraf tiruan mampu memberikan stimulasi/rangsangan, melakukan proses, dan memberikan *output*. *Output* diperoleh dari variasi stimulasi dan proses yang terjadi di dalam otak manusia. Fungsi dari jaringan saraf tiruan sebagai berikut (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.168):

1. Pengklasifikasian pola.
2. Memetakan pola yang didapat dari *input* ke dalam pola baru pada *output*.
3. Penyimpanan pola yang akan dipanggil kembali.
4. Memetakan pola-pola yang sejenis.
5. Pengoptimasi permasalahan.
6. Prediksi.

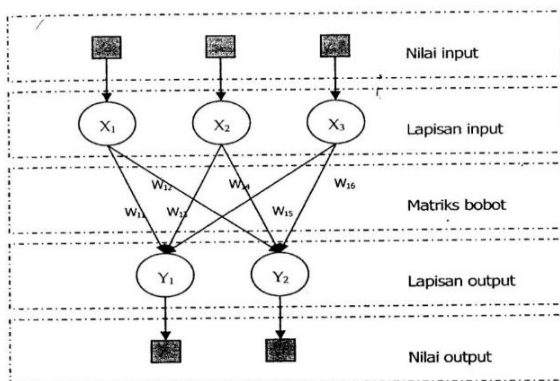
2.5.1. Cara Kerja Jaringan Saraf Tiruan

2.5.1.1. Arsitektur Jaringan

Arsitektur jaringan adalah susunan neuron dalam lapisan-lapisan dan pola koneksi pada lapisan-lapisan tersebut. Pada penentuan jumlah lapisan, unit *input* tidak dihitung sebagai sebuah lapisan, kerana unit *input* tidak melakukan komputasi apapun. Pada lapisan yang sama, neuron-neuron dalam suatu lapisan akan dihubungkan dengan neuron-neuron pada lapisan yang lain, maka setiap neuron pada lapisan tersebut juga harus dihubungkan dengan setiap lapisan pada lapisan lainnya (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.174).

1. Jaringan dengan lapisan tunggal (*Single-Layer Net*)

Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima *input* kemudian secara langsung mengolahnya menjadi *output* tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (Hermawan, 2006, p.39).



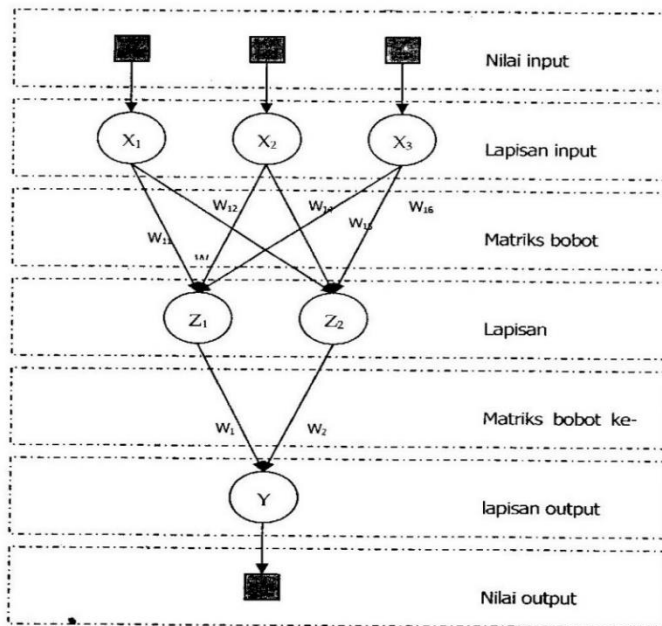
Gambar 2.3 Jaringan Saraf dengan Lapisan Tunggal

Sumber: Hermawan (2006, p.39)

2. Jaringan dengan banyak lapisan (*multilayer net*)

Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak di antara lapisan *input* dan lapisan *output* seperti terlihat pada gambar di bawah. Umumnya

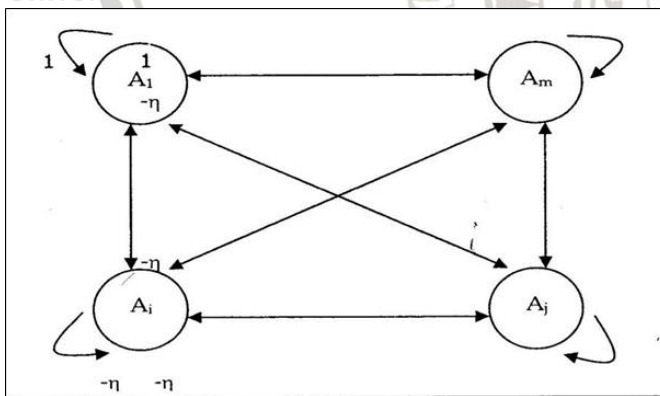
terdapat lapisan bobot-bobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan tunggal, dengan pembelajaran yang lebih rumit (Hermawan, 2006, p. 39 - 40).



Gambar 2.4 Jaringan Saraf dengan Banyak Lapisan
 Sumber: Hermawan (2006, p.40)

3. Jaringan dengan lapisan kompetitif (*Competitif layer net*)

Pada umumnya, di lapisan kompetitif ini, hubungan antara neuron yang satu dengan yang lainnya tidak diperlihatkan pada diagram arsitektural dari setiap net. Hubungan pada *Competitif layer net* ini memiliki bobot sebesar $-\eta$ (Hermawan, 2006, p.41).



Gambar 2.5 Jaringan Saraf dengan Kompetitif
 Sumber: Hermawan (2006, p.41)

2.5.1.2. Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan

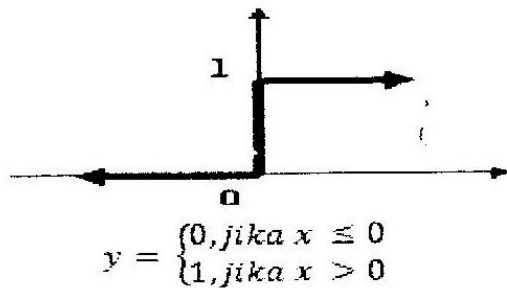
Seperti pada sinapsis di sel saraf, fungsi ini digunakan untuk menentukan keluaran suatu neuron berdasarkan proses yang dilakukan terhadap *input* yang dimasukkan pada JST

(Jaringan Saraf Tiruan). Ada berbagai jenis fungsi aktivasi pada jaringan saraf, yaitu

(Budiharto dan Suhartono, 2014, p.177-179):

1. *Hard Limit Function*

Network dengan *single layer* sering menggunakan *step function* untuk mengkonversikan suatu variabel yang nilainya kontinu ke suatu *output* biner (0 atau 1).

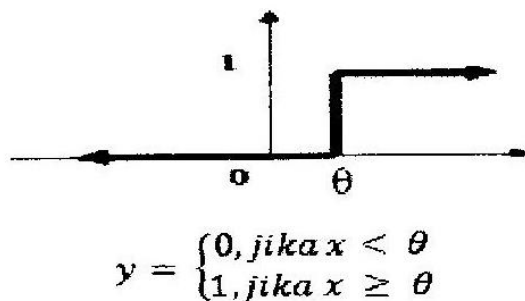


Gambar 2.6 *Hard Limit Function*

Sumber: Budiharto dan Suhartono (2014, p.177)

2. *Threshold Function*

Threshold Function adalah *Hard Limit Function* dengan menggunakan nilai ambang. Sering disebut dengan nama fungsi *Heaviside*.

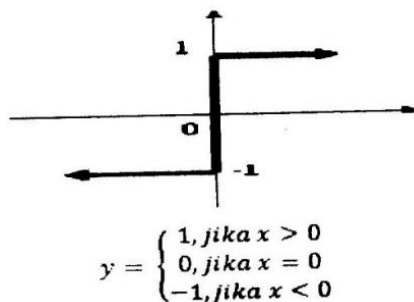


Gambar 2.7 *Threshold Function*

Sumber: Budiharto dan Suhartono (2014, p.177)

3. *Bipolar Function*

Fungsi ini sebenarnya hampir sama dengan fungsi biner (*hard limit* dan *threshold*), hanya saja *output* yang dihasilkan oleh *bipolar function* adalah berupa 1, 0, atau -1.



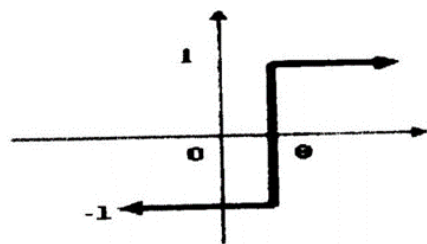
Gambar 2.8 *Bipolar Function*

Sumber: Budiharto dan Suhartono (2014, p.178)

4. *Bipolar with Threshold Function*



Fungsi bipolar hampir sama dengan *threshold function*, hanya saja *output* yang dihasilkan berupa 1, 0, atau -1. Fungsi ini diukur sebagai nilai.



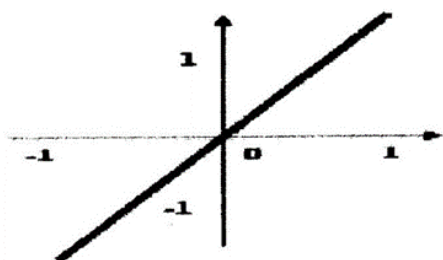
$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq \theta \\ -1, & \text{jika } x < \theta \end{cases}$$

Gambar 2.9 Bipolar Threshold Function

Sumber: Budiharto dan Suhartono (2014, p. 178)

5. *Linear Function*

Fungsi linier memiliki nilai *output* yang sama dengan nilai *input*-nya.



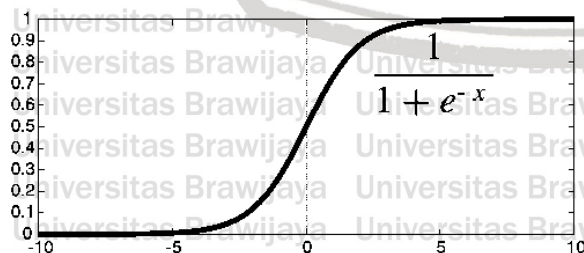
$$y = x$$

Gambar 2.10 Linear Function

Sumber: Budiharto dan Suhartono (2014, p.179)

6. *Binary Sigmoid Function*

Fungsi *Sigmoid biner* ini digunakan untuk JST yang dilatih dengan metode *backpropagation*. Memiliki *range* dari 0 hingga 1. Oleh karena itu, fungsi ini sering digunakan untuk JST yang membutuhkan nilai *output* yang dalam *range* dari 0 hingga 1. Namun, fungsi ini bisa juga digunakan oleh JST yang nilai *output*-nya 0 atau 1.



Gambar 2.11 Binary Sigmoid Function

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



2.5.1.3. Jenis Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan

Pelatihan pada JST bertujuan supaya *input* pada jaringan dapat menghasilkan *output* yang diinginkan. *Output* yang diharapkan adalah *output* yang akurat atau paling tidak menghasilkan *output* yang konsisten. Ada dua tipe pelatihan yang dikenali dalam JST yaitu pelatihan terbimbing dan tak terbimbing.

Perbedaan antara pelatihan terbimbing dan tak terbimbing tergantung pada bagaimana algoritma pelatihan menggunakan informasi kelas atau jenis pola. Pelatihan terbimbing pada dasarnya mengasumsikan tersedianya pembimbing yang mengklasifikasikan contoh-contoh pelatihan ke dalam kelas-kelasnya, sedangkan hal ini tidak terjadi pada pelatihan tak terbimbing sehingga proses pengidentifikasian informasi kelas pola merupakan bagian dari proses pelatihan.

Algoritma pelatihan terbimbing memanfaatkan informasi keanggotaan kelas dari setiap contoh pelatihan. Dengan informasi ini algoritma pelatihan terbimbing dapat mendeteksi kesalahan klasifikasi pola sebagai umpan balik ke dalam jaringan. Sedang pelatihan algoritma tak terbimbing menggunakan contoh yang tidak diklasifikasikan jenisnya. Sistem akan dengan sendirinya (*heuristically*) memprosesnya. Algoritma pelatihan tak terbimbing ini seringkali mempunyai kompleksitas perhitungan dan akurasi lebih rendah jika dibandingkan algoritma pelatihan terbimbing. Algoritma pelatihan tak terbimbing dapat dirancang untuk belajar dengan cepat dan tentu lebih praktis dalam hal kecepatan.

Kita dapat mengenal pelatihan terbimbing dan pelatihan tak terbimbing, dalam jaringan saraf. Pelatihan terbimbing biasanya mengacu pada pencarian kemungkinan kombinasi bobot sepanjang naik atau turunnya derajat kesalahan. Pembimbing memanfaatkan informasi keanggotaan kelas untuk mendefinisikan kesalahan numerik sinyal atau vektor, yang membimbing mencari penurunan kesalahan.

Pelatihan tak terbimbing mengacu pada bagaimana jaringan saraf memodifikasi parameter-parameter dengan cara yang masuk akal. Dalam model pelatihan ini, jaringan saraf tidak memanfaatkan keanggotaan kelas dari contoh pelatihan, akan tetapi memanfaatkan informasi dalam sekelompok neuron untuk memodifikasi parameter lokal. Sistem pelatihan tak terbimbing secara adaptif mengelompokkan contoh-contoh ke dalam kelas-kelas yang ditentukan dengan memilih neuron-neuron “pemenang” secara kompetitif dan bobot-bobot yang dimodifikasi.

2.5.2. Analisis Kesesuaian Metode

Analisis kesesuaian metode dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan yang terjadi antara hasil analisis pemodelan perhitungan debit data hasil pengamatan di



lapangan. Analisis kesesuaian metode ini juga digunakan untuk memilih model yang sesuai dengan kondisi di lokasi studi. Untuk melakukan analisis kesesuaian metode dilakukan dengan beberapa pengujian, antara lain *Mean Square Error*, *Root Mean Square Error*, *NSE*, dan Koefisien Korelasi.

2.5.2.1. *Mean Square Error* dan *Root Mean Square Error*

Perhitungan kesalahan merupakan pengukuran bagaimana jaringan dapat belajar dengan baik sehingga jika dibandingkan dengan pola yang baru akan dengan mudah dikenali. Kesalahan pada keluaran jaringan merupakan selisih antara keluaran sebenarnya (*current output*) dan keluaran yang diinginkan (*desired output*). Selisih tersebut dapat dihitung dengan menggunakan suatu persamaan (Hermawan, 2006, p. 12-13).

Mean Square Error (MSE) dihitung sebagai berikut:

1. Hitung keluaran jaringan saraf untuk masukan pertama.
2. Hitung selisih antara nilai keluaran jaringan saraf dan nilai target/yang diinginkan untuk setiap keluaran.
3. Kuadratkan setiap keluaran kemudian hitung seluruhnya. Ini merupakan kuadrat kesalahan untuk contoh latihan.

Adapun rumusnya adalah:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_{oi})^2}{n} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dengan:

Y = data pengamatan (data observasi lapangan)

Y_{oi} = data hasil analisis JST (data hasil estimasi)

n = jumlah data

Root Mean Square Error (RMSE)

1. Hitung *MSE*.
2. Hasilnya dibagi dengan perkalian antara banyaknya data pada pelatihan dan banyaknya keluaran, kemudian diakarkan.

Rumus yang digunakan yaitu:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_{oi})^2}{n}} \dots\dots\dots (2-13)$$

Dengan:

Y = data pengamatan (data observasi lapangan)

Y_{oi} = data hasil analisis JST (data hasil estimasi)

n = jumlah data

2.5.2.2. Nash-Sutcliffe Coefficient (Coefficient of efficiency)

Koefisien Nash menunjukkan tingkat ketelitian dari korelasi hubungan antara data yang terukur dan terhitung. Fungsi ini digunakan untuk mengevaluasi kesahihan model. Sebuah model yang bagus akan menghasilkan nilai koefisien Nash mendekati 1 ($0 < N < 1$) (Indarto, 2012, p.172). Nilai koefisien Nash dirumuskan sebagai berikut:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y}_i)^2} \dots \dots \dots (2-14)$$

Keterangan:

Y = data pengamatan (data observasi lapangan)

Y_{oi} = data hasil analisis JST (data hasil estimasi)

\bar{Y}_i = data pengamatan rerata

n = jumlah data

Koefisien Nash-Sutcliffe berkisar antara 1 dan negatif tak terhingga. Jika nilai koefisien Nash-Sutcliffe mendekati 1, model performanya semakin baik (Fortin *et al.*, 1995 dalam Indarto, 2012, p.170).

Tabel 2.2 Kriteria Nilai NSE

Nilai NSE	Interpretasi
$0,75 < NSE < 1,00$	Sangat Baik
$0,65 < NSE < 0,75$	Baik
$0,50 < NSE < 0,65$	Memuaskan
$NSE \leq 0,50$	Kurang Memuaskan

Sumber: Fortin, *et al.* (1995) dalam Indarto (2012, p.170).

Menurut Motovilov *et al.*, 1999, hasil pengujian dikategorikan sebagai berikut:

- a. Baik, apabila $0,75 < NSE < 1,00$
- b. Memenuhi, apabila $0,36 < NSE < 0,75$
- c. Tidak Memenuhi, apabila $NSE > 0,36$

2.5.2.3. Koefisien Determinasi atau Koefisien Korelasi

Koefisien determinasi digunakan untuk mengetahui seberapa besar variabel-variabel independen secara bersama mampu memberikan penjelasan mengenai variabel dependen, dimana nilai R^2 berkisar antara 0 sampai dengan 1 ($0 \leq R^2 \leq 1$). Semakin besar nilai R^2 , maka semakin besar variasi variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variasi variabel-variabel independen. Sebaliknya, jika nilai R^2 semakin kecil, maka akan semakin kecil pula variasi



variabel dependen yang dapat dijelaskan oleh variabel independen. Model persamaan regresi dianggap sempurna, apabila koefisien determinasi $R^2 = 1$.

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n Y Y_{oi} - \sum_{i=1}^n Y \cdot \sum_{i=1}^n Y_{oi}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n Y^2 - (\sum_{i=1}^n Y)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_{oi}^2 - (\sum_{i=1}^n Y_{oi})^2}} \quad (2-15)$$

$$R^2 = (R)^2 \quad (2-16)$$

Keterangan:

Y = data pengamatan (data observasi lapangan)

Y_{oi} = data hasil analisis JST (data hasil estimasi)

\bar{Y}_i = data pengamatan rerata

\bar{Y}_{oi} = data hasil analisis JST rerata

n = jumlah data

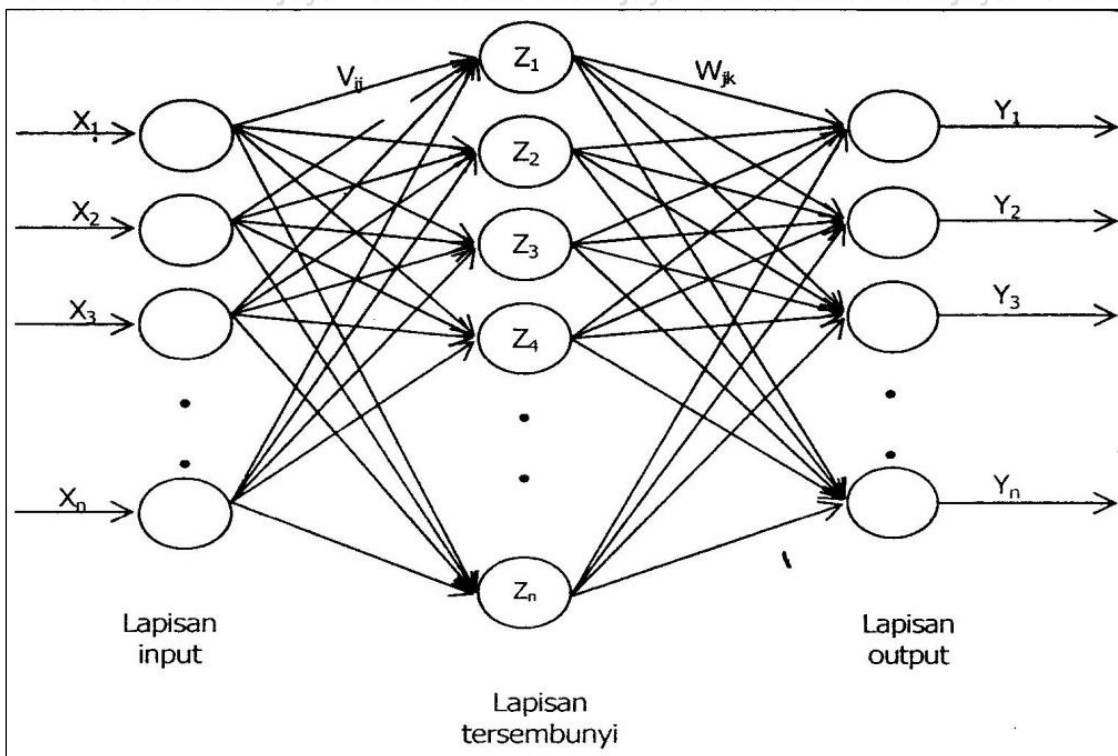
R = nilai koefisien determinasi (koefisien korelasi)

Dalam Modul Analisis Hidrologi yang dikeluarkan oleh BPSDM Kementerian PUPR pada tahun 2018 menyatakan bahwa jika nilai $R > 0,70$ dianggap persamaan cukup baik dan bisa digunakan. Dalam Sugiyono (2003), parameter atau kriteria nilai koefisien korelasi yaitu:

- a. Sangat Rendah, apabila $R > 0,19$.
- b. Rendah, apabila $0,2 < R < 0,39$.
- c. Sedang, apabila $0,4 < R < 0,59$.
- d. Kuat, apabila $0,6 < R < 0,79$.
- e. Sangat Kuat, apabila $0,8 < R < 1$.

2.6. Jaringan Saraf Tiruan dengan Metode *Backpropagation*

Jaringan perambatan galat mundur (*backpropagation*) merupakan salah satu algoritma yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang rumit, karena dilatih dengan menggunakan metode belajar terbimbing (Hermawan, 2006, p.49). Jaringan perambatan galat mundur terdiri atas tiga lapisan atau lebih unit pengolah. Gambar dibawah menunjukkan jaringan *backpropagation* dengan tiga lapisan pengolah, bagian kiri sebagai masukan, bagian tengah disebut lapisan tersembunyi (*Black Box*) dan bagian kanan disebut lapisan keluaran, ketiga lapisan ini terhubung secara penuh (Hermawan, 2006, p.49).



Gambar 2.12 Tiga Lapis Jaringan *backpropagation*

Sumber: Hermawan (2006, p.54)

Input yaitu $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$

Lapisan tersembunyi diisi dengan unit $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$

Output yaitu $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$

2.6.1. Fungsi Aktivasi *Backpropagation*

Pada jaringan *backpropagation* di setiap lapisan, tiap unit pengolah melakukan penjumlahan berbobot dan menerapkan fungsi aktivasi yaitu fungsi sigmoid untuk menghitung keluarannya (Hermawan, 2006:50). Berikut perhitungan matematisnya:

1. Menghitung nilai penjumlahan berbobot digunakan rumus:

$$S_j = \sum_{i=1}^n a_i w_{ji} \dots\dots\dots (2-17)$$

Dengan:

a_i = masukan yang berasal unit i

w_{ji} = bobot sambungan dari unit i ke unit j

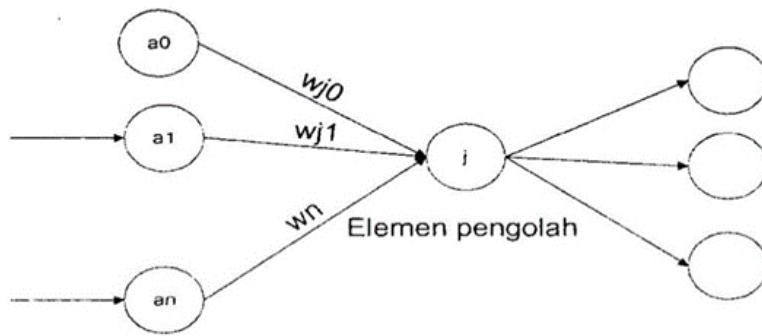
2. Setelah nilai S_j dihitung, fungsi sigmoid diterapkan pada S_j untuk membentuk $f(S_j)$.

Fungsi sigmoid ini mempunyai persamaan:

$$f(S_j) = \frac{1}{1 + e^{-S_j}} \dots\dots\dots (2-18)$$

Hasil perhitungan $f(S_j)$ ini merupakan nilai aktivasi pada unit pengolah j seperti pada gambar dibawah.





Gambar 2.13 Langkah Perambatan Maju
 Sumber: Hermawan (2006, p.51)

2.6.2. Algoritma Backpropagation

Algoritma selengkapnya pelatihan jaringan *backpropagation* adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi bobot-bobot (tetapkan dalam nilai acak kecil)
2. Bila syarat berhenti adalah salah, kerjakan langkah 3 sampai 10. Nilai ‘benar’ ditunjukkan dengan nilai RMS/SSE di bawah 0,1 maka jaringan sudah boleh dikatakan terlatih.
3. Untuk setiap pasangan pelatihan, kerjakan langkah 4 – 9.

2.6.2.1. Tahap Perambatan Maju (Forward Propagation)

1. Tiap unit masukan ($x_i, i = 1, \dots, n$) menerima isyarat masukan x_i dan diteruskan ke unit-unit tersembunyi.

2. Tiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, \dots, p$) menjumlahkan isyarat masukan berbobot,

$$z_in_{jk} = v_{oj} + \sum_{i=1}^p x_i v_{ij} \dots\dots\dots (2-19)$$

dengan menerapkan fungsi aktivasi hitung:

$$z_j = f(z_in_j) \dots\dots\dots (2-20)$$

Dan kirim isyarat ini ke unit-unit keluaran

3. Tiap unit keluaran ($y_k, k = 1, \dots, m$) menjumlahkan isyarat masukan berbobot,

$$y_in_{jk} = w_{ok} + \sum_{j=1}^p z_j v_{jk} \dots\dots\dots (2-21)$$

dengan menerapkan fungsi aktivasi hitung,

$$y_j = f(y_in_k) \dots\dots\dots (2-22)$$

2.6.2.2. Tahap Perambatan Balik (Backpropagation)

1. Tiap unit keluaran ($y_k, k = 1, \dots, m$) menerima pola sasaran berkaitan dengan pola pelatihan masukannya. Hitung galat informasi:

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \dots\dots\dots (2-23)$$

Hitung koreksi bobot dan biasanya:



$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k x_j \dots\dots\dots (2-24)$$

$$\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots (2-25)$$

2. Tiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, \dots, p$) menjumlahkan delta masukannya (dari unit-unit di lapisan atasnya).

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots (2-26)$$

Hitung galat informasinya:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f(x_{in_j}) \dots\dots\dots (2-27)$$

Hitung koreksi bobot dan biasnya:

$$\Delta v_{ij} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots (2-28)$$

2.6.2.3. Tahap Perubahan atau Pembaharuan Bobot dan Bias

1. Tiap unit keluaran ($y_k, k = 1, \dots, m$) memperbaharui bobot-bobot dan biasnya ($j=0, 1, \dots, p$)

$$w_{jk} (baru) = w_{jk} (lama) + \Delta w_{jk} \dots\dots\dots (2-29)$$

Tiap unit tersembunyi ($z_j, j = 1, \dots, p$) memperbaharui bobot dan biasnya ($i=0, 1, \dots, n$);

$$v_{ij} (baru) = v_{ij} (lama) + \Delta v_{ij} \dots\dots\dots (2-30)$$

2. Uji syarat berhenti.

Untuk mempercepat waktu pelatihan, prosedur pembaharuan bobot-bobot dapat dimodifikasi dengan menggunakan momentum. Dengan menambahkan momentum ke dalam rumus pembaharuan bobot, biasanya konvergensi akan lebih cepat dicapai. Dalam pembaharuan bobot menggunakan momentum, nilai bobot pada iterasi ke (t+1) ditentukan oleh nilai bobot pada iterasi ke-t dan ke-(t-1).

Rumus pembaharuan bobotnya adalah sebagai berikut:

$$w_{ij}(t + 1) = w_{jk}(t) + \alpha \delta_k z_j + \mu [w_{jk}(t) - w_{jk}(t - 1)] \dots\dots\dots (2-31)$$

atau,

$$\Delta w_{ij}(t + 1) = \alpha \delta_k z_j + \mu \Delta w_{ij}(t) \dots\dots\dots (2-32)$$

dan,

$$v_{ij}(t + 1) = v_{ij}(t) + \alpha \delta_j z_i + \mu [v_{jk}(t) - v_{jk}(t - 1)] \dots\dots\dots (2-33)$$

atau,

$$\Delta v_{ij}(t + 1) = \alpha \delta_j z_i + \mu \Delta v_{ij}(t) \dots\dots\dots (2-34)$$

Dengan:

$X_1 \dots X_n$ = Masukan

$Y_1 \dots Y_n$ = Keluaran

$Z_1 \dots Z_n$ = Nilai lapisan tersembunyi



V_{ij} = Bobot antara lapisan masukan dan lapisan tersembunyi

W_{jk} = Bobot antara lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran

δ = Galat informasi

α = Konstanta berkelanjutan

μ = Momentum

2.6.3. Pemilihan Bobot Awal dan Persamaan Umum *Backpropagation*

Beberapa pertimbangan dalam pemilihan bobot awal adalah sebagai berikut (Widodo, 2005, p.62):

1. Pembaharuan bobot antara dua unit tergantung pada:

a. Derivatif fungsi aktivasi unit yang lebih atas (dekat lapisan keluaran).

b. Aktivasi unit yang lebih bawah (dekat lapisan masukan).

Maka perlu dihindari pemilihan bobot awal yang membuat aktivasi atau derivatif menjadi nol.

2. Bobot awal tidak boleh terlalu besar, karena fungsi aktivasi sigmoid bisa jatuh ke daerah jenuh, sehingga derivatifnya sangat kecil.

3. Bobot awal tidak boleh terlalu kecil, karena masukan neto ke unit tersembunyi atau unit keluaran bisa menjadi nol, yang mengakibatkan pelatihan sangat lambat. Prosedur umum adalah inialisasi bobot dan bias ke nilai acak antara -0,5 dan 0,5 (atau antara -1 dan 1).

Nguyen dan Widrow memberikan prosedur inialisasi bobot awal sebagai berikut.

Untuk setiap unit tersembunyi ($j = 1, \dots, p$)

a. Inialisasikan vektor bobot dari unit masukan ke unit tersembunyi:

v_{ij} (lama) = bilangan acak antara -0,5 dan 0,5 atau antara $-\gamma$ dan γ

b. Hitung norm v_{ij} (lama) = $\|v_{ij}$ (lama) $\|$

c. Reinisialisasi bobot dari unit masukan ke unit tersembunyi.

$$V_{ij} = \frac{\beta v_{ij} \text{ (lama)}}{\|v_{ij} \text{ (lama)}\|} \quad (2-35)$$

dengan:

β = faktor skala = $0,7 (p)^{1/n}$

n = cacah unit masukan

d. Tentukan bias (unit yang bernilai 1)

v_{oj} = bilangan acak antara $-\beta$ dan β

Adapun persamaan umum untuk jaringan saraf tiruan perambatan galat mundur (*backpropagation*), yaitu:

$$y_k = \left(\left(\sum_{j=1}^5 \left(f \left(v_{oj} + \left(\sum_{i=1}^{83} x_i v_{ji} \right) \right) \right) \cdot w_{kj} \right) + w_{ko} \right) \dots \dots \dots (2-36)$$

Dengan:

y_k = nilai *output*

v_{0j} = bobot dari unit bias ke unit tersembunyi

x_1 = nilai *input*

v_{ji} = bobot dari unit input ke unit tersembunyi

w_{kj} = bobot dari unit tersembunyi ke output jaringan

2.6.4. Aplikasi Matlab

Matlab merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk pemrograman, analisis, serta komputasi teknis dan matematis berbasis matriks. Matlab adalah singkatan dari *Matrix Laboratory* karena mampu menyelesaikan masalah perhitungan dalam bentuk matriks.

Matlab dapat diperasikan pada sistem operasi *Windows*. Matlab memiliki keunggulan umum seperti analisis dan eksplorasi data, pengembangan algoritma, pemodelan dan simulasi, visualisasi plot.

Dalam Matlab tersedia pula kotak kakas (*toolbox*) yang dapat digunakan untuk aplikasi-aplikasi khusus, seperti pengolahan sinyal, sistem kontrol, logika *fuzzy*, optimasi, pengolahan citra digital, dan yang digunakan dalam studi ini yaitu jaringan saraf tiruan.

Penggunaan *nntool* pada Matlab 2014b yang digunakan dalam analisis jaringan saraf tiruan pada studi ini.

2.6.4.1. Matlab R2014b

Software matlab (*matriks laboratory*) merupakan bahasa pemrograman matematika lanjutan yang mengadopsi sifat dan bentuk matriks. Kelebihan dari program matlab adalah sebagai berikut:

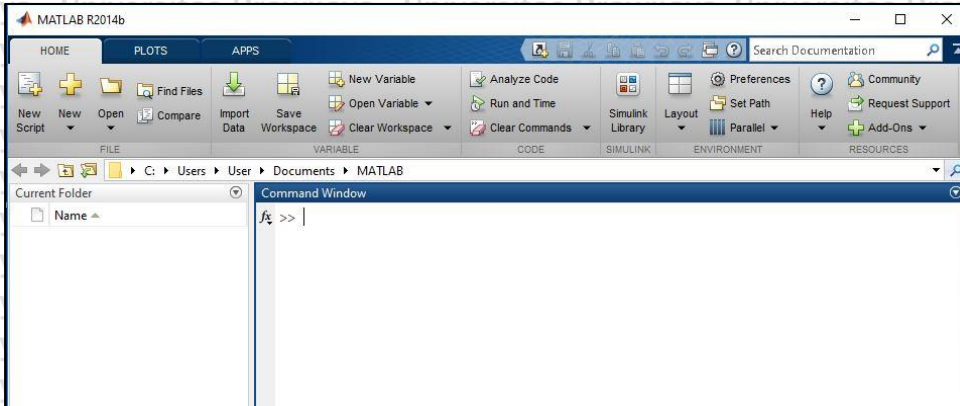
1. Memiliki fungsi *built-in*, pengguna dapat menentukan sendiri fungsi yang hendak dirancang pada *library*.
2. Merupakan operasi matematika elemen, matriks, optimasi, aproksimasi dan lainnya. Sehingga sering digunakan untuk melakukan pekerjaan seperti, pemrograman *modelling*, simulasi dan pembuatan prototipe serta analisa data dan analisa numerik.
3. Memiliki banyak *option* tambahan untuk menampilkan data dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi.

Matlab R2014b memiliki 3 bagian komponen kerja utama yaitu:

1. *Command windows* (layar perintah)



Komponen ini mempunyai fungsi yaitu menjalankan perintah yang dibuat pada layar *editor matlab*. Pada *windows* / layar ini kita dapat mengakses perintah maupun komponen pendukung (*help file*) yang ada di matlab secara langsung. Salah satu ciri *command window* adalah adanya tanda `>>`!

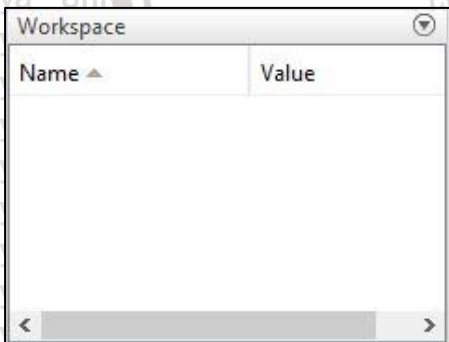


Gambar 2.14 Command Window

Sumber: Matlab R2014b

2. Matlab Editor / Debugger

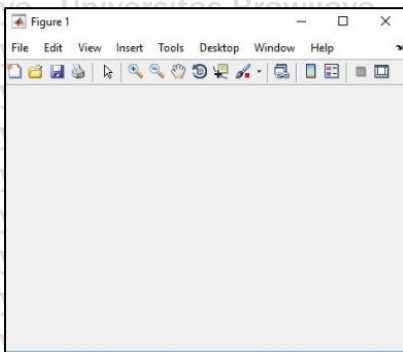
Komponen ini merupakan *tool* yang disediakan oleh matlab untuk *editor script* data. Meskipun sebenarnya matlab dapat mengadopsi data dalam bentuk lain seperti *excel*, *wordpad*, *notepad* dan *word*.



Gambar 2.15 Workspace Matlab Editor/ Debugger

Sumber: Matlab R2014b

3. Figure (mempermudah hasil visualisasi output matlab)



Gambar 2.16 Figure

Sumber: Matlab R2014b

Menurut Dawson dan Wilby (1998, p.12) menyebutkan bahwa kelebihan jaringan saraf tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) adalah sebagai berikut:

1. JST dapat mewakili setiap fungsi non linear acak yang memberikan kompleksitas yang cukup pada jaringan terlatih.
2. JST dapat menemukan hubungan antara masukan/ *input sample* yang berbeda dan jika perlu dapat mengelompokkan sampel dalam mode analog dengan analisis *cluster*.
3. JST mampu menggeneralisasikan hubungan dari himpunan kecil data meskipun terdapat data tersisa, namun tetap relatif kuat meskipun dengan adanya masukan data yang rusak atau hilang dan mampu mengadaptasi atau mampu menjawab perubahan lingkungan.

2.6.4.2. Transformasi Data

Sebelum menggunakan data dengan metode atau teknik yang akan diterpakna, kita harus melakukan praprosesing terhadap data. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat. Dalam beberapa hal, prapropesing bisa membuat nilaidata menjadi lebih kecil tanpa merubah informasi yang dikandungnya. Ada beberapa cara transformasi data yang dilakukan sebelum menerapkan suatu metode, antara lain adalah normalisasi atau scaling adalah prosedur mengubah data sehingga berada dalam skala tertentu. Skala ini bisa antara (0,1), (-1,1) atau skala lain yang dikehendaki. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk transformasi data:

$$X' = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} (BA - BB) + BB \dots\dots\dots (2-37)$$

Keterangan:

X_{\min} = nilai minimum

X_{\max} = nilai maksimum

BA = batas atas

BB = batas bawah

Setelah data yang akan digunakan sebagai *input* telah ditransformasi, data tersebut bisa digunakan untuk analisis pemodelan menggunakan Matlab R2014b. Data hasil *output* yang dihasilkan dari analisis, harus ditransformasi balik untuk mendapatkan data sebenarnya.

Data tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan kesesuaian model menggunakan RMSE, NSE dan Koefisien Korelasi (R).

2.7. Perbedaan Studi Ini dengan yang Terdahulu

Adapun perbedaan studi ini dengan studi terdahulu dijabarkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.3 Perbedaan studi ini dengan studi terdahulu
Perbedaan studi ini dengan studi terdahulu

No	Peneliti	Institusi	Judul	Perbedaan		
				Hasil Penelitian	Metode yang digunakan	Lokasi penelitian
1	Joko Windarto, Hidayat Pawitan, Suripin, M. Januar J.P.	Universitas Diponegoro	Model Prediksi Tinggi Muka Air Sungai Kali Garang Semarang dengan Jaringan Saraf Tiruan	Hasil dari prediksi tinggi muka air memiliki <i>Mean Square Error</i> sebesar 0,0037 dan Kesalahan Relatif 1,18%	Jaringan Saraf Tiruan dengan <i>Software</i> Matlab R2010a	Kali Garang Semarang
2	Ima Faridhotin, Very Dermawan, Dian Sisinggih.	Universitas Brawijaya	Peramalan Tinggi Muka Air Bengawan Solo Hilir Ruas Bojonegoro-Lamongan Akibat Adanya Bendung Gerak Bojonegoro dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan	Pelatihan dengan 500 <i>epochs</i> untuk presentase <i>training-cross validation-testing</i> (60-30-10) % dari keseluruhan data memiliki kesesuaian terbaik dengan Kesalahan Relatif 6,26%	Jaringan Saraf Tiruan dengan <i>Software</i> <i>NeuroSolutions</i>	Sungai Bengawan Solo Hilir Ruas Bojonegoro-Lamongan
3	Jun Han, Robert C. Borden, Jy S. Wu, James D. Gregory, Margery F. Overton.	<i>University of North Carolina</i>	Application of Artificial Neural Networks for Flood Warning Systems	Data <i>input</i> yang digunakan yaitu dari 3 stasiun hujan dan menghasilkan MSE sebesar 0,000377	Jaringan Saraf Tiruan dengan <i>Software</i> <i>NeuroSolutions</i> (<i>Version</i> 4.0)	DAS di Negara Bagian <i>North Carolina</i>

Lanjutan Tabel 2.2

No	Peneliti	Institusi	Judul	Perbedaan		
				Hasil Penelitian	Metode yang digunakan	Lokasi penelitian
4	Wanny K. Adidarma, Iwan K. Hadihardaja, Sri Legowo.	Institut Teknologi Bandung	Perbandingan Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> dan <i>NRECA</i>	Dalam studi ini dapat disimpulkan bahwa secara umum <i>NRECA</i> memberikan hasil yang lebih baik kecuali untuk kondisi <i>low flow</i>	Jaringan Saraf Tiruan dan <i>NRECA</i> dengan <i>Software NeuroSolutions</i>	DAS Cikapundung- Gandok
5	Siska Widyastuti, Ery Suhartanto, Very Dermawan.	Universitas Brawijaya	Analisa Hujan- Limpasan Menggunakan Model <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> di Sub DAS Lesti	Diperoleh nilai <i>Mean Square Error Isebesar 0,0393</i> . Hasil ini menunjukkan data debit model dengan data debit AWLR Tawangrejeni memilki korelasi positif	Jaringan Saraf Tiruan dengan <i>Software Matlab R2010a</i>	Sub DAS Lesti

Sumber: Hasil Analisis, 2019



Halaman ini sengaja dikosongkan

**BAB III
METODOLOGI**

3.1. Lokasi Studi

Pembahasan mengenai lokasi studi dimaksudkan untuk lebih mengenal dan memahami wilayah penelitian ini dilaksanakan. Dalam bab ini dibahas beberapa aspek, antara lain kondisi administratif dan geografis, daerah aliran sungai Dolok, topografi, dan kependudukan.

3.1.1. Kondisi Administratif dan Geografis

Bendung Barang terletak di DAS Dolok yang secara administrasi berada pada wilayah administratif Kota Semarang, Kabupaten Demak dan Kabupaten Semarang, Propinsi Jawa Tengah, mencakup wilayah seluas 98,21 km². Sub-DAS Bendung Barang sendiri memiliki luas wilayah 50,69 km². Wilayah Administratif Kecamatan yang masuk dalam Sistem Sungai Dolok-Penggaron adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1
Wilayah Administratif DAS Dolok

WILAYAH ADMINISTRATIF SISTEM DOLOK PENGGARON				
No.	DAS	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten/Kota
1.	Kanal Banjir Timur	Tanjungmas	Semarang Utara	Kota Semarang
		Kemijen, Rejomulyo, Mlatibaru, Mlatiharjo, Bugangan, Rejosari, Karangtempel, Karangturi, Sarirejo, Kebunagung	Semarang Timur	
		Terboyo Kulon	Genuk	Kota Semarang
		Tambakrejo, Kaligawe, Sawahbesar, Sambirejo, Pandean Lamper, Gayamsari, Siwalan	Gayamsari	



Lanjutan Tabel 3.1 Wilayah Administratif DAS Dolok

WILAYAH ADMINISTRATIF SISTEM DOLOK PENGGARON							
No.	DAS	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten/Kota			
		Lamper Lor, Lamper Tengah, Lamper Kidul, Peterongan	Semarang Selatan				
		Gemah, Pedurungan Kidul	Pedurungan				
		Sendangguwo, Kedungmundu, Sendangmulyo, Tandang, Sambiroto, Jangli	Tembalang				
		Jomblang, Karanganyar Gunung, Jatingaleh	Candisari				
		Ngesrep	Banyumanik				
		2.	S. Tenggang		Tambakrejo, Terboyo Kulon, Terboyo Wetan	Genuk	Kota Semarang
		3.	S. Sringin		Terboyo Wetan, Trimulyo		
4.	S. Babon - Penggaron	Trimulyo, Genuksari, Banjardowo, Karangroto, Sembungharjo, Bangetayu Wetan, Penggaron Lor, Kudu, Terboyo Wetan	Genuk	Kota Semarang			
		Mangunharjo, Tembalang, Bulusan, Meteseh, Rowosari	Tembalang				
		Jabungan, Gedawang, Banyumanik, Pudukpayung, Padangsari, Pedalangan, Srandol Wetan	Banyumanik	Demak			
		Sriwulan, Sayung	Sayung				
		Kebunbatur	Mranggen				
				Plamongansari, Penggaron Kidul, Pedurungan Lor, Pedurungan Kidul	Pedurungan	Kota Semarang	
				Kalikayen, Kewengen, Mluweh, Susukan, Kalongan, Leyangan	Ungaran	Kab. Semarang	

Lanjutan Tabel 3.1 Wilayah Administratif DAS Dolok

WILAYAH ADMINISTRATIF SISTEM DOLOK PENGGARON					
No.	DAS	Desa/Kelurahan	Kecamatan	Kabupaten/Kota	
5.	S. Dombo - Sayung	Bedono, Purwosari, Sayung, Loireng, Kalisari, Karangasem, Jetaksari, Dombo, Perampelan, Sriwulan	Sayung	Demak	
		Waru, Menur, Ngemplak, Tamansari, Brumbung, Bandungrejo, Batusari, Jamus, Wringin, Jajar, Mranggen	Mranggen		
		Pedurungan Kidul, Plamongansari	Pedurungan		Kota Semarang
		Penggaron Lor	Genuk		
6.	S. Dolok - Onggorawe	Surodadi, Timbulsloko, Tugu, Gemulak, Loireng, Pilangsari, Perampelan, Bulusari	Sayung	Demak	
		Waru, Tegalarum, Tamansari, Karangsono, Kembangarum, Kangkung, Kebunbatur, Sumberejo, Banyumeneng, Mranggen, Kalitengah	Mranggen		
		Wonorejo	Pringapus		Kab. Semarang
		Gondoriyo	Bergas		
		Kuripan, Bumirejo, Karangawen, Teluk, Margohayu, Jragung, Wonosekar	Karangawen		
		Tangkis, Krandon, Blerong, Gaji, Banjarejo, Sidokumpul	Guntur		Demak
		Wonokerto, Batu, Kudunguter, Sampang	Karang Tengah		

Sumber: Diolah dari Peta RBI 1 : 25.000



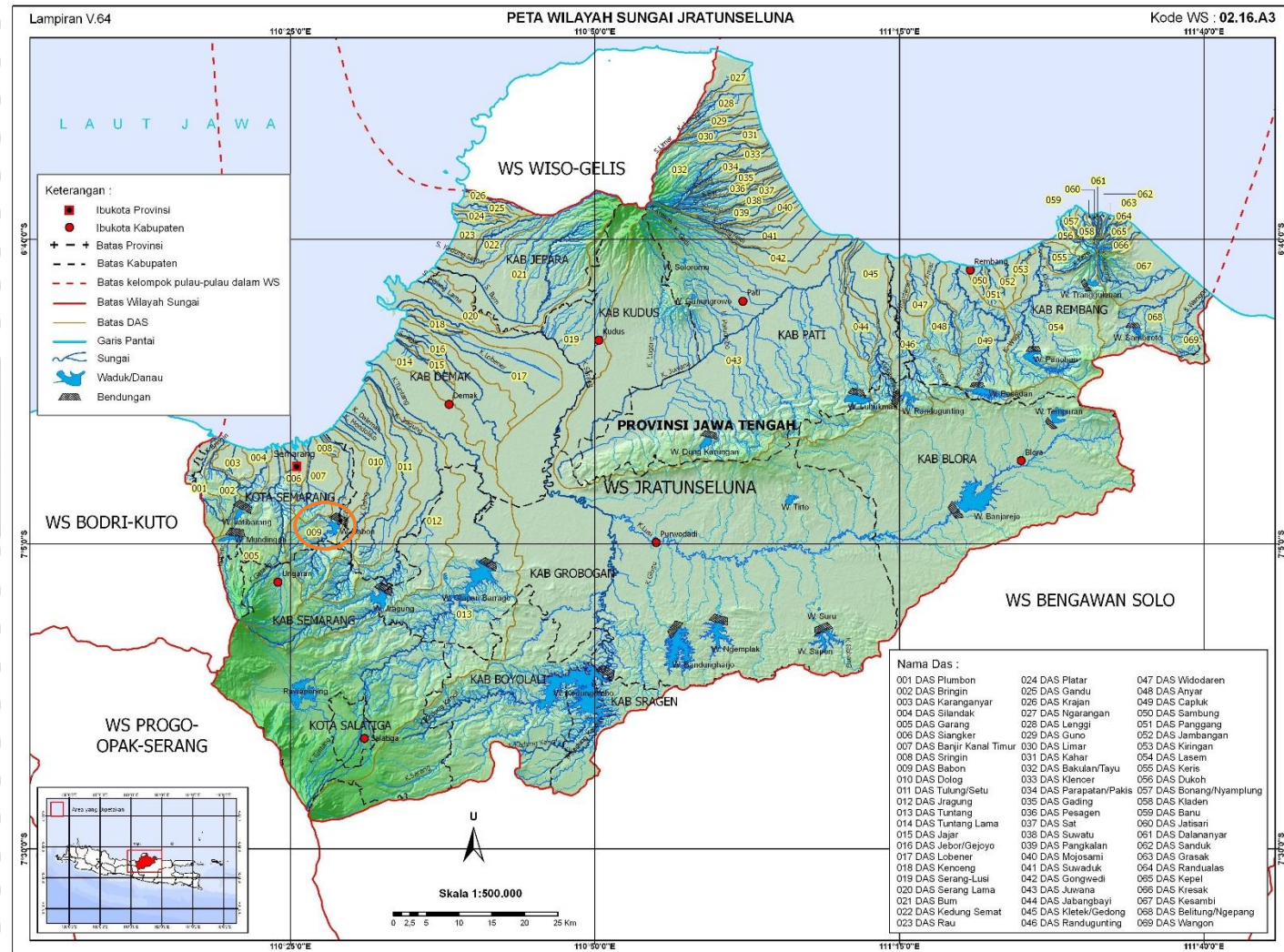
Kota Semarang berperan penting dalam perkembangan Provinsi Jawa Tengah terutama dengan adanya Pelabuhan Tanjung Emas, jaringan transportasi darat yang lengkap mulai dari Stasiun Kereta Api dan Jalan Tol Trans-Jawa serta transportasi udara yang dihidarkan melalui Bandara Ahmad Yani merupakan potensi bagi simpul transportasi regional dan transit Pulau Jawa.

3.1.2. Kondisi Topografi

DAS Dolok terletak di sebagian Kota Semarang dan Kabupaten Demak berada pada ketinggian antara 0 sampai dengan 250 mdpl (meter di atas permukaan laut). Secara topografi terdiri dari daerah pantai, dataran rendah dan daerah perbukitan. Untuk Bendung Barang secara topografi terletak di daerah dataran sedang yang dimanfaatkan untuk mengairi sawah di elevasi lebih rendah.

Pada sistem sungai ini melingkupi daerah kecamatan Semarang Timur, Genuk, Gayamsari, Pedurungan, Tembalang dan Banyumanik yang berada pada kemiringan 0 sampai 2%. Sedangkan kondisi topografi Sistem Dolok Penggaron yang berada di wilayah Kabupaten Demak terdiri dari daerah pantai, dataran rendah dan perbukitan. Kecamatan Sayung berada pada ketinggian 0 sampai 3 meter di atas permukaan laut. Kecamatan Mrananggen berada pada ketinggian 10 hingga 25 meter di atas permukaan laut. Berikut adalah peta DAS Dolok yang berada dalam Wilayah Sungai Jratunseluna.

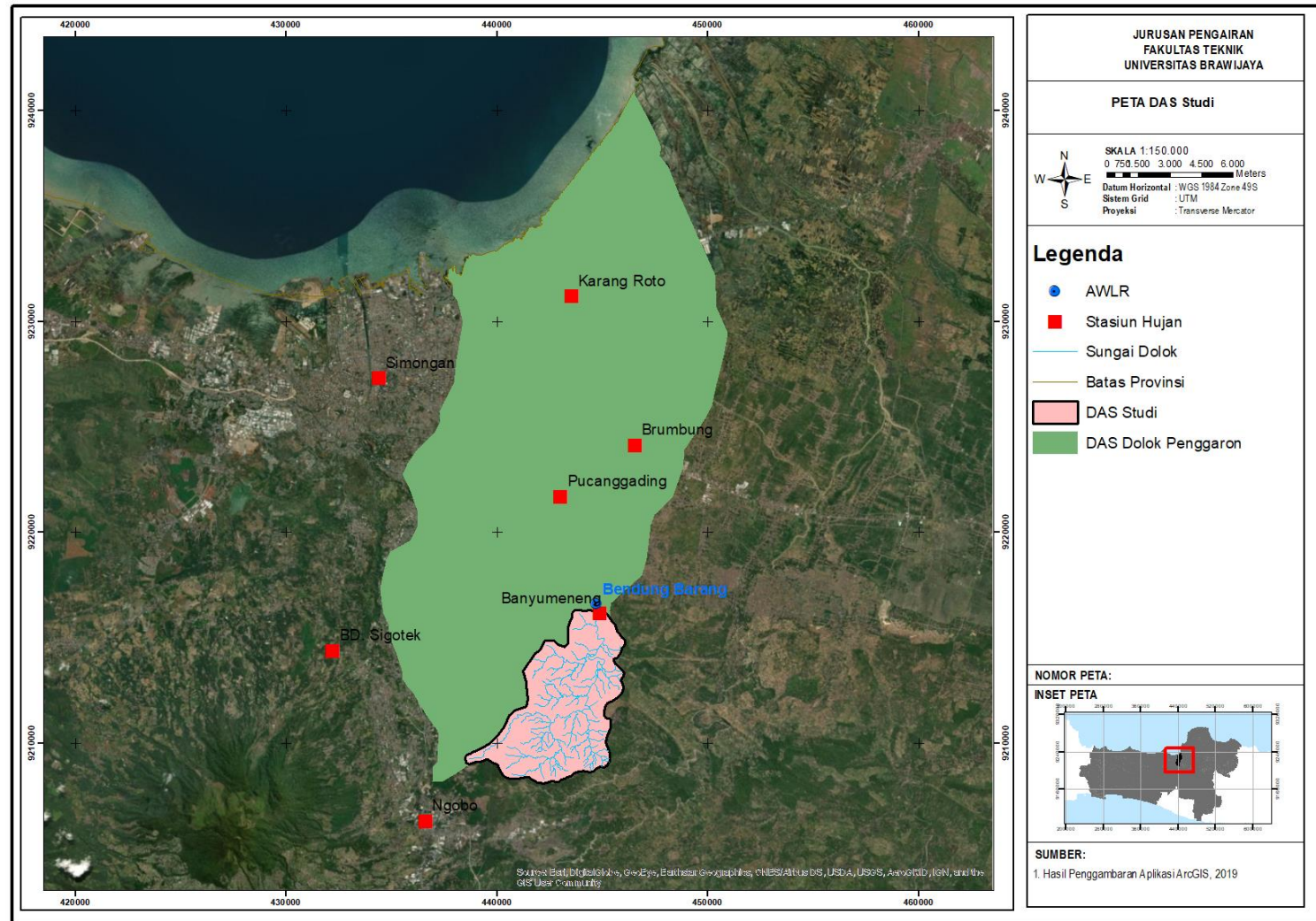




Gambar 3.1 Peta Wilayah Sungai Jratunseluna

Sumber : Peraturan Presiden No. 12 Tahun 2012

3.1.3. Kondisi Daerah Aliran Sungai Dolok



Gambar 3.2 Peta DAS Sistem Dolok-Penggaron
Sumber: Hasil Analisis Menggunakan ArcGIS 10.4, 2019

DAS Dolok termasuk kedalam Kabupaten Demak, Kabupaten Semarang dan Kota Semarang. Daerah Semarang Utara dan Demak merupakan satuan geomorfologi dataran aluvial dan merupakan dataran limpasan banjir. Banjir di Semarang utara dan juga Demak diakibatkan oleh suplai air yang banyak dan ditampung oleh endapan aluvial dan endapan pantai. Ditambah lagi banyaknya endapan sedimen sehingga menyebabkan pendangkalan sungai. Dataran banjir juga terdapat di sekitar Sungai Penggaron yang ditunjukkan dalam citra SRTM seperti cekungan setengah melingkar yang dikelilingi oleh tinggian disekitarnya.

Hal ini menyebabkan air akan mengalir menuju ke arah cekungan tersebut sehingga jika tidak dapat terserap dan dialirkan ke tempat lain dengan baik maka akan mengakibatkan banjir.

3.1.4. Kondisi Kependudukan

Jumlah penduduk Kota Semarang berdasarkan data yang didapatkan dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2016 mencapai 1.729.083 jiwa yang terdiri dari penduduk laki-laki berjumlah 847.915 jiwa atau sebanyak 49,04%, dan penduduk perempuan sebanyak 881.168 atau sebanyak 50,56% jumlah ini turun sebanyak 2,53% dibanding tahun 2015 sedangkan untuk Kabupaten Demak jumlah penduduknya mencapai 1.129.298 jiwa terdiri atas 569.810 perempuan atau sebanyak 50,96% dan 559.488 laki-laki atau sebanyak 49,04%, dan jumlah ini naik sebanyak orang atau 1,02% dibanding tahun 2015.

Penyebaran penduduk dilihat dari jumlah penduduk pada masing-masing wilayah kecamatan mengalami kepadatan yang berbeda dan tidak merata. Meskipun dalam beberapa tahun terakhir ini banyak perumahan baru yang dibangun di kawasan pengembangan, namun secara statistik, hal tersebut tidak berpengaruh banyak terhadap data kepadatan penduduk.

Kepadatan penduduk yang paling tinggi berada pada beberapa wilayah perkotaan antara lain meliputi Kecamatan Semarang Selatan sebesar 14.208,43 jiwa /km², Semarang Utara sebesar 13.045,49 jiwa/km², Candisari sebesar 13.751,53 jiwa/km², Gayamsari sebesar 12.729,29 jiwa/km², Semarang Tengah sebesar 11.330,78 jiwa/km², Semarang Timur sebesar 10.665,84 jiwa/km² sedangkan kepadatan penduduk Kabupaten Demak mencapai 1.246,14 jiwa/km² yang terpadat yaitu berada di Kecamatan Mranggen dengan kepadatan 2.494,21 jiwa/km². Sedangkan wilayah dengan kepadatan penduduk paling rendah berada di wilayah kecamatan yang berada di wilayah pengembangan yang merupakan wilayah pertanian, tegalan dan tambakan yakni Kecamatan Tugu sebesar 1.099,40 jiwa/km², Kecamatan Mijen sebesar 1.228,46 jiwa/km², dan Gunungpati sebesar 1.709,98 jiwa/km². Jumlah penduduk, luas wilayah dan kepadatan pada masing-masing wilayah kecamatan direkapitulasi pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.2
Jumlah Penduduk Kota Semarang Per Kecamatan

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)			Prosentase Jumlah Penduduk (%)	Luas Wilayah (km ²)	Kepadatan (jiwa/km ²)
		Laki-laki	Perempuan	Total			
1	Semarang Tengah	33.693	35.878	69.571	3,92	6,14	11.330,78
2	Semarang Barat	87.619	88.924	176.543	9,95	21,74	8.120,65
3	Semarang Utara	70.613	72.496	143.109	8,07	10,97	13.045,49
4	Semarang Timur	40.140	41.987	82.127	4,63	7,70	10.665,84
5	Gayamsari	39.416	39.251	78.667	4,43	6,18	12.729,29
6	Gajah Mungkur	33.234	33.344	66.578	3,75	9,07	7.340,46
7	Genuk	55.621	54.796	110.417	6,22	27,39	4.031,29
8	Pedurungan	102.440	101.845	204.285	11,52	20,72	9.859,31
9	Candisari	44.713	45.222	89.935	5,07	6,54	13.751,53
10	Banyumanik	74.235	74.035	148.270	8,36	25,69	5.771,51
11	Gunungpati	46.643	45.884	92.527	5,22	54,11	1.709,98
12	Tembalang	90.095	89.587	179.682	10,13	44,20	4.065,20
13	Tugu	17.528	17.411	34.939	1,97	31,78	1.099,40
14	Ngaliyan	71.292	71.009	142.301	8,02	37,99	3.745,75
15	Mijen	35.503	35.195	70.698	3,99	57,55	1.228,46
16	Semarang Selatan	42.019	42.237	84.256	4,75	5,93	14.208,43
Total		884.804	889.101	1.773.905	100		

Sumber : Dinas Kependudukan Dan Pencatatan Sipil Kota Semarang 2015

Peningkatan jumlah penduduk Kota Semarang dipengaruhi oleh proses alami yaitu kelahiran dikurangi kematian penduduk dan juga dipengaruhi migrasi penduduk dari daerah sekitar Kota Semarang yang merupakan imbas dari daya tarik Kota Semarang sebagai ibu kota Provinsi Jawa Tengah yang juga sebagai pusat perekonomian dan pusat pendidikan.

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk selama 5 tahun terakhir menunjukkan kenaikan yang signifikan pada rentang waktu dari tahun 2010 hingga 2014. Hal tersebut dapat dilihat dari angka pertumbuhan penduduk yang selalu bernilai positif selama kurun waktu tersebut, namun demikian laju pertumbuhan penduduk dari tahun ke tahun dapat dikatakan semakin melambat dari 1,36 persen pada tahun 2010 menjadi 0,70 persen di tahun 2014. Pertumbuhan penduduk yang terakhir, dimungkinkan memiliki korelasi baik dengan tingkat kelahiran kasar dan tingkat migrasi masuk yang juga menurun, maupun dengan tingkat migrasi keluar yg nilainya meningkat.

Tabel 3.3
Pertumbuhan Penduduk Kota Semarang

No.	Tahun	Jumlah penduduk				Pertumbuhan	
		Laki-laki (jiwa)	(%)	Perempuan (jiwa)	(%)		
1	2010	758.267	49,64	769.166	50,36	1.527.433	1,36
2	2011	767.884	49,72	776.474	50,28	1.544.358	1,11
3	2012	775.793	49,76	783.405	50,24	1.559.198	0,96
4	2013	781.176	49,69	790.929	50,31	1.572.105	0,83
5	2014	786.789	49,70	796.399	50,30	1.583.188	0,70

Sumber BPS Semarang, 2014 dalam RKPD Kota Semarang

Sedangkan untuk komposisi penduduk berdasarkan jenis kelamin di Kota Semarang dalam lima tahun terakhir ini relatif seimbang antara penduduk laki-laki dan perempuan, dengan jumlah perempuan yang masih lebih banyak daripada jumlah penduduk laki-laki.

Kebijakan pemerintah yang lebih responsif terhadap jenis kelamin menjadi pertimbangan dalam penyusunan program dan kegiatan pembangunan di Kota Semarang.

3.2. Data Teknis yang Diperlukan

Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengumpulkan segala informasi yang berkaitan dengan studi yang sedang dilaksanakan, yang diperoleh secara tidak langsung atau oleh pihak lain. Data data sekunder dapat berupa catatan, hasil pengukuran, hasil analisis yang diperoleh oleh suatu instansi atau tim studi, juga buku-buku laporan proyek dan peraturan kebijaksanaan daerah.

Data yang berkaitan dengan studi ini meliputi data hidroklimatologi yaitu data curah hujan dan tinggi muka air serta data topografi berupa peta tata guna lahan, peta RBI, dan data *Digital Elevation Model (DEM)* dari daerah studi. Tidak lupa sebagai rujukan dari studi ini akan dibutuhkan hasil studi terdahulu dari pihak-pihak yang berkaitan dengan studi ini.

Tabel 3.4
Jenis dan Sumber Data yang Diperlukan

Jenis Data	Sumber data
a. Data Hidroklimatologi	
▪ Data hujan	▪ Dinas PSDA/Pengairan
▪ Data debit	▪ PUSDATARU Jawa Tengah
b. Peta Rupa Bumi	
▪ Peta topografi	▪ Bappeda
▪ Peta tata guna lahan	▪ Bakosurtanal
c. Data Kependudukan	▪ Badan Pusat Statistik
d. Data Studi Terdahulu	▪ Perpustakaan Dinas dan Instansi Terkait

Sumber: Pengolahan Data, 2019

Data-data yang digunakan pada penelitian ini, meliputi:

1. Data curah hujan harian Sta. Banyumeneng, Sta. Bendung Sigotek dan Stasiun Ngobro pada tahun 2008-2017.
2. Data Debit Bendung Barang pada tahun 2009-2013 dan 2015-2017.



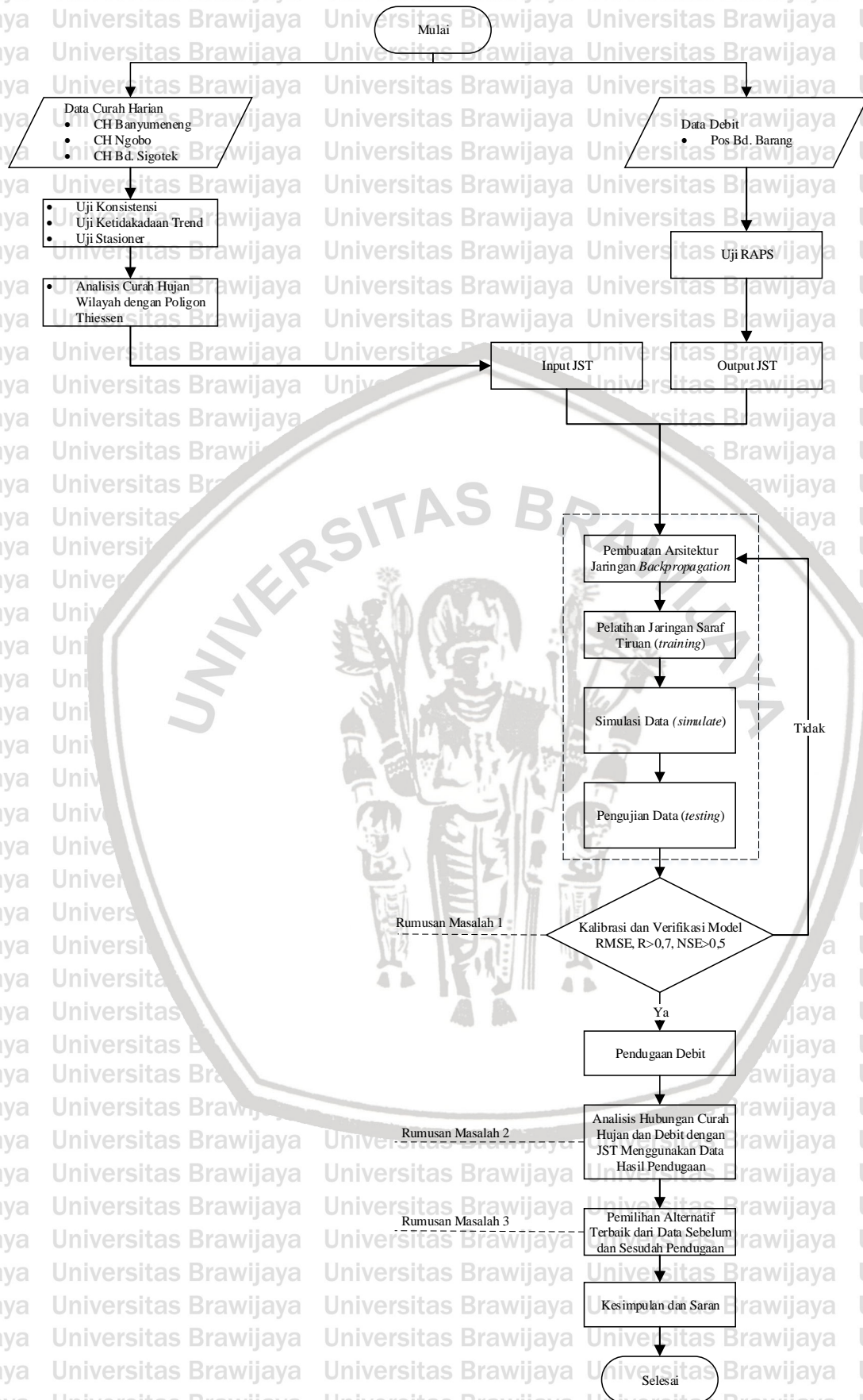
3.3. Tahapan Penyelesaian Skripsi

Secara umum penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut:

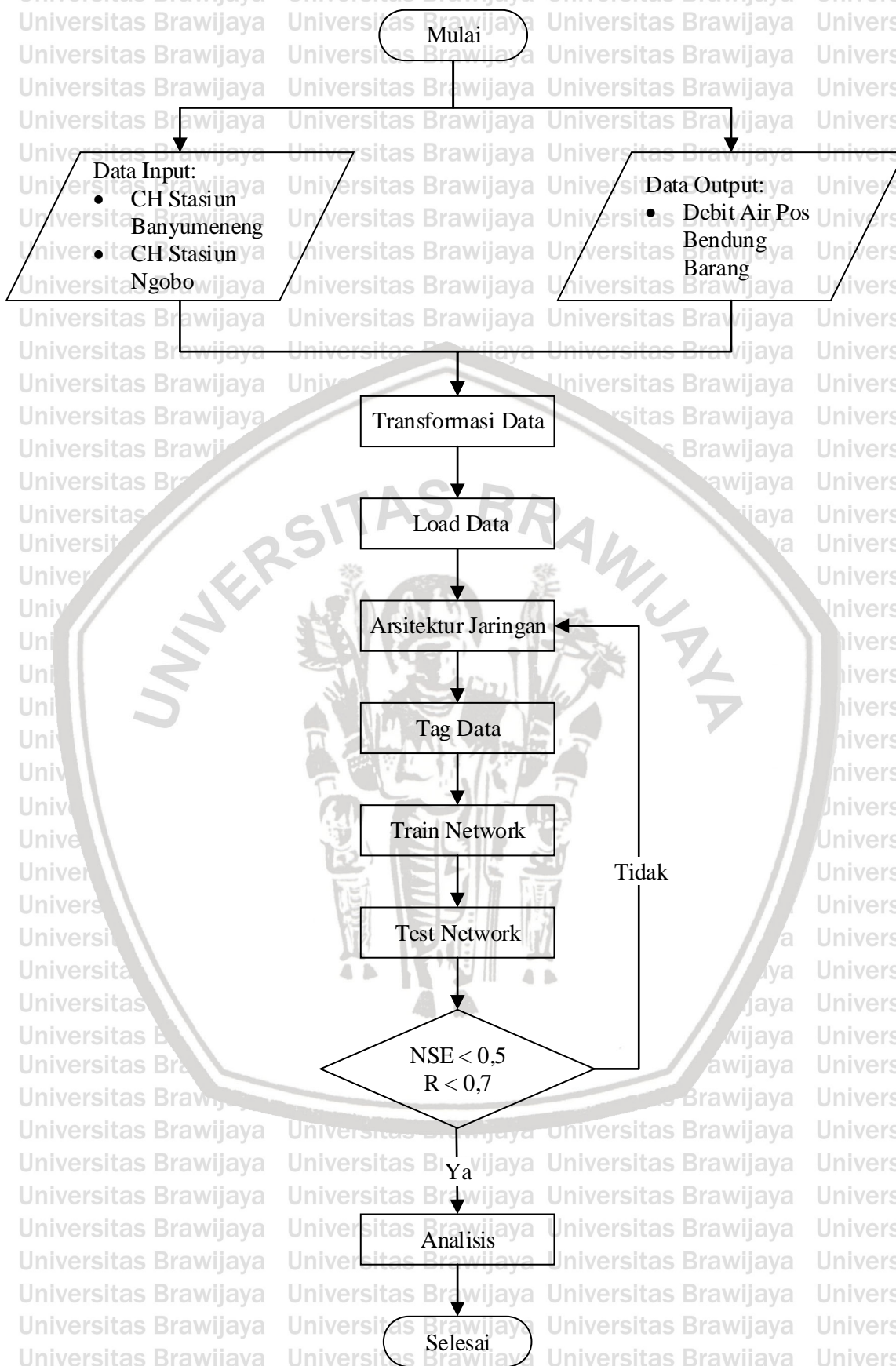
1. Penentuan lokasi studi.
2. Pengumpulan data-data yang dibutuhkan yaitu data hujan, data debit dan peta DAS studi.
3. Analisis kualitas data hidrologi berdasarkan data hujan yang telah didapat.
4. Analisis model curah hujan dan debit menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan dengan bantuan *software* Matlab R2014b.
5. Analisis kesesuaian debit *output* model dengan tinggi muka air yang di lapangan.

Adapun diagram alir dari studi ini adalah sebagai berikut:





Gambar 3.4 Diagram alir penyelesaian skripsi
Sumber: Hasil Analisis, 2019



Gambar 3.5 Diagram alir jaringan saraf tiruan

Sumber: Hasil Analisis, 2019

**BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1. Analisis Kualitas Data Hidrologi

Untuk menghasilkan pemodelan yang memiliki akurasi tinggi, dibutuhkan ketersediaan data yang secara kualitas dan kuantitas memadai. Dalam studi ini, diawali dengan pengolahan data hidrologi yaitu data curah hujan, debit *AWLR* dan debit hasil pemodelan jaringan saraf tiruan.

4.1.1. Pengolahan Data Curah Hujan

Data hujan yang digunakan pada studi ini yaitu selama 10 tahun, sejak tahun 2008 sampai 2017. Data hujan bulanan setiap stasiun disajikan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Curah Hujan Bulanan Stasiun Banyumeneng

Tahun	Bulan												Jumlah	R ₂₄
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jun	Agu	Sep	Okt	Nov	Des		
2008	11,5	20,1	8,3	9,4	1,0	0,0	0,0	1,3	2,9	5,8	9,2	8,5	78,0	101
2009	10,3	8,6	8,0	7,1	4,7	7,3	0,1	0,0	2,6	3,0	3,1	9,1	63,8	88
2010	6,6	3,1	10,6	11,7	15,1	3,5	1,5	3,7	6,1	13,3	6,2	11,8	93,2	122
2011	6,9	8,8	8,5	6,3	5,6	1,5	0,5	0,0	3,2	5,1	14,7	10,2	71,3	105
2012	16,1	6,3	7,7	7,3	1,4	2,0	0,0	0,0	0,2	3,7	14,7	8,7	68,1	99
2013	11,5	20,1	8,3	9,4	1,0	0,0	0,0	1,3	2,9	5,8	9,2	8,5	78,0	106
2014	18,7	10,3	0,0	10,7	6,1	12,5	9,4	4,5	4,1	18,1	0,0	13,2	107,6	94
2015	12,5	13,3	14,9	18,1	3,4	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	12,5	12,5	87,8	77
2016	24,6	10,7	6,2	18,7	9,4	2,3	5,4	3,3	9,5	11,1	15,2	18,8	135,2	117
2017	19,0	17,5	3,7	3,5	3,5	1,5	0,5	0,0	3,4	7,6	13,6	6,1	79,9	98

Sumber: PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

Tabel 4.2 Curah Hujan Bulanan Stasiun Ngobo

Tahun	Bulan												Jumlah	R ₂₄
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Junl	Agu	Sep	Okt	Nov	Des		
2008	10,5	17,5	10,2	6,5	1,0	0,7	0,0	1,3	2,0	4,7	19,9	12,6	87	136
2009	7,2	9,2	5,5	4,6	5,3	5,1	0,4	0,2	2,9	2,4	4,6	6,7	54	99
2010	9,0	5,0	11,5	9,7	10,7	3,1	1,0	2,0	7,6	8,0	7,5	11,4	87	151
2011	8,7	7,4	6,9	6,9	6,0	1,0	0,4	0,0	3,1	5,3	11,2	11,1	68	133
2012	11,3	9,5	6,8	5,8	4,0	1,7	0,0	0,0	0,1	3,7	9,2	11,5	63	128
2013	25,9	15,7	15,6	9,3	12,8	7,5	5,2	0,8	1,0	4,2	12,5	14,3	125	171
2014	16,1	17,2	12,3	9,2	4,5	12,1	5,2	0,5	0,0	1,8	10,7	13,3	103	158
2015	20,1	9,8	16,3	14,7	7,0	0,9	0,6	0,0	0,0	0,2	3,5	12,1	85	129
2016	10,4	19,1	15,0	13,1	7,1	6,3	11,9	6,2	11,1	13,2	17,4	10,0	141	226
2017	15,5	16,4	4,8	4,2	3,5	1,5	0,5	0,0	3,5	5,8	10,2	4,7	71	131

Sumber: PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tabel 4.3
Curah Hujan Bulanan Stasiun Bendung Sigotek

Tahun	Bulan											Jumlah	R ₂₄	
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov			Des
2008	5,0	6,6	6,8	3,8	0,4	0,5	0,0	1,5	0,0	0,0	42,2	17,3	84	106
2009	3,2	4,0	1,9	2,7	3,8	1,7	0,5	0,5	2,7	1,7	4,8	3,7	31	82
2010	12,2	6,3	11,7	11,6	7,9	1,4	0,2	0,6	5,5	3,8	5,6	12,7	80	181
2011	8,2	4,6	6,2	6,6	7,3	0,0	0,6	0,0	4,1	4,1	6,7	8,2	57	150
2012	6,5	3,0	4,3	4,7	4,6	0,2	0,0	0,0	0,0	4,2	4,8	13,5	46	132
2013	13,4	7,7	11,7	7,4	9,7	6,9	4,2	0,7	0,7	3,6	11,5	8,2	86	143
2014	16,2	7,1	8,7	9,8	9,7	7,5	2,9	1,0	0,0	2,9	6,8	12,4	85	156
2015	15,7	10,2	13,9	12,0	2,9	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	5,0	10,2	71	113
2016	6,4	12,3	9,1	8,4	9,9	7,1	5,4	3,0	12,7	9,8	16,6	19,7	120	189
2017	11,9	15,4	5,9	4,8	3,6	1,6	0,6	0,0	3,6	3,9	6,9	3,1	61	178

Sumber: PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

4.1.1.1. Uji Konsistensi

Data curah hujan yang tersedia akan diuji konsistensinya menggunakan kurva lengkung massa ganda, uji ini bertujuan untuk membandingkan data dari stasiun hujan yang diamati dengan stasiun hujan disekitarnya. Pengujian dengan metode kurva massa ganda dapat dikatakan konsisten apabila diperoleh nilai kemiringan sudut garis *trend* pada grafik sebesar $\alpha = 45^\circ$ atau kemiringan garis (*slope*) $S = 1$. Toleransi data masih dianggap konsisten pada rentangan nilai $42^\circ < \alpha < 48^\circ$, karena ketika dilakukan koreksi data hasil diperoleh tidak akan memberikan hasil yang signifikan.

Langkah-langkah dalam pengujian dengan metode kurva massa ganda adalah sebagai berikut (contoh perhitungan yang digunakan adalah Stasiun Hujan Banyumeneng)

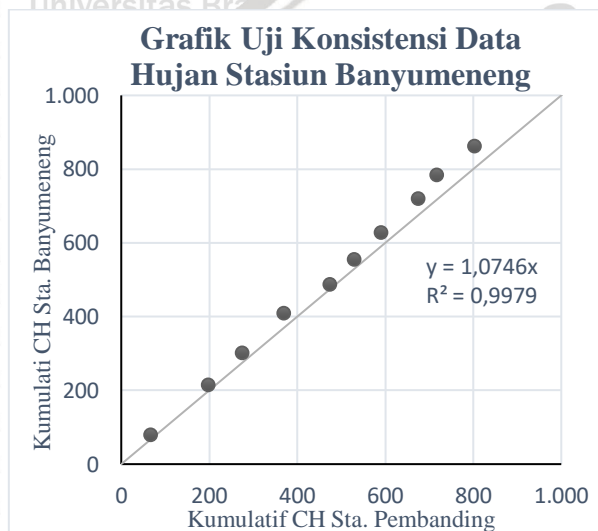
1. Menjumlahkan data asli dalam bentuk harian menjadi data tahunan, serta mengurutkan data dari tahun terbaru ke tahun terlama (2017-2008).
2. Menentukan stasiun hujan yang akan diuji dan pos sekitar akan digunakan sebagai pembanding.
3. Menghitung data curah hujan kumulatif stasiun hujan yang diuji.
4. Menghitung nilai rerata stasiun hujan sekitar.
5. Menghitung nilai kumulatif rerata stasiun hujan sekitar.

Melakukan *plotting* kurva massa ganda untuk melihat ada tidaknya penyimpangan data hujan. Dengan nilai kumulatif stasiun hujan yang diuji sebagai sumbu Y dan nilai kumulatif rerata stasiun hujan sekitar sebagai sumbu X. Berikut merupakan hasil uji konsistensi data hujan ditampilkan pada Tabel 4.4 sampai Tabel 4.6.

Tabel 4.4
Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Banyumeneng

Tahun	Sta. Banyumeneng (mm)	Sta. Ngobo (mm)	Sta. Bd. Sigotek (mm)	Kumulatif Sta. Banyumeneng (mm)	Rata-rata Sta. Pemanding (mm)	Kumulatif Sta. Pemanding (mm)
2017	80	71	61	80	66	66
2016	135	141	120	215	131	196
2015	88	85	71	303	78	274
2014	108	103	85	410	94	368
2013	78	125	86	488	105	474
2012	68	63	46	557	55	528
2011	71	68	57	628	62	590
2010	93	87	80	721	83	673
2009	64	54	31	785	43	716
2008	78	87	84	863	86	802

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



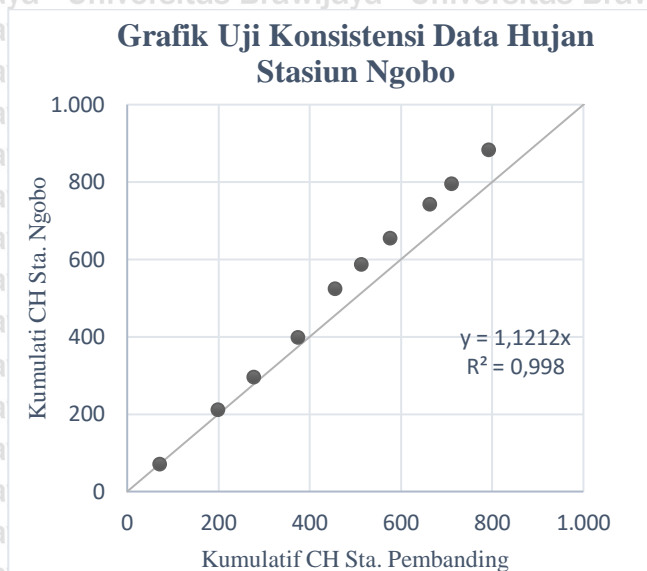
Gambar 4.1 Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Banyumeneng

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.5
Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Ngobo

Tahun	Sta. Ngobo (mm)	Sta. Banyumeneng (mm)	Sta. Bd. Sigotek (mm)	Kumulatif Sta. Ngobo (mm)	Rata-rata Sta. Pemanding (mm)	Kumulatif Sta. Pemanding (mm)
2017	71	80	61	71	70	70
2016	141	135	120	211	128	198
2015	85	88	71	297	79	278
2014	103	108	85	399	96	374
2013	125	78	86	524	82	456
2012	63	68	46	588	57	513
2011	68	71	57	656	64	576
2010	87	93	80	742	86	663
2009	54	64	31	796	48	710
2008	87	78	84	883	81	791

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

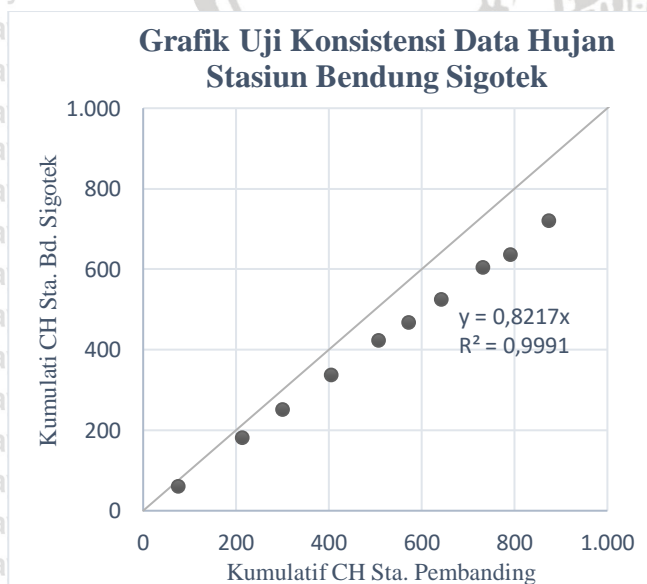


Gambar 4.2 Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Ngobo
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.6
Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Bendung Sigotek

Tahun	Sta. Bd. Sigotek (mm)	Sta. Ngobo (mm)	Sta. Banyumeneng (mm)	Kumulatif Sta. Bd. Sigotek (mm)	Rata-rata Sta. Pembanding (mm)	Kumulatif Sta. Pembanding (mm)
2017	61	71	80	61	75	75
2016	120	141	135	181	138	213
2015	71	85	88	252	87	300
2014	85	103	108	337	105	405
2013	86	125	78	423	101	506
2012	46	63	68	469	66	572
2011	57	68	71	525	70	642
2010	80	87	93	605	90	732
2009	31	54	64	636	59	791
2008	84	87	78	720	82	873

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.3 Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Bendung Sigotek
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai kumulatif stasiun hujan yang diuji (Stasiun Banyumeneng) dengan kumulatif rerata stasiun hujan sekitar yang digunakan sebagai pembandingan. Perbedaan nilai ini mempengaruhi hasil *plotting* grafik untuk analisis kurva massa ganda. Hasil yang ditunjukkan oleh kurva ini dapat dilihat pada Gambar 4.2. Terlihat ada beberapa titik yang berada di atas garis dengan gradien satu. Hal ini mengharuskan adanya koreksi data yang dianggap bermasalah atau tidak sesuai dengan garis *trend* untuk mendapatkan data yang konsisten. Dilanjutkan dengan tahap perhitungan untuk mengetahui besaran sudut yang terjadi dari hasil *plotting* grafik.

1. Menghitung kemiringan garis *trend/slope* pada kurva massa ganda dan sudut α dengan rentang data tahun 2008-2017.

$$S = \frac{Y}{X} = \frac{883}{791} = 1,116$$

Maka,

$$\alpha = \arctan S$$

$$\alpha = \arctan (1,116) = 48,138^\circ$$

2. Karena sudut yang terbentuk diluar dari batas toleransi maka perlu dilakukan koreksi dengan cara sebagai berikut:

$$Fk = 1 / \frac{\text{Selisih Komulatif Stasiun yang Dipantau}}{\text{Selisih Kumulatif Stasiun Sekitar}} = 1 / \frac{(883-71)}{(791-70)} = 0,887$$

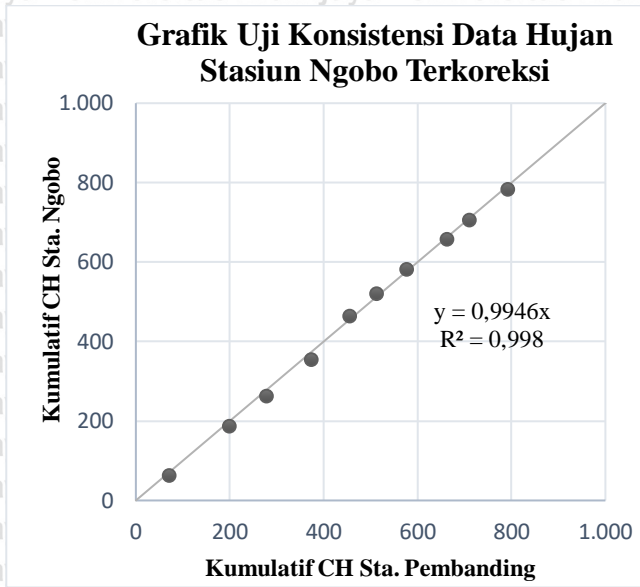
Maka, untuk Stasiun Hujan Ngobo tahun 2008 – 2017 besaran curah hujan harus dikalikan dengan faktor koreksi sebesar 0,887.

Tabel 4.7

Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Ngobo Terkoreksi

Tahun	Sta. Ngobo (mm)	Sta. Banyumeneng (mm)	Sta. Bd. Sigotek (mm)	Kumulatif Sta. Ngobo (mm)	Rata-rata Sta. Pembandingan (mm)	Kumulatif Sta. Pembandingan (mm)
2017	63	80	61	63	70	70
2016	125	135	120	187	128	198
2015	76	88	71	263	79	278
2014	91	108	85	354	96	374
2013	111	78	86	465	82	456
2012	56	68	46	521	57	513
2011	60	71	57	582	64	576
2010	77	93	80	658	86	663
2009	48	64	31	706	48	710
2008	77	78	84	784	81	791

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.4 Grafik kurva massa ganda Stasiun Hujan Ngobo
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Pada Tabel 4.7 menunjukkan hasil terkoreksi dari data Stasiun Hujan Banyumeneng tahun 2008-2017, dengan koreksi berdasarkan *plotting* grafik kurva massa ganda. Untuk Gambar 4.4 menunjukkan *plotting* hasil koreksi yang dilakukan. Terdapat perubahan pada α , menjadi $\alpha = 44,712^0$, hal tersebut dianggap lebih baik karena nilai α berada pada rentang yang diizinkan. Dengan cara yang sama dilakukan metode kurva massa ganda untuk semua stasiun hujan yang digunakan dalam studi ini.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Faktor Koreksi Stasiun Hujan

Pos Stasiun Hujan	Tahun	α Sebelum Diperbaiki	FK	α Sesudah Diperbaiki
Sta. Banyumeneng	-	47,10	-	47,10
Sta. Ngobo	2008-2018	48,14	0,89	44,71
Sta. Bd. Sigotek	2008-2019	39,51	1,21	44,96

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.9 Rekapitulasi Data Curah Hujan Tahunan Sebelum Terkoreksi

Tahun	Sta. Banyumeneng (mm)	Sta. Ngobo (mm)	Sta. Bd. Sigotek (mm)
2017	80	71	61
2016	135	141	120
2015	88	85	71
2014	108	103	85
2013	78	125	86
2012	68	63	46
2011	71	68	57
2010	93	87	80
2009	64	54	31
2008	78	87	84

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.10
Rekapitulasi Data Curah Hujan Tahunan Setelah Terkoreksi

Tahun	Sta. Banyumeneng (mm)	Sta. Ngobo (mm)	Sta. Bd. Sigotek (mm)
2017	80	63	74
2016	135	125	146
2015	88	76	86
2014	108	91	103
2013	78	111	104
2012	68	56	55
2011	71	60	69
2010	93	77	96
2009	64	48	38
2008	78	77	102

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.1.1.2. Uji Ketidakadaan *Trend*

Deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju ke satu arah, arah menaik atau menurun disebut dengan pola atau *trend*. Apabila dalam deret berkala menunjukkan adanya *trend* maka datanya tidak disarankan untuk digunakan dalam beberapa analisis hidrologi, misalnya analisis peluang dan simulasi. Data curah hujan yang tersedia akan diuji ketidakadaan *trend*, uji ini bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya *trend* dalam deret berkala.

Ketidakadaan *trend* dapat diuji dengan banyak cara. Secara visual dapat ditentukan dengan menggambarkan deret berkala dalam kertas grafik aritmatik. Dalam studi ini digunakan metode peringkat Spearman, Mann dan Whitney serta Tanda Cox dan Stuart.

4.1.1.2.1. Korelasi Peringkat Metode Spearman

Langkah-langkah dalam menentukan ada atau tidak adanya *trend* menggunakan metode Spearman pada data curah hujan Stasiun Hujan Banyumeneng periode tahunan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Peringkat (T_t) pada tahun 2008 sampai dengan 2017.
2. Menentukan peringkat data curah hujan tahunan sesuai dengan jumlah data curah hujan yang tersedia ($n = 10$). Peringkat (R_t) diurutkan sesuai dengan data curah hujan tahunan yang terjadi pada tahun tersebut, sehingga menghasilkan urutan yang acak sesuai dengan jumlah data curah hujan.
3. Menentukan nilai d_t berasal dari hasil pengurangan pada Peringkat (R_t) dengan Peringkat (T_t).
4. Selanjutnya hasil dari nilai d_t dikuadratkan, dan dijumlahkan besarnya d_t^2 .

Adapun hasil analisis uji ketidakadaan *trend* stasiun hujan Banyumeneng ditampilkan pada tabel 4.11 dan rekapitulasi perhitungan semua stasiun hujan pada tabel 4.12.

Tabel 4.11
Peringkat Data Stasiun Hujan Banyumeneng

No	Tahun	Peringkat (Tt)	Hujan	Peringkat (Rt)	dt	dt ²
1	2008	1	80	5	4	16
2	2009	2	135	1	-1	1
3	2010	3	88	4	1	1
4	2011	4	108	2	-2	4
5	2012	5	78	6	1	1
6	2013	6	68	9	3	9
7	2014	7	71	8	1	1
8	2015	8	93	3	-5	25
9	2016	9	64	10	1	1
10	2017	10	78	6	-4	16
Jumlah						75

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Contoh perhitungan bulan januari tahun 2008:

$$dt_i = \text{Peringkat } Rt - \text{Peringkat } Tt$$

$$= 5 - 1$$

$$= 4$$

$$dt^2 = 4^2$$

$$= 16$$

$$n = 10$$

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n}$$

$$KP = 1 - \frac{6x(75)^2}{(10^3) - 10}$$

$$= 0,545$$

$$t = Kp \left[\frac{n-2}{1-Kp^2} \right]^{0,5}$$

$$= 0,545 \left[\frac{10-2}{1-(0,545)^2} \right]^{0,5} = 1,841$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dengan melakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5% dan dk = 8 dan melihat tabel nilai kritis tc pada lampiran didapatkan $t_{0,975} = 2,306$, $t_{0,975} = -2,306$ dan nilai $T_{hitung} = 1,841$. Sehingga, nilai T_{hitung} terletak diantara rentang tersebut dan dapat disimpulkan bahwa seri data hujan pada Stasiun Banyumeneng adalah independen (nilai Rt dan Tt tidak saling bergantung) dan tidak menunjukkan *trend*.

Dalam uji ketiadaan trend metode spearman digunakan nilai α (derajat kebebasan) sebesar 5%, apabila dengan nilai tersebut uji ini ditolak, maka nilai derajat kebebasan dapat diturunkan menjadi 1%.

Tabel 4.12
Rekapitulasi Uji Ketidakadaan *Trend* Metode Spearman Tahunan

No	Stasiun Hujan	N	KP	α	t_{hitung}	t_{tabel}	Kesimpulan
1	Banyumeneng	10	0,545	5%	-0,959		Tidak ada trend
2	Ngobo	10	-0,321	5%	-0,959	(-2,306) - 2,306	Tidak ada trend
3	Bd. Sigotek	10	-0,321	5%	-0,959		Tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.13
Rekapitulasi Uji Ketidakadaan *Trend* Metode Spearman Bulanan

No	Stasiun Hujan	N	KP	α	t_{hitung}	t_{tabel}	Kesimpulan
1	Banyumeneng	10	-0,070	5%	-0,762		Tidak ada trend
2	Ngobo	10	-0,117	5%	-1,282	(-2,306) - 2,306	Tidak ada trend
3	Bd. Sigotek	10	-0,178	5%	-1,968		Tidak ada trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa dengan derajat kepercayaan 5% data hujan di semua stasiun tidak memiliki *trend* dan dapat digunakan untuk analisis hujan selanjutnya.

4.1.1.2.2. Uji Mann dan Whitney

Uji Mann dan Whitney untuk menguji apakah dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Dari dua kelompok sampel yang diukur dari dua kelompok populasi A dan populasi B, maka dapat dibuat hipotesis bahwa A mempunyai sebaran yang sama dengan B. Untuk menguji apakah satu set sampel data deret berkala menunjukkan adanya *trend*. Adapun langkah pengerjaannya yaitu:

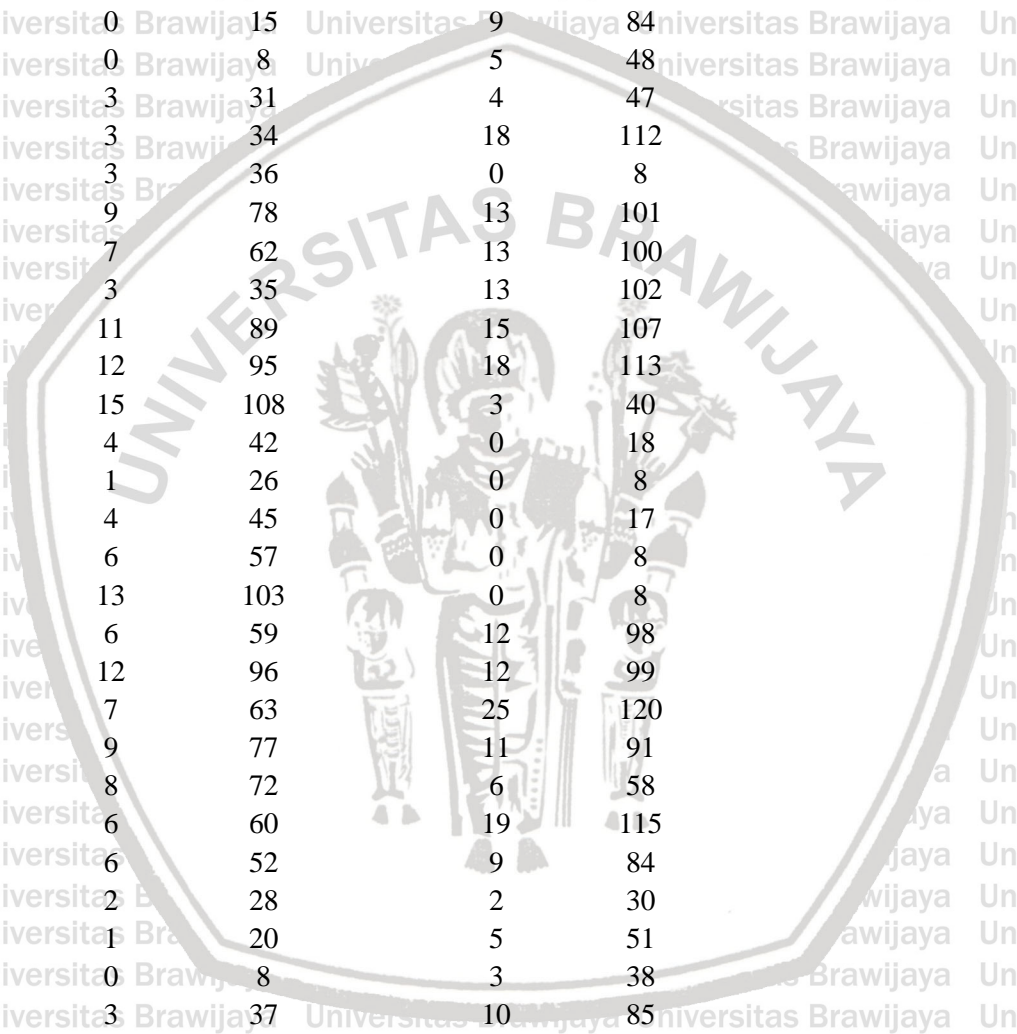
Tabel 4.14
Peringkat Data Stasiun Hujan Banyumeneng

No	Kelompok I		Kelompok II	
	Curah Hujan (mm)	Peringkat	Curah Hujan (mm)	Peringkat
1	11	93,5	11	93,5
2	20	118,5	20	118,5
3	8	71	8	71
4	9	82	9	82
5	1	22	1	22
6	0	8	0	8
7	0	8	0	8
8	1	24	1	24
9	3	33	3	33
10	6	54	6	54
11	9	80	9	80



Lanjutan Tabel 4.14 Peringkat Data Stasiun Hujan Banyumeneng

No	Kelompok I		Kelompok II	
	Curah Hujan (mm)	Peringkat	Curah Hujan (mm)	Peringkat
12	9	74	9	74
13	10	88	19	114
14	9	75	10	87
15	8	69	0	8
16	7	64	11	90
17	5	49	6	55
18	7	65	12	98
19	0	15	9	84
20	0	8	5	48
21	3	31	4	47
22	3	34	18	112
23	3	36	0	8
24	9	78	13	101
25	7	62	13	100
26	3	35	13	102
27	11	89	15	107
28	12	95	18	113
29	15	108	3	40
30	4	42	0	18
31	1	26	0	8
32	4	45	0	17
33	6	57	0	8
34	13	103	0	8
35	6	59	12	98
36	12	96	12	99
37	7	63	25	120
38	9	77	11	91
39	8	72	6	58
40	6	60	19	115
41	6	52	9	84
42	2	28	2	30
43	1	20	5	51
44	0	8	3	38
45	3	37	10	85
46	5	50	11	92
47	15	106	15	109
48	10	86	19	116
49	16	110	19	117
50	6	61	17	111
51	8	68	4	45
52	7	66	4	43
53	1	25	3	41
54	2	29	1	27
55	0	8	0	19
56	0	8	0	8



Lanjutan Tabel 4.14 Peringkat Data Stasiun Hujan Banyumeneng

No	Kelompok I		Kelompok II		
	Curah Hujan (mm)	Peringkat	Curah Hujan (mm)	Peringkat	
57	0	16	3	39	
58	4	46	8	67	
59	15	106	14	104	
60	9	76	6	56	
Jumlah	50	3367	Jumlah	50	3894
N_1	60		N_2	60	
U_1	2.063,500		U_2	1.536,500	
Z	-1,383				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Contoh Perhitungan:

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} (N_2 + 1) - R_m$$

$$= 60.60 + \frac{60}{2} (60 + 1) - 3367$$

$$= 2.063,5$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1$$

$$= 60.60 - 2.063,5$$

$$= 1.536,5$$

Karena nilai U_2 yang nilainya lebih kecil, maka dipilih sebagai nilai U. Lalu hitung besar

Z menggunakan U yang terpilih.

$$Z = \frac{U - (N_1 N_2)}{\sqrt{\frac{1}{2} \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\}}}$$

$$= \frac{1.536,5 - (60.60)}{\sqrt{\frac{1}{2} \{60.60(60+60+1)\}}}$$

$$= -1,383$$

Dari tabel didapatkan bahwa $Z_c = (-1,96)$ hingga $1,96$ Nilai Z masuk ke dalam *range* nilai Z_c , maka hipotesis nol dapat diterima dan disimpulkan bahwa deret berkala tidak memiliki *trend*.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Uji Mann dan Whitney Tahunan

No.	Pos Stasiun Hujan	Z_{hitung}	α	Z_c	Keterangan
1	Banyumeneng	- 1,880	5%	1,960	Tidak Ada Trend
2	Ngobo	- 1,776	5%	1,960	Tidak Ada Trend
3	Bd. Sigotek	- 1,358	5%	1,960	Tidak Ada Trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Tabel 4.16
Rekapitulasi Uji Mann dan Whitney Bulanan

No.	Pos Stasiun Hujan	Z _{hitung}	α	Z _c	Keterangan
1	Banyumeneng	- 1,383	5%	1,960	Tidak Ada Trend
2	Ngobo	- 2,467	5%	1,960	Ada Trend
3	Bd. Sigotek	- 2,900	5%	1,960	Ada Trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.1.1.2.3. Tanda dari Cox dan Stuart

Perubahan *trend* dapat juga ditunjukkan dengan uji tanda dari Cox dan Stuart. Nilai data urut waktu dibagi menjadi tiga bagian yang sama. Setiap bagian jumlahnya n/3. Apabila sampel acak tidak dapat dibagi menjadi tiga bagian yang sama maka bagian yang kedua jumlahnya dikurangi dua atau satu. Selanjutnya membandingkan nilai bagian ke 1 dan ke 3, dan memberi tanda (+) untuk nilai yang plus dan (-) untuk nilai yang negatif. Jumlah total nilai (+) dan (-) diberi tanda S, lalu mencari nilai Z_{cs}. Berikut perhitungan uji tanda Cox dan Stuart Stasiun Banyumeneng:

Tabel 4.17
Kelompok Data Stasiun Banyumeneng

No.	Kelompok I	Kelompok III	III - I	Tanda III - I
1	11	4	-7	-
2	20	18	-2	-
3	8	0	-8	-
4	9	13	4	+
5	1	13	12	+
6	0	13	13	+
7	0	15	15	+
8	1	18	17	+
9	3	3	1	+
10	6	0	-5	-
11	9	0	-9	-
12	9	0	-8	-
13	10	0	-10	-
14	9	0	-9	-
15	8	12	4	+
16	7	12	5	+
17	5	25	20	+
18	7	11	3	+
19	0	6	6	+
20	0	19	19	+
21	3	9	7	+
22	3	2	-1	-
23	3	5	2	+
24	9	3	-6	-
25	7	10	3	+
26	3	11	8	+
27	11	15	5	+
28	12	19	7	+



Lanjutan Tabel 4.17 Kelompok Data Stasiun Banyumeneng

Kelompok I	Kelompok II	Kelompok I	
29	15	19	4 +
30	4	17	14 +
31	1	4	2 +
32	4	4	0 -
33	6	3	-3 -
34	13	1	-12 -
35	6	0	-6 -
36	12	0	-12 -
37	7	3	-4 -
38	9	8	-1 -
39	8	14	5 +
40	6	6	0 -
Jumlah (+)			22
Z_{hitung}			0,474

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Contoh Perhitungan:

$$Z_{cs} = \frac{S - \frac{n}{6} - 0,5}{\left(\frac{n}{2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \frac{22 - \frac{120}{6} - 0,5}{\left(\frac{120}{2}\right)^{\frac{1}{2}}}$$

$$= 0,474$$

Nilai Z teoritis dari tabel untuk derajat kepercayaan 5% ditolak adalah 1,96. Oleh karena

$Z = 0.158$ lebih kecil dari $Z_c = 1,96$ maka hipotesa diterima. Dengan demikian data hasil uji

Cox dan Stuart tidak menunjukkan adanya *trend*.

Tabel 4.18 Rekapitulasi Uji Tanda dar Cox dan Stuart Bulanan

No.	Pos Stasiun Hujan	Z_{hitung}	α	Z_c	Keterangan
1	Banyumeneng	0,474	5%	1,960	Tidak Ada Trend
2	Ngobo	1,423	5%	1,960	Tidak Ada Trend
3	Bd. Sigotek	1,423	5%	1,960	Tidak Ada Trend

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.1.1.3. Uji Stasioner

Berdasarkan uji ketidakadaan *trend* yang dilakukan pada semua stasiun hujan pada studi ini tidak menunjukkan adanya *trend*. Namun, untuk deret berkala sebelum digunakan untuk analisis lanjutan perlu dilakukan uji stasioner, uji ini bertujuan untuk menguji kestabilan varian dan rerata. Hasil yang diharapkan dari uji ini adalah data yang bersifat homogen, yaitu hasil kedua uji menunjukkan data yang stabil.



Tabel 4.20
Rekapitulasi Uji F (Kestabilan Varian) Data Hujan Tahunan

No	Stasiun Hujan	Rerata (mm)	Simpangan Baku	n	F _{hitung}	F _{tabel}	Kesimpulan
1	Banyumeneng	Kel. I	75	11,5	5	0,228	Stabil
		Kel. II	98	24,0	5		
2	Ngobo	Kel. I	72	14,5	5	0,260	6,39
		Kel. II	105	28,5	5		
3	Bd. Sigotek	Kel. I	59	22,4	5	0,986	Stabil
		Kel. II	85	22,5	5		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.21
Rekapitulasi Uji F (Kestabilan Varian) Data Hujan Bulanan

No.	Pos Stasiun Hujan	F _{hitung}	α	F _c	Keterangan
1	Banyumeneng	1,028	5%	1,540	Nilai Variannya Stabil
2	Ngobo	0,508	5%	1,540	Nilai Variannya Stabil
3	Bd. Sigotek	1,551	5%	1,540	Nilai Variannya Stabil

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan tabel diatas dua kelompok data semua stasiun hujan dapat disimpulkan dengan derajat kepercayaan (95% diterima) nilai variannya stabil untuk data bulanan dan untuk data tahunan hanya data hujan di Sta. Bendung Sigotek yang diterima dengan derajat kepercayaan 1%.

4.1.1.3.2. Uji T (Uji Kestabilan Nilai Rerata)

Uji T ini digunakan untuk menguji nilai rata-rata terhadap rata-rata populasi, data curah hujan semua stasiun selama 10 tahun akan dibagi menjadi dua kelompok data. Berikut merupakan dua kelompok data curah hujan Stasiun Banyumeneng.

Tabel 4.22
Uji T untuk Data Curah Hujan Tahunan Stasiun Banyumeneng
Kelompok I

Kelompok I			Kelompok II		
No	Tahun	Curah Hujan (mm)	No	Tahun	Curah Hujan (mm)
1	2008	78	1	2013	78
2	2009	64	2	2014	108
3	2010	93	3	2015	88
4	2011	71	4	2016	135
5	2012	68	5	2017	80
Jumlah		374	Jumlah		488
Rerata		75	Rerata		97,7
Sd		11	Sd		24
N ₁		5	N ₂		5
dk		8			
σ		444			
t _{hitung}		0,081			
t _{tabel}		2,306			
Kesimpulan		Diterima			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Contoh perhitungan:

$$\sigma = \sqrt{\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$= \sqrt{\frac{5 \times 11,483^2 + 5 \times 24,039^2}{5 + 5 - 2}}$$

$$= 443,592$$

Setelah itu cari besaran dari t_{hitung} , sebagai berikut.

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

$$= \frac{|374 - 488|}{443,592 \times \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$= 0,081$$

Pada pengujian dua sisi dengan derajat kepercayaan 5%, dengan $dk = 8$, maka diperoleh

$t_{kritis} = 2,306$. dari hasil perhitungan didapatkan bahwa $t_{hitung} < t_{kritis}$ ($0,081 < 2,306$) maka hipotesa nol (H_0) diterima dengan artian bahwa dua kelompok data tersebut adalah homogen.

Untuk perhitungan pengujian stasiun hujan yang lain dapat dilihat pada tabel rekapitulasi.

Tabel 4.23

Rekapitulasi Uji T (Kestabilan Nilai Rerata) Data Hujan Tahunan

No	Stasiun Hujan	Rerata (mm)	Simpangan Baku	n	T_{hitung}	T_{tabel}	Kesimpulan	
1	Banyumeneng	Kel. I	75	11,483	5	0,081	Stabil	
		Kel. II	98	24,039	5			
2	Ngobo	Kel. I	72	14,542	5	0,082	2,306	Stabil
		Kel. II	105	28,507	5			
3	Bd. Sigotek	Kel. I	59	22,381	5	0,063	Stabil	
		Kel. II	85	22,539	5			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Tabel 4.24

Rekapitulasi Uji t (Kestabilan Nilai Rerata) Data Hujan Bulanan

No.	Pos Stasiun Hujan	t_{hitung}	α	t_c	Keterangan
1	Banyumeneng	0,003	5%	1,980	Nilai Reratanya Stabil
2	Ngobo	0,518	5%	1,980	Nilai Reratanya Stabil
3	Bd. Sigotek	0,290	5%	1,980	Nilai Reratanya Stabil

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan tabel diatas dua kelompok data semua stasiun hujan dapat disimpulkan dengan derajat kepercayaan (95% diterima) nilai reratanya stabil untuk data bulanan dan untuk data tahunan hanya data hujan di Sta. Bendung Sigotek yang diterima dengan derajat kepercayaan 1%.



4.1.2. Pengolahan Data Debit

Pengolahan data debit menggunakan uji konsistensi data debit AWLR dihitung dengan menggunakan metode RAPS. Hal ini dilakukan karena data merupakan data tunggal.

Tabel 4.25 Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR Tahun 2009-2013 dan 2015-2017

No	Tahun	Debit AWLR (m ³ /detik)	Yi - Yrerata	Sk*	Dy	Sk**	[Sk**]
1	2009	17,57	-5,16	-5,16	7,30	-0,71	0,71
2	2010	24,30	1,57	-3,59	7,30	-0,49	0,49
3	2011	40,66	17,93	14,34	7,30	1,97	1,97
4	2012	18,44	-4,29	10,05	7,30	1,38	1,38
5	2013	24,59	1,86	11,91	7,30	1,63	1,63
6	2015	19,31	-3,42	8,49	7,30	1,16	1,16
9	2016	20,22	-2,51	5,98	7,30	0,82	0,82
10	2017	16,75	-5,98	0,00	7,30	0,00	0,00
Jumlah		181,846					
Rerata		22,731					
n		8					
Sk** maks.						1,97	
Sk** min.						0,000	
Q				1,97			
R				1,97			
Q/(n ^{0,5}) hitung				0,69			
Q/(n ^{0,5}) tabel				1,14			
Kesimpulan				Diterima			
R/(n ^{0,5}) hitung				0,695			
R/(n ^{0,5}) tabel				1,28			
Kesimpulan				Diterima			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Contoh Perhitungan Uji RAPS tahun 2009:

Diketahui:

$$Q = 17,573 \text{ mm/tahun}$$

$$n = 8$$

$$\frac{Q}{\sqrt{N}} \text{ tabel} = 1,140$$

$$\frac{R}{\sqrt{N}} \text{ tabel} = 1,280$$

$$\bar{Q} = 22,731 \text{ mm/tahun}$$



$$Q - \bar{Q} = 17,573 - 22,731$$

$$= -5,158$$

$$S_k^* = Q - \bar{Q}_{2009} + Q - \bar{Q}_{2010}$$

$$= -5,158 + 1,570$$

$$= -3,587$$

$$D_y = 7,299$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_y}$$

$$= \frac{-3,587}{7,299}$$

$$= -0,707$$

$$Q = S_k^{**} \text{ maks}$$

$$R = S_k^{**} \text{ maks} - S_k^{**} \text{ min}$$

$$= 1,965 - (0)$$

$$= 1,965$$

$$\frac{Q}{\sqrt{N}} = \frac{1,965}{\sqrt{10}}$$

$$= 0,695$$

$$\frac{R}{\sqrt{N}} = \frac{1,965}{\sqrt{10}}$$

$$= 0,695$$

Pada derajat kepercayaan α 5% dan 1%, $n = 10$, maka dengan tabel Q_{kritis} (Sri Harto, 1993) diperoleh nilai $Q_{\text{kritis}} = 1,14$ untuk 5% dan $Q_{\text{kritis}} = 1,290$ untuk 1%, dengan $Q_{\text{hitung}} = 0,695$, maka $Q_{\text{hitung}} < Q_{\text{kritis}}$ ($0,497 < 0,695 < 1,290$) maka Q diterima.

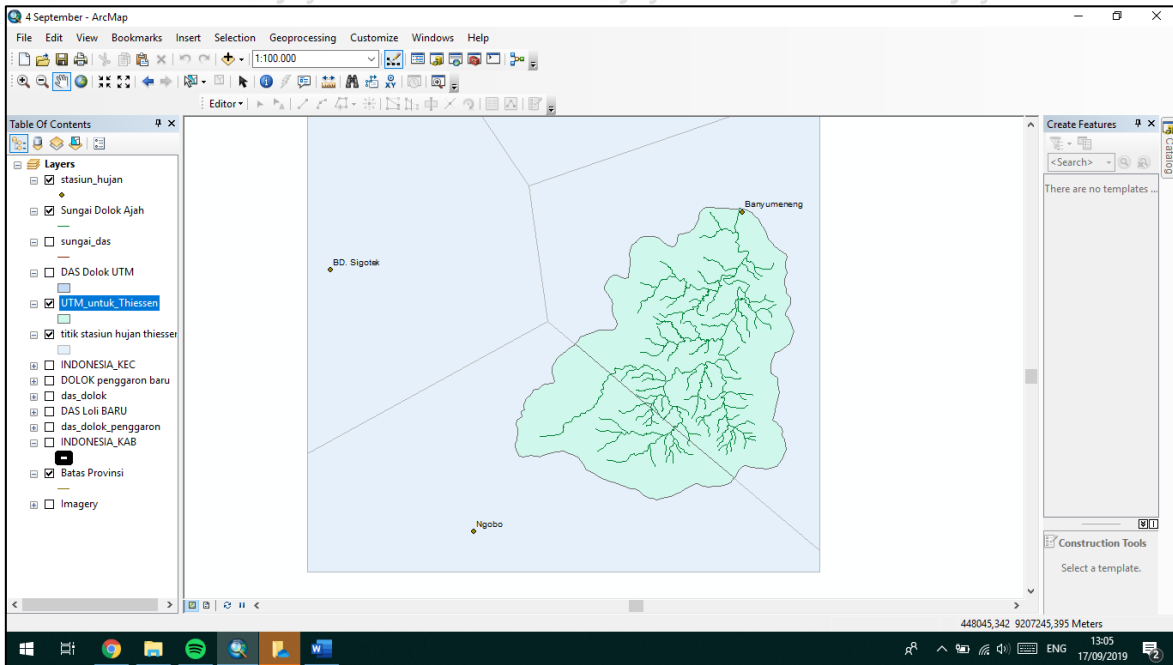
4.2. Analisis Curah Hujan Rerata Daerah

Analisis curah hujan rerata wilayah digunakan untuk memperoleh satu nilai besaran hujan yang dapat mewakili keseluruhan nilai dalam DAS Bendung Barang. Nilai ini pula yang akan digunakan untuk analisis validasi. Adapun metode yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Poligon Thiessen dengan menggunakan bantuan *software* ArcGIS 10.4.

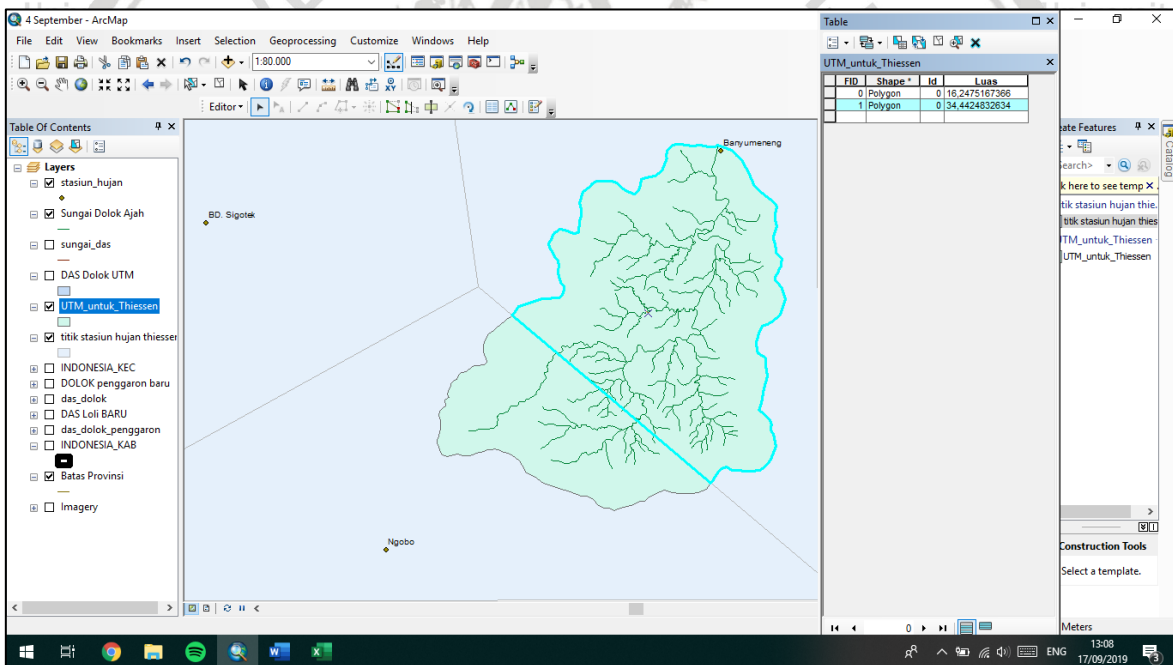
Pada studi ini terdapat 3 pos stasiun hujan yang berada disekitar Sub DAS Bendung Barang, sehingga diperlukannya nilai curah hujan rerata daerah.

4.2.1. Perhitungan Nilai Faktor Luas Pengaruh Stasiun Hujan (Kr)

Dari analisis menggunakan ArcGIS 10.4, didapatkan luasan tiap-tiap stasiun hujan.



Gambar 4.5 Poligon Thiessen
 Sumber: Hasil Analisis Menggunakan ArcGIS 10.4, 2019



Gambar 4.6 Luasan pengaruh stasiun hujan pada DAS Studi
 Sumber: Hasil Analisis Menggunakan ArcGIS 10.4, 2019

Berikut adalah contoh perhitungan nilai luas pengaruh (K_r) pada stasiun hujan Ngobo.

$$K_r = \frac{\text{Luas pengaruh pos stasiun}}{\text{Total Luas DAS}}$$

$$= \frac{16,248}{50,690}$$

$$= 0,321$$



Tabel 4.26
Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai Kr

No.	Stasiun Hujan	Lokasi		Luas (km ²)	Kr
		Kecamatan	Kabupaten/Kota		
1	Ngobo	Klepu	Semarang	16,248	0,321
2	Banyumeneng	Mranggen	Demak	34,442	0,679
3	Bendung Sigotek	Gunung Pati	Kota Semarang	0	0
Jumlah				50,690	1

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Berdasarkan Tabel 4.17, diperoleh nilai Kr pada tiap-tiap pos stasiun hujan. Nilai Kr ini dipengaruhi oleh luas pengaruh tiap pos stasiun hujan pada luasan Sub DAS Bendung Barang serta luas keseluruhan Sub DAS Bendung Barang. Hasil perhitungan nilai Kr ini kemudian digunakan untuk menghitung curah hujan rerata wilayah dengan Metode Poligon Thiessen.

4.2.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

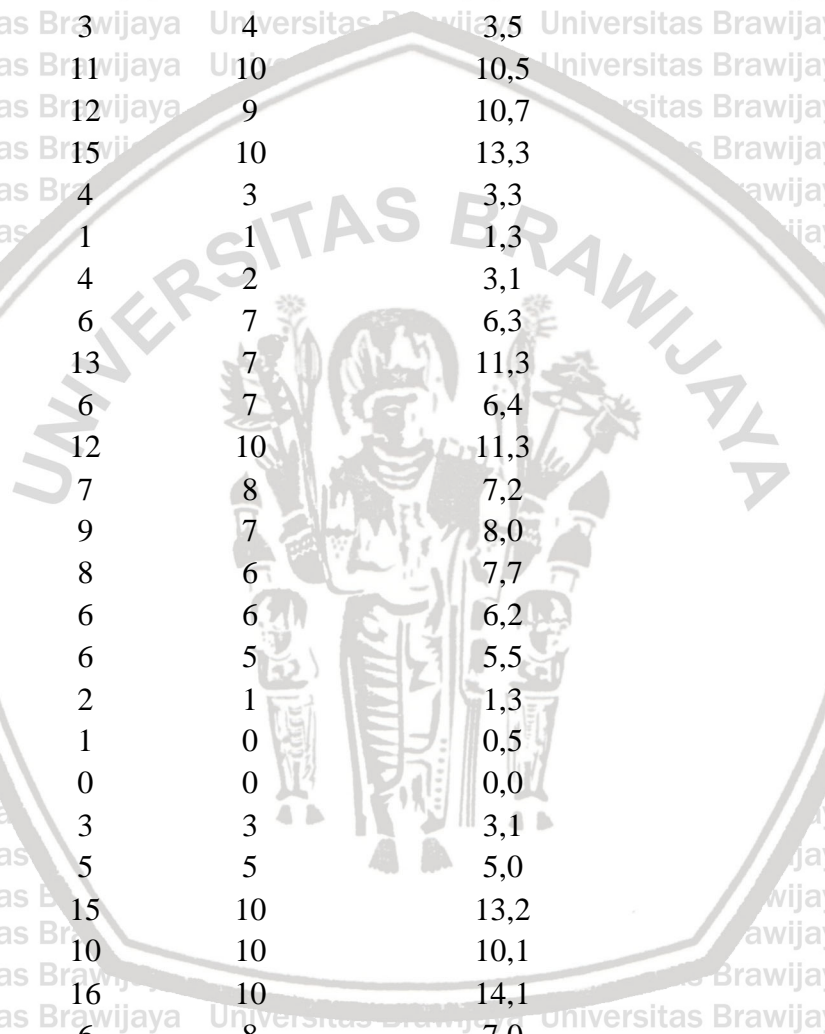
Berdasarkan nilai Kr yang telah dihitung sebelumnya, kemudian dapat dihitung curah hujan rerata wilayah berdasarkan periode bulanan dengan Metode Poligon Thiessen. Adapun contoh perhitungan menggunakan data curah hujan pos stasiun periode bulanan, dengan data kumulatif bulanan pada Bulan Januari 2008 sebagai berikut:

Tabel 4.27
Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Stasiun Hujan		Curah Hujan Rerata Daerah (mm)
	Banyumeneng	Ngobo	
Jan-08	11	9	10,8
Feb-08	20	16	18,6
Mar-08	8	9	8,5
Apr-08	9	6	8,2
May-08	1	1	0,9
Jun-08	0	1	0,2
Jul-08	0	0	0,0
Aug-08	1	1	1,2
Sep-08	3	2	2,5
Oct-08	6	4	5,3
Nov-08	9	18	11,9
Dec-08	9	11	9,4
Jan-09	10	6	9,1
Feb-09	9	8	8,5
Mar-09	8	5	7,0
Apr-09	7	4	6,1
May-09	5	5	4,7
Jun-09	7	4	6,4

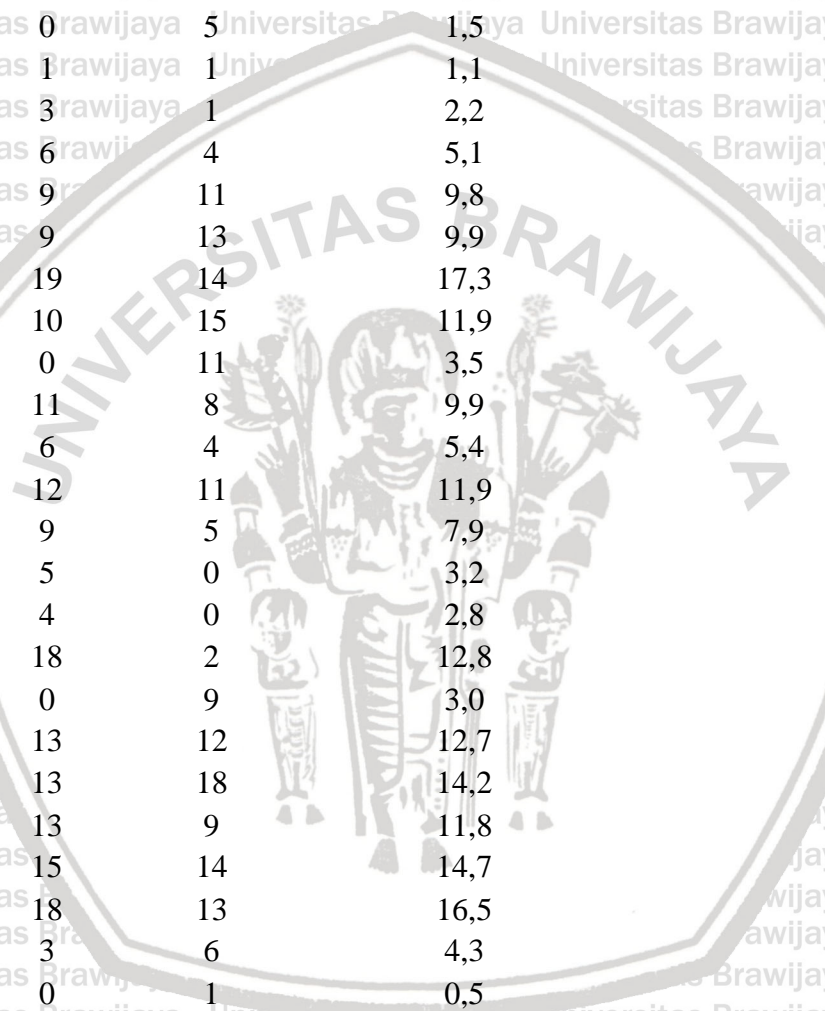
Lanjutan Tabel 4.27 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Stasiun Hujan		Curah Hujan Rerata Daerah (mm)
	Banyumeneng	Ngobo	
Jul-09	0	0	0,2
Aug-09	0	0	0,0
Sep-09	3	3	2,6
Oct-09	3	2	2,8
Nov-09	3	4	3,4
Dec-09	9	6	8,1
Jan-10	7	8	7,1
Feb-10	3	4	3,5
Mar-10	11	10	10,5
Apr-10	12	9	10,7
May-10	15	10	13,3
Jun-10	4	3	3,3
Jul-10	1	1	1,3
Aug-10	4	2	3,1
Sep-10	6	7	6,3
Oct-10	13	7	11,3
Nov-10	6	7	6,4
Dec-10	12	10	11,3
Jan-11	7	8	7,2
Feb-11	9	7	8,0
Mar-11	8	6	7,7
Apr-11	6	6	6,2
May-11	6	5	5,5
Jun-11	2	1	1,3
Jul-11	1	0	0,5
Aug-11	0	0	0,0
Sep-11	3	3	3,1
Oct-11	5	5	5,0
Nov-11	15	10	13,2
Dec-11	10	10	10,1
Jan-12	16	10	14,1
Feb-12	6	8	7,0
Mar-12	8	6	7,2
Apr-12	7	5	6,6
May-12	1	4	2,1
Jun-12	2	1	1,8
Jul-12	0	0	0,0
Aug-12	0	0	0,0
Sep-12	0	0	0,2
Oct-12	4	3	3,6
Nov-12	15	8	12,6



Lanjutan Tabel 4.27 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Stasiun Hujan		Curah Hujan Rerata Daerah (mm)
	Banyumeneng	Ngobo	
Dec-12	9	10	9,2
Jan-13	11	23	15,2
Feb-13	20	14	18,1
Mar-13	8	14	10,1
Apr-13	9	8	9,0
May-13	1	11	4,3
Jun-13	0	7	2,1
Jul-13	0	5	1,5
Aug-13	1	1	1,1
Sep-13	3	1	2,2
Oct-13	6	4	5,1
Nov-13	9	11	9,8
Dec-13	9	13	9,9
Jan-14	19	14	17,3
Feb-14	10	15	11,9
Mar-14	0	11	3,5
Apr-14	11	8	9,9
May-14	6	4	5,4
Jun-14	12	11	11,9
Jul-14	9	5	7,9
Aug-14	5	0	3,2
Sep-14	4	0	2,8
Oct-14	18	2	12,8
Nov-14	0	9	3,0
Dec-14	13	12	12,7
Jan-15	13	18	14,2
Feb-15	13	9	11,8
Mar-15	15	14	14,7
Apr-15	18	13	16,5
May-15	3	6	4,3
Jun-15	0	1	0,5
Jul-15	0	1	0,2
Aug-15	0	0	0,2
Sep-15	0	0	0,0
Oct-15	0	0	0,0
Nov-15	12	3	9,5
Dec-15	12	11	11,9
Jan-16	25	9	19,6
Feb-16	11	17	12,7
Mar-16	6	13	8,5
Apr-16	19	12	16,4



Lanjutan Tabel 4.27 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Stasiun Hujan		Curah Hujan Rerata Daerah (mm)
	Banyumeneng	Ngobo	
May-16	9	6	8,4
Jun-16	2	6	3,3
Jul-16	5	11	7,0
Aug-16	3	5	4,0
Sep-16	10	10	9,6
Oct-16	11	12	11,3
Nov-16	15	15	15,3
Dec-16	19	9	15,6
Jan-17	19	14	17,3
Feb-17	17	15	16,5
Mar-17	4	4	3,9
Apr-17	4	4	3,6
May-17	3	3	3,4
Jun-17	1	1	1,4
Jul-17	0	0	0,5
Aug-17	0	0	0,0
Sep-17	3	3	3,3
Oct-17	8	5	6,8
Nov-17	14	9	12,1
Dec-17	6	4	5,5

Sumber: Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

$$R = (X_1 Kr_1) + (X_2 Kr_2) + (X_3 Kr_3)$$

$$= (11 \times 0,321) + (9 \times 0,679) + (5 \times 0)$$

$$= 10,8 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan curah hujan kumulatif bulanan rerata daerah untuk periode bulanan dapat dilihat pada Tabel 4.27. Perhitungan ini juga dilakukan dengan rerata bulanan yang dapat dilihat pada Lampiran 6. Data curah hujan rerata daerah ini kemudian dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya

Tabel 4.28 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Periode Bulanan

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jun	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2008	11	19	9	8	1	0	0	1	3	5	12	9
2009	9	8	7	6	5	6	0	0	3	3	3	8
2010	7	4	11	11	13	3	1	3	6	11	6	11
2011	7	8	8	6	6	1	0	0	3	5	13	10
2012	14	7	7	7	2	2	0	0	0	4	13	9



Lanjutan Tabel 4.28 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah Periode Bulanan

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jun	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
2013	15	18	10	9	4	2	1	1	2	5	10	10
2014	17	12	4	10	5	12	8	3	3	13	3	13
2015	14	12	15	17	4	0	0	0	0	0	9	12
2016	20	13	8	16	8	3	7	4	10	11	15	16
2017	17	17	4	4	3	1	0	0	3	7	12	5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.3. Pengolahan Data Koefisien Aliran

Koefisien aliran dapat diperoleh dari perhitungan debit tahunan, curah hujan tahunan, dan luas DAS. Cara perhitungan sederhana untuk menentukan besarnya koefisien air larian

(Asdak, 2007, p. 158):

Tabel 4.29
Nilai Volume Air Larian Tahun 2009

Bulan	Debit rata-rata Q (m ³ /dt)	Jumlah hari (d)	Volume Air Larian
Januari	2,370	31	6.348.890
Februari	2,463	28	5.959.679
Maret	1,897	31	5.080.873
April	1,661	30	4.304.213
Mei	1,630	31	4.365.852
Juni	1,846	30	4.785.002
Juli	1,841	31	4.931.176
Agustus	0,725	31	1.942.531
September	0,238	30	618.158
Oktober	0,578	31	1.548.037
November	1,110	30	2.877.694
Desember	1,212	31	3.247.532
Jumlah			46.009.637

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Tabel 4.30
Nilai Volume Curah Hujan 2009

Tahun	Curah hujan rata-rata (mm)	Volum curah hujan (10 ⁶ m ³)
Januari	289	14,637
Februari	250	12,662
Maret	224	11,355
April	188	9,549
Mei	151	7,643
Juni	197	9,967

Lanjutan Tabel 4.30 Nilai Volume Curah Hujan 2009

Tahun	Curah hujan rata-rata (mm)	Volum curah hujan (106 m3)
Agustus	2	0,286
September	81	0,081
Oktober	88	4,082
November	108	4,472
Desember	257	5,469
Jumlah	1839	13,014

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Tabel 4.31
Nilai Koefisien Aliran

Tahun	Curah hujan (mm/tahun)	Volume curah hujan (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Volume ET - L (10 ⁶ m ³)	Koefisien air larian C	Aliran mantap (10 ⁶ m ³)
2009	1.839	93,218	46,010	47,208	0,494	11,502
2010	2.785	141,181	63,863	77,318	0,452	15,966
2011	2.128	107,878	106,759	1,119	0,990	26,690
2012	2.018	102,306	48,562	53,744	0,475	12,140
2013	3.285	166,539	64,621	101,917	0,388	16,155
2015	2.633	133,451	50,766	82,685	0,380	12,692
2016	4.173	211,550	53,352	158,198	0,252	13,338
2017	2.308	117,001	43,944	73,057	0,376	10,986

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

Contoh perhitungan untuk tahun 2009:

Diketahui:

Volume curah hujan = 93,218 x 10⁶ mm

Volume air larian = 46,010 x 10⁶ mm

$$C = \frac{\text{Volume Hujan Larian}}{\text{Volume Curah Hujan}}$$

$$= \frac{46,010 \times 10^6}{93,218 \times 10^6}$$

$$= 0,494$$

Untuk tahun dengan data yang hilang yaitu 2008 dan 2014 digunakan rerata tahun yang dibagi seperti berikut.

Tabel 4.32
Perhitungan Koefisien Aliran untuk Pendugaan

Tahun	Koefisien air larian C	Keterangan
2008	0,560	Rerata 2009-2013
2014	0,336	Rerata 2015-2017

Sumber: Hasil perhitungan, 2019



Tabel 4.33
Rekapitulasi Nilai Koefisien Aliran

Tahun	Koefisien air larian C
2008	0,560
2009	0,494
2010	0,452
2011	0,990
2012	0,475
2013	0,388
2014	0,336
2015	0,380
2016	0,252
2017	0,376

Sumber: Hasil perhitungan, 2019

4.4. Analisis Curah Hujan dan Debit dengan Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Perangkat Lunak Matlab

Dari hasil pengolahan data hujan dan data debit akan dijadikan data *input* yang akan ditambahkan dengan data jumlah hari hujan. *Software* Matlab R2014b merupakan program berbasis matriks. Dalam studi ini berfungsi untuk memodelkan data tersebut sehingga dapat diperoleh debit model.

Data *input*: $X_1 = CHW$ (Curah Hujan Rerata Wilayah)

$X_2 = CHJ$ (Jumlah Hari Hujan)

Data target: $Y_1 = DBB$ (Debit Bendung Barang)

Pada tahap pelatihan model, data *Input* dan data target yang digunakan berisi data bulanan pada Januari 2009-Desember 2017. Pada tahap pengujian digunakan data yang tidak digunakan dalam pelatihan. Variasi arsitektur jaringan yang digunakan yaitu dengan menggunakan *multilayer network backpropagation*. Masing-masing dari arsitektur jaringan tersebut menggunakan iterasi sebanyak 1000 *epoch*.

4.4.1. Langkah-langkah Analisis Pemodelan Curah Hujan dan Debit dengan Matlab R2014b

Tahapan analisis debit dengan Matlab R2014b menggunakan bantuan *toolbar nntool*.

Analisis ini terbagi atas tiga tahapan yaitu:

1. Pembagian data (*load data*).

Pada tahapan ini, data-data yang tersedia akan dibagi dan ditentukan data-data yang akan digunakan sebagai data *input* dan target serta data yang akan digunakan sebagai data *training*, dan *simulate*.

2. Normalisasi

Pada tahapan ini, akan dibuat suatu arsitektur jaringan dengan data *input* dan data target yang telah ditentukan untuk dilakukan normalisasi data atau pelatihan awal sebelum data diuji. Pada *toolbox nntool*, tahapan ini disebut dengan *train network*. Hasil dari *train network* berupa nilai output jaringan yang digunakan sebagai data *input*. Pada tahapan ini juga akan diketahui epochs optimal untuk penyimpangan garis regresinya.

3. Denormalisasi

Sebelum dilakukan denormalisasi data, maka dilakukan tahapan pengujian data terhadap hasil *train network* dengan menggunakan data-data yang telah ditetapkan sebagai data uji. Tahapan denormalisasi merupakan tahapan terakhir dari analisis ini. Pada tahapan ini nilai *output* jaringan yang telah mengalami normalisasi akan diadaptasi ke nilai aslinya dengan *range* dari nilai yang ditargetkan.

Langkah-langkah analisis pemodelan curah hujan dan debit dengan Matlab R2014b adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan baik sebagai *input* dan *output* harus ditransformasi terlebih dahulu.

Tabel 4.34 Rekapitulasi Data *Input* dan *Target* untuk Analisis Menggunakan Matlab

Tahun	Bulan	Sebelum Transformasi				Setelah Transformasi			
		CH Rerata Wilayah (mm)	Rerata Hari Hujan	Koefisien aliran	Debit (m ³ /dtk)	CH Rerata Wilayah (mm)	Jumlah Hari Hujan	Koefisien aliran	Debit (m ³ /dtk)
2009	Jan	9,05	13	0,494	2,37	0,469	0,529	0,362	0,556
	Feb	8,48	13	0,494	2,46	0,445	0,529	0,362	0,576
	Mar	7,02	7	0,494	1,90	0,386	0,311	0,362	0,454
	Apr	6,10	7	0,494	1,66	0,348	0,328	0,362	0,404
	Mei	4,68	10	0,494	1,63	0,290	0,409	0,362	0,397
	Jun	6,38	5	0,494	1,85	0,360	0,269	0,362	0,444
	Jul	0,17	2	0,494	1,84	0,107	0,136	0,362	0,443
	Agu	0,05	1	0,494	0,73	0,102	0,114	0,362	0,204
	Sep	2,58	4	0,494	0,24	0,205	0,214	0,362	0,100
	Okt	2,75	5	0,494	0,58	0,212	0,256	0,362	0,173
	Nov	3,43	6	0,494	1,11	0,240	0,277	0,362	0,286
	Des	8,06	10	0,494	1,21	0,428	0,417	0,362	0,308
2010	Jan	7,05	13	0,452	2,11	0,387	0,509	0,317	0,501
	Feb	3,51	5	0,452	1,89	0,243	0,251	0,317	0,453
	Mar	10,51	14	0,452	2,33	0,528	0,554	0,317	0,548
	Apr	10,68	13	0,452	2,04	0,535	0,538	0,317	0,484
	Mei	13,29	13	0,452	1,68	0,641	0,540	0,317	0,409
	Jun	3,25	5	0,452	2,22	0,233	0,268	0,317	0,524
	Jul	1,27	4	0,452	1,49	0,152	0,214	0,317	0,367
	Agu	3,08	5	0,452	1,71	0,226	0,248	0,317	0,414
	Sep	6,32	11	0,452	2,46	0,358	0,450	0,317	0,575
	Okt	11,33	9	0,452	2,66	0,561	0,389	0,317	0,618
	Nov	6,35	9	0,452	1,79	0,359	0,379	0,317	0,432
	Des	11,29	15	0,452	1,91	0,560	0,603	0,317	0,457



Lanjutan Tabel 4.34 Rekapitulasi Data *Input* dan *Target* untuk Analisis Menggunakan Matlab

Tahun	Bulan	CH Rerata Wilayah (mm)	Rerata Hari Hujan	Koefisien aliran	Debit (m ³ /dtk)	CH Rerata Wilayah (mm)	Jumlah Hari Hujan	Koefisien aliran	Debit (m ³ /dtk)
2011	Jan	7,17	12	0,990	3,70	0,392	0,504	0,900	0,839
	Feb	8,04	9	0,990	3,85	0,427	0,395	0,900	0,871
	Mar	7,74	11	0,990	3,96	0,415	0,472	0,900	0,896
	Apr	6,24	9	0,990	3,98	0,354	0,404	0,900	0,900
	Mei	5,51	9	0,990	3,88	0,324	0,404	0,900	0,878
	Jun	1,32	3	0,990	3,91	0,154	0,181	0,900	0,884
	Jul	0,48	3	0,990	3,77	0,120	0,169	0,900	0,854
	Agu	0,00	1	0,990	3,14	0,100	0,111	0,900	0,721
	Sep	3,09	3	0,990	3,02	0,226	0,201	0,900	0,695
	Okt	4,98	8	0,990	3,12	0,303	0,358	0,900	0,717
	Nov	13,16	13	0,990	2,40	0,636	0,531	0,900	0,561
	Des	10,05	15	0,990	1,93	0,509	0,596	0,900	0,462
2012	Jan	14,12	18	0,475	2,37	0,675	0,702	0,341	0,556
	Feb	7,01	13	0,475	1,94	0,386	0,518	0,341	0,464
	Mar	7,19	10	0,475	1,67	0,393	0,436	0,341	0,405
	Apr	6,60	7	0,475	1,70	0,369	0,333	0,341	0,413
	Mei	2,10	4	0,475	1,65	0,186	0,216	0,341	0,401
	Jun	1,81	4	0,475	1,89	0,174	0,226	0,341	0,452
	Jul	0,00	1	0,475	1,21	0,100	0,111	0,341	0,307
	Agu	0,00	1	0,475	0,84	0,100	0,111	0,341	0,229
	Sep	0,15	1	0,475	0,44	0,106	0,129	0,341	0,143
	Okt	3,59	6	0,475	0,88	0,246	0,279	0,341	0,236
	Nov	12,58	12	0,475	1,76	0,612	0,495	0,341	0,424
	Des	9,16	15	0,475	2,10	0,473	0,586	0,341	0,498
2013	Jan	15,16	24	0,388	2,34	0,717	0,900	0,247	0,550
	Feb	18,13	12	0,388	2,03	0,838	0,474	0,247	0,483
	Mar	10,07	16	0,388	2,21	0,510	0,611	0,247	0,521
	Apr	9,02	11	0,388	2,24	0,467	0,457	0,247	0,529
	Mei	4,31	10	0,388	2,13	0,275	0,406	0,247	0,505
	Jun	2,13	12	0,388	2,22	0,187	0,491	0,247	0,523
	Jul	1,49	7	0,388	1,98	0,161	0,304	0,247	0,473
	Agu	1,08	2	0,388	1,72	0,144	0,151	0,247	0,417
	Sep	2,25	2	0,388	1,64	0,191	0,151	0,247	0,399
	Okt	5,14	8	0,388	1,71	0,309	0,338	0,247	0,415
	Nov	9,83	18	0,388	2,06	0,500	0,696	0,247	0,490
	Des	9,87	19	0,388	2,30	0,502	0,730	0,247	0,540
2015	Jan	14,23	19	0,380	1,71	0,679	0,713	0,239	0,414
	Feb	11,80	13	0,380	1,60	0,580	0,509	0,239	0,391
	Mar	14,74	17	0,380	1,78	0,700	0,645	0,239	0,429
	Apr	16,50	18	0,380	1,54	0,772	0,696	0,239	0,377
	Mei	4,31	7	0,380	1,47	0,276	0,321	0,239	0,363
	Jun	0,49	2	0,380	1,73	0,120	0,151	0,239	0,418
	Jul	0,18	1	0,380	2,13	0,107	0,100	0,239	0,504
	Agu	0,18	1	0,380	1,52	0,107	0,117	0,239	0,374
	Sep	0,01	1	0,380	1,37	0,100	0,100	0,239	0,342
	Okt	0,05	1	0,380	1,20	0,102	0,100	0,239	0,306
	Nov	9,48	11	0,380	1,63	0,486	0,440	0,239	0,397
	Des	11,93	16	0,380	1,64	0,586	0,611	0,239	0,400

Lanjutan Tabel 4.34 Rekapitulasi Data *Input* dan *Target* untuk Analisis Menggunakan Matlab

Tahun	Bulan	CH	Rerata	Koefisien	Debit	CH	Jumlah	Koefisien	Debit
		Rerata Wilayah (mm)	Hari Hujan			Rerata Wilayah (mm)			
2016	Jan	19,65	15	0,252	1,52	0,900	0,577	0,100	0,375
	Feb	12,71	18	0,252	1,39	0,618	0,696	0,100	0,346
	Mar	8,48	12	0,252	1,54	0,445	0,491	0,100	0,378
	Apr	16,44	16	0,252	1,75	0,770	0,611	0,100	0,423
	Mei	8,42	11	0,252	1,76	0,443	0,457	0,100	0,425
	Jun	3,34	10	0,252	1,62	0,236	0,423	0,100	0,396
	Jul	7,03	12	0,252	2,39	0,386	0,474	0,100	0,560
	Agu	4,01	8	0,252	1,53	0,263	0,355	0,100	0,375
	Sep	9,60	15	0,252	1,52	0,491	0,594	0,100	0,374
	Okt	11,28	17	0,252	1,61	0,559	0,662	0,100	0,393
	Nov	15,30	21	0,252	1,72	0,723	0,781	0,100	0,416
	Des	15,63	19	0,252	1,87	0,737	0,713	0,100	0,449
2017	Jan	17,34	17	0,376	1,74	0,806	0,658	0,234	0,421
	Feb	16,52	16	0,376	1,74	0,773	0,639	0,234	0,420
	Mar	3,88	6	0,376	1,47	0,258	0,281	0,234	0,363
	Apr	3,59	6	0,376	1,40	0,246	0,304	0,234	0,348
	Mei	3,37	6	0,376	1,35	0,237	0,293	0,234	0,337
	Jun	1,43	4	0,376	1,33	0,158	0,206	0,234	0,334
	Jul	0,46	2	0,376	1,20	0,119	0,138	0,234	0,306
	Agu	0,00	1	0,376	1,20	0,100	0,111	0,234	0,306
	Sep	3,31	5	0,376	1,20	0,235	0,241	0,234	0,306
	Okt	6,83	8	0,376	1,30	0,378	0,366	0,234	0,326
	Nov	12,14	16	0,376	1,47	0,595	0,615	0,234	0,363
	Des	5,47	9	0,376	1,35	0,323	0,398	0,234	0,338

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Contoh perhitungan:

Curah hujan rerata wilayah pada bulan Januari 2009

$$R' = \frac{R - R_{min}}{R_{max} - R_{min}}(BA - BB) + BB$$

$$R' = \frac{11 - 0}{20 - 0(0,9 - 0,1)} + 0,1$$

$$= 0,469$$

Rmax = Hujan Maksimal = 20 mm

Rmin = Hujan Minimal = 0 mm

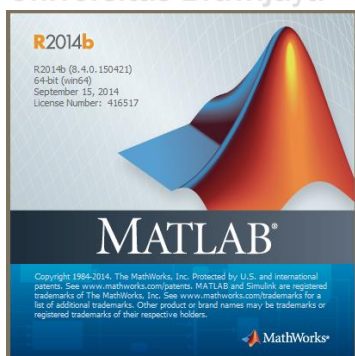
BA (Batas Atas) = 0,9

BB (Batas Bawah) = 0,1



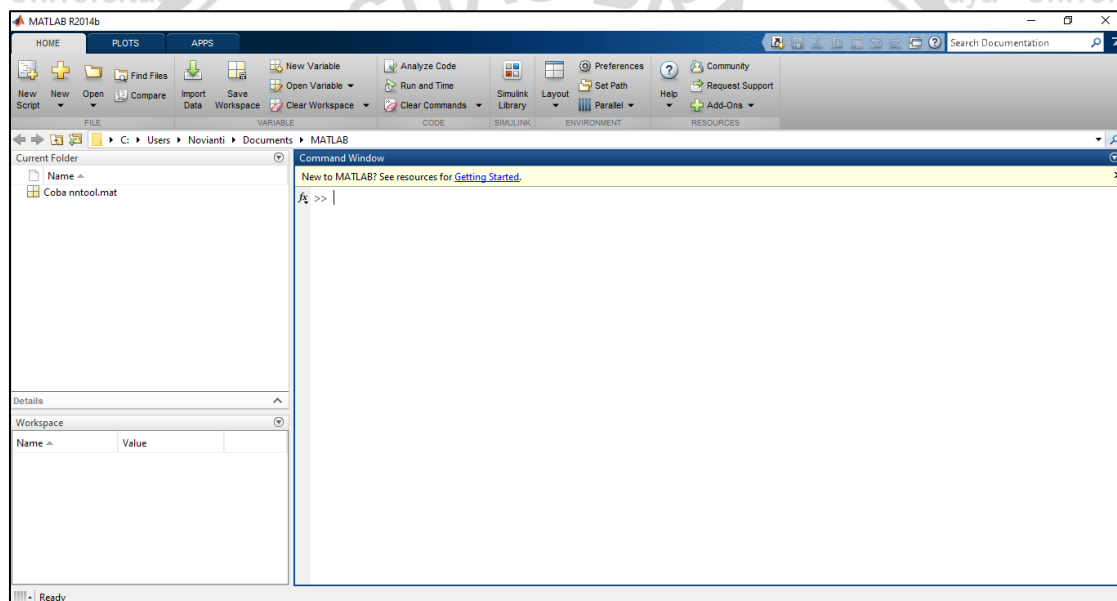
2. Setelah data telah ditransformasi, data tersebut di-*transpose* agar siap dimasukkan dan diolah menggunakan Matlab R2014b.

3. Buka aplikasi Matlab R2014b



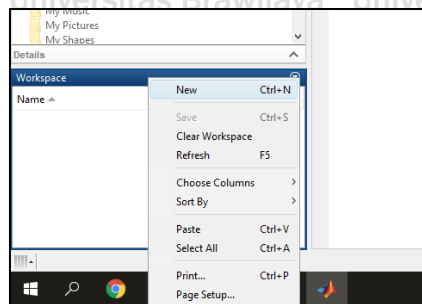
Gambar 4.7 Tampilan awal Matlab R2014b
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

4. Tampilan *command window* Matlab R2014b

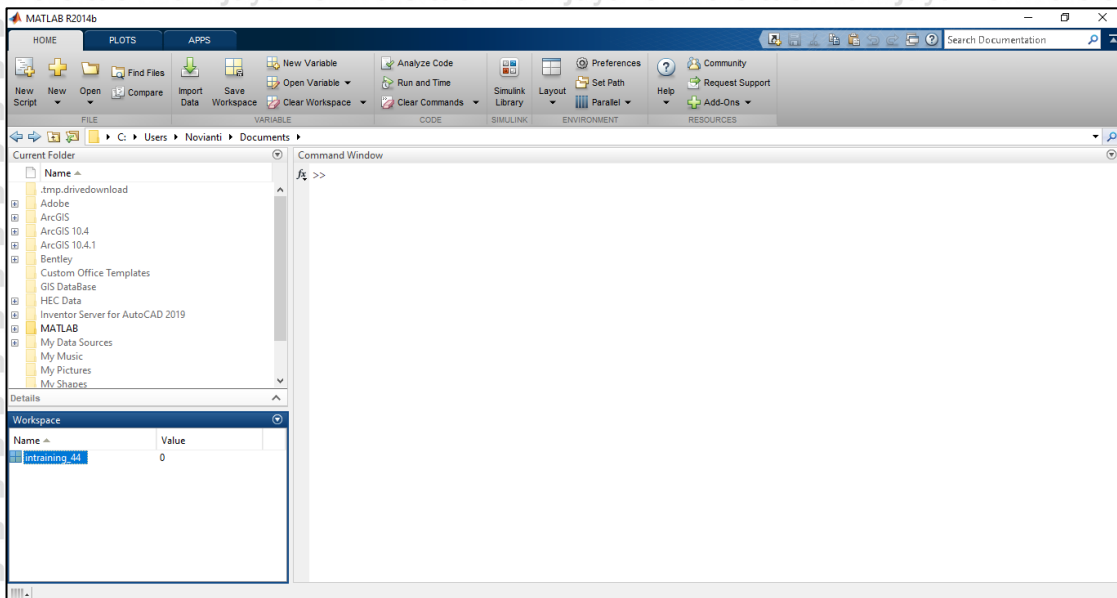


Gambar 4.8 Command window pada Matlab R2014b
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

5. Memasukan data input, target dan data uji dengan cara klik kanan pada area workspace lalu klik new. Kemudian beri nama “intraining_44” untuk data input berupa data curah hujan, dan jumlah hari hujan tahun 2009-2012 yang sudah di transformasi.



(a)

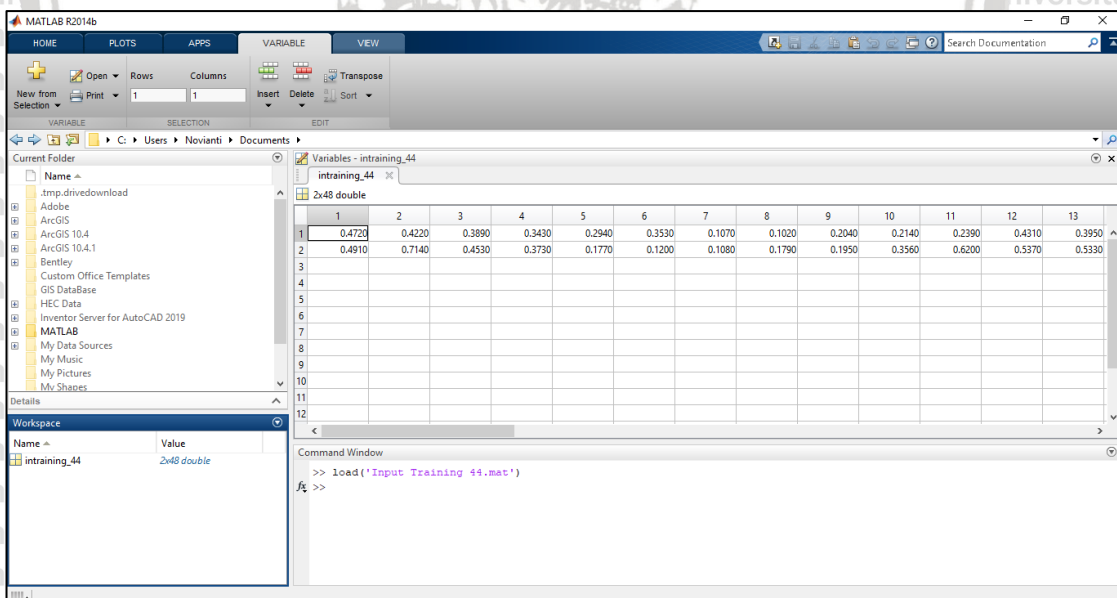


(b)

Gambar 4.9 Tampilan workspace pada Matlab R2014b

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

6. Klik dua kali variabel “intraining_44” pada workspace, untuk mengisi data input yang akan diolah dalam software matlab R2014b. Maka akan muncul tampilan variabel editor seperti pada gambar berikut. Copy dan paste data yang telah disiapkan pada Microsoft Excel.

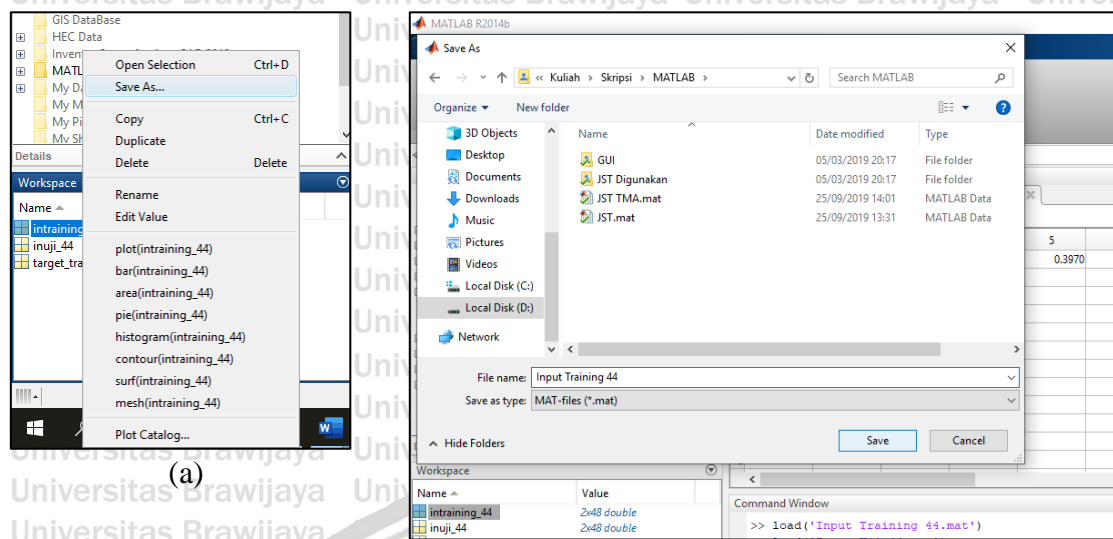


Gambar 4.10 Tampilan variables window

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

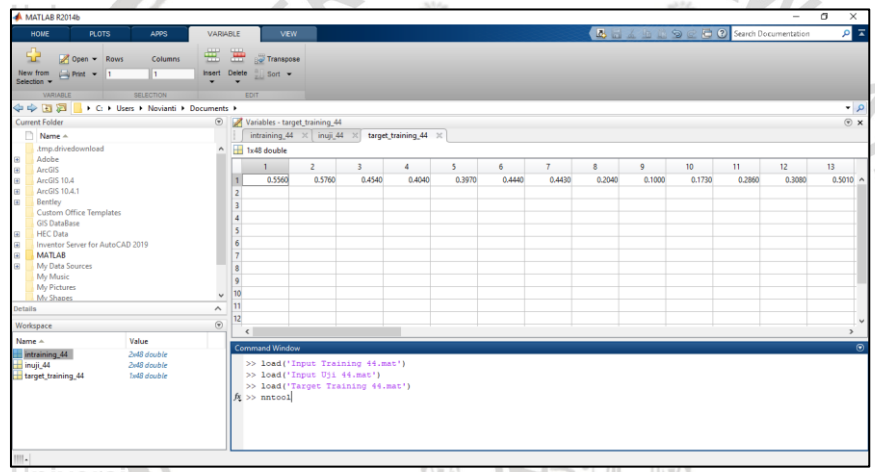
Lakukan hal yang sama untuk data target training dan data input uji serta data input pendugaan.

7. Klik kanan untuk menyimpan data-data tersebut dengan cara klik kanan Save As, dan ditempatkan di folder yang diinginkan.

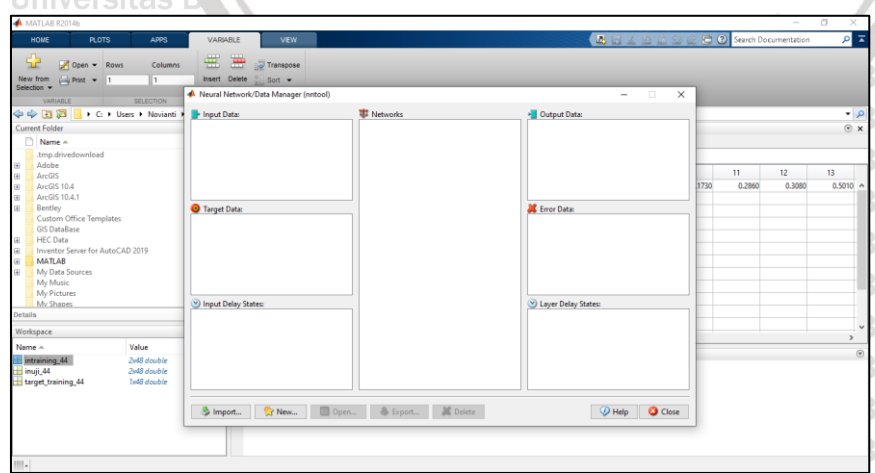


Gambar 4.11 Tampilan pilihan *save* pada Matlab R2014b
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

8. Membuka *nntool* Matlab R2014b

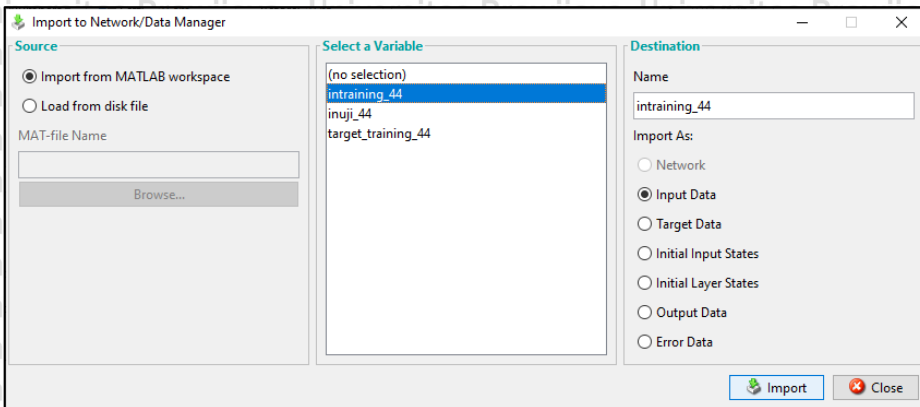


Gambar 4.12 Tampilan *command window*
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019
 Akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini.

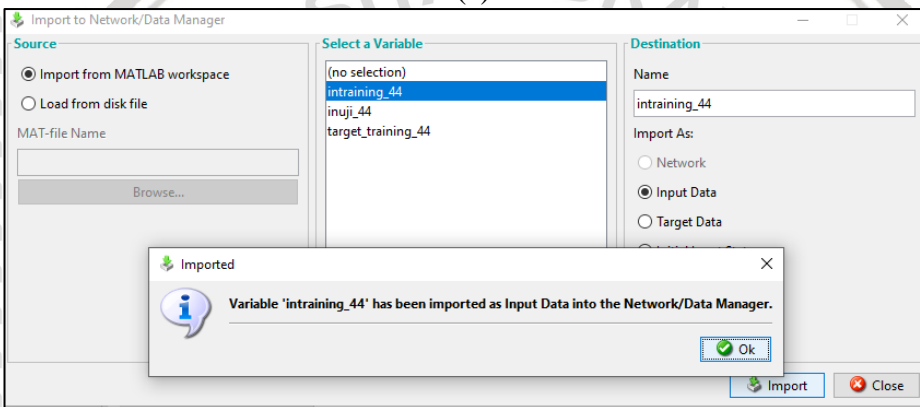


Gambar 4.13 Tampilan *window nntool* Matlab R2014b
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

9. Kemudian klik *import*, maka akan muncul lembar kerja *import to network/ data manager*, pilih input dengan *import as input data* > klik *import* > *ok*. Lakukan langkah yang sama untuk variabel yang ada, tandai data *input* sebagai *input data*, target sebagai target data dan *simulate* data sebagai *input* kemudian klik Ok



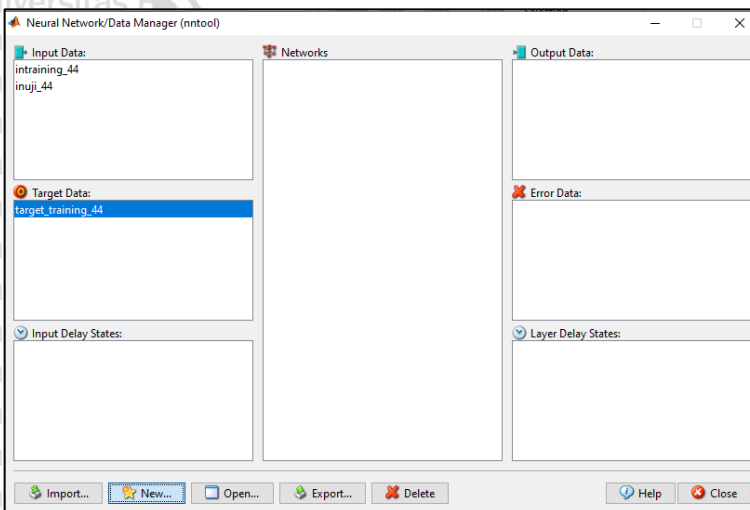
(a)



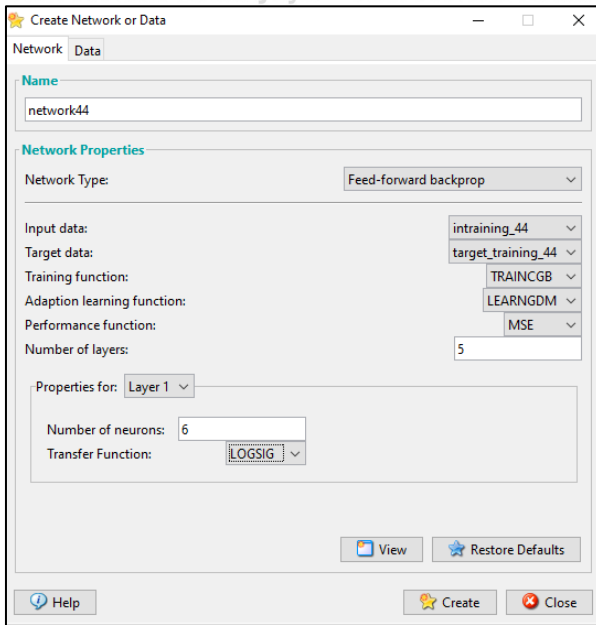
(b)

Gambar 4.14 Tampilan window *import nntool* Matlab R2014b
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

10. Buka kembali *window nntool* kemudian klik *New*, untuk membangun jaringan yang baru.



(a)



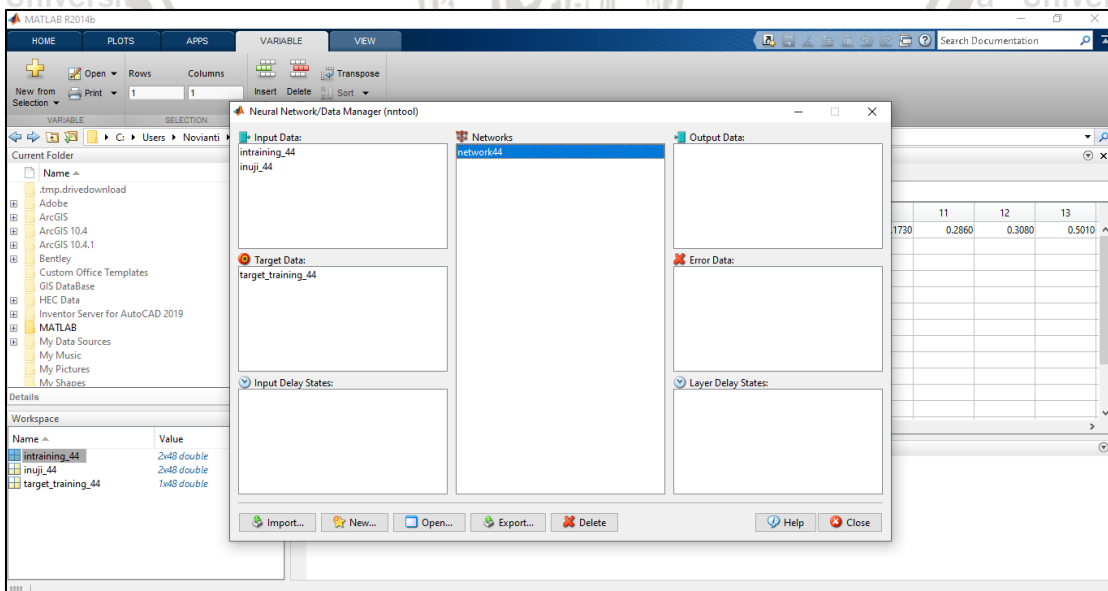
(b)

Gambar 4.15 Tampilan window create network or data Matlab R2014b

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

Pilih input sebagai data input data dan target sebagai target data. Dalam studi jenis pembelajaran yang digunakan adalah *feed forward backpropagation* dengan fungsi pelatihan (TRAINCGB), fungsi perubahan bobot LEARNGDM dan fungsi perhitungan error MSE. Jumlah neuron dalam input layer adalah 5 dengan jumlah neuron hidden layer $n+1$ yaitu 6 dengan fungsi aktivasi LOGSIG (fungsi sigmoid bipolar) pada hidden layer (Layer 1-Layer5) dan fungsi aktivasi PURELIN (fungsi identitas) pada output layer. Kemudian klik *Create*.

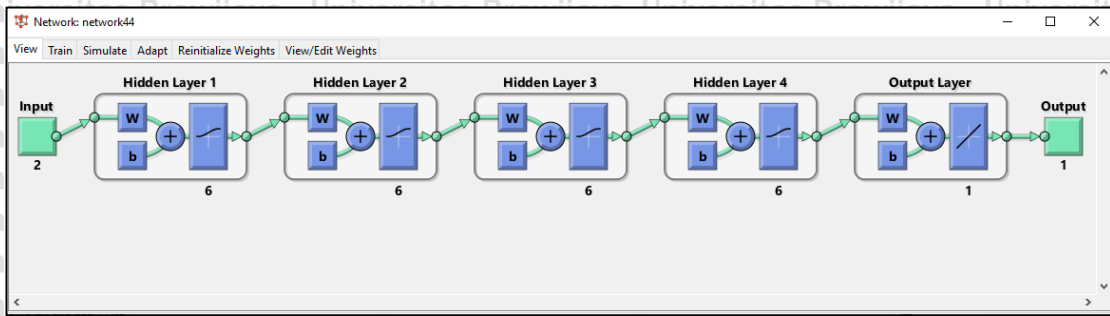
11. Pada window *nttool* akan ditampilkan *networks*.



Gambar 4.16 Tampilan window nntool Matlab Matlab R2014b

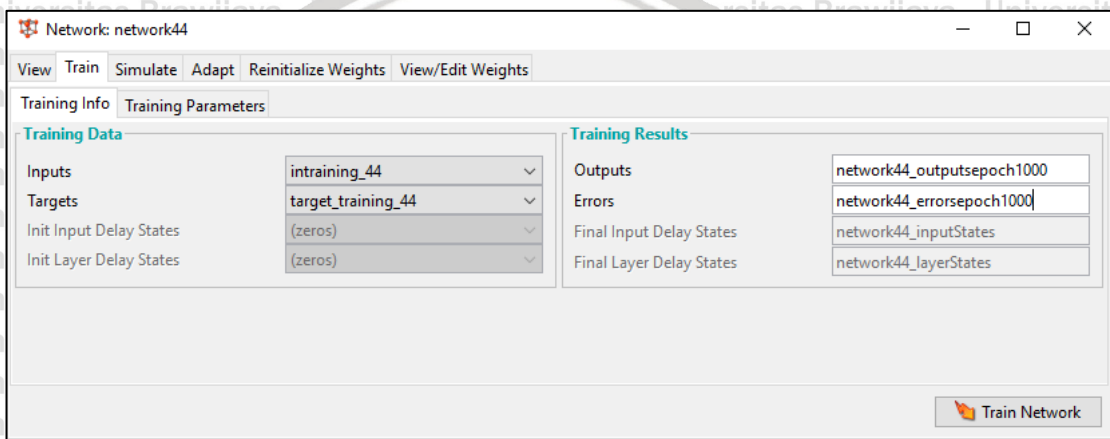
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

12. Klik pada *icon network44*, lalu akan muncul *window network44*.



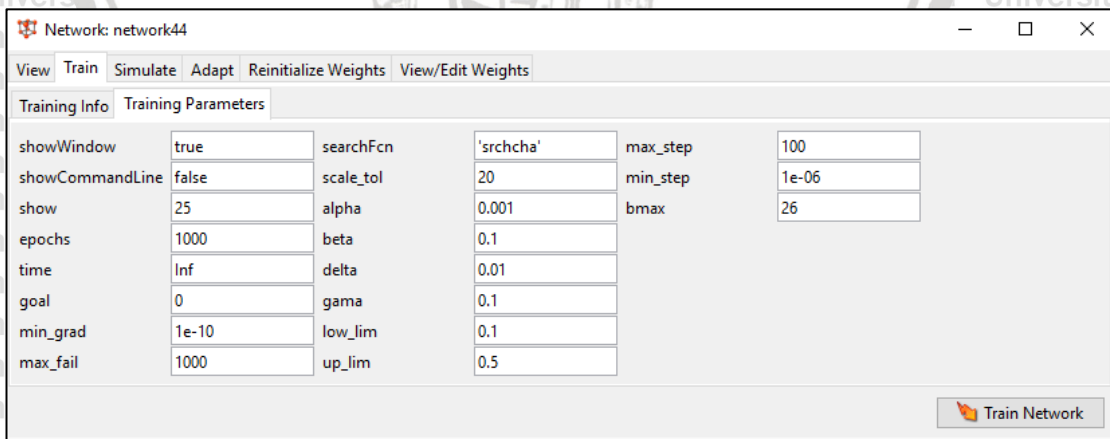
Gambar 4.17 Tampilan arsitektur jaringan
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

13. Klik *train* dengan memilih input sebagai Inputs dan target sebagai Targets.



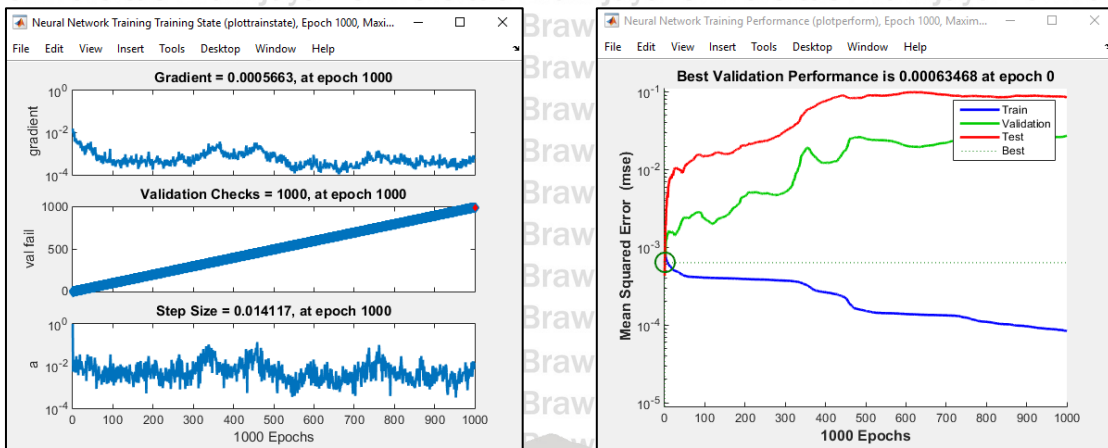
Gambar 4.18 Tampilan window training info
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

14. Klik *training parameters*. Untuk *training* pertama dilakukan dengan 1000 *epochs* dengan *max fail* 1000. Kemudian klik *train network*.



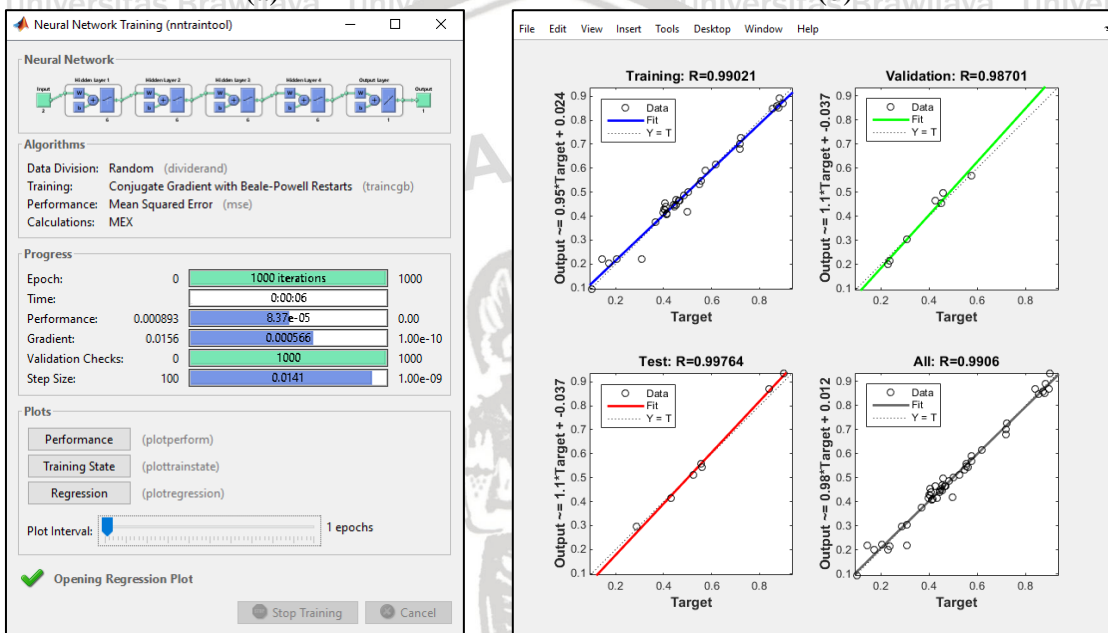
Gambar 4.19 Tampilan window training parameters
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

15. Proses *training* baru akan berhenti jika salah satu dari *maximum epochs*, *maximum fail*, atau *gradient* telah mencapai nilai yang ditargetkan.
16. Hasil training dengan *epoch* 1000.



(a)

(b)

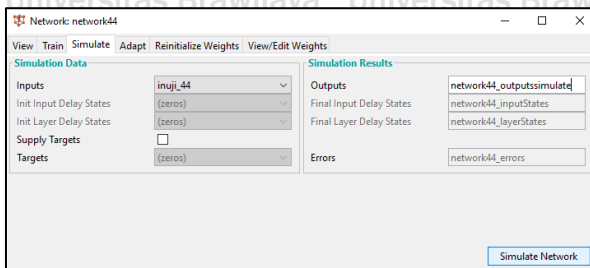


(c)

(d)

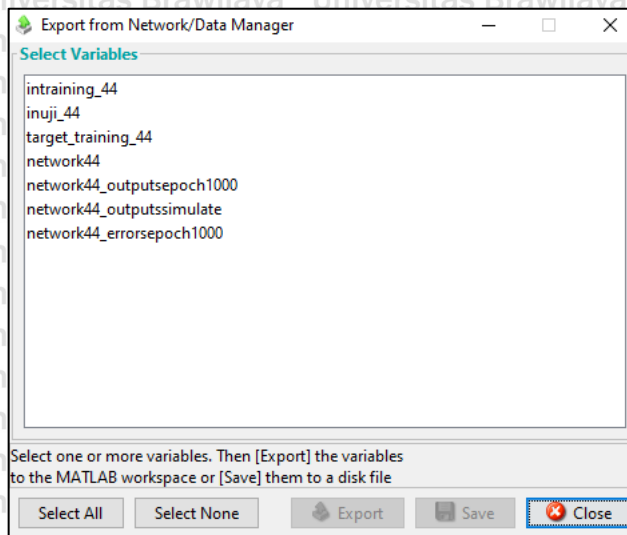
Gambar 4.20 Tampilan hasil training dengan kalibrasi 4-4 dan epochs 1000
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

17. Buka kembali jendela *networks44* kemudian klik *simulate* untuk menguji data verifikasi, yaitu data yang tidak digunakan dalam pelatihan data. Tetapkan data uji pada jaringan yang telah disimpan pada *workspace*. Tuliskan *network_uji* pada kolom *output*. Data uji merupakan data yang belum dikenali oleh jaringan pada tahapan *training*. *Tools* ini juga digunakan dalam pendugaan data yang hilang.

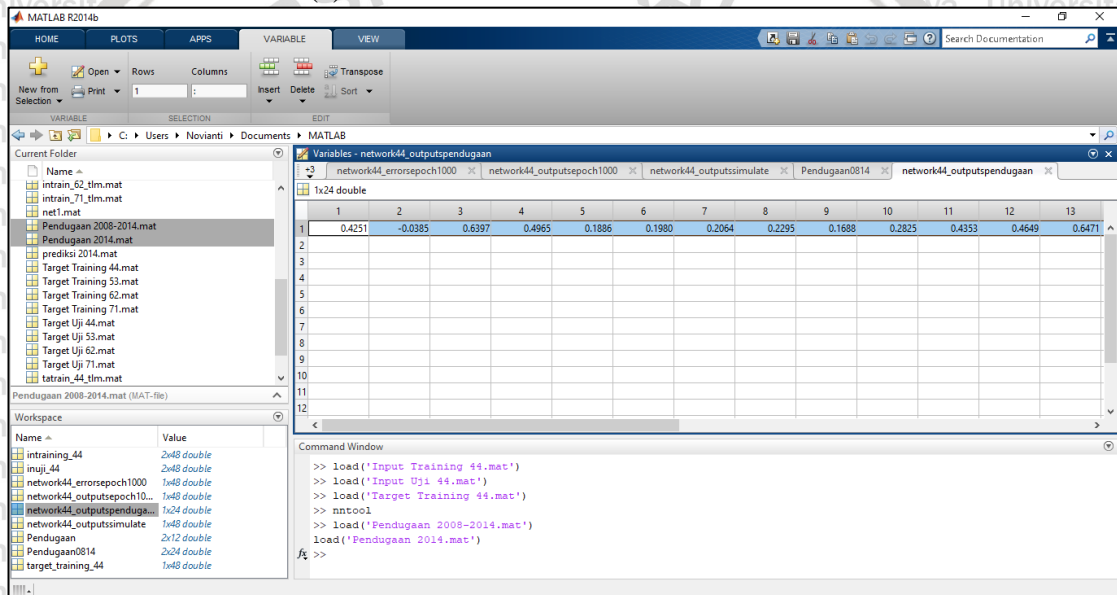


Gambar 4.21 Tampilan window simulate pada Matlab R2014b
Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

18. Buka kembali *window nntool*. Eksport dan *save* nilai *ouput*, *error*, *simulate* verifikasi dan *simulate* untuk pendugaan.



(a)

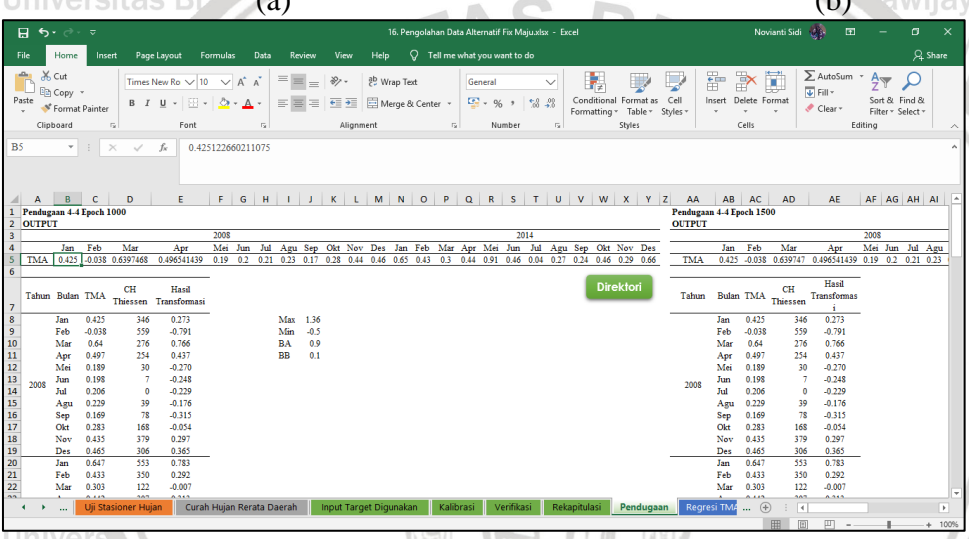
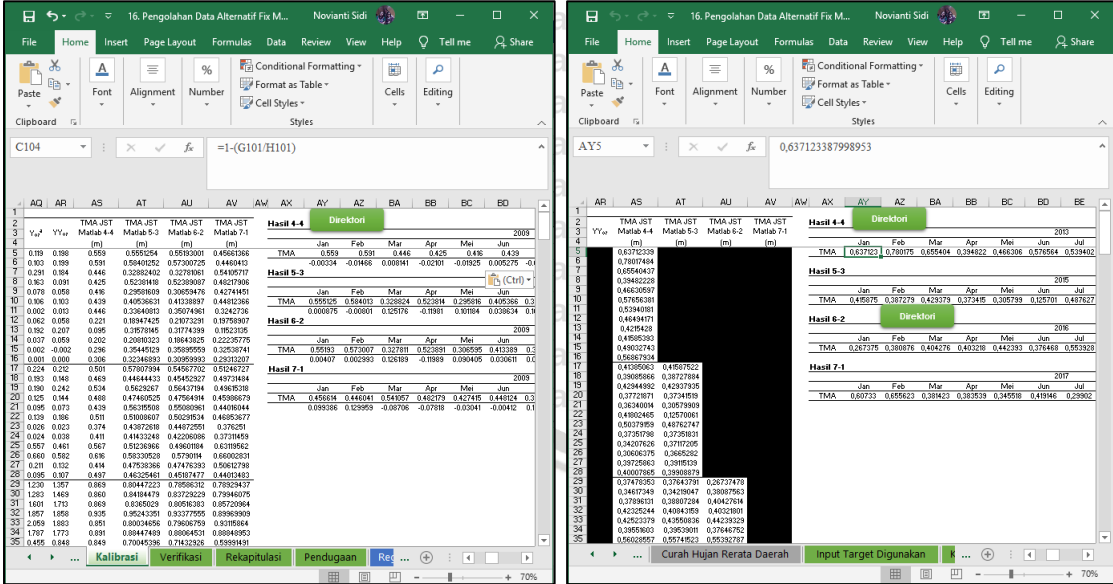


(b)

Gambar 4.22 Tampilan *command* dan *variables window* Matlab R2014b

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

19. Lakukan penggandaan (*copy paste*) hasil *output* jaringan saraf tiruan pada Ms. Excel untuk dilakukan perhitungan MSE, dan KR. Lakukan langkah yang sama untuk training pemodelan variasi dengan epochs 2000. Sehingga, akan dipilih *training* yang paling optimal untuk digunakan pada analisis selanjutnya.



Gambar 4.23 Tampilan window nntool Matlab R2014b
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

- Lakukan langkah yang sama untuk kalibrasi data 5-3, 6-2, dan 7-1. Setelah semua variasi pemindahan jaringan selesai dilakukan, simpan dengan menekan ikon save pada *window workspace*.

4.4.2. Hasil Pengolahan ANN Matlab R2014b

Setelah data berhasil di-*training* dan *simulate*, hasil tersebut dapat di-*export* untuk memindahkan hasil prediksi ke *Microsoft Excel*, dan transformasi kembali kedalam bentuk sebelumnya, dengan membalik rumus yang telah dilakukan.

$$X = \frac{X' - BB}{BA + BB} * (X_{max} - X_{min}) + X_{min}$$

Dengan keterangan:

X' = Data transformasi



- X = Data asli
- X_{min} = Data asli angka terkecil
- X_{max} = Data asli angka terbesar
- BA = Batas atas
- BB = Batas bawah

Hal ini dilakukan untuk proses perhitungan kalibrasi dan verifikasi.

4.4.3. Kalibrasi

Kalibrasi merupakan proses optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan koherensi antara respon hidrologi untuk TMA pengamatan dan TMA model. Tahap kalibrasi dilakukan dengan rentang data 5 tahun, 6 tahun, dan 7 tahun. Sedangkan verifikasi merupakan suatu proses setelah tahap kalibrasi selesai dilakukan yang berfungsi untuk menguji kinerja model pada data di luar periode kalibrasi dengan rentang data sisanya yaitu 3 tahun, 2 tahun dan 1 tahun.

Pada tahap kalibrasi dan verifikasi dilakukan perhitungan kesesuaian metode pada hasil *output* Model Jaringan Saraf Tiruan yang bertujuan untuk melihat seberapa besar tingkat kesalahan antara hasil *output* dengan hasil pengamatan. Perhitungan kesesuaian hasil simulasi tersebut meliputi *Uji Efisiensi Nash-Sutchlife* (NSE), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan Koefisien Korelasi (R).

Tabel 4.35
Perhitungan Kalibrasi Hasil Pelatihan Data 5 Tahun (*epoch* 1000 dan 5 *layer*)

Tahun	Bulan	Debit Asli	Debit Hasil JST 5-3	Y ²	Y _{os} ²	(Y-Y _{os}) ²	(Y-Y _{rerata}) ²	(Y ₀₅ -Y _{05rerata}) ²	Y _{os} ²	YY _{os}
		(m ³ /dtk)	(m ³ /dtk)							
2009	Jan	2,37	2,15	5,62	4,60	0,051	0,077	0,002	4,60	5,09
	Feb	2,46	2,15	6,07	4,64	0,096	0,137	0,002	4,64	5,31
	Mar	1,90	1,75	3,60	3,06	0,022	0,038	0,127	3,06	3,32
	Apr	1,66	1,80	2,76	3,23	0,019	0,187	0,096	3,23	2,98
	Mei	1,63	1,98	2,66	3,91	0,120	0,214	0,017	3,91	3,22
	Jun	1,85	1,68	3,41	2,81	0,029	0,061	0,184	2,81	3,10
	Jul	1,84	1,51	3,39	2,28	0,110	0,063	0,355	2,28	2,78
	Agu	0,73	1,47	0,53	2,16	0,553	1,870	0,406	2,16	1,07
	Sep	0,24	1,63	0,06	2,65	1,926	3,438	0,230	2,65	0,39
	Okt	0,58	1,71	0,33	2,91	1,272	2,295	0,160	2,91	0,99
	Nov	1,11	1,74	1,23	3,02	0,392	0,965	0,136	3,02	1,93
	Des	1,21	1,94	1,47	3,77	0,531	0,775	0,027	3,77	2,35
2010	Jan	2,11	2,01	4,47	4,03	0,011	0,000	0,010	4,03	4,24
	Feb	1,89	1,56	3,57	2,42	0,112	0,041	0,302	2,42	2,94
	Mar	2,33	2,04	5,45	4,18	0,085	0,059	0,004	4,18	4,77
	Apr	2,04	2,01	4,15	4,04	0,001	0,003	0,009	4,04	4,09
	Mei	1,68	1,97	2,84	3,90	0,084	0,167	0,017	3,90	3,33
	Jun	2,22	1,59	4,94	2,54	0,396	0,017	0,263	2,54	3,54



Lanjutan Tabel 4.35 Perhitungan Kalibrasi Hasil Pelatihan Data 5 Tahun (*epoch* 1000 dan 5 *layer*)

Tahun	Bulan	Debit Asli (m ³ /dtk)	Debit Hasil JST 5-3 (m ³ /dtk)	Y ²	Y ₀₅ ²	(Y-Y ₀₅) ²	(Y-Y _{rerata}) ²	(Y ₀₅ -Y _{05rerata}) ²	Y ₀₅ ²	YY ₀₅
2010	Jul	1,49	1,52	2,21	2,30	0,001	0,366	0,347	2,30	2,26
	Agu	1,71	1,56	2,91	2,42	0,022	0,150	0,302	2,42	2,65
	Sep	2,46	1,90	6,06	3,62	0,312	0,136	0,041	3,62	4,68
	Okt	2,66	1,71	7,09	2,92	0,910	0,325	0,158	2,92	4,55
	Nov	1,79	1,76	3,20	3,11	0,001	0,092	0,117	3,11	3,16
	Des	1,91	2,13	3,65	4,53	0,047	0,033	0,000	4,53	4,07
2011	Jan	3,70	3,66	13,67	13,43	0,001	2,573	2,430	13,43	13,55
	Feb	3,85	3,44	14,80	11,82	0,167	3,079	1,776	11,82	13,23
	Mar	3,96	3,59	15,70	12,91	0,136	3,495	2,213	12,91	14,24
	Apr	3,98	3,48	15,85	12,13	0,249	3,568	1,897	12,13	13,87
	Mei	3,88	3,49	15,04	12,21	0,147	3,188	1,927	12,21	13,55
	Jun	3,91	3,12	15,25	9,74	0,616	3,286	1,029	9,74	12,19
	Jul	3,77	3,11	14,18	9,67	0,431	2,799	1,007	9,67	11,71
	Agu	3,14	3,00	9,88	9,02	0,020	1,104	0,805	9,02	9,44
	Sep	3,02	3,13	9,14	9,82	0,012	0,866	1,055	9,82	9,47
	Okt	3,12	3,41	9,76	11,64	0,083	1,065	1,705	11,64	10,66
	Nov	2,40	3,63	5,75	13,16	1,513	0,093	2,316	13,16	8,70
	Des	1,93	3,80	3,74	14,45	3,486	0,025	2,875	14,45	7,35
2012	Jan	2,37	2,35	5,63	5,51	0,001	0,079	0,059	5,51	5,57
	Feb	1,94	2,09	3,77	4,39	0,023	0,023	0,000	4,39	4,07
	Mar	1,67	1,93	2,77	3,73	0,071	0,183	0,030	3,73	3,22
	Apr	1,70	1,74	2,91	3,02	0,001	0,151	0,135	3,02	2,96
	Mei	1,65	1,58	2,71	2,49	0,005	0,199	0,280	2,49	2,60
	Jun	1,89	1,60	3,56	2,56	0,082	0,042	0,255	2,56	3,02
	Jul	1,21	1,40	1,46	1,97	0,038	0,784	0,494	1,97	1,69
	Agu	0,84	1,40	0,71	1,97	0,313	1,560	0,494	1,97	1,18
	Sep	0,44	1,44	0,19	2,06	0,995	2,735	0,448	2,06	0,63
	Okt	0,88	1,68	0,77	2,82	0,643	1,479	0,183	2,82	1,47
	Nov	1,76	1,97	3,08	3,87	0,045	0,114	0,019	3,87	3,45
	Des	2,10	2,20	4,42	4,82	0,009	0,000	0,008	4,82	4,61
2013	Jan	2,34	2,45	5,49	6,01	0,011	0,063	0,119	6,01	5,74
	Feb	2,03	1,57	4,12	2,47	0,208	0,004	0,284	2,47	3,19
	Mar	2,21	1,96	4,88	3,85	0,062	0,014	0,021	3,85	4,33
	Apr	2,24	1,68	5,04	2,81	0,323	0,023	0,185	2,81	3,76
	Mei	2,13	1,65	4,55	2,71	0,236	0,002	0,211	2,71	3,51
	Jun	2,22	1,85	4,91	3,41	0,138	0,015	0,068	3,41	4,09
	Jul	1,98	1,49	3,93	2,22	0,244	0,012	0,380	2,22	2,95
	Agu	1,72	1,20	2,96	1,43	0,274	0,139	0,827	1,43	2,06
	Sep	1,64	1,18	2,67	1,39	0,208	0,209	0,859	1,39	1,93
	Okt	1,71	1,50	2,92	2,25	0,044	0,146	0,365	2,25	2,57
	Nov	2,06	2,13	4,25	4,54	0,005	0,001	0,001	4,54	4,40
	Des	2,30	2,20	5,28	4,83	0,010	0,042	0,008	4,83	5,05
Jumlah		125,56	127,21	307,44	310,64	3,88	44,67	40,95	310,64	307,10
RMSE		2,09	2,12	5,12	5,18	0,06	0,74	0,68	5,18	5,12
NSE						0,254				
R						0,913				
R ²						0,956				
						0,914				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Berikut merupakan contoh perhitungan kalibrasi data 5 tahun dengan *epoch* 1000.

1. *Nash-Sutchlife Efficiency* (NSE)

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (Y - \bar{Y}_i)^2}$$

$$NSE = 1 - \frac{3,88}{44,67}$$

$$NSE = 0,913$$

2. *Root Mean Square* (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y_{oi})^2}{n}}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{3,88}{60}}$$

$$RMSE = 0,254$$

3. Koefisien Korelasi (R)

$$R = \frac{n \sum_{i=1}^n Y Y_{oi} - \sum_{i=1}^n Y \cdot \sum_{i=1}^n Y_{oi}}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n Y^2 - (\sum_{i=1}^n Y)^2} \cdot \sqrt{n \sum_{i=1}^n Y_{oi}^2 - (\sum_{i=1}^n Y_{oi})^2}}$$

$$R = \frac{(60 \times 302,1) - (125,56 \times 127,21)}{\sqrt{60 \times 307,44 - (125,56)^2} \cdot \sqrt{60 \times 310,64 - (127,21)^2}}$$

$$R = 0,956$$

4.4.4. Verifikasi

Pada proses verifikasi, data yang digunakan adalah data yang berada di luar periode yang digunakan pada tahap kalibrasi. Perhitungan Error pada hasil output dari tahun sisa dilakukan untuk melihat bagaimana selisih atau tingkat kesalahan antara hasil output dengan data asli di lapangan dengan rumus yang telah didapatkan dari proses training.

Tabel 4.36

Perhitungan Verifikasi Hasil Simulasi Data 3 Tahun (*epoch* 1000 dan 5 layer)

Tahun	Bulan	Debit Asli (m ³ /dtk)	Debit Hasil JST 5-3 (m ³ /dtk)	Y ²	Yos ²	(Y-Yos) ²	(Y-Yrerata) ²	(Yos-Yosrerata) ²	Yos ²	YYos
2015	Jan	1,71	1,80	2,91	3,23	0,008	0,021	0,017	3,23	3,07
	Feb	1,60	1,70	2,56	2,89	0,010	0,001	0,001	2,89	2,72
	Mar	1,78	1,87	3,17	3,48	0,007	0,047	0,040	3,48	3,32
	Apr	1,54	1,64	2,36	2,70	0,011	0,001	0,001	2,70	2,52
	Mei	1,47	1,69	2,16	2,86	0,048	0,009	0,001	2,86	2,49
	Jun	1,73	1,55	2,98	2,40	0,032	0,027	0,014	2,40	2,67
	Jul	2,13	2,21	4,53	4,90	0,007	0,319	0,301	4,90	4,71
	Agu	1,52	1,62	2,31	2,64	0,011	0,002	0,002	2,64	2,47
	Sep	1,37	1,48	1,88	2,18	0,011	0,037	0,036	2,18	2,02
	Okt	1,20	1,31	1,45	1,71	0,011	0,130	0,128	1,71	1,57
	Nov	1,63	1,73	2,65	2,98	0,009	0,004	0,004	2,98	2,81
	Des	1,64	1,74	2,70	3,02	0,009	0,006	0,005	3,02	2,85



Lanjutan Tabel 4.36 Perhitungan Verifikasi Hasil Simulasi Data 3 Tahun (*epoch* 1000 dan 5 *layer*)

Tahun	Bulan	Debit Asli (m ³ /dtk)	Debit Hasil JST 5-3 (m ³ /dtk)	Y ²	Y ₀₅ ²	(Y-Y ₀₅) ²	(Y-Y _{rerata}) ²	(Y ₀₅ -Y _{05rerata}) ²	Y ₀₅ ²	YY ₀₅
2016	Jan	1,52	1,63	2,32	2,65	0,011	0,002	0,001	2,65	2,48
	Feb	1,39	1,52	1,93	2,31	0,017	0,030	0,021	2,31	2,11
	Mar	1,54	1,64	2,38	2,69	0,010	0,000	0,001	2,69	2,53
	Apr	1,75	1,84	3,07	3,38	0,008	0,035	0,030	3,38	3,22
	Mei	1,76	1,85	3,10	3,43	0,008	0,039	0,034	3,43	3,26
	Jun	1,62	1,72	2,63	2,95	0,009	0,003	0,003	2,95	2,78
	Jul	2,39	2,52	5,72	6,36	0,017	0,687	0,733	6,36	6,03
	Agu	1,53	1,65	2,33	2,72	0,015	0,001	0,000	2,72	2,52
	Sep	1,52	1,62	2,31	2,62	0,010	0,002	0,002	2,62	2,46
	Okt	1,61	1,73	2,59	2,99	0,015	0,002	0,004	2,99	2,79
	Nov	1,72	1,81	2,95	3,26	0,008	0,023	0,020	3,26	3,10
	Des	1,87	1,96	3,50	3,83	0,007	0,094	0,085	3,83	3,66
2017	Jan	1,74	1,84	3,02	3,39	0,011	0,031	0,031	3,39	3,20
	Feb	1,74	1,81	3,02	3,28	0,005	0,030	0,021	3,28	3,15
	Mar	1,47	1,60	2,16	2,56	0,017	0,009	0,004	2,56	2,35
	Apr	1,40	1,52	1,96	2,32	0,015	0,027	0,020	2,32	2,13
	Mei	1,35	1,46	1,81	2,12	0,012	0,047	0,044	2,12	1,96
	Jun	1,33	1,45	1,78	2,10	0,014	0,053	0,047	2,10	1,93
	Jul	1,20	1,37	1,45	1,88	0,028	0,130	0,087	1,88	1,65
	Agu	1,20	1,46	1,45	2,12	0,064	0,130	0,044	2,12	1,75
	Sep	1,20	0,89	1,45	0,80	0,096	0,130	0,598	0,80	1,07
	Okt	1,30	1,48	1,68	2,20	0,035	0,072	0,033	2,20	1,92
	Nov	1,47	1,73	2,15	3,00	0,070	0,009	0,004	3,00	2,54
	Des	1,35	1,53	1,83	2,35	0,033	0,044	0,017	2,35	2,07
Jumlah		56,28	59,95	90,23	102,3	0,71	2,23	2,43	102,3	95,90
Rerata		1,56	1,67	2,51	2,84	0,02	0,06	0,07	2,84	2,66
RMSE						0,140				
NSE						0,682				
R						0,929				
R ²						0,863				

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.4.5. Validasi

Berdasarkan rekapitulasi hasil verifikasi diatas, menunjukkan bahwa hasil paling baik diperoleh dari data kalibrasi 7 tahun (2009 – 2016) dan data verifikasi 1 tahun (2017), karena hasil terbaik ketika NSE kalibrasi tidak berbeda jauh dengan NSE verifikasi.

Hasil verifikasi akan dibandingkan dengan tahun yang sama dengan data dilapangan (AWLR), kemudian dicari nilai NSE dan R nya dan dilihat kategori dari hasil tersebut berdasarkan tabel.

Tabel 4.37 Rekapitulasi Perbandingan Kalibrasi dan Verifikasi

	Jumlah Layer	Sebelum Pendugaan			
		4-4 (09-12)	5-3 (09-13)	6-2 (09-15)	7-1 (09-16)
NSE	Kalibrasi	0,503	0,598	0,451	0,415
	Verifikasi	0,620	0,300	0,233	0,202
R	Kalibrasi	0,821	0,775	0,803	0,801
	Verifikasi	0,936	0,884	0,969	0,943

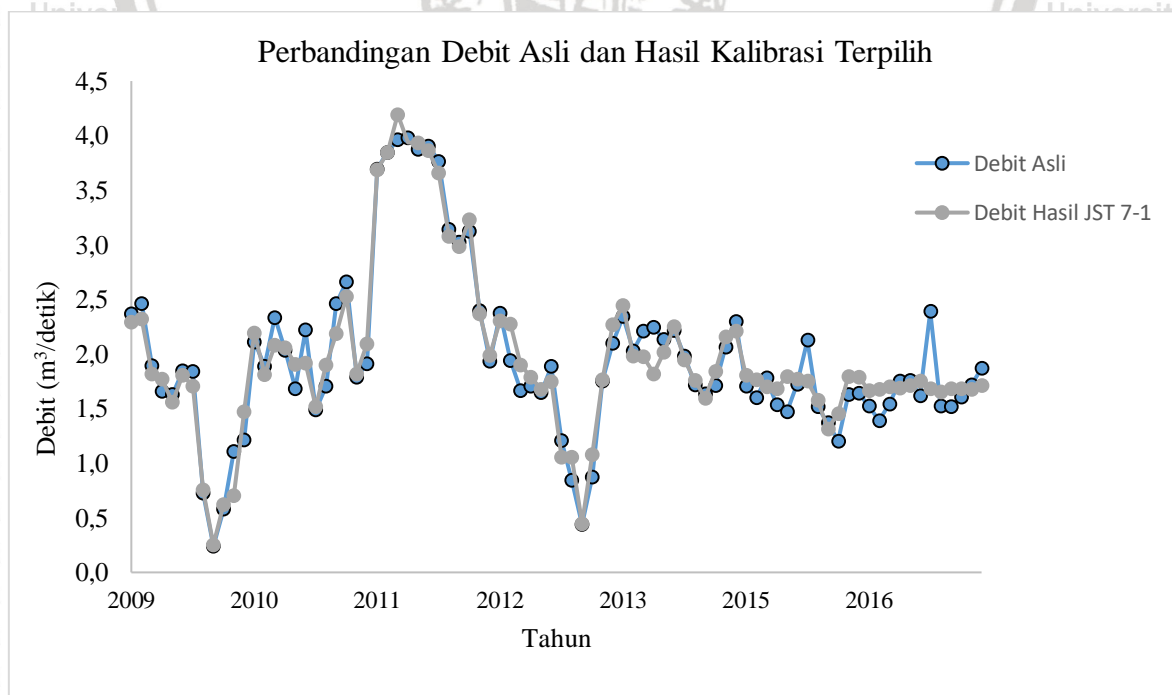


Lanjutan Tabel 4.37 Rekapitulasi Perbandingan Kalibrasi dan Verifikasi

		Jumlah Layer	Sebelum Pendugaan			
			4-4 (09-12)	5-3 (09-13)	6-2 (09-15)	7-1 (09-16)
NSE	Kalibrasi	2	0,842	0,819	0,832	0,835
	Verifikasi		0,433	0,498	0,408	0,525
R	Kalibrasi	2	0,918	0,906	0,913	0,913
	Verifikasi		0,764	0,829	0,887	0,849
NSE	Kalibrasi	3	0,913	0,922	0,848	0,905
	Verifikasi		0,588	0,625	0,526	0,615
R	Kalibrasi	3	0,956	0,961	0,921	0,905
	Verifikasi		0,864	0,929	0,973	0,972
NSE	Kalibrasi	4	0,903	0,908	0,859	0,844
	Verifikasi		0,620	0,601	0,592	0,498
R	Kalibrasi	4	0,950	0,953	0,927	0,919
	Verifikasi		0,936	0,921	0,972	0,968
NSE	Kalibrasi	5	0,912	0,913	0,927	0,948
	Verifikasi		0,620	0,682	0,719	0,786
R	Kalibrasi	5	0,955	0,956	0,963	0,974
	Verifikasi		0,936	0,929	0,976	0,979

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan rekapitulasi diatas, dapat disimpulkan bahwa, semakin banyak data yang digunakan sebagai proses pelatihan (*training*) dengan data simulasi yang cukup, maka menghasilkan hasil yang lebih baik, hal ini dikarenakan perbedaan minimal dan maksimal dari data sangat mempengaruhi dalam proses pengerjaan Jaringan Saraf Tiruan. Berikut disajikan grafik perbandingan antara data debit asli dengan debit hasil pemodelan yang terpilih dan grafik hasil pengolahan data menggunakan matlab.



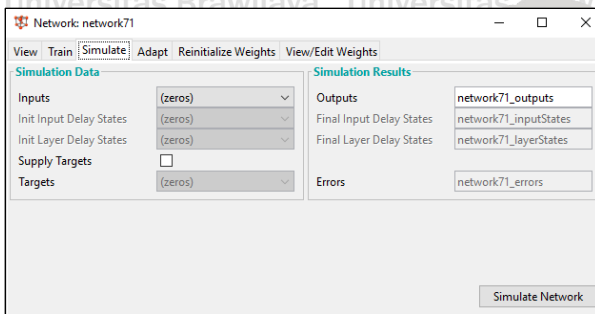
Gambar 4.24 Grafik perbandingan antara debit asli dan hasil kalibrasi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.5. Pendugaan Debit

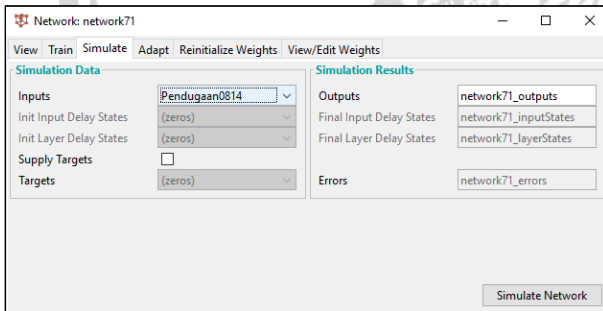
Hasil pemodelan dengan kalibrasi dan verifikasi terbaik digunakan dalam analisis pendugaan debit pada tahun-tahun yang tidak memiliki data tercatat. Dari hasil analisis yang dilakukan sebelumnya didapatkan bahwa data kalibrasi dan verifikasi terbaik didapat pada pembagian data 7-1. Data pendugaan didapatkan melalui aplikasi Matlab R2014b menggunakan arsitektur jaringan terpilih dengan langkah sebagai berikut:

1. Setiap *training* yang telah dilakukan, setelah mendapatkan model terbaik, klik tab *simulate*.



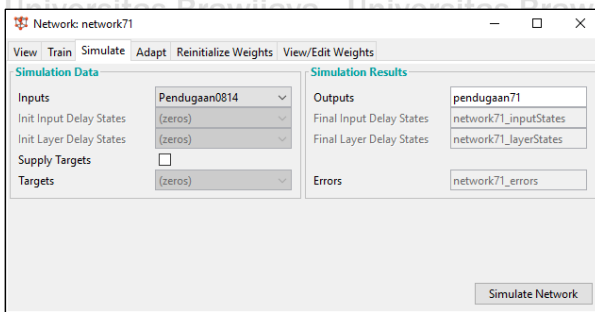
Gambar 4.25 Tampilan window *simulate*
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

2. Pada window *network44*, pilih *input* data pendugaan yang sebelumnya telah dimasukan dalam aplikasi dengan label sebagai *input*.



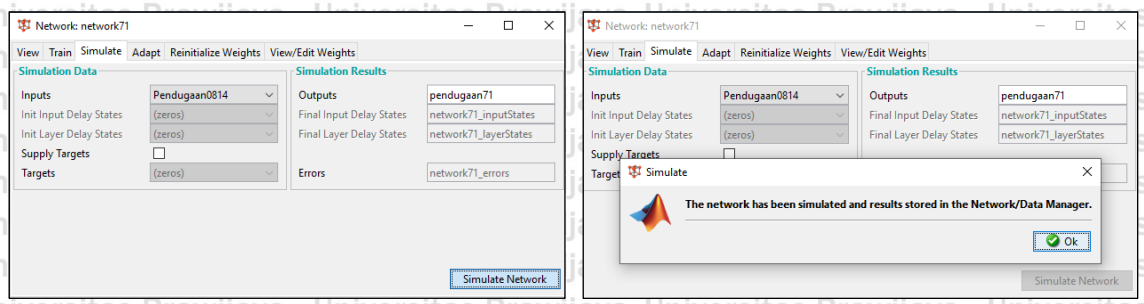
Gambar 4.26 Tampilan window *simulate*
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

3. Beri nama pada outputs yang berada pada *simulation results* dengan nama yang berbeda agar tidak me-replace data dengan nama yang sama.



Gambar 4.27 Tampilan window *simulate*
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

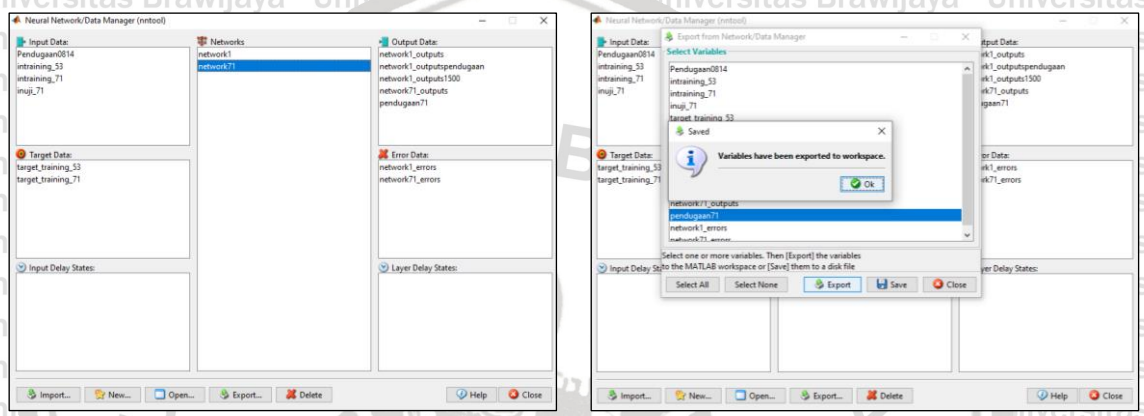
4. Klik *simulate*.



Gambar 4.28 Tampilan window *simulate*

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

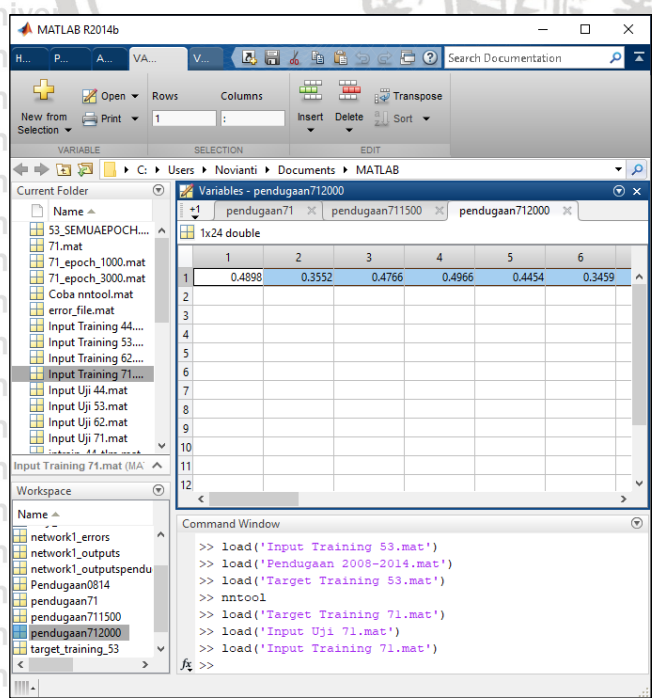
5. Lalu buka *window nntool* dan ekspor data hasil simulasi pendugaan.



Gambar 4.29 Tampilan window *neural network* dan *export data*

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

6. *Copy* dan *paste* data tersebut ke dalam Ms. Excel untuk mentransformasi balik data yang dihasilkan menjadi data debit.



Gambar 4.30 Tampilan *variables window*

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019



Tabel 4.38

Tabel Rekapitulasi Pendugaan Debit Tahun 2008 dan 2014

Tahun	Bulan	Debit (m ³ /dtk)
2008	Jan	1,760
	Feb	2,009
	Mar	2,764
	Apr	1,626
	Mei	0,653
	Jun	0,697
	Jul	0,736
	Agu	0,844
	Sep	0,561
	Okt	1,093
	Nov	1,807
	Des	1,946
2014	Jan	2,798
	Feb	1,798
	Mar	1,189
	Apr	1,841
	Mei	4,043
	Jun	1,902
	Jul	1,451
	Agu	1,040
	Sep	0,915
	Okt	1,936
	Nov	1,118
	Des	2,843

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.5.1. Kalibrasi Hasil Pendugaan

Kalibrasi ini menggunakan hasil pendugaan dalam perhitungannya. Tahap kalibrasi dilakukan dengan rentang data 7 tahun, 8 tahun, dan 9 tahun. Sedangkan verifikasi merupakan suatu proses setelah tahap kalibrasi selesai dilakukan yang berfungsi untuk menguji kinerja model pada data di luar periode kalibrasi dengan rentang data sisanya yaitu 3 tahun, 2 tahun dan 1 tahun.

Tabel 4.39

Tabel Rekapitulasi Kalibrasi

Jumlah Layer	Setelah Pendugaan			
	7-3 (08-14)	8-2 (08-15)	9-1 (08-16)	
1	NSE	0,372	0,259	0,223
	R	0,758	0,679	0,675
2	NSE	0,824	0,694	0,684
	R	0,909	0,833	0,829
3	NSE	0,785	0,784	0,620
	R	0,890	0,885	0,812

Lanjutan Tabel 4.39 Tabel Rekapitulasi Kalibrasi

		Setelah Pendugaan		
Jumlah		7-3	8-2	9-1
Layer		(08-14)	(08-15)	(08-16)
NSE	4	0,897	0,784	0,772
R		0,947	0,887	0,880
NSE	5	0,859	0,860	0,882
R		0,927	0,928	0,939

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.5.2. Verifikasi Hasil Pendugaan

Pada proses verifikasi, data yang digunakan adalah data yang berada di luar periode yang digunakan pada tahap kalibrasi.

Tabel 4.40
Tabel Rekapitulasi Verifikasi

		Setelah Pendugaan		
Jumlah		7-3	8-2	9-1
Layer		(08-14)	(08-15)	(08-16)
NSE	1	0,141	0,254	0,155
R		0,825	0,641	0,682
NSE	2	0,428	0,409	0,311
R		0,854	0,733	0,780
NSE	3	0,510	0,519	0,433
R		0,822	0,773	0,785
NSE	4	0,575	0,562	0,458
R		0,887	0,794	0,815
NSE	5	0,525	0,515	0,541
R		0,896	0,797	0,909

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.5.3. Validasi Hasil Pendugaan

Berdasarkan rekapitulasi hasil verifikasi diatas, menunjukkan bahwa hasil paling baik dalam pemodelan dengan menggunakan data hasil pendugaan diperoleh dari data kalibrasi 9 tahun (2008 – 2016) dan data verifikasi 1 tahun (2017), karena hasil terbaik ketika NSE kalibrasi tidak berbeda jauh dengan NSE verifikasi.

Hasil verifikasi akan dibandingkan dengan tahun yang sama dengan data dilapangan (AWLR), kemudian dicari nilai NSE dan R nya dan dilihat kategori dari hasil tersebut berdasarkan tabel.



Tabel 4.41
Rekapitulasi Perbandingan Kalibrasi dan Verifikasi

	Jumlah Layer	Setelah Pendugaan		
		7-3 (08-14)	8-2 (08-15)	9-1 (08-16)
NSE	Kalibrasi	0,372	0,259	0,223
	Verifikasi	0,141	0,254	0,155
R	Kalibrasi	0,758	0,679	0,675
	Verifikasi	0,825	0,641	0,682
NSE	Kalibrasi	0,824	0,694	0,684
	Verifikasi	0,428	0,409	0,311
R	Kalibrasi	0,909	0,833	0,829
	Verifikasi	0,854	0,733	0,780
NSE	Kalibrasi	0,785	0,784	0,620
	Verifikasi	0,510	0,519	0,433
R	Kalibrasi	0,890	0,885	0,812
	Verifikasi	0,822	0,773	0,785
NSE	Kalibrasi	0,897	0,784	0,772
	Verifikasi	0,575	0,562	0,458
R	Kalibrasi	0,947	0,887	0,880
	Verifikasi	0,887	0,794	0,815
NSE	Kalibrasi	0,859	0,860	0,882
	Verifikasi	0,525	0,515	0,541
R	Kalibrasi	0,927	0,928	0,939
	Verifikasi	0,896	0,797	0,909

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.5.4. Uji RAPS Debit Tahun 2008 sampai 2017

Pengolahan data debit menggunakan uji konsistensi dihitung dengan menggunakan metode RAPS. Hasil pendugaan digunakan dalam perhitungan.

Tabel 4.42
Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR Tahun 2008-2017

No	Tahun	Debit AWLR (m ³ /detik)	Yi - Yrerata	Sk*	Dy	Sk**	[Sk**]
1	2008	16,495	-6	-6	6,79	-0,83	0,83
2	2009	17,573	-5	-10	6,79	-1,50	1,50
3	2010	24,301	2	-8	6,79	-1,18	1,18
4	2011	40,661	19	11	6,79	1,55	1,55
5	2012	18,443	-4	7	6,79	1,01	1,01
6	2013	24,586	2	9	6,79	1,37	1,37
7	2014	22,874	1	10	6,79	1,48	1,48
8	2015	19,311	-3	7	6,79	1,07	1,07
9	2016	20,222	-2	5	6,79	0,79	0,79
10	2017	16,749	-5	0	6,79	0,00	0,00



Lanjutan Tabel 4.42 Perhitungan Uji RAPS Data Debit AWLR Tahun 2008-2017

Jumlah	221,22	67,92
Rerata	22,12	
n	10	
Sk** maks.		1,55
Sk** min.		0,00
Q		1,55
R		1,55
Q/(n _{0,5}) hitung		0,49
Q/(n _{0,5}) tabel		1,14
Kesimpulan		Diterima
R/(n _{0,5}) hitung		0,49
R/(n _{0,5}) tabel		1,28
Kesimpulan		Diterima

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.5.5. Perbandingan Hasil Pemodelan Sebelum dan Sesudah Pendugaan dengan Berbagai Layer

Tabel 4.43
Perbandingan Hasil Kalibrasi dan Verifikasi Sebelum dan Sesudah Pendugaan

Jumlah Layer	Kalibrasi Verifikasi	NSE		R	
		Kalibrasi	Verifikasi	Kalibrasi	Verifikasi
4-4		0,503	0,620	0,821	0,936
5-3		0,598	0,300	0,775	0,884
6-2		0,451	0,233	0,803	0,969
7-1		0,415	0,202	0,801	0,943
7-3		0,372	0,141	0,758	0,825
8-2		0,259	0,254	0,679	0,641
9-1		0,223	0,155	0,675	0,682
4-4		0,842	0,433	0,918	0,764
5-3		0,819	0,498	0,906	0,829
6-2		0,832	0,408	0,913	0,887
7-1		0,835	0,525	0,913	0,849
7-3		0,824	0,428	0,909	0,854
8-2		0,694	0,409	0,833	0,733
9-1		0,684	0,311	0,829	0,780
4-4		0,913	0,588	0,956	0,864
5-3		0,922	0,625	0,961	0,929
6-2		0,848	0,526	0,921	0,973
7-1		0,905	0,615	0,905	0,972
7-3		0,785	0,510	0,890	0,822
8-2		0,784	0,519	0,885	0,773
9-1		0,620	0,433	0,812	0,785

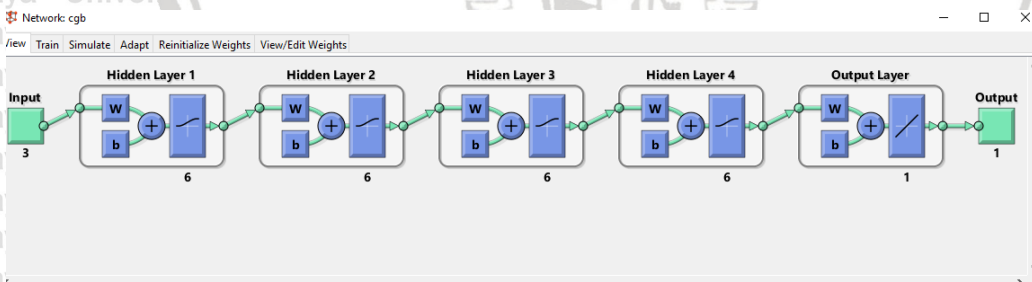


Lanjutan Tabel 4.43 Perbandingan Hasil Kalibrasi dan Verifikasi Sebelum dan Sesudah Pendugaan

Layer	Kalibrasi		NSE		R	
	Verifikasi	Kalibrasi	Verifikasi	Kalibrasi	Verifikasi	
4	4-4	0,903	0,620	0,950	0,936	
	5-3	0,908	0,601	0,953	0,921	
	6-2	0,859	0,592	0,927	0,972	
	7-1	0,844	0,498	0,919	0,968	
	7-3	0,897	0,575	0,947	0,887	
	8-2	0,784	0,562	0,887	0,794	
	9-1	0,772	0,458	0,880	0,815	
5	4-4	0,912	0,620	0,955	0,936	
	5-3	0,913	0,682	0,956	0,929	
	6-2	0,927	0,719	0,963	0,976	
	7-1	0,948	0,786	0,974	0,979	
	7-3	0,859	0,525	0,927	0,896	
	8-2	0,860	0,515	0,928	0,797	
	9-1	0,882	0,541	0,939	0,909	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Berdasarkan rekapitulasi perbandingan hasil kalibrasi dan verifikasi baik sebelum dan sesudah digunakannya data hasil pendugaan, didapatkan bahwa alternatif terbaik diperoleh dari pelatihan data sebelum pendugaan dengan data kalibrasi 7 tahun (2009 – 2016) dan verifikasi 1 tahun (2017) dengan menggunakan lima layer, yang dipilih berdasarkan Nilai NSE dan R. Adapun Algoritma *backpropogation* untuk model terbaik yaitu kalibrasi 7 tahun dengan verifikasi 1 tahun dengan 5 layer adalah sebagai berikut.



Gambar 4.31 Arsitektur Jaringan yang Digunakan

Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

Besaran *weights* dan *bias* dalam model terbaik.

$$\text{Weight to layer 1 from input 1} = [-1,5438 \ -6,3324 \ 1,0938; \ 0,41412 \ -3,0859 \ -6,7413; \\ 4,8644 \ -5,1316 \ -5,4829; \ 1,1984 \ -3,609 \ 7,492; \ 1,7029 \\ 6,8384 \ -2,5374; \ -4,6474 \ 2,0357 \ 3,4981]$$

$$\text{Weight to layer 2 from input 1} = [-1,9755 \ -2,9579 \ -2,8178 \ -3,3536 \ -2,7897 \ -3,9511; \ - \\ 5,1045 \ -4,4287 \ -1,2207 \ -7,0417 \ -5,13 \ -0,87632; \ - \\ 0,051305 \ 4,4027 \ 3,8778 \ -3,0416 \ 5,3995 \ -1,6907; \ -$$



0,98265 5,4696 1,7692 1,6113 -3,6974 -4,8917; 4,9221 -
 2,1617 -3,874 -1,4794 -0,66641 3,0896; -4,3059 4,4027
 7,3361 -0,74518 4,7143 0,5486]

Weight to layer 3 from input 2 = [0,68693 -3,3616 0,37056 -4,6377 -4,1206 2,5139;
 4,2781 10,7078 -0,468 -0,30778 1,754 -0,40322;
 0,28736 -3,338 5,1719 2,3884 -3,2862 2,9934; -3,1619
 6,2653 2,4445 4,5497 2,455 -0,32438; -2,3958 5,0856
 3,8564 -0,35409 -3,5182 -2,223; 0,36256 -2,3625 -
 1,5976 -1,9672 1,1305 8,5388]

Weight to layer 4 from input 3 = [4,7023 3,5924 -1,5939 -1,7064 3,2435 -2,4058; 1,907 -
 2,3722 3,5293 7,7363 -0,96086 -3,9417; 2,2103 4,0288
 -3,4733 5,2656 -2,4058 -1,7876; 1,4586 -3,6175 1,2119
 1,8172 -2,9895 -7,0696; -3,6787 0,14019 -1,1222 -
 3,4999 -4,3365 -3,195; 0,51768 -4,3933 1,7931 0,44538
 -2,5833 6,2394]

Weight to layer 5 from input 4 = [-0,87279 -4,8729 3,5957 -0,99043 -1,963 1,8067]

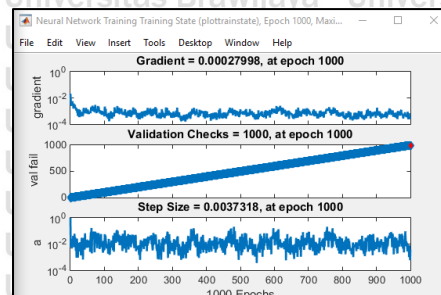
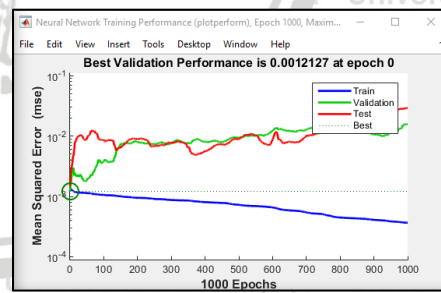
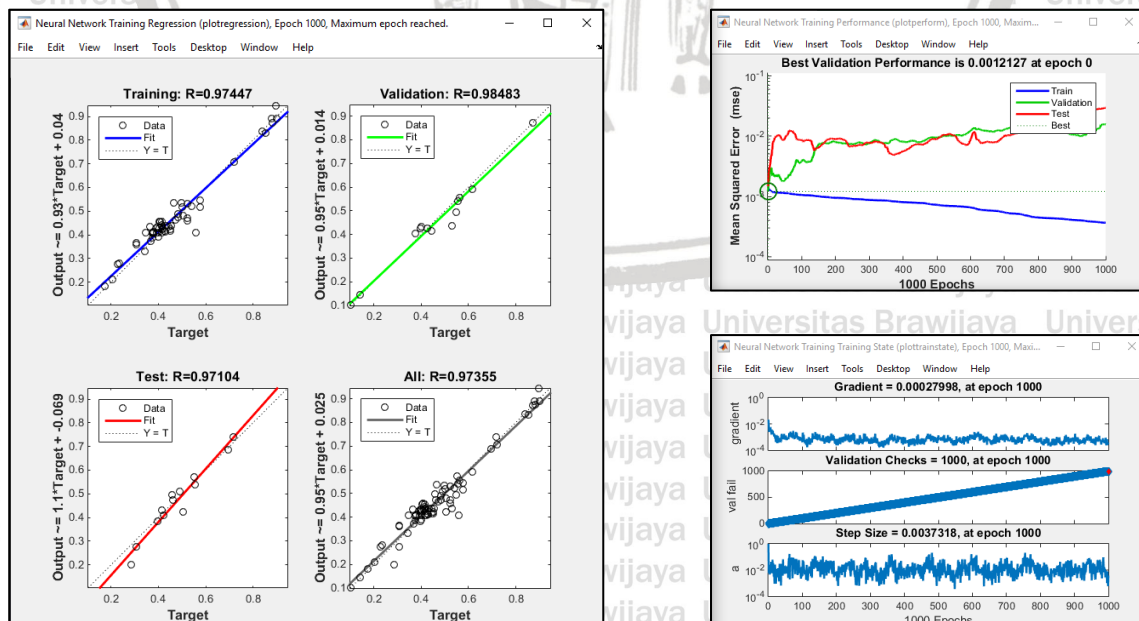
Bias to layer 1 = [-7,172; 0,33995; -4,3739; 1,4203; 4,7367; -5,0048]

Bias to layer 2 = [12,9366; 11,305; -3,2793; 1,1761; 2,1712; -4,3633]

Bias to layer 3 = [-2,4233; -8,1397; -3,6884; -5,947; -0,30405; -1,9628]

Bias to layer 4 = [-6,6762; -3,8873; -2,191; 1,6636; 6,5357; 1,7843]

Bias to layer 5 = [-0,47224]



Gambar 4.32 Tampilan plotting grafik hasil kalibrasi dan verifikasi terpilih
 Sumber: Hasil Pengolahan Matlab R2014b, 2019

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan rekapitulasi hasil kalibrasi dan verifikasi menggunakan data selama 8 tahun, menunjukkan bahwa hasil paling baik diperoleh dari data kalibrasi 7 tahun (2009 – 2016, tanpa 2014) dan data verifikasi 1 tahun (2017), dengan $NSE = 0,948$, $RMSE = 0,175$ dan $R = 0,974$ untuk kalibrasi. Untuk verifikasi didapatkan $NSE = 0,786$, $RMSE = 0,082$ dan $R = 0,979$.
2. Kalibrasi dan verifikasi dengan data hasil pendugaan mendapatkan bahwa hasil paling baik diperoleh dari data data kalibrasi 9 tahun (2008 – 2016) dan verifikasi 1 tahun (2017), dengan $NSE = 0,882$, $RMSE = 0,272$ dan $R = 0,939$ untuk kalibrasi. Untuk verifikasi didapatkan $NSE = 0,541$, $RMSE = 0,12$ dan $R = 0,909$.
3. Alternatif terbaik dicari dengan membandingkan semua kalibrasi dan verifikasi data sebelum dan sesudah pendugaan, didapatkan bahwa alternatif terbaik yaitu menggunakan data sebelum pendugaan dengan kalibrasi 7 tahun (2009 – 2016 tanpa 2014) dan data verifikasi 1 tahun (2017).

5.2. Saran

Studi ini menunjukkan bahwa ada hubungan antara curah hujan dan debit yang ada di daerah studi. Walaupun begitu dalam studi ini masih ada beberapa keterbatasan seperti, hanya dilakukan di daerah yang cenderung tidak terlalu luas dan dengan data yang terbatas. Sehingga dalam pengembangan dalam studi-studi pada masa mendatang disarankan untuk:

1. Menggunakan data pengamatan lebih dari 8 tahun untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.
2. Untuk intansi terkait yang memiliki kuasa atas data, diharapkan untuk mempermudah akses data-data terkait, khususnya untuk keperluan akademik.
3. Perlu dilakukan pelatihan data yang lebih optimal, karena semakin lama suatu jaringan dilatih, maka ketelitian pendugaan akan lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidarma, W. K., Hadihardaja, I. K., & Legowo, S. (2010). *Perbanfingan Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dan NRECA*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Budiharto, W., & Suhartono, D. (2014). *Artificial Intelligence*. Yogyakarta: ANDI Offset.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. Singapore: McGraw-Hill.
- Dawson, C. W., & Wilby, R. (1998). An artificial neural network approach to rainfall-runoff modelling. *Hydrological Sciences Journal*, 47-66.
- Fathoni, S., Dermawan, V., & Suhartanto, E. (2016). *Analisis Efektivitas Kerapatan Jaringan Pos Stasiun Hujan di DAS Kedungsoko dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network)*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Han, J., Borden, R. C., Wu, J. S., Gregory, J. D., & Overton, M. F. (2003). *Application of Artificial Neural Networks for Flood Warning Systems*. North Carolina: University of North Carolina.
- Harto, S. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hermawan, A. (2006). *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Indarto. (2012). *Hidrologi - Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Montarjih, L. (2010). *Hidrologi Praktis*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Patterson, D. W. (1996). *Artificial Neural Networks Theory and Applications*. London: Prentice Hall International (UK) Limited.
- Schmidt, A. J. (2019). *The Value of Using Hydrological Datasets for Water Allocation Decisions: Earth Observations, Hydrological Models, and Seasonal Forecasts*. Delft: CRC Press/Balkema.
- Siang, J. J. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung: Nova.
- Soewarno. (1995). *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung: Nova.
- Sutojo, T., Mulyanto, E., & Suhartono, V. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.

Widyastuti, S., Suhartanto, E., & Dermawan, V. (2017). *Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model Artificial Neural Networks (ANN) Sub DAS Lesti*. Malang: Universitas Brawijaya.

Windarto, J., Pawitan, H., Suripin, & J. P., M. J. (2007). *Model-Prediksi Tinggi Muka Air Sungai Kali Garang Semarang dengan Jaringan Saraf Tiruan*. Semarang: Universitas Diponegoro.

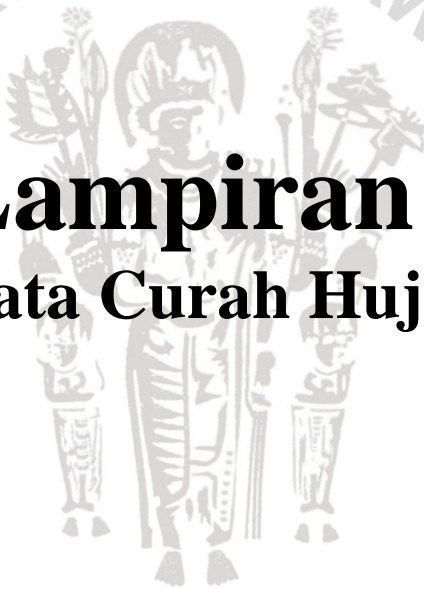




UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 1

Data Curah Hujan





Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 1. Data Curah Hujan

Tahun 2008

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	12	0	0	48	0	0	0	0	0	0	7	2
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20
3	10	0	0	3	0	0	0	0	0	0	15	0
4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	4	0	0	0	0	0	0	30	27	52	0
6	18	7	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0
7	25	75	2	0	0	0	0	0	0	12	0	0
8	8	90	13	0	14	0	0	0	0	0	0	0
9	1	3	0	0	0	0	0	0	0	28	25	25
10	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	4	14
11	0	25	25	1	0	0	0	0	40	0	0	21
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	33
14	0	70	8	57	8	0	0	0	0	0	0	3
15	0	80	34	0	0	0	0	6	0	0	31	3
16	18	7	0	66	0	0	0	0	0	0	50	0
17	4	59	12	0	0	0	0	0	0	0	60	3
18	0	18	36	0	0	0	0	0	0	8	17	0
19	0	41	0	30	0	0	0	0	0	6	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0
21	0	0	46	21	8	0	0	0	0	0	0	61
22	0	16	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0
23	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
24	15	30	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0
25	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	7	0	0	0	0	0	6	17	6	0	0
28	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	4	0	0	0	27	0	0	3	0
30	100		0	40	0	0	0	0	0	0	0	40
31	80		56		0		0		0			37
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2009

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	5	7	0	6	35	0	0	0	0	0	0
2	3	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	6	0	0	38	9	2	0	0	19	0	0
5	0	0	90	0	7	0	0	0	14	11	0	18
6	4	4	104	0	9	0	0	0	0	18	0	0
7	0	3	0	5	9	0	0	0	0	0	0	0
8	33	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	27	34	0	0	0	160	0	0	0	0	20	0
10	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	7	2	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0
12	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	80	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0
15	6	0	0	15	0	0	0	0	0	0	8	0
16	0	15	0	0	5	0	0	0	3	8	10	0
17	2	21	0	0	0	0	0	0	60	0	6	59
18	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
19	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
20	5	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
22	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
23	4	25	6	0	0	0	0	0	0	15	0	11
24	0	16	4	24	0	0	0	0	0	23	0	0
25	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	63
26	9	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	12
27	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
28	9	0	38	12	0	0	0	0	0	0	0	9
29	0	0	0	9	7	0	0	0	0	0	0	9
30	70	0	0	12	35	0	0	0	0	0	0	0
31	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Hujan Maximum	80	60	104	115	38	160	2	0	60	23	50	63
Jml Curah Hujan	319	242	249	212	145	218	2	0	77	94	94	281
Jml. Hari Hujan	17	15	6	8	12	4	1	0	3	6	5	11

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2010

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	30	0	0	0	0	0	0	69	0	0
2	0	0	40	7	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	11	45	12	0	0	0	0	0	0	0
4	11	10	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	75	0	0	0	21	0	0	0	9
6	9	0	0	0	0	7	0	0	0	0	12	0
7	5	21	0	0	19	0	0	0	0	0	3	0
8	0	0	0	0	18	0	15	0	0	0	0	0
9	0	0	7	0	0	45	0	0	34	15	8	57
10	0	0	0	0	83	0	0	0	0	20	41	9
11	0	0	20	5	9	0	8	0	0	0	7	27
12	57	0	12	40	14	0	0	0	0	0	8	1
13	10	0	6	0	37	0	0	0	52	0	0	0
14	5	0	0	0	38	0	0	0	9	0	40	0
15	5	0	0	21	24	13	0	0	0	0	0	85
16	0	0	20	3	0	0	0	50	8	43	68	5
17	0	0	0	0	57	11	7	0	8	18	0	0
18	0	0	6	0	0	0	0	0	0	150	0	0
19	0	0	0	7	0	0	8	0	0	0	0	37
20	7	55	0	3	9	0	0	7	16	0	0	4
21	19	0	65	44	0	0	0	0	5	22	0	4
22	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	2
23	0	0	0	4	0	0	0	20	0	0	0	11
24	0	0	13	0	42	0	7	0	9	0	0	30
25	8	0	42	0	0	0	0	0	7	0	0	0
26	26	0	0	0	0	9	0	0	27	0	0	0
27	0	0	0	0	61	20	0	0	5	0	0	56
28	10	0	0	0	44	0	0	0	0	76	0	20
29	25	0	40	15	0	0	0	12	0	0	0	9
30	0	0	18	4	0	0	0	0	4	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Hujan Maximum	57	55	65	75	83	45	15	50	52	150	68	85
Jml Curah Hujan	205	86	330	350	467	105	45	115	184	413	187	367
Jml. Hari Hujan	14	3	14	15	14	6	5	6	12	8	8	17

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2011

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	24	40	21	0	11	28	0	0	0	0	0	8
2	51	10	11	0	42	0	0	0	0	0	34	0
3	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	42	0	13	7	0	0	0	0	0	19	7
5	0	0	0	6	39	0	0	0	0	0	47	0
6	0	53	0	20	1	0	0	0	0	0	0	8
7	0	0	0	28	3	0	0	0	0	0	14	2
8	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	28	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	0
11	11	0	0	0	0	0	6	0	0	16	2	0
12	31	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	40	7	0	0	0	0	0	0	0	11
14	0	0	10	10	16	0	0	0	85	0	53	0
15	0	0	0	2	0	0	0	0	12	0	0	69
16	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0	13	19
17	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	20
19	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	52	82
20	13	0	0	0	0	0	7	0	0	18	0	14
21	5	7	0	0	0	0	0	0	0	14	0	12
22	4	2	32	0	0	0	0	0	0	17	0	0
23	0	0	6	38	0	0	4	0	0	5	0	0
24	12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	6	0	4	2	0	0	0	0	0	0	5	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	4
27	0	17	0	0	17	0	0	0	0	0	0	13
28	0	32	57	0	0	0	0	0	0	0	0	17
29	0	4	0	0	9	0	0	0	0	61	61	4
30	0		10	63	0	8	0	0	0	16	0	5
31	0		38		0		0	0		4		20
Hujan Maximum	51	53	57	63	42	28	7	0	85	61	61	82
Jml Curah Hujan	214	245	263	189	174	45	17	0	97	159	440	315
Jml. Hari Hujan	14	9	14	10	11	3	3	0	2	9	13	17

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2012

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	8	0	22	0	17	0	0	0	0	0	19
2	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	34	0
3	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	14	0	9	0	0	0	0	0	0	19	7
5	0	14	64	0	0	0	0	0	0	0	47	13
6	54	20	0	0	37	0	0	0	0	14	0	40
7	11	7	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0
8	46	4	7	0	7	0	0	0	0	18	0	0
9	6	0	14	61	0	16	0	0	0	0	28	0
10	16	6	7	0	0	15	0	0	0	0	61	0
11	12	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	45
12	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	15	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	5
14	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	3
15	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
16	20	28	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
17	3	0	13	0	0	0	0	0	0	12	0	0
18	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	51	10
19	13	0	0	0	0	0	0	0	0	8	52	17
20	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	42	2	41	40	0	0	0	0	0	51	0	6
22	12	35	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0	0	36
24	18	0	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
26	20	0	0	38	0	0	0	0	0	13	0	27
27	38	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2
28	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	3
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	0
30	14	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
31	50	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	18
Hujan Maximum	54	35	64	61	37	17	0	0	6	51	61	45
Jml Curah Hujan	498	184	240	219	44	59	0	0	6	116	440	269
Jml. Hari Hujan	23	14	12	7	2	5	0	0	1	6	13	16

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	12	0	0	48	0	0	0	0	0	0	7	2
2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	20
3	10	0	0	3	0	0	0	0	0	0	15	0
4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	50	4	0	0	0	0	0	0	30	27	52	0
6	18	7	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0
7	25	75	2	0	0	0	0	0	0	12	0	0
8	8	90	13	0	14	0	0	0	0	0	0	0
9	1	3	0	0	0	0	0	0	0	28	25	25
10	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	4	14
11	0	25	25	1	0	0	0	0	40	0	0	21
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	0	33
14	0	70	8	57	8	0	0	0	0	0	0	3
15	0	80	34	0	0	0	0	6	0	0	31	3
16	18	7	0	66	0	0	0	0	0	0	50	0
17	4	59	12	0	0	0	0	0	0	0	60	3
18	0	18	36	0	0	0	0	0	0	8	17	0
19	0	41	0	30	0	0	0	0	0	6	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0
21	0	0	46	21	8	0	0	0	0	0	0	61
22	0	16	3	0	0	0	0	0	0	8	0	0
23	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
24	15	30	0	0	0	0	0	0	0	9	6	0
25	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	7	0	0	0	0	0	6	17	6	0	0
28	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	4	0	0	0	27	0	0	3	0
30	100		0	40	0	0	0	0	0	0	0	40
31	80		56		0		0		0			37
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2014

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	15	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
3	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
4	0	175	0	0	0	0	0	49	0	0	0	6
5	11	3	0	0	0	0	104	0	0	5	0	25
6	13	8	0	12	0	12	0	0	64	0	0	80
7	38	1	0	6	0	0	49	0	1	0	0	6
8	15	0	0	0	0	0	0	0	0	61	0	0
9	15	31	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0
10	0	0	0	35	0	0	0	67	0	21	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
12	63	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	136	0	12	0	0	31	0	0
15	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0
16	0	21	0	23	0	0	0	0	0	44	0	9
17	9	0	0	6	0	84	0	0	0	0	0	5
18	16	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	20	0	0	0	0	7	0	0	0	18	0	74
20	40	0	0	0	0	0	31	0	0	0	0	10
21	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
22	0	0	0	0	0	77	21	6	0	14	0	0
23	60	18	0	4	0	31	0	0	0	36	0	6
24	47	0	0	0	22	28	0	0	31	30	0	102
25	40	0	0	0	0	0	0	18	0	41	0	0
26	0	0	0	0	0	0	29	0	28	63	0	0
27	104	0	0	58	0	80	0	0	0	0	0	9
28	17	0	0	98	6	0	0	0	0	0	0	49
29	0	0	0	24	0	0	0	0	0	3	0	0
30	0	0	0	0	0	55	0	0	0	132	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hujan Maximum	104	175	0	98	136	84	104	67	64	132	0	102
Jml Curah Hujan	579	288	0	321	188	374	292	140	124	561	0	409
Jml. Hari Hujan	16	10	0	11	5	8	7	4	4	15	0	14

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	1	0	0	75	0	10	0	3	0	0	0	0
2	19	0	19	74	33	0	0	0	0	0	0	0
3	12	0	58	0	58	0	0	0	0	0	0	0
4	55	0	11	55	8	0	0	0	0	0	0	0
5	27	23	72	50	0	0	0	0	0	0	0	25
6	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	27	43	0	0	0	0	0	5	0	0	0	87
8	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0
9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
10	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	103	38
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	13	0
13	22	122	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0
14	13	18	43	0	0	0	0	0	0	0	0	62
15	7	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	119
16	71	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	0
18	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	10
19	0	49	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	23	11	108	19	0	0	0	0	0	0	0	0
21	23	0	22	0	0	0	0	0	0	0	81	0
22	0	0	18	24	0	0	0	0	0	0	0	41
23	0	70	0	21	0	0	0	0	0	0	0	5
24	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	13	0
28	0	36	0	23	7	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0
30	18		0	72	0	0	0	0	0	0	60	0
31	0		0		0		0		0			0
Hujan Maximum	71	122	108	75	58	10	0	5	0	0	103	119
Jml Curah Hujan	388	372	461	544	106	10	0	8	0	0	374	387
Jml. Hari Hujan	17	8	12	15	4	1	0	2	0	0	10	8

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2016

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0
2	0	0	0	0	0	12	0	0	0	5	0	0
3	0	0	0	0	0	0	55	0	0	42	0	0
4	215	0	17	17	48	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	34	0	0	0	0	0	32	75	0
6	0	58	0	0	0	0	0	0	0	13	48	11
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	20	10
8	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
9	43	0	0	0	63	0	0	0	0	5	38	0
10	4	6	0	154	0	0	0	0	43	100	54	0
11	0	0	0	57	0	0	5	0	0	4	0	0
12	0	35	0	4	0	0	38	0	13	0	0	14
13	0	4	32	45	57	0	0	0	0	0	15	48
14	0	0	0	54	0	0	0	9	0	0	0	13
15	0	0	0	0	0	0	0	1	8	27	0	104
16	0	75	0	0	0	0	0	0	21	0	30	86
17	26	9	0	0	0	0	38	0	10	0	48	2
18	0	0	0	0	0	10	7	34	10	0	0	0
19	0	7	78	0	25	0	0	0	11	0	19	61
20	0	0	0	57	0	0	0	0	13	0	0	0
21	0	0	0	17	63	0	0	0	61	0	0	0
22	0	25	0	0	0	0	20	0	0	0	8	0
23	51	10	0	0	31	23	3	0	29	0	0	0
24	0	0	0	45	0	0	0	0	0	48	11	77
25	83	0	0	0	5	3	0	0	12	0	0	0
26	0	32	0	0	0	0	0	0	0	11	14	95
27	96	9	0	0	0	0	0	0	0	7	56	0
28	70	0	34	78	0	21	0	12	54	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	43	0	7	0	11
30	0		31	0	0	0	0	4	0	0	13	0
31	174		0		0		0	0		25		40
Hujan Maximum	215	75	78	154	63	23	55	43	61	100	75	104
Jml Curah Hujan	762	311	192	562	292	69	166	103	285	343	457	583
Jml. Hari Hujan	9	12	5	11	7	5	7	6	12	14	15	14

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2017

Nama Stasiun : Banyumeneng

No. Stasiun : 99

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	33	7	0	0	0	0	0	0	0	69	0	18
2	24	48	7	0	0	11	0	0	0	10	0	0
3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0
4	11	4	0	40	8	0	0	0	0	27	0	0
5	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	78	0	0	0	0	0	0	0	0	11	14
8	0	5	0	7	31	0	0	0	0	44	42	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	43	0
11	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	24	24
12	0	12	0	0	0	0	0	0	0	50	24	7
13	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0
14	25	62	0	5	0	0	0	0	0	0	19	18
15	67	6	0	0	0	0	0	0	0	0	12	25
16	165	125	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
17	17	23	0	16	0	0	0	0	0	0	23	0
18	12	23	0	0	0	22	0	0	35	0	39	0
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
20	37	0	0	15	0	0	0	0	0	0	11	0
21	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	14
22	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	4	4
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0
24	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	15	0	0	0	0	0	0	0	4	0	28	0
26	86	76	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
27	0	0	43	0	35	10	0	0	0	0	22	13
28	0	5	4	0	8	0	0	0	0	12	0	23
29	0	0	30	0	15	1	0	0	0	0	22	0
30	12	0	31	0	0	0	0	0	56	0	23	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hujan Maximum	165	125	43	40	35	22	14	0	56	69	43	25
Jml Curah Hujan	590	489	115	106	108	44	14	0	102	237	408	189
Jml. Hari Hujan	16	14	5	7	7	4	1	0	4	9	19	12

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2008

Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	4	5	13	26	0	0	0	0	6	0	2	1
2	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	14
3	14	9	0	1	0	0	0	0	0	0	11	3
4	21	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
5	19	4	5	0	0	0	0	0	23	15	41	7
6	8	2	28	22	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8	56	4	0	11	0	0	0	0	7	54	0
8	18	50	18	2	7	3	0	0	0	0	32	12
9	0	24	0	3	0	2	0	0	0	43	10	19
10	2	9	8	2	0	0	0	0	0	9	1	31
11	0	23	31	0	0	0	0	0	20	0	0	28
12	6	4	6	0	2	0	0	3	0	0	50	4
13	4	3	4	3	0	11	0	4	0	23	20	31
14	3	42	26	43	3	0	0	0	0	0	1	7
15	2	47	11	0	0	5	0	2	0	0	65	18
16	23	6	3	25	0	0	0	0	0	0	17	1
17	2	45	9	2	0	0	0	2	0	0	53	12
18	1	33	18	0	0	0	0	0	0	4	11	18
19	4	44	5	17	0	0	0	0	0	3	51	8
20	15	2	2	7	0	0	0	0	0	19	19	9
21	4	3	27	13	9	0	0	0	0	0	3	29
22	5	13	3	3	0	0	0	0	0	3	8	8
23	3	8	0	1	0	0	0	2	0	0	1	7
24	5	29	14	0	0	0	0	2	0	3	3	9
25	3	2	4	0	0	0	0	0	0	5	0	7
26	3	13	6	7	0	0	0	6	0	1	0	14
27	0	4	16	0	0	0	0	2	6	2	48	1
28	0	15	3	0	0	0	0	3	5	0	0	9
29	0	5	8	1	0	0	0	14	0	0	30	25
30	67		18	17	0	0	0	0	0	8	51	17
31	55		27		0		0	0		0		39
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2009

Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	0	12	2	0	19	22	0	0	0	0	0	0
2	1	12	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
4	0	4	3	0	13	12	1	0	0	6	0	3
5	0	0	58	5	20	8	0	0	10	7	7	7
6	1	15	43	3	8	0	0	0	0	6	0	1
7	0	11	0	2	8	0	0	0	0	0	0	7
8	14	77	0	0	8	18	0	0	0	0	18	0
9	11	31	0	0	0	78	0	0	0	0	7	9
10	2	12	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
11	26	1	0	0	0	7	0	0	0	0	14	0
12	12	9	0	10	3	0	0	0	3	3	0	0
13	45	0	0	4	10	5	0	0	0	1	12	0
14	8	0	24	0	0	0	0	0	2	5	18	0
15	5	2	0	7	3	0	0	0	3	0	21	7
16	0	23	0	0	3	0	0	0	8	4	7	22
17	1	7	0	0	0	2	0	2	45	0	9	20
18	4	0	0	0	0	0	0	3	10	0	0	17
19	5	5	0	2	3	0	0	0	5	0	0	0
20	2	0	0	48	0	0	0	0	0	0	11	0
21	6	0	0	17	0	0	0	0	0	0	7	11
22	0	7	7	2	5	0	0	0	0	7	6	11
23	1	8	4	0	6	0	2	0	0	5	1	4
24	0	5	1	9	2	0	11	0	0	14	0	2
25	0	11	0	0	13	0	0	0	0	14	0	42
26	25	8	0	0	6	0	0	0	0	0	0	4
27	0	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	5
28	3	0	23	4	2	0	0	0	0	0	0	4
29	2	0	5	6	2	0	0	0	0	0	0	20
30	33		0	8	22	0	0	0	0	0	0	0
31	17		0		0		0			3		6
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2010

Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	5	13	2	0	6	0	0	0	23	2	0
2	1	1	18	15	0	0	0	0	0	0	0	8
3	22	0	20	23	6	0	0	0	0	2	6	0
4	10	3	2	6	8	1	3	0	2	5	1	1
5	7	0	0	34	1	0	4	9	0	0	6	8
6	15	0	1	4	4	18	0	0	3	0	9	4
7	4	29	0	3	13	0	1	0	28	0	14	5
8	2	0	5	3	15	2	5	0	3	0	3	0
9	0	2	14	0	5	19	0	0	21	11	6	36
10	5	0	0	0	42	2	0	0	1	20	55	11
11	1	0	9	8	7	4	3	0	1	0	3	26
12	55	2	30	45	13	0	3	0	0	0	9	11
13	15	0	5	3	19	3	0	0	17	0	3	10
14	8	1	0	0	25	1	0	2	20	2	29	0
15	11	0	0	9	22	6	0	0	7	1	26	59
16	0	1	8	8	0	0	0	23	6	14	23	9
17	9	2	3	11	43	11	2	0	3	23	0	3
18	1	0	8	0	0	0	0	0	0	56	0	11
19	0	1	4	3	0	0	6	0	0	4	0	28
20	8	63	0	5	16	1	0	2	11	5	3	12
21	16	10	50	15	11	0	0	2	3	8	0	3
22	0	0	0	46	1	0	0	3	7	7	0	4
23	4	0	1	2	6	0	0	15	5	0	17	9
24	9	0	17	0	16	0	2	0	20	17	0	24
25	8	16	71	0	4	4	0	0	15	0	3	8
26	9	0	1	0	4	6	1	0	29	4	1	7
27	11	2	0	4	27	7	0	0	11	0	0	32
28	12	1	14	19	21	0	0	0	8	45	2	15
29	17		23	13	1	0	0	4	2	0	0	6
30	3		34	9	0	2	0	0	3	0	1	0
31	13		5		2		0	2		0		3
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	23	13	20	4	7	9	0	0	0	0	5	3
2	48	9	9	1	24	0	0	0	0	0	13	0
3	5	1	4	0	14	0	0	0	0	1	2	13
4	1	14	1	9	10	0	0	0	0	1	24	9
5	1	24	2	5	26	0	0	0	0	0	32	3
6	1	18	4	7	7	0	0	0	0	0	8	15
7	0	37	0	15	11	0	0	0	0	0	17	9
8	0	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6
9	7	15	0	0	11	0	0	0	0	0	26	0
10	5	0	1	0	0	0	0	0	0	1	38	2
11	18	0	0	1	0	0	4	0	0	5	2	1
12	67	0	11	0	0	0	0	0	0	1	2	0
13	2	0	22	9	7	0	0	0	0	0	1	10
14	0	0	6	27	17	0	0	0	79	2	59	0
15	0	0	0	2	4	0	0	0	7	0	0	29
16	10	0	1	0	9	0	0	0	0	0	13	6
17	10	0	3	3	6	0	0	0	0	5	0	0
18	18	0	4	10	2	0	0	0	0	6	20	22
19	0	3	3	0	3	0	1	0	0	3	23	43
20	6	6	2	4	5	0	4	0	0	9	0	12
21	7	2	3	1	4	0	0	0	4	7	0	10
22	8	1	15	1	0	0	0	0	4	13	0	0
23	5	0	8	32	2	0	3	0	0	12	0	0
24	4	0	17	0	1	0	1	0	0	6	7	0
25	8	3	4	1	0	0	0	0	0	0	5	16
26	0	0	2	14	0	0	0	0	0	8	0	7
27	0	23	4	5	15	0	0	0	0	7	0	24
28	0	21	33	7	0	0	0	0	0	8	0	26
29	2		4	1	0	3	0	0	0	30	35	27
30	3		15	46	0	19	0	0	0	35	6	26
31	10		17		0		0			3		24
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2012

Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	9	4	2	7	0	17	0	0	0	0	0	15
2	27	27	3	0	6	0	0	0	0	0	13	0
3	0	7	0	12	0	0	0	0	0	2	12	0
4	3	10	0	5	16	0	0	0	0	2	21	21
5	2	5	21	2	7	0	0	0	0	3	19	20
6	24	14	14	22	16	0	0	0	0	8	7	36
7	12	14	0	5	3	3	0	0	0	2	5	8
8	15	6	2	20	2	0	0	0	0	8	0	5
9	3	5	25	20	24	5	0	0	0	1	13	0
10	21	2	2	0	0	15	0	0	0	1	25	2
11	11	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	23
12	9	24	5	0	0	0	0	0	0	13	2	0
13	9	0	13	0	3	0	0	0	0	0	10	9
14	10	33	5	10	2	0	0	0	0	3	21	1
15	4	11	0	0	6	2	0	0	0	0	6	13
16	9	13	0	2	0	0	0	0	0	0	9	0
17	8	37	5	5	0	0	0	0	0	5	0	0
18	0	13	5	0	2	0	0	0	0	8	17	26
19	4	2	2	0	0	0	0	0	0	5	19	23
20	0	4	11	4	2	0	0	0	0	3	15	6
21	27	1	19	14	6	3	0	0	0	19	0	11
22	19	34	8	0	0	0	0	0	0	6	7	5
23	3	0	3	0	0	2	0	0	2	0	0	18
24	11	0	28	2	1	0	0	0	0	3	12	1
25	18	2	2	0	0	0	0	0	0	0	13	17
26	25	0	5	19	25	0	0	0	0	9	0	19
27	25	3	9	0	0	0	0	0	0	6	0	23
28	0	3	2	15	0	0	0	0	0	0	0	17
29	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8
30	10		3	8	2	0	0	0	0	5	1	21
31	25		15		0		0	0		0		8
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	33	9	0	9	22	0	0	0	0	0	5	9
2	49	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	29
3	48	0	7	0	0	9	30	0	0	0	5	20
4	49	0	0	20	0	0	40	0	0	0	0	7
5	56	8	11	16	0	0	0	0	4	0	7	5
6	48	0	0	6	0	0	0	0	0	0	9	0
7	13	0	0	47	0	3	0	0	0	0	9	15
8	11	0	77	0	101	20	0	0	0	0	5	26
9	27	8	55	27	0	26	46	0	0	0	7	32
10	33	5	16	25	26	0	7	0	0	0	17	26
11	5	0	33	0	0	26	17	0	0	0	75	0
12	35	0	23	5	17	35	0	0	0	0	6	31
13	0	30	15	20	4	0	0	0	0	0	20	20
14	49	0	89	5	0	4	0	0	0	0	22	15
15	30	3	20	0	25	0	0	0	0	0	2	0
16	13	34	5	0	27	29	0	0	0	0	21	55
17	0	0	13	7	35	11	0	0	0	0	9	37
18	0	17	7	45	0	0	0	0	0	0	9	17
19	27	7	16	0	0	0	0	0	0	20	25	5
20	4	9	0	0	37	20	0	0	0	7	2	6
21	15	15	0	0	0	2	11	0	0	9	0	5
22	73	31	0	21	0	0	0	0	0	0	0	40
23	47	2	31	0	0	0	0	0	0	0	0	5
24	42	0	22	0	0	0	0	0	0	27	23	10
25	15	0	0	25	0	27	0	0	0	10	7	0
26	50	182	0	0	0	0	0	0	0	30	13	0
27	9	18	9	0	5	10	0	0	0	0	9	0
28	0	62	5	0	7	0	0	0	0	27	58	0
29	11		19	0	67	0	0	0	5	0	10	0
30	0		3	0	7	3	0	20	20	0	0	21
31	12		8		18		0	5		0		7
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2014

Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	18	11	0	0	5	0	0	5	0	0	0	0
2	9	31	2	0	17	0	11	5	0	0	0	15
3	7	70	12	0	0	0	30	0	0	0	0	20
4	35	22	0	17	15	0	40	0	0	0	5	10
5	3	12	9	5	0	0	0	0	0	0	0	35
6	97	29	18	5	0	0	0	0	0	2	0	20
7	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	35	25
8	5	74	18	7	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	18	38	25	0	0	46	5	0	0	15	55
10	10	0	10	0	0	7	7	2	0	0	10	0
11	20	0	0	15	0	20	17	0	0	0	0	5
12	6	0	0	25	0	20	0	0	0	0	0	11
13	5	5	117	30	50	30	0	0	0	0	80	1
14	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	3	0
15	7	5	0	29	0	0	0	0	0	0	45	0
16	3	15	0	27	2	5	0	0	0	0	5	5
17	5	3	6	10	35	7	0	0	0	4	30	3
18	25	27	10	0	0	125	0	0	0	0	37	10
19	27	32	45	0	0	0	0	0	0	0	5	11
20	0	46	0	20	0	0	0	0	0	0	0	57
21	17	7	22	0	0	5	11	0	0	0	0	0
22	13	33	6	5	3	0	0	0	0	0	2	10
23	37	16	11	5	5	0	0	0	0	5	15	47
24	2	0	0	12	0	0	0	0	0	0	34	5
25	5	5	0	0	0	53	0	0	0	0	0	25
26	22	0	0	10	0	70	0	0	0	0	0	3
27	19	0	0	22	6	0	0	0	0	10	0	10
28	50	18	27	0	0	0	0	0	0	35	0	0
29	2		15	0	0	20	0	0	0	0	0	0
30	5		11	0	0	0	0	0	0	0	0	13
31	36		0		0		0		0			15
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	10	3	10	19	102	10	0	0	0	0	0	0
2	15	0	31	1	3	0	0	0	0	0	0	11
3	0	18	8	28	6	10	0	0	0	0	0	15
4	2	28	12	7	55	0	0	0	0	0	0	25
5	5	5	61	0	0	0	0	0	0	0	0	10
6	5	35	0	5	21	0	0	0	0	0	0	10
7	10	10	10	6	0	0	0	0	0	0	5	25
8	0	25	0	0	0	8	0	0	0	0	9	2
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
11	7	0	3	55	0	0	0	0	0	0	0	0
12	195	65	5	15	0	0	0	0	0	0	5	2
13	17	14	58	0	0	0	0	0	0	0	0	35
14	25	0	26	0	7	0	0	0	0	0	0	55
15	0	0	37	0	5	0	0	0	0	0	3	2
16	65	10	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0
17	3	17	17	0	0	0	0	0	0	0	18	11
18	0	5	48	0	0	0	0	0	0	0	0	8
19	24	9	39	23	0	0	0	0	0	0	0	14
20	11	7	33	10	0	0	0	0	0	0	35	5
21	7	0	15	8	0	0	0	0	0	0	0	11
22	0	0	35	10	0	0	0	0	0	0	0	16
23	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	10
24	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	2	0	16	0	0	0	0	0	0	4	0
26	0	10	0	25	0	0	0	0	0	0	10	0
27	0	10	1	26	5	0	0	0	1	0	0	20
28	57	0	10	57	3	0	0	0	0	0	5	25
29	42		0	8	0	0	0	0	0	0	10	55
30	97		0	15	0	0	20	0	0	5	2	0
31	20		43		10		0		0			0
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2016

Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2	0	8	0	0	21	3	0	2	2	13	15
2	0	15	0	2	0	63	89	0	0	67	5	2
3	65	0	35	33	0	2	64	0	0	105	22	0
4	3	10	11	12	0	0	9	0	7	15	48	11
5	41	115	25	9	0	0	0	0	0	11	25	17
6	2	19	8	30	0	5	0	0	0	6	35	17
7	0	22	0	5	27	3	0	0	0	0	2	9
8	40	15	22	0	25	1	0	0	0	10	10	0
9	0	45	0	52	0	0	0	0	21	52	68	0
10	0	6	0	18	8	0	3	0	4	12	5	0
11	5	15	25	4	2	0	47	0	0	0	28	8
12	0	20	45	61	15	0	3	0	0	0	9	11
13	18	2	3	15	0	0	38	1	0	0	1	8
14	5	0	5	3	3	1	0	6	6	0	0	16
15	0	10	0	5	0	26	0	0	7	7	15	22
16	0	13	0	22	0	0	2	6	28	4	12	38
17	2	0	10	0	25	5	0	4	14	0	0	9
18	0	36	165	0	0	0	0	1	93	0	2	7
19	0	0	15	22	7	0	19	0	5	0	0	17
20	28	6	0	0	35	1	2	0	3	0	1	2
21	3	72	22	0	0	0	38	0	0	0	7	18
22	10	22	0	31	24	24	41	0	0	0	40	0
23	0	25	0	0	4	22	5	0	2	32	27	0
24	10	5	0	0	12	0	0	0	35	3	92	0
25	5	6	7	0	3	4	0	0	4	3	28	0
26	45	31	0	5	0	0	0	0	15	9	0	10
27	12	12	15	6	15	9	0	66	24	11	7	1
28	0	2	0	56	0	1	5	69	54	40	11	2
29	5	29	12	1	0	0	2	23	0	7	7	8
30	15		1	0	0	0	0	13	8	12	2	12
31	5		32		15		0	2		2		51
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Nama Stasiun : Ngobo

No. Stasiun : 68

Tanggal	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	25	6	0	0	1	0	0	0	0	52	0	14
2	18	45	17	0	0	10	0	0	0	8	0	0
3	6	8	0	0	0	1	0	0	0	12	0	0
4	8	5	1	51	12	0	0	0	0	20	0	0
5	0	16	0	0	5	0	0	0	0	0	10	0
6	1	0	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0
7	1	75	0	0	0	0	0	0	0	0	8	11
8	0	6	0	5	24	0	0	0	0	33	32	0
9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
10	0	3	2	3	0	0	0	0	0	2	32	0
11	0	4	0	16	0	0	0	0	0	0	18	18
12	0	10	0	0	0	0	0	0	0	38	18	5
13	1	4	0	0	4	3	0	0	0	0	2	0
14	19	56	12	9	0	0	0	0	0	0	14	14
15	54	5	0	0	0	0	0	0	0	0	9	19
16	126	100	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0
17	13	20	0	12	5	0	0	0	0	0	17	0
18	12	17	0	9	0	17	0	0	35	0	29	0
19	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	17
20	30	0	0	13	0	0	0	0	0	0	8	0
21	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	11
22	6	0	0	1	0	1	16	0	0	0	3	3
23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0
24	53	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
25	14	1	0	0	0	0	0	0	3	0	21	0
26	76	70	0	0	0	5	0	0	12	0	0	0
27	0	2	39	0	33	8	0	0	0	0	17	10
28	1	4	3	0	7	1	1	0	0	9	0	17
29	1		25	4	12	1	0	0	0	0	17	0
30	9		28	0	0	0	0	0	55	0	17	0
31	0		3		0		0	0		0		0
Hujan Maximum	100	90	56	66	14	0	0	27	40	40	60	61
Jml Curah Hujan	355	583	257	282	30	0	0	39	87	180	277	265
Jml. Hari Hujan	14	20	12	10	3	0	0	3	3	10	13	13

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

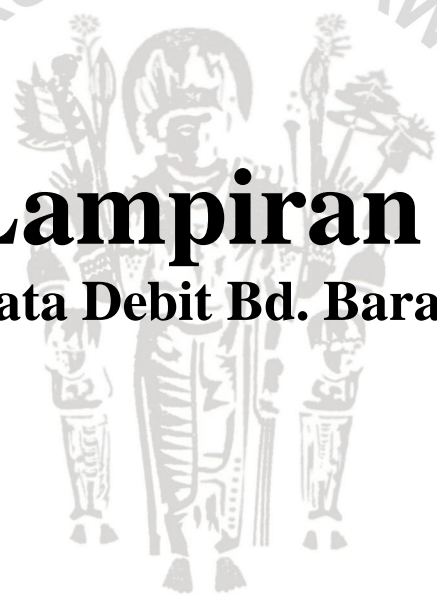




UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 2

Data Debit Bd. Barang





Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 2. Data Debit Bendung Barang

Tahun 2009

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2,32	3,00	2,34	1,67	1,51	1,67	1,77	1,96	0,18	0,29	0,39	2,32
2	2,32	2,55	2,36	1,59	1,61	1,77	1,79	1,94	0,18	0,29	0,39	2,30
3	2,30	2,45	2,41	1,59	1,59	1,71	1,77	1,96	0,18	0,29	0,39	1,69
4	2,30	2,45	2,49	1,61	1,67	1,71	1,77	1,94	0,18	0,29	0,39	0,84
5	2,30	2,41	2,65	1,83	1,61	1,71	1,79	1,94	0,18	0,49	0,35	0,88
6	2,30	2,38	2,45	1,71	1,88	1,67	1,69	1,94	0,18	0,63	0,33	0,75
7	2,32	2,34	2,36	1,88	1,81	1,71	1,75	1,94	0,29	0,49	0,29	0,63
8	2,30	2,53	2,38	1,57	1,67	1,73	1,88	0,92	0,29	0,49	0,29	0,59
9	2,28	2,83	2,32	1,59	1,57	2,63	1,61	0,69	0,29	0,45	0,73	0,90
10	2,28	2,63	2,26	1,59	1,57	2,16	1,69	0,59	0,29	0,57	0,77	0,86
11	2,28	2,51	2,30	1,57	1,57	2,28	1,61	0,59	0,29	0,49	0,69	0,69
12	2,28	2,43	2,16	1,53	1,59	2,14	1,51	0,59	0,26	0,39	0,63	0,59
13	2,77	2,38	2,32	1,55	1,55	2,06	1,61	0,39	0,22	0,39	0,55	0,49
14	2,43	2,38	1,75	1,55	1,61	2,04	1,94	0,39	0,18	0,39	2,14	0,47
15	2,41	2,51	1,45	1,88	1,61	2,02	1,92	0,39	0,18	0,39	0,53	0,39
16	2,41	2,47	1,37	1,57	1,57	2,02	1,92	0,31	0,18	0,69	2,16	0,00
17	1,96	2,38	1,49	1,57	1,69	1,98	1,92	0,29	0,18	0,65	1,10	0,45
18	2,06	2,36	1,55	1,57	1,41	1,96	1,92	0,29	0,18	0,73	0,57	1,45
19	2,04	2,32	1,55	1,88	1,57	1,94	1,94	0,29	0,18	0,61	1,65	1,02
20	2,49	2,34	1,55	1,61	1,55	1,90	1,96	0,29	0,18	0,49	1,59	0,41
21	2,45	2,49	1,55	1,49	1,49	1,77	1,94	0,29	0,29	0,49	1,59	0,96
22	2,38	2,49	1,55	1,53	1,63	1,59	1,94	0,29	0,29	0,45	1,59	1,92
23	2,32	2,38	1,55	1,75	1,90	1,47	1,94	0,29	0,29	0,39	1,59	1,67
24	2,34	2,55	1,63	1,51	2,02	1,53	1,94	0,29	0,29	2,59	1,61	1,71
25	2,53	2,43	1,59	1,55	1,98	1,69	1,94	0,29	0,29	0,92	1,59	2,24
26	2,38	2,34	1,47	1,57	1,67	1,67	1,94	0,29	0,29	0,92	1,59	2,26
27	2,41	2,32	1,53	1,67	1,53	1,49	1,94	0,29	0,29	0,67	1,59	0,41
28	2,38	2,32	2,18	1,71	1,53	1,77	1,94	0,29	0,29	0,59	1,59	2,24
29	3,06		2,22	2,02	1,53	1,79	1,94	0,24	0,29	0,59	2,34	2,18
30	2,47		1,06	2,12	1,53	1,79	1,94	0,18	0,29	0,45	2,30	2,12
31	2,59		0,96		1,53		1,96	0,18		0,39		2,16
Rata-rata (m ³ /dtk)	2,37	2,46	1,90	1,66	1,63	1,85	1,84	0,73	0,24	0,58	1,11	1,21

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

Tahun 2010

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2,04	1,85	2,47	2,32	1,71	2,06	1,41	1,37	1,53	3,30	2,02	1,61
2	2,14	2,08	2,59	2,22	1,63	2,69	1,37	1,35	1,51	3,08	1,41	1,64
3	2,06	1,61	2,34	2,22	1,73	2,69	1,61	1,37	1,51	3,12	1,28	1,61
4	1,83	1,43	2,49	2,06	1,75	2,81	1,51	1,57	1,51	2,89	1,30	1,61
5	2,02	1,79	2,02	2,06	1,67	2,34	1,51	1,88	1,51	2,91	1,81	1,84
6	1,71	1,96	1,77	1,98	1,69	2,32	1,39	1,35	2,00	2,91	2,26	1,61
7	1,71	1,94	1,69	1,92	1,79	2,26	1,47	1,37	1,92	2,59	2,18	1,61
8	1,77	1,59	1,71	1,94	1,81	2,22	1,79	1,37	2,08	2,98	1,61	1,61
9	1,77	1,85	1,65	1,92	2,02	2,87	1,94	1,39	2,69	3,20	1,81	3,05
10	1,77	1,73	1,65	1,88	1,67	2,77	1,67	1,39	1,83	3,08	2,65	1,84
11	2,20	1,67	1,53	2,02	1,53	2,73	1,73	1,39	1,65	2,96	1,79	2,29
12	2,79	1,65	1,45	2,22	1,59	2,55	1,81	1,39	2,26	2,51	1,81	1,64
13	2,08	1,77	1,96	2,30	1,41	2,61	1,81	1,39	3,02	2,28	1,61	1,61
14	1,75	1,71	2,43	2,20	1,39	2,34	1,39	1,37	2,94	2,26	2,62	1,61
15	2,61	1,35	2,43	2,18	1,41	2,79	1,39	1,51	3,02	2,59	1,61	3,76
16	2,47	1,75	2,91	2,18	1,45	2,75	1,37	2,65	3,16	3,20	3,33	1,74
17	2,30	2,24	2,83	2,12	1,39	2,71	1,35	1,55	3,04	4,14	1,61	1,61
18	1,49	1,75	3,12	2,18	1,41	2,71	1,35	1,41	2,98	2,65	1,61	1,61
19	1,63	2,00	2,96	2,24	1,49	2,49	1,35	1,61	2,65	2,38	1,61	2,55
20	2,30	2,32	2,87	2,02	1,65	1,75	1,37	2,51	2,59	2,32	1,61	1,71
21	2,43	2,10	2,85	2,20	1,65	1,55	1,53	2,08	3,08	2,41	1,61	1,71
22	2,53	2,10	2,55	1,98	1,67	1,45	1,37	2,32	2,22	2,38	1,61	1,66
23	2,34	2,04	2,45	1,88	1,67	1,43	1,37	2,96	2,69	2,30	1,61	1,89
24	2,36	2,26	2,53	1,85	1,69	1,41	1,35	2,38	2,91	2,28	1,61	2,37
25	2,41	1,85	2,55	1,83	1,73	1,49	1,35	2,06	3,10	2,24	1,61	1,61
26	2,26	1,81	2,47	1,81	1,75	1,96	1,35	1,96	3,04	2,22	1,61	1,61
27	2,22	2,24	2,41	1,77	1,94	2,18	1,43	1,53	3,00	2,32	1,61	3,03
28	2,18	2,47	2,65	1,98	1,90	1,81	1,51	1,51	2,69	2,28	1,61	2,12
29	2,18	2,47	2,47	1,85	1,96	1,45	1,61	1,51	2,53	2,28	1,61	1,84
30	2,14	2,34	1,77	2,04	1,45	1,37	1,71	3,22	2,24	1,61	1,61	1,61
31	2,00	2,26	2,04	2,04	1,37	1,73	2,22	1,61	1,61	1,61	1,61	1,61
Rata-rata (m ³ /dtk)	2,11	1,89	2,33	2,04	1,68	2,22	1,49	1,71	2,46	2,66	1,79	1,91

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

Tahun 2011

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	3,53	3,71	4,22	4,10	4,20	3,95	3,87	4,46	3,06	2,69	2,41	2,20
2	4,04	4,26	4,22	3,97	3,89	3,83	3,83	3,22	3,02	2,57	1,79	2,16
3	3,65	3,14	4,42	4,22	3,79	3,79	3,91	3,14	2,91	2,47	1,81	1,90
4	3,51	3,24	4,16	4,14	3,93	3,24	3,93	2,73	2,79	2,45	1,75	1,81
5	3,71	3,49	4,00	4,02	4,22	5,69	3,87	2,73	2,77	2,53	2,28	2,28
6	3,51	3,65	3,85	3,67	4,08	3,44	3,85	2,71	2,67	2,57	1,59	1,98
7	3,51	3,79	3,79	3,91	4,10	4,67	3,79	2,81	2,87	2,61	2,32	1,92
8	3,44	4,02	3,93	3,97	4,04	3,85	3,67	2,89	2,91	2,63	2,22	1,88
9	2,53	4,28	3,89	3,89	3,91	3,93	3,79	3,02	2,94	2,69	2,61	1,41
10	3,59	4,16	3,83	4,10	3,97	3,89	3,85	3,04	2,98	2,67	3,04	1,24
11	4,26	4,04	3,93	3,79	3,93	3,65	3,83	3,10	2,73	3,53	2,83	1,26
12	4,26	3,75	3,89	3,85	3,93	4,26	3,87	3,18	2,67	3,02	2,73	2,32
13	3,20	3,65	3,83	3,85	3,87	3,44	3,91	4,26	2,71	2,85	2,59	2,55
14	3,65	3,93	3,83	4,02	3,97	4,16	3,93	4,26	1,51	2,81	2,34	2,47
15	3,89	3,91	4,02	4,06	4,06	4,26	3,93	4,26	1,51	2,73	2,75	2,47
16	3,65	3,91	3,91	3,87	3,97	3,44	3,85	3,65	4,02	2,73	2,75	1,30
17	3,75	3,77	3,91	3,87	3,83	3,65	3,77	3,85	4,04	2,63	2,63	1,20
18	3,69	3,77	3,89	3,87	3,83	3,79	3,73	3,18	3,93	2,59	3,65	1,81
19	3,51	3,79	3,85	3,81	3,81	3,89	3,83	3,12	3,75	2,53	2,53	2,43
20	3,51	3,95	3,85	3,89	3,85	3,89	3,59	3,04	3,67	2,71	2,47	2,34
21	4,06	3,95	3,93	3,95	3,91	3,89	3,81	2,96	3,55	4,04	2,41	2,41
22	3,67	3,91	3,97	4,00	3,85	3,77	3,85	2,81	3,55	3,89	2,51	2,36
23	3,51	3,91	3,95	4,10	3,89	3,83	3,87	2,67	3,22	3,95	2,12	2,28
24	3,44	3,89	3,79	4,24	3,69	3,87	3,73	2,91	3,16	3,91	1,81	2,22
25	4,26	3,83	3,93	4,00	3,49	3,75	3,65	2,85	3,08	3,95	1,94	1,94
26	4,46	3,83	4,10	4,14	4,46	3,73	3,65	2,79	3,20	4,00	2,53	1,81
27	3,65	4,08	3,95	4,02	3,20	3,77	3,55	2,98	3,02	4,02	2,53	1,79
28	3,77	4,10	4,02	4,00	3,77	3,87	3,24	2,79	2,98	3,83	2,83	1,67
29	3,97	4,20	4,02	4,02	3,44	3,93	3,85	2,75	2,89	3,83	2,34	1,53
30	3,87	4,08	4,12	3,44	4,00	3,44	2,61	2,59	3,77	1,81	1,81	
31	3,57	3,65	3,85	3,85	3,85	3,44	2,67	3,67	3,67	3,67	1,20	
Rata-rata (m ³ /dtk)	3,70	3,85	3,96	3,98	3,88	3,91	3,77	3,14	3,02	3,12	2,40	1,93

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

Tahun 2012

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2,73	2,34	1,77	2,36	1,49	2,28	1,83	1,10	0,51	0,39	0,63	1,57
2	2,38	2,28	2,00	1,69	1,49	1,81	1,45	1,08	0,49	0,39	0,63	1,28
3	2,18	2,34	1,57	1,65	1,49	1,81	1,26	1,06	0,49	0,39	0,63	1,53
4	2,10	2,71	1,65	1,88	1,43	1,81	1,26	1,06	0,49	0,39	0,63	1,69
5	2,96	2,87	1,59	1,65	1,73	1,81	1,26	1,04	0,49	0,35	0,63	2,28
6	1,98	2,47	1,55	1,59	1,41	1,81	1,24	1,04	0,47	0,35	1,71	2,22
7	2,47	2,08	1,53	1,45	1,61	1,81	1,24	1,04	0,47	0,35	2,04	2,16
8	2,16	1,77	1,57	1,45	1,41	1,81	1,24	1,04	0,45	0,35	1,45	1,94
9	2,79	1,53	1,53	2,30	1,39	2,77	1,24	1,02	0,45	1,30	1,45	1,47
10	2,41	1,43	1,57	2,22	1,32	1,81	1,24	0,96	0,45	1,75	2,00	2,06
11	2,34	1,30	1,51	2,20	1,43	1,90	1,24	0,96	0,45	1,75	1,63	2,28
12	2,28	1,30	1,35	2,00	1,49	1,90	1,24	0,90	0,45	1,75	1,51	2,38
13	2,47	1,30	1,30	2,36	1,65	1,88	1,24	0,90	0,45	1,75	1,41	2,30
14	2,28	1,32	1,30	1,39	1,69	1,88	1,24	0,90	0,45	0,53	1,55	2,28
15	2,08	1,32	1,35	1,63	1,67	1,88	1,24	0,90	0,45	0,53	1,57	2,22
16	2,14	1,45	1,26	1,45	1,30	1,85	1,24	0,84	0,45	0,51	1,81	2,20
17	2,20	2,43	1,47	1,57	1,77	1,85	1,14	0,84	0,45	0,51	2,32	2,16
18	2,14	2,14	1,81	1,53	1,65	1,85	1,14	0,84	0,45	0,51	2,32	2,22
19	2,10	2,22	2,14	1,57	1,83	1,85	1,14	0,84	0,43	2,08	2,30	2,20
20	2,43	2,12	1,20	1,69	1,85	1,85	1,06	0,79	0,43	2,04	2,20	2,20
21	2,36	2,02	1,81	1,71	1,83	1,85	1,14	0,73	0,43	1,67	2,10	2,18
22	2,41	2,18	1,30	1,53	1,83	1,83	1,14	0,71	0,43	1,49	2,28	2,22
23	2,83	2,00	1,51	1,39	1,83	1,83	1,10	0,67	0,41	0,69	2,57	2,22
24	2,41	1,96	1,53	1,49	1,83	1,83	1,10	0,65	0,39	0,69	2,12	2,00
25	2,57	1,92	1,59	1,57	1,83	1,83	1,10	0,65	0,39	0,67	2,30	2,20
26	2,34	1,90	1,63	1,43	1,83	1,83	1,10	0,65	0,39	0,67	2,22	2,38
27	2,28	1,96	2,12	1,71	1,83	1,83	1,10	0,65	0,39	0,67	2,02	2,24
28	2,41	1,83	1,73	1,61	1,83	1,83	1,10	0,61	0,39	0,67	2,20	2,20
29	2,36	1,79	1,90	1,59	1,83	1,83	1,10	0,61	0,39	0,67	2,34	2,32
30	2,34	2,53	1,49	1,83	1,83	1,83	1,10	0,55	0,39	0,65	2,06	2,20
31	2,65	2,96	1,61	1,83	1,83	1,83	1,10	0,53	0,65	0,65	2,30	2,30
Rata-rata (m ³ /dtk)	2,37	1,94	1,67	1,70	1,65	1,89	1,21	0,84	0,44	0,88	1,76	2,10

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2013

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	2,38	2,22	2,45	2,22	1,49	2,08	1,67	2,24	1,69	1,77	1,51	2,24
2	2,26	2,20	2,28	2,24	2,22	1,88	2,04	2,06	1,61	1,61	1,51	2,22
3	2,24	2,14	2,22	2,16	2,14	2,06	2,28	1,92	1,61	1,59	1,51	2,22
4	2,34	2,20	2,22	2,34	2,06	2,28	2,32	1,69	1,61	1,59	1,51	2,24
5	2,30	1,75	2,20	2,26	1,98	1,75	2,28	1,67	1,61	1,59	1,51	2,59
6	2,30	1,85	2,10	2,38	1,55	2,18	1,81	1,73	1,61	1,59	1,57	2,43
7	1,96	1,65	2,08	2,59	1,88	2,32	1,59	1,65	1,61	1,59	2,10	2,57
8	2,30	1,65	2,12	2,38	1,51	2,34	1,81	1,65	1,61	1,75	2,16	2,91
9	2,30	1,53	2,22	2,53	2,18	2,43	2,26	1,65	1,65	1,57	2,04	2,96
10	2,30	2,26	2,24	2,47	2,10	2,38	2,38	1,65	1,71	1,57	2,12	3,00
11	2,38	2,22	2,20	2,41	1,67	2,34	2,34	1,77	1,61	1,57	1,69	2,83
12	2,53	1,94	2,18	2,30	1,81	2,32	2,51	1,63	1,65	1,57	2,32	2,47
13	2,22	1,61	2,24	2,26	2,24	2,30	2,36	1,63	1,61	1,81	2,22	2,41
14	2,41	1,61	3,08	2,22	1,83	2,28	2,12	1,63	1,61	2,20	2,16	2,32
15	2,51	1,61	2,32	2,22	2,12	2,28	1,83	1,63	1,61	2,20	2,18	2,04
16	2,38	2,14	2,36	2,24	2,34	2,28	1,63	1,63	1,61	1,96	2,20	2,41
17	2,41	2,24	2,22	2,24	2,28	2,36	1,63	1,63	1,61	1,61	2,16	2,43
18	2,73	2,14	1,85	2,55	2,98	2,34	2,24	1,75	1,61	1,61	1,96	2,14
19	2,65	2,14	2,14	2,34	2,02	1,88	1,63	1,65	1,61	1,61	2,20	1,79
20	2,45	1,98	2,14	2,30	2,47	1,83	1,63	1,65	1,61	1,69	2,08	2,63
21	3,18	1,92	2,10	1,96	2,43	2,43	2,00	1,65	1,61	1,75	2,16	2,36
22	2,85	1,96	2,08	1,92	2,34	2,32	1,90	1,71	1,61	1,77	2,43	2,47
23	1,94	2,30	2,20	2,18	2,32	2,24	1,67	1,71	1,61	1,45	2,49	2,30
24	1,71	2,22	2,22	2,18	2,28	2,24	1,67	1,65	1,61	1,47	2,43	2,28
25	2,06	2,14	2,16	2,30	2,24	2,34	1,67	1,65	1,61	2,20	2,32	2,16
26	2,61	2,81	2,16	2,22	2,26	2,32	1,67	1,63	1,61	1,49	2,32	2,14
27	2,10	2,06	2,16	2,18	2,24	2,36	1,67	1,63	1,61	2,18	2,45	1,88
28	2,36	2,32	2,16	2,12	2,22	2,34	2,26	1,65	1,61	1,98	2,36	1,55
29	1,94	2,14	2,00	2,57	2,32	2,10	1,65	1,77	1,65	2,20	1,57	1,57
30	2,30	2,14	1,59	2,20	1,61	2,22	1,77	1,94	1,61	2,00	1,63	1,63
31	2,22	2,10	2,14	2,14	2,14	2,24	2,08	1,41	1,41	1,41	2,08	2,08
Rata-rata (m ³ /dtk)	2,34	2,03	2,21	2,24	2,13	2,22	1,98	1,72	1,64	1,71	2,06	2,30

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

Tahun 2015

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	1,41	1,57	1,43	1,28	1,26	1,26	2,32	2,10	1,55	1,20	1,20	1,30
2	1,41	1,57	1,32	1,67	1,65	1,32	2,30	2,12	1,92	1,20	1,20	1,20
3	1,51	1,45	1,49	1,20	2,04	1,35	2,28	1,79	1,96	1,20	1,20	1,39
4	1,45	1,41	1,69	1,20	1,32	1,35	2,30	2,18	1,96	1,20	1,20	1,37
5	1,45	1,37	1,28	1,20	1,22	1,49	2,36	1,53	1,96	1,20	1,20	2,06
6	1,37	1,53	1,81	1,51	1,30	1,61	2,30	1,41	1,96	1,20	1,20	1,32
7	1,41	1,45	2,22	1,22	1,30	1,39	2,49	1,37	1,71	1,20	1,20	1,35
8	1,53	1,39	1,75	1,37	1,30	1,39	2,34	1,37	1,26	1,20	1,94	1,30
9	1,35	1,37	2,49	1,20	1,30	1,37	2,28	1,39	1,24	1,20	2,26	1,24
10	1,75	1,85	2,10	1,20	1,30	1,37	2,26	2,28	1,22	1,20	1,73	1,30
11	2,26	2,47	2,22	1,96	1,30	1,37	2,26	1,81	1,43	1,20	2,36	1,28
12	2,63	2,30	2,10	1,20	1,28	1,37	2,26	1,47	1,26	1,20	2,38	1,35
13	2,91	1,57	2,38	2,36	1,26	1,55	2,32	1,45	1,26	1,20	2,38	1,32
14	1,98	1,45	1,90	1,45	2,26	1,77	2,00	1,47	1,20	1,20	1,96	1,24
15	1,61	1,37	1,35	1,63	2,10	1,20	2,22	1,45	1,20	1,20	1,20	1,24
16	1,77	1,37	1,28	2,22	1,20	1,26	2,14	2,02	1,20	1,20	1,20	1,24
17	1,65	1,49	1,85	2,18	1,47	2,24	2,18	1,43	1,20	1,20	1,20	1,24
18	1,53	1,28	1,55	2,04	1,83	2,12	2,18	1,43	1,20	1,20	2,16	2,20
19	1,53	1,37	1,83	1,90	1,22	2,45	1,98	1,39	1,20	1,20	2,59	1,59
20	1,61	1,35	2,18	1,53	1,26	2,12	2,16	1,41	1,20	1,20	1,20	2,00
21	1,61	1,69	2,45	1,24	1,26	1,83	2,30	1,26	1,20	1,20	1,20	2,06
22	1,51	2,02	1,53	1,20	1,43	2,69	2,26	1,20	1,20	1,20	1,67	1,26
23	1,47	1,77	1,43	1,20	1,98	2,45	2,22	1,20	1,20	1,20	1,20	2,63
24	1,49	2,36	1,67	1,20	1,83	2,28	2,02	1,20	1,20	1,20	2,77	2,36
25	1,65	1,81	1,45	1,20	1,22	2,28	1,92	1,20	1,20	1,20	1,49	2,32
26	1,53	1,37	1,45	1,63	1,51	2,10	2,36	1,20	1,20	1,20	1,30	1,30
27	1,41	1,45	1,45	1,83	1,73	2,04	2,26	1,20	1,20	1,20	1,63	1,53
28	2,02	1,37	1,43	2,16	1,61	1,57	1,47	1,20	1,20	1,20	2,08	1,28
29	2,55	1,37	2,24	1,65	1,26	1,45	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	2,00
30	1,88	1,37	1,75	1,20	1,26	1,77	1,20	2,14	1,20	1,20	1,32	2,49
31	1,71	1,37	2,10	1,20	1,26	1,77	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	3,12
Rata-rata (m ³ /dtk)	1,71	1,60	1,78	1,54	1,47	1,73	2,13	1,52	1,37	1,20	1,63	1,64

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Tahun 2016

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	1,20	1,30	1,30	1,73	2,47	2,43	1,69	1,59	1,28	1,28	2,08	3,57
2	1,20	1,45	1,28	1,39	1,32	1,26	1,92	1,65	1,30	1,28	2,08	3,49
3	1,20	1,32	3,04	1,28	2,79	1,28	2,45	1,43	1,30	1,20	1,61	3,26
4	1,20	1,73	1,47	1,67	1,35	1,26	1,85	1,43	1,30	1,20	1,32	3,10
5	2,24	1,30	2,18	1,79	1,63	1,30	1,53	1,37	1,39	1,20	1,30	1,69
6	1,77	1,30	1,35	2,02	1,49	1,51	1,90	1,26	1,57	1,20	1,30	1,51
7	1,63	1,35	1,26	1,77	1,24	1,79	2,06	1,26	1,59	1,20	1,30	1,53
8	1,37	1,32	1,94	1,65	1,26	1,73	1,65	1,26	1,69	1,20	1,28	1,49
9	1,20	1,35	1,28	1,85	1,24	1,98	2,49	1,26	1,77	1,20	1,37	1,77
10	1,20	1,32	1,43	1,49	1,30	1,81	2,34	1,41	2,18	1,20	1,35	1,85
11	1,20	1,37	1,43	1,65	1,53	1,55	2,18	1,26	1,37	1,20	1,43	2,04
12	1,37	1,32	1,28	1,71	1,79	1,53	3,04	1,26	1,61	1,20	1,65	2,00
13	1,45	1,32	1,24	1,61	1,28	1,49	3,04	2,34	1,85	1,20	1,59	1,63
14	1,20	1,30	1,32	2,02	2,83	1,41	2,49	1,30	1,43	1,20	1,43	1,73
15	1,20	1,43	1,39	1,37	3,16	2,04	2,30	1,26	1,65	1,20	1,55	2,75
16	1,20	2,41	1,24	1,30	1,35	3,08	2,89	1,30	2,45	1,20	1,77	1,69
17	1,20	1,30	1,81	1,26	2,18	1,77	2,63	1,61	2,12	1,20	1,85	1,59
18	1,20	1,30	2,30	1,47	1,37	1,69	2,63	1,57	1,98	1,79	1,83	1,43
19	1,30	1,30	1,57	1,90	1,73	1,51	2,63	1,26	1,57	1,92	1,61	1,47
20	1,61	1,32	1,26	1,71	1,67	1,37	2,63	1,49	1,26	1,98	1,37	1,71
21	1,41	1,32	1,59	1,67	1,39	2,16	2,63	1,32	1,26	2,12	1,73	1,69
22	1,30	1,30	1,22	1,73	3,14	2,30	3,24	1,53	1,26	2,12	2,08	1,37
23	1,43	1,28	1,20	2,41	2,18	1,45	3,24	1,41	1,26	2,18	1,51	1,47
24	1,35	1,32	2,18	1,28	1,35	1,41	3,16	1,71	1,28	2,22	1,85	1,43
25	1,20	1,71	1,22	1,63	1,57	1,35	2,22	1,30	1,28	2,22	3,02	1,77
26	2,30	1,30	1,26	1,79	1,35	1,28	2,22	1,30	1,28	2,16	2,14	1,71
27	3,55	1,30	1,24	1,71	1,49	1,28	2,22	1,63	1,32	2,14	2,00	1,51
28	2,20	1,30	1,83	2,20	1,65	1,20	2,22	3,02	1,32	2,14	2,04	1,39
29	1,65	1,30	1,30	2,91	1,37	1,20	2,22	2,34	1,30	2,12	1,98	1,41
30	2,18	2,08	2,53	1,98	1,20	2,22	1,90	1,28	2,10	2,06	1,47	1,47
31	1,51	1,24	2,12	2,22	1,28	2,08	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Rata-rata (m ³ /dtk)	1,52	1,39	1,54	1,75	1,76	1,62	2,39	1,53	1,52	1,61	1,72	1,87

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah

Tahun 2017

Nama Pos : Pos Bendung Barang

Tanggal	Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nop	Des
1	1,71	2,36	1,45	1,39	1,37	2,24	1,20	1,20	1,20	1,45	1,20	1,55
2	1,65	2,43	1,37	1,30	1,37	1,83	1,20	1,20	1,20	1,32	1,20	1,20
3	1,41	1,65	1,75	1,24	1,32	1,57	1,20	1,20	1,20	1,32	1,20	1,20
4	1,35	1,67	1,63	1,55	1,37	1,45	1,20	1,20	1,20	1,41	1,20	1,20
5	1,28	1,83	1,37	1,43	1,39	1,41	1,20	1,20	1,20	1,28	1,20	1,26
6	1,47	1,61	1,32	1,37	1,49	1,39	1,20	1,20	1,20	1,24	1,20	1,35
7	1,41	1,55	1,30	1,24	1,43	1,37	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
8	1,49	1,47	1,28	1,77	1,79	1,45	1,20	1,20	1,20	1,37	1,20	1,20
9	1,69	1,45	1,37	1,61	1,63	1,39	1,20	1,20	1,20	1,37	1,20	1,20
10	1,69	1,45	1,45	1,69	1,37	1,30	1,20	1,20	1,20	1,32	1,20	1,20
11	1,57	1,49	1,55	1,69	1,32	1,28	1,20	1,20	1,20	1,43	1,20	1,47
12	1,45	1,45	1,47	1,53	1,26	1,30	1,20	1,20	1,20	1,39	1,30	1,37
13	1,75	1,81	1,41	1,41	1,20	1,26	1,20	1,20	1,20	1,35	1,51	1,20
14	2,04	1,63	1,41	1,49	1,20	1,24	1,20	1,20	1,20	1,30	1,88	1,98
15	3,06	3,85	1,45	1,49	1,20	1,24	1,20	1,20	1,20	1,28	1,47	1,51
16	1,96	2,63	1,39	1,43	1,20	1,24	1,20	1,20	1,20	1,26	2,26	1,20
17	1,90	1,75	1,35	1,37	1,20	1,26	1,20	1,20	1,20	1,39	1,65	1,20
18	2,34	1,67	1,28	1,51	1,20	1,24	1,20	1,20	1,20	1,32	1,47	1,20
19	3,69	1,53	1,28	1,35	1,20	1,24	1,20	1,20	1,20	1,30	1,43	1,39
20	1,69	1,49	2,83	1,32	1,20	1,22	1,20	1,20	1,20	1,30	1,39	1,30
21	1,55	1,47	1,61	1,28	1,20	1,22	1,20	1,20	1,20	1,28	1,35	1,35
22	1,67	1,41	1,47	1,30	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,28	1,55	1,65
23	1,61	1,53	1,41	1,28	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,26	1,55	1,43
24	1,73	1,51	1,37	1,35	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,26	1,61	1,35
25	1,77	1,67	1,28	1,28	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,22	2,12	1,26
26	1,57	1,51	1,61	1,32	1,35	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,63	1,26
27	1,57	1,39	1,49	1,28	1,53	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,37	1,26
28	1,47	1,39	1,39	1,24	1,69	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,88	1,47
29	1,39	1,37	1,24	1,55	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,61	1,22
30	1,39	1,28	1,24	1,51	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,79	1,20
31	1,61	1,59	1,39	1,39	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	2,08
Rata-rata (m ³ /dtk)	1,74	1,74	1,47	1,40	1,35	1,33	1,20	1,20	1,20	1,30	1,47	1,35

Sumber: Dinas PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lampiran 3

Foto Dokumentasi





Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 3. Foto Dokumentasi



Gambar 1 Dokumentasi di depan Kantor PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Gambar 2 Dokumentasi saat meminta data hujan di PUSDATARU Provinsi Jawa Tengah



Halaman ini sengaja dikosongkan

RIWAYAT HIDUP



Novianti Sidi Astri lahir di Bekasi 14 November, merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara, pasangan Dadi Permadi dan Sisilia.

Lulus dari SMA Negeri 31 Jakarta pada tahun 2015, lalu melanjutkan pendidikan sarjana di Teknik Pengairan Universitas Brawijaya dan lulus pada tahun 2019. Pada saat berkuliah, juga aktif berorganisasi, dan pernah menjadi Kepala Departemen Keilmuan Himpunan Mahasiswa Pengairan Periode 2018/2019.

Penulis adalah Asisten Dosen Mata Kuliah Struktur Statis Tertentu (2018) dan Konstruksi Bendungan II (2019).

Diluar kegiatan organisasi, penulis juga pernah menjadi Juara 1 dalam kompetisi nasional yaitu Lomba Desain Konstruksi Bendungan Nasional 2018 yang diadakan di Makassar.

Penulis juga menjadi partisipan dalam kegiatan *Indonesia Water Challenge* 2019 yang diselenggarakan atas kerja sama *The Water Agency*, Pemerintah Belanda serta Pemerintah Indonesia dan diadakan di Terminal Teluk Lamong.

Penulis pernah menjadi pegawai magang di PT. AMT Consultants selama dua bulan (Juli hingga September 2017) dan pegawai kontrak di PERUM Jasa Tirta I pada Bulan Juni hingga Agustus 2019 dengan tugas memperbaharui Peta DAS dan SubDAS di Wilayah Brantas menggunakan bantuan ArcGIS.

Malang, November 2019

Penulis

