

**ANALISA HUJAN LIMPASAN DI SUB DAS GONGSENG
KABUPATEN BOJONEGORO JAWA TIMUR
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN**

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

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



POETRI MUSTIKA CHANDY

NIM. 155060401111023

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2019

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA HUJAN LIMPASAN DI SUB DAS GONGSENG
KABUPATEN BOJONEGRO JAWA TIMUR
MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PENGETAHUAN DASAR
TEKNIK SUMBER DAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
 memperoleh gelar Sarjana Teknik



POETRI MUSTIKA CANDY
NIM. 155060401111023

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
 pada tanggal 18 November 2019.

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ery Suhartanto, ST., MT.
NIP. 19730305 199903 1 001

Sri Wahyuni, S.T., M.T.Ph.D
NIP. 19711209 199803 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pengairan



Dr. Ir. Essy Andawayanti, M.S.
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,



Nama : Poetri Mustika Chandy

NIM : 155060401111023

Jurusan: TEKNIK PENGAIRAN



DATA DIRI PENULIS



Assalamualaikum wr.wb

Poetri Mustika Chandy, atau lebih sering dipanggil “candy”. Lahir di Sragen, Jawa Tengah pada tanggal 11 November 1997. Penulis lahir dari orang tua Ibnuoe Soedjoko (ayah) dan Ibu Ukhrowiyah (ibu) sebagai anak bungsu dari tiga bersaudara, mempunyai kakak bernama Evelyne dan Irawan.

Pendidikan formal yang dilalui penulis antara lain:

- TK Kartika IV-VV Yonif 408 Sragen (2001-2003)
- SDN 12 Sragen (2003-2009)
- SMP Negeri 6 Sragen (2009-2012)
- SMA Negeri 2 Sragen (2012-2015)

Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Brawijaya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan. Selama menjalani perkuliahan, penulis turut serta dalam kegiatan dan organisasi kemahasiswaan, antara lain:

1. Kongres Mahasiswa Pengairan sebagai anggota Konsumsi (2016)
2. WRE Games sebagai anggota Perlengkapan (2016)
3. Water Day (Pengairan Berdasi) sebagai anggota Acara (2016)
4. Probin Maba Jurusan sebagai anggota Acara Pengesahan (2016)
5. Krida Fakultas sebagai anggota Acara Lapangan (2016)
6. Himpunan Mahasiswa Pengairan sebagai Staff Divisi Minat dan Bakat (2017-2018)
7. Triaksara sebagai Staff Divisi Pementasan (2017)
8. Pengairan Peduli Lingkungan sebagai anggota Acara (2017 dan 2018)
9. Water Day (Garage Sale) sebagai Penanggung Jawab Dekorasi (2017)
10. Pekan DAS Brantas sebagai anggota Dekorasi Pusat (2018)
11. Asisten Tugas Besar mata kuliah Rancangan Drainasi (2018)
12. Himpunan Mahasiswa Pengairan sebagai Staff Divisi Hari Air Dunia (2018-2019)

Penulis bangga dapat menjadi bagian dari Teknik Pengairan yang mana saya mendapatkan banyak ilmu serta pengalaman yang luar biasa. Semoga kita selalu diberikan kesehatan dan rezeki dan dapat berkumpul kembali dengan keadaan yang lebih baik.

Wassalamualaikum wr.wb

TURNITIN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 125/UN10.F07.14.11/TU/2019

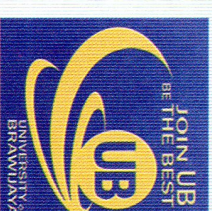
Sertifikat ini diberikan kepada :

POETRI MUSTIKA CHANDY

Dengan Judul Skripsi :

**ANALISA HUJAN LIMPASAN DI SUB DAS GONGSENG KABUPATEN BOJONEGORO JAWA TIMUR
MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 5 Desember 2019



Dr. Ir. Usy Andawayanti, MS

NIP. 19610131 198609 2 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan

Dr. Very Dermawan, ST, MT

NIP. 19730217 199903 1 001

Semangat ya nduk, kau semangat hidupku.

– Ibuk

Even if you do not have what you want and you do not reach your desired goal. I wanted to tell you that you've worked hard. You are person who deserves to be liked. You are people who deserve to be fully love. Thank you.

– Jae.

You've lost youth when you lose that passion. In your life, when you lose yourself, I want you to actually believe in yourself. And whatever you wanna do, try it, go with it and taste the failure. You can succed, that's great. But there's always failure eventho its hurts. But that's gonna make you stronger cause that's not gonna be the end. If you believe in yourself, that's not the end. There's more to it. So you learn from it and be happy at the end.

– YoungK.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penyusun panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi dengan judul **“Analisa Hujan Limpasan di Sub DAS Gongseng Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur menggunakan Jaringan Saraf Tiruan”** dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST).

Dengan segala kesungguhan dan kerendahan hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ukhrowiyah, Bapak Ibnoe Soedjoko, Mbak Evelyne Maharani dan Mas Irawan Fajar, selalu memberi kasih sayang, doa dan motivasi tiada henti diberikan kepada penyusun.
2. Om Mulyoko dan Bulek Sri, sebagai orang tua wali di Malang yang selalu memberikan do'a serta dukungan penuh.
3. Bapak Dr. Ery Suhartanto, ST., MT. dan Ibu Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan, dukungan, saran, serta motivasi kepada penyusun.
4. Bapak Dr. Ir Widandi Soetopo, M.Eng dan Bapak Bambang Winarta, ST,MT.Ph.D selaku dosen penguji yang telah bersedia hadir dengan segala bentuk saran dan masukannya.
5. Ketua Jurusan Teknik Pengairan, Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan, Sekretaris Jurusan Teknik Pengairan beserta Staff Administrasi yang telah memberikan kelancaran pelayanan dan urusan Akademik.
6. Teman terdekat yang sangat baik, yang tidak bisa disebutkan satu-satu yang selalu ada menemani, memberikan bantuan dan masukan kepada penyusun.
7. Teman-teman Teknik Pengairan 2015 yang selalu memberikan semangat dan menjadi rekan bertukar pikiran yang baik dalam proses pembelajaran di kampus.
8. Semua pihak yang membantu menyelesaikan skripsi ini yang mungkin luput disebutkan.

Skripsi ini mungkin masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Namun penyusun berharap semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat dijadikan referensi bagi yang membutuhkan.

Malang, Oktober 2019

Penyusun

(halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
RINGKASAN.....	xiii
SUMMARY	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Tujuan dan Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.1.1. Presipitasi	6
2.1.2. Stasiun Hujan.....	6
2.2. Daerah Aliran Sungai	7
2.2.1. Karakteristik DAS	8
2.3. Analisa Hidrologi.....	11
2.3.1. Uji Konsistensi Data.....	11
2.3.2. Uji Ketidakadaan Trend	12
2.3.2.1. Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman	17
2.3.2.2. Uji Mann dan Whitney	17
2.3.2.3. Uji Tanda dari Cox dan Stuart.....	18
2.3.3. Uji Stasioner	19
2.3.3.1. Uji F (Uji Kestabilan Varian)	20
2.3.3.2. Uji T (Uji Kestabilan Rata-rata)	20
2.3.4. Uji Persistensi	21
2.4. Curah Hujan Rerata Daerah dengan Poligon Thiessen.....	21
2.5. Jaringan Saraf Tiruan.....	23
2.5.1. Arsitektur Jaringan	24

2.5.2.	Fungsi Aktivasi	26
2.5.3.	Proses Pembelajaran.....	30
2.5.4.	Parameter Jaringan Saraf Tiruan	31
2.5.5.	Model Jaringan <i>Backpropagation</i>	32
2.6.	Kalibrasi, Verifikasi dan Validasi	34
2.6.1.	Kesalahan Relatif	35
2.6.2.	<i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	35
2.6.3.	<i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE).....	35
2.6.4.	Koefisien Korelasi (R)	36
2.7.	Studi Penelitian Terdahulu	37
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1.	Daerah Lokasi Studi	39
3.2.	Identifikasi Daerah Studi.....	45
3.2.1.	Kondisi Iklim	45
3.2.2.	Kondisi Topografi	45
3.2.3.	Kondisi Hidrologi	45
3.2.1.	Kondisi Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo	45
3.3.	Data-data yang Diperlukan.....	46
3.4.	Tahapan Pengolahan Data	46
3.5.	Diagram Alir Pengerjaan Studi	48
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1.	Pengumpulan dan Pengolahan Data	49
4.2.	Analisa Hidrologi	50
4.2.1.	Uji Konsistensi Data.....	50
4.2.1.1.	Uji Konsistensi Curah Hujan Pos Stasiun Hujan	50
4.2.1.2.	Uji Konsistensi Data Debit Pos Duga Air	54
4.2.1.3.	Rekapitulasi Hasil Uji Konsistensi.....	57
4.2.2.	Uji Ketidakadaan Trend	58
4.2.2.1.	Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman	58
4.2.2.2.	Uji Mann dan Whitney	63
4.2.2.3.	Uji Tanda dari Cox dan Stuart.....	67
4.2.3.	Uji Stasioner.....	69
4.2.3.1.	Uji Kestabilan Varian (Uji F).....	69
4.2.3.2.	Uji Kestabilan Rata-rata (Uji T).....	73

4.2.4. Uji Persistensi.....	77
4.3. Curah Hujan Rerata Daerah dengan Poligon Thiessen.....	83
4.3.1. Perhitungan Nilai Faktor Luas Pengaruh Stasiun Hujan (K)	83
4.3.2. Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah	87
4.4. Perhitungan Koefisien Aliran (C).....	91
4.5. Pengolahan Data dengan Jaringan Saraf Tiruan	97
4.5.1. Hasil Regresi Model Jaringan Saraf Tiruan	121
4.6. Kalibrasi.....	122
4.6.1. Kesalahan Relatif.....	124
4.6.2. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	124
4.6.3. <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE)	125
4.6.4. Koefisien Korelasi (R).....	125
4.7. Verifikasi dan Validasi	126
BAB V KESIMPULAN.....	135
4.1. Kesimpulan	135
4.2. Saran	135
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Perhitungan Jumlah Air yang Mengalir Melalui Outlet.....	10
Tabel 2.2	Nilai Qkritis dan Rkritis	12
Tabel 2.3	Nilai Kritis t_c untuk Distribusi t Uji Dua Sisi	13
Tabel 2.4	Nilai t_c untuk Pengujian Distribusi Normal	14
Tabel 2.5	Nilai Kritis F_c Distribusi F ($f=0,05$).....	15
Tabel 2.6	Kriteria Nilai <i>Nash-Sutcliffe Efficiency</i> (NSE).....	36
Tabel 2.7	Nilai Koefisien Korelasi.....	36
Tabel 2.8	Rekapitulasi Studi Peneliti Terdahulu.....	37
Tabel 4.1	Survei Lapangan Stasin Hujan dan Pos Duga Air.....	49
Tabel 4.2	Data Curah Hujan Tahunan Sekitar Sub Das Gongseng.....	51
Tabel 4.3	Uji Konsistensi Data Stasiun Tretes	51
Tabel 4.4	Uji Konsistensi Data Stasiun Tretes setelah dikoreksi	53
Tabel 4.5	Rekapitulasi Faktor Koreksi Stasiun Hujan	54
Tabel 4.6	Perhitungan Uji RAPS Data Debit Pos Duga Air Gangseng	55
Tabel 4.7	Rekapitulasi Hasil Uji RAPS Data Debit Pos Duga Air Gangseng	57
Tabel 4.8	Rekapitulasi Hasil Uji Konsistensi Periode Tahunan	57
Tabel 4.9	Perhitungan Uji Spearman Stasiun Hujan Tretes	58
Tabel 4.10	Rekapitulasi Uji Spearman Derajat Kepercayaan 5% dan 1%.....	63
Tabel 4.11	Perhitungan Uji Mann-Whitney Stasiun Hujan Tretes.....	63
Tabel 4.12	Rekapitulasi Uji Mann-Whitney	66
Tabel 4.13	Perhitungan Uji Tanda Cox dan Stuart Stasiun Hujan Tretes	67
Tabel 4.14	Rekapitulasi Uji Tanda Cox dan Stuart.....	69
Tabel 4.15	Perhitungan Uji F Stasiun Hujan Tretes.....	69
Tabel 4.16	Rekapitulasi Uji Kestabilan Varian (Uji F)	72
Tabel 4.17	Perhitungan Uji T Stasiun Hujan Tretes	73
Tabel 4.18	Rekapitulasi Uji Kestabilan Rata-rata (Uji T).....	77
Tabel 4.19	Perhitungan Uji Presistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes	77
Tabel 4.20	RekapitulasibUji Presistensi (Spearman)	83
Tabel 4.21	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai K	86
Tabel 4.22	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah.....	87

Tabel 4.23	Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng	92
Tabel 4.24	Rekapitulasi Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng	97
Tabel 4.25	Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan	98
Tabel 4.26	Hasil Transformasi Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan	103
Tabel 4.27	Rekapitulasi Nilai Regresi Setiap Data	121
Tabel 4.28	Perhitungan Error Kalibras Data 6 Tahun pada Epoch 1000	122
Tabel 4.29	Rekapitulasi Error Kalibrasi	125
Tabel 4.30	Perhitungan Error Validasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000	126
Tabel 4.31	Rekapitulasi Validasi	131
Tabel 4.32	Rekapitulasi Parameter Berdasarkan Nilai NSE dan R	132



DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Siklus Hidrologi	5
Gambar 2.2	Alat Penakar Hujan Manual	7
Gambar 2.3	Alat Penakar Hujan Otomatis	7
Gambar 2.4	Bentuk Daerah Pengaliran	9
Gambar 2.5	Uji Konsistensi Data dengan Kurva Lengkung Massa Ganda	11
Gambar 2.6	Poligon Thiessen	22
Gambar 2.7	Jaringan Saraf dengan Lapisan Tunggal	24
Gambar 2.8	Jaringan Saraf dengan Banyak Lapisan	25
Gambar 2.9	Jaringan Saraf dengan Lapisan Kompetitif	25
Gambar 2.10	Fungsi Undak Biner <i>Hard Limit</i>	26
Gambar 2.11	Fungsi Undak Biner <i>Threshold</i>	26
Gambar 2.12	Fungsi Undak <i>Symetric Hard Limit</i>	27
Gambar 2.13	Fungsi Bipolar dengan <i>Threshold</i>	27
Gambar 2.14	Fungsi Liniear	27
Gambar 2.15	Fungsi <i>Saturating</i> Liniear	28
Gambar 2.16	Fungsi <i>Symetric Saturating</i> Liniear	28
Gambar 2.17	Fungsi Sigmoid Biner	29
Gambar 2.18	Fungsi Sigmoid Bipolar	30
Gambar 2.19	Arsitektur Jaringan <i>Backpropagation</i>	32
Gambar 3.1	Peta Batas Administrasi Kabupaten Bojonegoro	41
Gambar 3.2	Peta Sebaran Pos Hujan Sub DAS Pacal	43
Gambar 3.3	Diagram Alir Pengerjaan Skripsi	48
Gambar 4.1	Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Tretes	52
Gambar 4.2	Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Tretes setelah dikoreksi	54
Gambar 4.3	Hasil <i>input</i> batas DAS dan titik pos stasiun hujan Sub DAS Gongseng	84
Gambar 4.4	Pemilihan <i>tools</i> untuk membuat Poligon Thiessen	84
Gambar 4.5	Proses memasukkan data lokasi pos stasiun hujan	85
Gambar 4.6	Hasil Poligon Thiessen pada Sub DAS	85
Gambar 4.7	Tampilan <i>Attribute Table</i> untuk luas pengaruh stasiun Hujan	86
Gambar 4.8	Tampilan Data <i>Input</i> , Sampel dan Target pada <i>Microsoft excel</i>	107
Gambar 4.9	Tampilan untuk melakukan <i>import data</i> pada Matlab	108

Gambar 4.10	Tampilan Kotak Dialog <i>import data</i> melalui Matlab R2014b.....	108
Gambar 4.11	Tampilan <i>import data</i> pada Matlab	109
Gambar 4.12	Tampilan Data Pada <i>Workspace</i>	109
Gambar 4.13	Tampilan Kotak Perintah atau <i>command window</i>	110
Gambar 4.14	Tampilan <i>neural network</i> data manager (nntool).....	110
Gambar 4.15	Tampilan Kotak Dialog <i>Import to network Data Manager</i>	111
Gambar 4.16	Tampilan kotak dialog <i>nntool</i> dengan data sudah ter- <i>import</i>	111
Gambar 4.17	Tampilan kotak dialog untuk membangun arsitektur jaringan	112
Gambar 4.18	Tampilan kotak dialog sesudah membangun arsitektur jaringan	113
Gambar 4.19	Bentuk Arsitektur Jaringan yang Telah dibangun sebelumnya	113
Gambar 4.20	Tampilan <i>Train info</i>	114
Gambar 4.21	Tampilan <i>Train parameters</i>	114
Gambar 4.22	Hasil <i>Neural Network Training</i>	115
Gambar 4.23	Hasil <i>Plotting Performance</i>	115
Gambar 4.24	Hasil <i>Plotting Training State</i>	116
Gambar 4.25	Hasil <i>Plotting Training Regression</i>	116
Gambar 4.26	Hasil <i>Neural Network Training Optimum</i>	117
Gambar 4.27	Hasil <i>Plotting Performance Optimum</i>	117
Gambar 4.28	Hasil <i>Plotting Training State Optimum</i>	118
Gambar 4.29	Hasil <i>Training State Regression Optimum</i>	118
Gambar 4.30	Tampilan Simulate.....	119
Gambar 4.31	Tampilan <i>Neural network data manager</i> setelah mendapat hasil output	119
Gambar 4.32	Tampilan Kotak Dialog <i>Export From Network Data Manager</i>	120
Gambar 4.33	Tampilan Hasil Matlab pada <i>Workspace</i>	120
Gambar 4.34	Tampilan Hasil Matlab yang telah di <i>copy</i> ke <i>Microsoft Excel</i>	120
Gambar 4.35	Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model <i>Epoch 1000</i>	129
Gambar 4.36	Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model <i>Epoch 2000</i>	130
Gambar 4.37	Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model <i>Epoch 3000</i>	130
Gambar 4.38	Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model 6 Tahun Validasi.....	131

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Data Curah Hujan dan Debit Pengamatan.....	137
Lampiran 2	Uji Kualitas Data Hidrologi	187
Lampiran 3	Rekapitulasi Data dan Pengolahan Debit dengan JST Matlab 2014b	229



(Halaman ini sengaja dikosongkan)



RINGKASAN

Poetri Mustika Chandy, Jurusan Teknik Pengairan , Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, September 2019, *Analisa Hujan Limpasan di Sub DAS Gongseng Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan*, Dosen Pembimbing: Ery Suhartanto dan Sri Wahyuni.

Hubungan hujan dan limpasan sangatlah berkaitan, hujan yang turun di permukaan bumi sebagian masuk terserap ke dalam tanah yang dinamakan infiltrasi, dan sebagian lainnya mengalir ke saluran-saluran kecil hingga akhirnya kedalam aliran sungai. Hubungannya disini adalah curah hujan yang melebihi kapasitas infiltrasi dinamakan limpasan, dimana daratan menjadi tergenang oleh air hingga dapat menyebabkan banjir.

Studi ini dilakukan untuk mengetahui hasil perhitungan debit pemodelan oleh Jaringan Saraf Tiruan menggunakan *software* komputer yaitu Matlab R2014, mengetahui hasil kalibrasi, verifikasi dan validasi. Sehingga nantinya didapatkan hasil debit pemodelan dari JST yang paling baik. Data yang digunakan dalam studi ini adalah data curah hujan, debit pengamatan pos duga air, dan data pendukung seperti jumlah hari hujan, luasan DAS serta nilai koefisien aliran. Data curah hujan dan data debit masing masing selama 12 tahun (2006-2017) diperoleh dari UPT PSDA Di Bojonegoro Jawa Timur, sedangkan data pendukung lainnya melalui perhitungan dari data curah hujan dan data debit. Data curah hujan diuji kualitas datanya dengan Uji Konsistensi Kurva Massa Ganda, Uji Ketidakadaan Trend, Uji Stasioner, dan Uji Persistensi. Sedangkan data debit pengamatan dianalisa diuji kualitas data dengan menggunakan Uji RAPS, Uji Ketidakadaan Trend, Uji Stasioner, dan Uji Persistensi. Selanjutnya menghitung hujan rerata daerah dengan poligon thiessen dan mencari nilai koefisien aliran yang akan digunakan sebagai input Jaringan Saraf Tiruan (JST). Data Hujan, jumlah hari hujan dan nilai koefisien aliran sebagai input Jaringan Saraf Tiruan dan data debit pengamatan sebagai output atau target yang nantinya mencari debit pemodelan dari JST. Pada studi ini perhitungan debit dilakukan 6 pembagian data yaitu dengan 6-6 tahun, 7-5 tahun, 8-4 tahun, 9-3 tahun, 10-2 tahun dan 11-1 tahun. Data 6, 7, 8, 9, 10, dan 11 tahun digunakan dalam perhitungan kalibrasi, sedangkan tahun sisanya seperti 6, 5, 4, 3, 2, dan 1 tahun dilakukan perhitungan verifikasi dan validasi. Uji yang digunakan dalam kalibrasi, verifikasi dan validasi adalah Uji Kesalahan Relatif (KR), Uji *Root Mean Square Error* (RMSE), Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) , dan Uji Koefisien Korelasi (R).

Berdasarkan perhitungan debit model menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dengan aplikasi Matlab R2014 pada hasil kalibrasi nilai terbaik pada pada pembagian data 6 tahun (2006-2011) pada epoch 2000. Sedangkan pada tahap verifikasi dan validasi dengan pada pembagian data 1 tahun sisa (2017) dengan epoch 1000. Dari hasil kalibrasi, verifikasi dan validasi pada studi ini, didapatkan bahwa perhitungan debit yang dibangun dengan data yang lebih banyak belum tentu menghasilkan hasil yang lebih baik, faktor yang mempengaruhi pada studi ini adalah faktor range data yang sangat berbeda. Oleh karena itu pada uji proses kalibrasi, verikasi dan validasi ini dilakukan secara kumulatif sehingga hubungan antara data yang dihitung akan mempengaruhi hasil data model.

Kata kunci: Hujan, Debit, Limpasan, Jaringan Saraf Tiruan (JST), Kalibrasi, Verifikasi, dan Validasi

(halaman ini sengaja dikosongkan)



SUMMARY

Poetri Mustika Chandy, Water Resources Engineering , Faculty of Engineering, University of Brawijaya, September 2019, Analysis of Rainfakk-Runoff at The Gongseng Sub-watershed Bojonegoro Regency, East Java Using Artificial Neural Network, Supervisor: Ery Suhartanto and Sri Wahyuni.

Rain and runoff is very related, rain falling on the surface of the earth is partly absorbed into the soil that is dynamizing infiltration, and the others flow into small channels until the end of the flow of river. The relationship here is the rainfall that exceeds the infiltration capacity is named runoff, where the land becomes flooded by water until it can cause flooding.

This study was conducted to determine the results of the discharge of modeling by artificial neural network using a computer application that is Matlab R2014b, to determine the results of calibration, verification and validation. Thus, the most well received modelling results from ANN. The data used in this study is rainfall data, discharge observation post observations, and supporting data such as the number of rainy days, area watershed, and the value of flow efficiency. Data on rainfall and discharge data for 12 years (2006-2017) obtained from UPT PSDA at Bojonegoro Regency, East Java. Other supporting data through calculation of rainfall data and discharge data. Rainfall data is tested for quality data with double mass curve, consistency, trend inefficiency, stationary and persistence. Meanwhile in the analysis the data quality is tested using the RAPS, trend inefficiency, stationary and persistence. Next step is calculate the rainfall of the area with Thiessen Polygons and look for the value of the flow coefficient to be used as input of Artificial Neural Network (ANN). Rain data, number of rainy days and flow coefficient value as input Artificial Neural Network and the observation discharge data as an output or target which later seek a modeling discharge from ANN. In this study used calculation is 6 data sharing with 6-6 years, 7-5 years, 8-4 years, 9-3 years, 10-2 years, and 11-1 years. Data sharing 6, 7, 8, 9, 10, and 11 years are used in the calculation of calibration, while the remaining years such as 6, 5, 4, 3, 2, and 1 year are carried out of calculation of verification and validation. The test used in calibration, verification and validation are the relative error (KR), Root Mean Square Error (RMSE), Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) and correlation coefficient (R).

Based on the model discharge calculation using Artificial Neural Network with MATLAB R2014b on calibration result of best value on 6 year (2006-2011) data sharing on epoch 2000. As the verification and validation phase with the remaining year data sharing (2017) with epoch 1000. From the result of calibration, verification and validation in this study, it was obtained that the calculation of discharge built with more data does not necessarily produce better result, the factors that affect on this study are far away data range factors. Therefore in the calibration, verification, and validation is carried out cumulatively so that the relationship between the calculated data will affect the results of the model data.

Key words: Rainfall, Discharge, Artificial Neural Network (ANN), Calibration, Verification, and Validation

(halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hujan adalah titik-titik air yang jatuh dari awan melalui lapisan atmosfer ke permukaan bumi secara proses alam. (Nugroho, 2011, p. 11). Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang rendah, begitu juga dengan hujan. Air hujan yang turun akan mengalir di permukaan lahan akan masuk ke saluran kecil atau selokan, lalu ke saluran besar, yang akhirnya masuk kedalam aliran sungai.

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk terserap ke dalam tanah (*infiltration*). Sedangkan air hujan yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) untuk kemudian mengalir ke tempat yang lebih rendah (*runoff*), untuk selanjutnya masuk ke sungai. (Asdak, 2007, p. 8)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menyalurkan ke laut melalui sungai utama. (Asdak, 2007 p. 4). DAS Bengawan Solo merupakan DAS terluas di WS Bengawan Solo yang mempunyai beberapa Sub DAS seperti Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Sub Das Kali Madiun dan Sub DAS Bengawan Solo Hilir. Sub DAS Bengawan Solo Hilir ini mempunyai panjang alur sungai kurang lebih 300 km dan luasnya kurang lebih 6273 km² membentuk alur sungai yang lebar dengan kemiringan landai, melalui dataran aluvial dan menjadi daerah yang sering terkena banjir.

Banjir merupakan peristiwa dimana daratan menjadi tergenang oleh air. Curah hujan yang melebihi kapasitas infiltrasi, disebut limpasan. Limpasan inilah yang menjadi permasalahan di Daerah Aliran Sungai, termasuk Sub DAS Gongseng di Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur.

Pada studi terdahulu terdapat penelitian tentang Hujan Aliran dengan lokasi berdekatan dengan lokasi studi ini, yaitu Sub DAS Pacal-Segaten di Bojonegoro dengan fokus outlet pada Waduk Pacal dan lebih ke arah Selatan yaitu daerah Segaten dengan data yang digunakan juga berbeda stasiun hujan, berikut beberapa contoh studi terdahulu mengenai hujan limpasan dan jaringan saraf tiruan, antara lain :

1. “Pemodelan Hujan Aliran Menggunakan Metode MOCK Di Sub DAS Pacal-Segaten Bojonegoro” oleh Paksitya Purnama Putra.

2. “Pemodelan Hujan Aliran Menggunakan Metode NRECA di Sub DAS Pacal-Segaten Bojonegoro” oleh Meilda Kurniawati.
3. “Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk Analisa Debit DAS Bedadung DI Kabupaten Jember” oleh Suhardi.
4. “Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan (*Artificial Neural Network*) Dalam Modelisasi Curah Hujan Limpasan Dengan Perbandingan Dua Algoritma Pelatihan (Studi Kasus DAS Tukad Jogading)” oleh Putu Doddy Heka Ardana.
5. “Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model *Artificial Neural Network* (ANN) di Sub DAS Lesti” oleh Siska Widyastuti.

Studi penelitian “Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model Artificial Neural Network (ANN) di Sub DAS Lesti” oleh Siska Widyastuti (2016), menggunakan data *input* berupa curah hujan, evapotranspirasi, koefisien aliran, dan untuk targetnya menggunakan debit stasiun AWLR Tawangrejeni. Penelitian tersebut menyatakan bahwa mengkaji keterkaitan besarnya curah hujan harian yang tersedia, faktor klimatologi terkait evapotranspirasi terhadap debit limpasan yang terjadi. Untuk contoh lengkap studi terdahulu dapat dilihat rekapitulasi studi terdahulu pada **Sub Bab 2.7 tabel 2.6**

Mengenai studi penelitian kali ini terdapat beberapa perbedaan dari penelitian sebelumnya yang sudah dijelaskan di awal, salah satunya adalah lokasi yang dilakukan penelitian maupun data yang digunakan. Dengan menggunakan data curah hujan yang lebih banyak dari data debit maka akan dicari satu hubungan antara aliran sungai dan hujan untuk ditetapkan dalam periode tersedia data hujan di suatu DAS yang dalam hal ini diambil Sub DAS Gongseng. Pembahasan analisa hujan-limpasan dapat digunakan untuk prediksi kejadian banjir yang mungkin terjadi. Sehingga dibutuhkan analisa hujan limpasan menggunakan jaringan saraf tiruan yang dapat dijadikan alat untuk mengontrol dan mengevaluasi aliran pada suatu kawasan atau DAS.

Masalah yang ada di daerah lokasi studi harapannya teratasi dengan memanfaatkan teknologi *software* komputer dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau disebut *Artificial Neural Network* (ANN). Studi ini meninjau curah hujan-limpasan dalam suatu sistem DAS dengan dilakukan pemodelan sederhana dengan hanya memiliki *input* hujan dan *output* limpasan di dalam pengembangan model ini.

1.2 Identifikasi Masalah

Kondisi topografi DAS Bengawan Solo relatif datar dan sebagian daerahnya berada di dataran rendah terutama sub DAS Bengawan Solo Hilir. Pada studi ini mengambil lokasi di Sub DAS Gongseng di Bojonegoro Jawa Timur, disini terdapat waduk Gongseng yang sedang dibangun, yang juga termasuk Sub DAS Bengawan Solo Hilir. Berdekatan dengan lokasi penelitian, terdapat waduk Pacal yang termasuk Sub DAS Pacal, berada di Desa Kedungsumber, Kecamatan Temayang yang menampung air dari empat sungai yaitu sungai Sugihan, Sukun, Gondang dan Pajong, namun fungsinya sudah tidak maksimal lagi.

Masalah yang terjadi pada waduk Pacal ini adalah sering terjadi banjir akibat curah hujan yang tinggi dan juga waduk mengalami kekeringan yang juga parah apabila saat musim kemarau tiba. Untuk mengatasi permasalahan yang terjadi di sungai Pacal dan kurang maksimalnya fungsi dari waduk Pacal pada sub DAS Bengawan Solo Hilir, maka dibangunlah waduk Gongseng yang saat ini sedang tahap pembangunan. Dibangunnya waduk ini untuk mewujudkan bendungan sebagai infrastruktur pendukung ketahanan pangan dan air baku nasional yang merupakan upaya mengembangkan daerah Kabupaten Bojonegoro untuk memberikan manfaat penyedia air irigasi, peningkatan intensitas tanam, konservasi DAS (*ground water recharge*), pengembangan sektor perikanan air tawar, pariwisata, dan sebagai pengendalian banjir.

Mengenai pengendalian banjir, maka diperlukan analisa hujan limpasan yang dapat digunakan untuk prediksi debit untuk kejadian banjir yang akan terjadi maupun ketersediaan air saat kemarau, dan analisa hujan limpasan ini memanfaatkan teknologi dengan model jaringan saraf tiruan (JST). JST ini mempunyai banyak kemampuan untuk mendapatkan informasi dan memecahkan suatu masalah, dari data yang rumit atau tidak tepat.

Studi ini memanfaatkan JST menggunakan metode *backpropagation*, model jaringan *backpropagation* merupakan algoritma terawasi yang digunakan peceptron dengan banyak lapisan untuk modifikasi bobot yang terhubung dengan neuron pada lapisan tersembunyi, tujuannya guna meminimalkan angka kuadrat error *output*, oleh karena itu jaringan ini terdiri dari lapisan *input*, lapisan tersembunyi dan lapisan *output*. Aplikasi yang digunakan dalam studi ini adalah Matlab R2014b yang harapannya mampu menyelesaikan permasalahan.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penulisan ini antara lain :

1. Bagaimanakah hasil kalibrasi debit model jaringan saraf tiruan menggunakan metode “*backpropagation*” ?

2. Bagaimanakah hasil verifikasi debit model jaringan saraf tiruan dengan debit pengamatan berdasarkan nilai koefisien korelasi (R) ?
3. Bagaimanakah hasil uji validasi debit model jaringan saraf tiruan dengan debit pengamatan?

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembahasan ini agar tidak keluar dari topik permasalahan, maka diberi batasan masalah. Adapun batasan masalah yang ada sebagai berikut:

1. Sub DAS yang digunakan Sub DAS Gongseng, Kabupaten Bojonegoro Jawa Timur.
Data yang digunakan antara lain:
 - a. Data curah hujan yaitu Stasiun Tretes, Stasiun Sugihan, Stasiun Gangseng. (2006-2017).
 - b. Data debit di Pos Duga Air Gangseng (2006-2017).
2. Pembahasan dilakukan pada simulasi hujan limpasan di Sub DAS Gongseng menggunakan jaringan saraf tiruan dengan bantuan aplikasi Matlab R2014b.
3. Pada uji kalibrasi dan validasi yang dilakukan pada studi ini sebagai berikut :
 - a. Uji *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE)
 - b. Uji Koefisien Korelasi (R)
 - c. Uji Kesalahan Relatif (KR)
 - d. Uji *Root Mean Square Error* (RMSE)

1.5 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penulisan ini antara lain :

1. Mengetahui hasil kalibrasi debit model jaringan saraf tiruan menggunakan metode "*backpropagation*".
2. Mengetahui hasil verifikasi debit model jaringan saraf tiruan dengan debit pengamatan berdasarkan nilai koefisien korelasi (R).
3. Mengetahui hasil uji validasi debit model jaringan saraf tiruan dengan debit pengamatan, yaitu debit Pos Duga Air Gangseng.

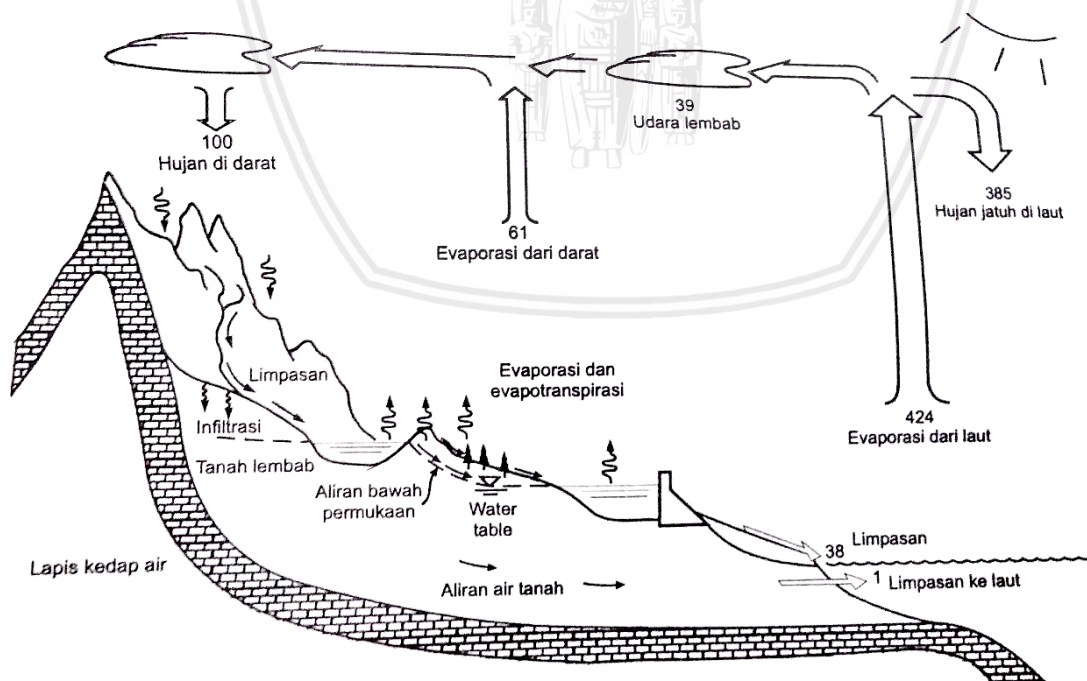
Manfaat yang didapat dalam analisa hujan limpasan di Sub DAS Gongseng ini dapat dijadikan pembelajaran dan referensi yang dapat diterapkan pada DAS yang lainnya dengan kondisi dan permasalahan yang serupa.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam kita ini. Ini meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. (Soemarto, 1987, p. 15).

Proses yang terus berkelanjutan dimana air bergerak dari bumi ke atmosfer dan kemudian kembali ke bumi dinamakan dengan siklus hidrologi. Air di permukaan tanah, sungai, danau maupun laut akan menguap ke udara (evaporasi), selanjutnya uap air bergerak ke atmosfer dan berkondensasi dan mengalami perubahan titik-titik air menjadi awan. Kemudian titik-titik air tersebut jatuh ke permukaan laut dan daratan yang dinamakan hujan (presipitasi), air hujan yang turun tersebut sebagian masuk meresap ke dalam tanah (infiltrasi) dan yang lainnya mengalir di atas permukaan tanah (aliran permukaan tanah atau *surface runoff*), menuju cekungan tanah, sungai dan akhirnya kembali ke laut. Air yang terus bergerak meresap masuk ke dalam tanah mengisi air tanah dinamakan perkolasi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber : (Chow, V.T., 1988) dalam Bambang (2016,p.3)

Dari penjelasan dan gambar 2.1 mengenai siklus hidrologi dapat disimpulkan terdapat 4 proses dalam siklus hidrologi yang utama, antara lain :

1. Presipitasi
2. Evaporasi
3. Infiltrasi
4. Limpasan permukaan dan air tanah

2.1.1 Presipitasi

Presipitasi adalah turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi yang berupa hujan, hujan salju, kabut, embun, dan hujan es. Hujan berasal dari uap air di atmosfer, yang bentuk jumlahnya dipengaruhi oleh faktor klimatologi seperti angin, temperatur dan tekanan atmosfer. Uap air tersebut akan naik ke atmosfer dan mendingin yang kemudian mengalami kondensasi menjadi butir-butir air dan kristal es yang akhirnya jatuh sebagai hujan. (Bambang, 2006, p.17).

Hujan merupakan sumber yang paling besar dari semua air yang mengalir di permukaan tanah seperti sungai, danau, laut maupun di bawah permukaan tanah. Dengan jumlah, intensitas dan distribusi hujan yang berbeda akan mempengaruhi jumlah dan variasi debit sungai, karena terdapat hubungan antara curah hujan dan debit sungai yang jatuh pada suatu DAS.

2.1.2 Stasiun Hujan

Stasiun tempat pengamatan curah hujan, yang terdapat alat ukur curah hujan merupakan peralatan meteorologi yang dipergunakan untuk mengukur curah hujan. Hujan yang terukur oleh alat penakar hujan harus ditempatkan di tempat terbuka yang tidak terpengaruh pohon-pohon maupun gedung di sekitarnya. Stasiun hujan di suatu tempat mewakili suatu luasan daerah di sekitarnya. Terdapat dua macam alat penakar hujan yang digunakan yaitu :

1. Alat Penakar Hujan Manual (*Manual Raingauge*)

Alat penakar hujan biasa atau manual ini terdiri dari corong dan botol penampung yang berada di dalam suatu tabung silinder. Air hujan yang jatuh pada corong akan tertampung di dalam silinder, dan dengan mengukur volume air yang tertampung dan luas corong akan dapat diketahui kedalaman hujan. Pengukuran dilakukan setiap hari pada pagi hari sehingga hujan yang tercatat adalah hujan yang terjadi selama satu hari sebelumnya atau disebut hujan harian, demikian alat ini tidak dapat diketahui kederasan (intensitas hujan), durasi (lama waktu hujan) dan kapan terjadinya. (Bambang, 2006, p.24).



Gambar 2.2 Alat Penakar Hujan Manual
Sumber : Dokumentasi Penulis (2019)

2. Alat Penakar Hujan Otomatis (*Automatic Raiungauge*)

Alat penakar hujan otomatis ini mengukur hujan secara kontinyu sehingga dapat diketahui intensitas hujan dan lama waktu hujan.



Gambar 2.3 Alat Penakar Hujan Otomatis
Sumber : Dokumentasi Penulis (2019)

2.2 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu daerah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menyalurkan ke laut melalui sungai utama. (Asdak, 2007,p.4). Seperti yang telah dijelaskan di awal bahwa terdapat hubungan antara

curah hujan dan debit sungai yang jatuh pada suatu DAS. Apabila intensitas hujan yang jatuh pada suatu DAS tersebut melebihi kapasitas infiltrasi, maka air akan mengalir diatas permukaan tanah atau disebut dengan limpasan permukaan tanah. Limpasan permukaan (*surface runoff*) merupakan air hujan yang terus mengalir masuk ke dalam cekungan, parit, dan selokan yang kemudian bergabung masuk menjadi aliran sungai. Limpasan permukaan yang masuk ke aliran sungai dengan cepat dapat menyebabkan debit sungai meningkat, untuk mengetahui besar debit sungai yang terjadi dapat diukur menggunakan alat ukur tinggi muka air yang nantinya akan didapatkan nilai debit sungai rancangan. Alat ukur tinggi muka air antara lain:

1. AWLR (*Automatic Water Level Recorder*)

Pencatat muka air otomatis ini dapat tercatat secara kontinyu sepanjang waktu. Hasil pencatatan berupa grafik fluktuasi muka air sungai sebagai fungsi dari waktu, dengan menghubungkan elevasi muka air dengan penampang melintang sungai dapat dihitung luas tampang aliran.

2. Pos Duga Air

Merupakan alat pencatat elevasi muka air yang paling sederhana. Dalam Pos Duga Air ini dalam mencatat elevasi muka air dapat berupa papan duga dengan meteran (*staff gauge*). Alat ini terbuat dari kayu atau plat baja yang terdapat ukuran skala dalam sentimeter (cm) yang dipasang di tepi sungai maupun pada bangunan seperti pilar jembatan, bendung dan lainnya.

2.2.1 Karakteristik DAS

Hubungan hujan – limpasan, hujan yang jatuh pada suatu DAS akan berubah menjadi aliran di sungai, dengan begitu terdapat hubungan antara hujan dan debit aliran yang btergantung pada karaktersistik DAS. (Bambang, 2006, p.139). Aliran limpasan pada permukaan tanah terjadi selama atau setelah hujan dalam bentuk lapisan air yang mengalir pada permukaan tanah. Aliran tersebut akan mengalir menjadi aliran di sungai utama. Terdapat karakteristik hidrologis dari daerah tangkapan air yang mempengaruhi aliran permukaan, karakteristik DAS tersebut antara lain:

1. Luas dan Bentuk DAS

Luas DAS yang semakin besar maka volume aliran permukaan juga semakin bertambah besar. Berkaitan juga dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh hingga ke titik kontrol yang dinamakan waktu konsentrasi dan juga sebaran intensitas hujannya. Selain luas DAS, bentuk DAS juga mempengaruhi pola aliran sungai.

Bentuk DAS mempengaruhi konsentrasi air hujan yang mengalir menuju titik kontrol. Semakin bulat bentuk DAS, artinya semakin pendek waktu konsentrasi yang diperlukan maka fluktuasi banjir yang terjadi semakin tinggi. Sebaliknya apabila bentuk DAS lonjong, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir yang terjadi semakin rendah. Berikut beberapa macam bentuk DAS, antara lain :

a. DAS dengan bentuk bulu burung.

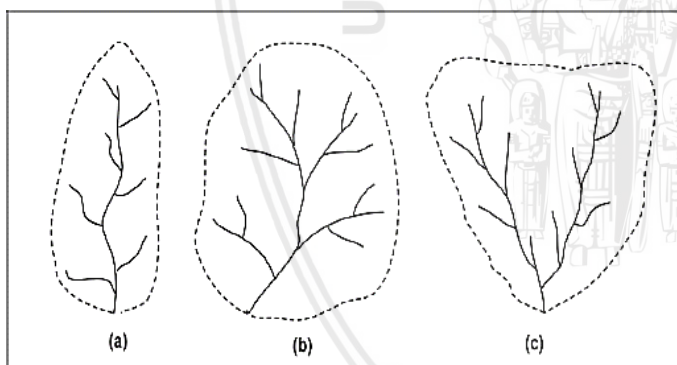
Bentuk yang sempit dan panjang memanjang, mempunyai debit banjir yang kecil tetapi waktu konsentrasi yang diperlukan cukup lama karena air yang datang silih berganti dari masing-masing anak sungai.

b. DAS dengan bentuk radial.

Bentuk DAS seperti kipas atau nyaris lingkaran, debit banjir yang dihasilkan besar apabila hujan yang turun merata bersamaan di seluruh DAS.

c. DAS dengan bentuk paralel.

Tersusun dari percabangan dua sub DAS pada bagian hulu dan menyatu pada bagian hilirnya sehingga memiliki karakteristik yang berbeda. Apabila hujan turun di kedua sub DAS tersebut maka akan berpotensi terjadinya banjir.



Gambar 2.4 Bentuk Daerah Pengaliran
Sumber : Harto, (1987, p. 34).

2. Kondisi Topografi

Topografi mempengaruhi volume air limpasan permukaan. Unsur topografi yang berpengaruh antara lain panjang lereng, kemiringan lereng, konfigurasi, keseragaman dan curah lereng. Semakin panjang lereng, maka volume air limpasan menjadi lebih besar. Perilaku hidrograf merupakan hal yang dapat dilihat karena terdapat waktu konsentrasi atau dalam hal *timing*. Semakin tinggi tingkat kemiringan lereng DAS maka semakin cepat laju air lariannya dengan itu mempercepat respon DAS oleh adanya curah hujan.

3. Koefisien Aliran (C)

Koefisien air larian (C) yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan. Misalnya C untuk lahan hutan adalah 0.10 maka artinya 10 % dari total curah hujan akan menjadi air larian. Maka koefisien aliran dapat dijabarkan sebagai berikut: (Asdak, 2004, p.157).

$$\text{Koefisien aliran (C)} = \frac{\text{air limpasan (mm)}}{\text{curah hujan (mm)}} \dots\dots\dots(2-1)$$

Angka koefisien aliran merupakan indikator untuk menentukan gangguan (fisik) pada suatu DAS. Nilai C yang besar artinya menunjukkan bahwa banyak air hujan yang menjadi limpasan, hal ini akan merugikan dan menjadi ancaman terjadinya banjir dan erosi. Nilai angka C berada di 0 sampai dengan 1, angka 0 menunjukkan semua air hujan menjadi air intersepsi dan mengalami infiltrasi. Sedangkan untuk angka 1 menunjukkan semua air hujan menjadi limpasan atau mengalir menuju sungai. Berikut cara perhitungan untuk menentukan besarnya koefisien air hujan:

- Menghitung hujan rerata di suatu DAS pada tahun tertentu (t), sehingga $P = \text{mm/tahun}$.
- Mengubah satuan curah hujan menjadi m/tahun dengan mengalikan bilangan $\frac{1}{1000}$ sehingga menjadi $\frac{P}{1000}$ m/tahun.
- Menghitung jumlah air yang melalui *outlet* sungai pada tahun t seperti pada tabel berikut ini:

Tabel 2.1
Perhitungan Jumlah Air yang Mengalir Melalui Outlet

Bulan	Debit rerata $Q \text{ (m}^3\text{/dtk)}$	Jumlah hari d	Total debit $d \times 86400 \times Q \text{ (m}^3\text{)}$
Januari	Q_1	31 hari	$31 \times 86400 \times Q$
Pebruari	Q_2	28 hari	$28 \times 86400 \times Q$
.....	..		
Desember	Q_{12}	31 hari	$31 \times 86400 \times Q$

Sumber : Asdak (2007,p.158)

- Menghitung volume total hujan pada DAS dengan cara mengalikannya terhadap luas area DAS (A), rumus volume total hujan dapat dituliskan ssebagai berikut :

$$\text{Volume}P = \frac{P}{1000} \times A \dots\dots\dots(2-2)$$

e. Sehingga persamaan rumus koefisien aliran (C) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C = \frac{\sum_{n=1}^{12} dn \times 86400 \times Qn}{\frac{P}{1000} \times A} \dots\dots\dots (2-3)$$

dengan :

C = koefisien aliran

d = jumlah hari

Q = debit rerata bulanan (m^3/dt)

P = curah hujan (mm/tahun)

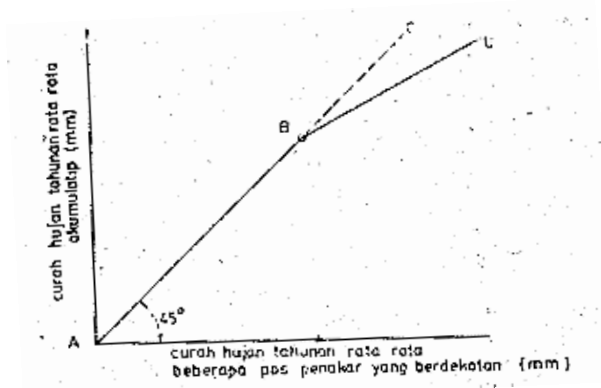
A = luas DAS (m^2)

2.3 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi atau analisa kualitas data merupakan tahap pertama yang dilakukan dalam perhitungan perencanaan, untuk mendapatkan hasil analisa karakteristik hidrologi, apakah data yang sudah dikumpulkan tersebut berasal dari populasi yang sama atau tidak.

2.3.1 Uji Konsistensi Data

Uji konsistensi data yang digunakan dalam studi kali ini adalah lengkung massa ganda (*double mass curve*) dan Uji RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Untuk uji konsistensi lengkung massa ganda dilakukan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga nantinya dapat mengetahui apakah data tersebut layak dipakai dalam perhitungan analisis hidrologi atau tidak. Pengujian ini dengan cara membandingkan curah hujan tahunan dari stasiun hujan yang diuji dengan akumulasi curah hujan rata-rata yang stasiun hujannya dipilih dari tempat yang berdekatan, setelah itu diplot dalam kurva sehingga dapat diketahui hasilnya. Apabila data hujan tidak konsisten terdapat penyimpangan yang garis yang dihasilkan dalam kurva tersebut, dan diperlukan koreksi perhitungan.



Gambar 2.5 Uji Konsistensi Data dengan Kurva Lengkung Massa Ganda
Sumber: Soemarto, (1987, p. 39).

Sedangkan uji RAPS digunakan untuk menguji kepanggahan data yang berupa data tunggal, dengan menghitung nilai Qhitung dan Rhitung apakah data yang telah dihitung diterima atau tidak dengan melihat tabel Qkritis dan Rkritis pada tabel. Tabel dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. 2
Nilai Qkritis dan Rkritis

n	Nilai $Q/(n^{0.5})$ dan $R/(n^{0.5})$					
	$Q/(n^{0.5})$			$R/(n^{0.5})$		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.10	1.22	1.42	1.34	1.43	1.60
30	1.12	1.24	1.46	1.40	1.50	1.70
40	1.13	1.26	1.50	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.50	1.62	1.86
	1.22	1.36	1.63	1.62	1.75	2.00

Sumber: Sri Harto, (1993, p. 60).

2.3.2 Uji Ketidakadaan Trend

Suatu trend atau pola merupakan deret berkala yang nilainya menunjukkan gerakan yang berjangka panjang dan mempunyai kecenderungan menuju kesatu arah, yaitu arah menaik atau menurun. Umumnya uji ini meliputi gerakan yang lamanya lebih 10 tahun, untuk mengetahui ada atau tidaknya trend dari suatu deret berkala disarankan lebih baik digunakan data yang lebih dari 25 tahun pengamatan. Apabila hasil uji ini menunjukkan adanya trend maka analisis hidrologi harus mengikuti garis trend yang dihasilkan. Uji ketidakadaan trend dapat dilakukan pengujian dengan beberapa metode menurut (Soewarno, 1995, pp.85-86):

- Uji korelasi peringkat metode Spearman
- Uji Mann dan Whitney
- Uji Tanda dari Cox dan Stuart

Tabel 2.3
 Nilai Kritis t_c Untuk Distribusi-t Uji Dua Sisi.

dk	Derajat Kepercayaan $t \alpha$				
	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.321	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Sumber : Bonnier (1981) dalam Soewarno (1995, p.77)

Tabel 2. 4
 Nilai t_c Untuk Pengujian Distribusi Normal.

Derajat Kepercayaan α	0.1	0.05	0.01	0.015	0.002
Uji satu sisi	-1.28 atau +1.28	-1.645 atau +1.645	-2.33 atau +2.33	-2.58 atau +2.58	-2.88 atau +2.88
Uji dua sisi	-1.645 atau +1.645	-1.96 atau +1.96	-2.58 atau +2.58	-2.81 atau +2.81	-3.08 atau +3.08

Sumber : Bonnier (1981) dalam Soewarno (1995, p.11)



Tabel 2. 5
Nilai Kritis Fc Distribusi F (F=0.05).

dk ₂ =	dk ₁ = V ₁																		
V ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	~
1	161.40	199.50	215.70	224.60	230.20	234.00	236.80	238.90	240.50	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88

Sumber : Bonnier (1981) dalam Soewarno (1995,p.81)

Lanjutan Tabel 2. 5
Nilai Kritis Fc Distribusi F (F=0.05).

dk ₂ =	dk ₁ = V ₁																		
V ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	~
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
~	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Sumber : Bonnier (1981) dalam Soewarno (1995,p.81)

2.3.2.1 Uji Korelasi Peringkat Metode Spearman

Uji Trend dengan metode Spearman ini dilihat dari korelasi antara waktu dan varian dari suatu variabel hidrologi dari suatu deret berkala. Untuk menguji apakah hasil menunjukkan adanya trend atau tidak, perumusan metode Spearman dapat ditulis sebagai berikut menurut (Soewarno, 1995, p.87):

$$KP = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \dots\dots\dots (2-4)$$

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

dengan :

KP = koefisien korelasi peringkat spearman

n = jumlah data

dt = Rt-Tt

Tt = peringkat dari waktu

Rt = peringkat dari variabel hidrologi dalam deret berkala

t = nilai distribusi t (derajat kebebasan (n-2))

untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5%)

Langkah yang dilakukan dalam Uji Mann dan Whitney adalah sebagai berikut:

1. Memberi peringkat (Tt) untuk waktu, waktu yang paling awal merupakan peringkat paling rendah (1).
2. Memberi peringkat (Rt) untuk variabel hidrologi, dimana variabel dengan nilai terbesar merupakan peringkat rendah (1).
3. Menghitung nilai dt dengan nilai dt diperoleh dari Tt-Rt.
4. Menghitung nilai KP sesuai persamaan (2-4).
5. Menghitung nilai t sesuai persamaan (2-5).
6. Membandingkan nilai t yang telah dihitung dengan nilai t pada tabel (tc). Apabila nilai t hitung berada diantar nilai tc, maka data yang diuji tidak saling bergantung (*independen*) dan tidak menunjukkan trend.

2.3.2.2 Uji Mann dan Whitney

Uji Mann dan Whitney merupakan pengujian dengan melihat dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Untuk menguji apakah hasil

satu set sampel satu deret berkala menunjukkan adanya trend atau tidak maka dapat dirumuskan dengan persamaan berikut menurut (Soewarno, 1995, p. 92-93).

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} (N_1 + 1) - Rm \dots\dots\dots(2-6)$$

$$U_2 = N_1 N_2 - U_1 \dots\dots\dots(2-7)$$

$$Z = \frac{U - (N_1 N_2)}{\left[\frac{1}{12} \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\} \right]^{1/2}} \dots\dots\dots(2-8)$$

dengan :

U_1, U_2 = parameter statistik

N_1 = jumlah data pada kelompok I

N_2 = jumlah data pada kelompok II

Rm = jumlah dari nilai peringkat data pada kelompok I

Z = nilai hitung Uji Mann dan Whitney

Langkah yang dilakukan dalam Uji Mann dan Whitney adalah sebagai berikut :

1. Membagi data menjadi dua kelompok dengan jumlah yang sama besar.
2. Memberi peringkat dari data yang sudah dibagi tadi dengan nilai terkecil sampai terbesar
3. Masing-masing kelompok dihitung jumlah peringkatnya
4. Menghitung nilai dari parameter U_1 dan U_2 sesuai dengan persamaan (2-6) dan (2-7)
5. Dari nilai U yang didapat, dipilih nilai U_1 dan U_2 yang paling kecil
6. Menghitung nilai Z sesuai persamaan (2-8)
7. Membandingkan nilai Z hitung dengan nilai Z yang diperoleh dari tabel (Z_C). Apabila nilai Z diantara nilai Z_C maka hipotesis nol diterima, yang artinya data yang diuji merupakan dari populasi yang sama.

2.3.2.3 Uji Tanda dari Cox dan Stuart

Dalam uji tanda dari Cox dan Stuart ini juga dapat melihat perubahan trend. Pada uji ini dilakukan pemberian tanda dengan membagi data menjadi tiga kelompok yang sama, setelah itu dengan membandingkan nilai dari kelompok data ke-1 dan ke-3, dan hasilnya dengan pemberian tanda (+) untuk nilai yang positif dan tanda (-) untuk nilai negatif. perumusan metode Spearman dapat dituliskan pada persamaan berikut : (Soewarno, 1995, p.94) :

Untuk sampel besar ($n \geq 30$) :

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6}}{\left(\frac{n}{12}\right)^{1/2}} \dots\dots\dots (2-9)$$

Untuk sampel kecil ($n < 30$) :

$$Z = \frac{S - \frac{n}{6} - 0.50}{\left(\frac{n}{12}\right)^{1/2}} \dots\dots\dots (2-10)$$

dengan :

n = jumlah data pada variabel hidrologi

S = jumlah tanda positif (+)

Langkah yang dilakukan dalam Uji tanda dari Cox dan Stuart adalah sebagai berikut :

1. Membagi data menjadi 3 kelompok dengan jumlah yang sama besar. (Jika data tidak dapat dibagi dengan jumlah yang sama, maka pada bagian atau kelompok ke II jumlah datanya dikurangi 2 atau 1 buah).
2. Membandingkan data pada kelompok III, dan memberi tanda (+) positif untuk nilai pada kelompok III lebih besar dari pada kelompok, dan sebaliknya beri tanda (-) negatif untuk nilai pada kelompok III lebih kecil dari pada kelompok I.
3. Menghitung nilai S , didapat dari jumlah banyaknya tanda (+) positif pada tabel
4. Menghitung nilai Z sesuai persamaan (2-9) atau (2-10).
5. Membandingkan nilai Z hitung dengan nilai Z yang diperoleh dari tabel (Z_C). Apabila nilai Z diantara nilai Z_C maka hipotesis nol diterima, yang artinya tidak menunjukkan adanya trend.

2.3.3 Uji Stasioner

Uji stasioner ini dilakukan setelah pengujian konsistensi data, apabila hasil dari deret data berkala tidak menunjukkan adanya trend sebelum data deret berkala digunakan untuk analisis lanjutan. Suatu data dengan deret berkala disebut stasioner apabila nilai dari parameter statistiknya (rata-rata dan varian) relatif tidak berubah dari setiap bagian ke bagian yang lain dalam rangkaian data runtut waktu tersebut. Maka tujuan dilakukan uji stasioner ini untuk menguji kestabilan nilai varian dan rata-rata dari suatu deret berkala. Artinya untuk mengetahui apakah kedua sampel berasal dari populasi yang sama. Dalam menguji nilai

kestabilan dapat dilakukan dengan uji F untuk menguji nilai varian dan uji T untuk menguji nilai rata-rata suatu deret berkala.

2.3.3.1 Uji F (Uji Kestabilan Varian)

Dalam menguji nilai kestabilan dilakukan uji F untuk mengetahui nilai varian, pengujian ini dilakukan dengan data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok atau lebih dan diuji menggunakan Uji F. Rumus untuk menghitung nilai varian sebagai berikut :

$$F = \frac{n_1 S_1 (n_2 - 1)}{n_2 S_2 (n_1 - 1)} \dots \dots \dots (2-11)$$

dengan :

n_1, n_2 = jumlah data kelompok 1 dan 2

S_1, S_2 = standar deviasi kelompok 1 dan 2

Langkah yang dilakukan dalam Uji F adalah sebagai berikut :

1. Membagi data deret berkala menjadi 2 kelompok atau lebih.
2. Menghitung nilai n dan S pada masing-masing kelompok
3. Menghitung nilai F sesuai persamaan (2-11)
4. Membandingkan nilai F hitung dengan nilai F_{cr} pada tabel distribusi, sesuai dengan derajat kebebasan $dk_1 = n_1 - 1$ dan $dk_2 = n_2 - 1$, dan nilai α (*Level of Significance*) yang diinginkan, $\alpha = 5\%$ atau $\alpha = 1\%$. Apabila nilai F hitung < dari nilai F_{cr} maka hipotesis nol diterima dan nilai varian dari data yang diuji adalah stasioner atau stabil.

2.3.3.2 Uji T (Uji Kestabilan Rata-rata)

Untuk mengetahui nilai kestabilan rata-rata maka dilakukan Uji T, untuk rata-rata deret berkala apabila datanya dianggap sebuah populasi. Pengujian sama seperti Uji F dengan membagi data menjadi dua kelompok atau lebih, setiap pasangan dua kelompok diuji. Rumus untuk menghitung nilai rata rata sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{1/2}} \dots \dots \dots (2-12)$$

$$\sigma = \left(\frac{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right)^{1/2} \dots \dots \dots (2-13)$$

dengan :

n_1, n_2 = jumlah data kelompok 1 dan 2

S_1, S_2 = standar deviasi kelompok 1 dan 2

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$ = rata-rata kelompok 1 dan 2

Langkah yang dilakukan dalam Uji T adalah sebagai berikut :

1. Membagi data deret berkala menjadi 2 kelompok atau lebih.
2. Menghitung nilai n , S , dan rata-rata pada masing-masing kelompok.
3. Menghitung nilai t sesuai persamaan (2-12).
4. Membandingkan nilai t hitung dengan nilai t_{cr} pada tabel distribusi, sesuai dengan derajat kebebasan $dk = n_1 + n_2 - 2$, dan nilai α (*Level of Significance*) yang diinginkan, $\alpha = 5\%$ atau $\alpha = 1\%$. Apabila nilai t hitung $<$ dari nilai t_{cr} maka hipotesis nol diterima dan nilai rata-rata dari data yang diuji adalah stasioner atau stabil, bersifat homogen.

2.3.4 Uji Persistensi

Persistensi adalah ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala dalam data hidrologi. Data tersebut dianggap data yang berasal dari sample acak maka perlu diuji. Untuk melakukan pengujian ini harus dihitung besarnya nilai koefisien korelasi serial dengan metode Spearman. Rumus untuk menghitung nilai koefisien korelasi serial dapat dituliskan sebagai berikut : (Soewarno, 1995, p.99).

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (di)^2}{m^3 - m} \dots\dots\dots (2-14)$$

$$t = KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2-15)$$

dengan :

KS = koefisien korelasi spearman

m = $N-1$

N = jumlah data

di = perbedaan nilai antara peringkat data ke X_i dan X_{i+1}

t = nilai distribusi t (derajat kebebasan ($m-2$))

untuk derajat kepercayaan tertentu (umumnya 5% ditolak atau 95% diterima)

2.4 Curah Hujan Rerata Daerah dengan Poligon Thiessen

Menggunakan metode poligon thiessen ini memperhitungkan bobot dari masing masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun terdekat, maksudnya hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. (Bambang, 2016, p.33)

Langkah pembentukan dalam metode poligon thiessen sebagai berikut :

1. Plot titik stasiun hujan pada peta DAS, memberikan garis lurus penghubung antara titik pos stasiun hujan ke pos stasiun hujan lainnya.
2. Membuat garis tegak lurus ditengah-tengah garis penghubung yang telah dibuat sehingga membentuk poligon thiessen (Gambar 2.6)
3. Tiap stasiun mewakili luasan yang dibentuk oleh poligon sehingga curah hujan pada titik stasiun hujan tersebut dianggap representasi hujan pada luasan yang dibentuk poligon yang bersangkutan.
4. Mengukur tiap luasan poligon dan dikalikan dengan besar hujan di stasiun hujan yang berada di dalam poligon tersebut, dan luas total (A) dapat didapatkan dengan menjumlahkan semua luasan poligon yang ada.
5. Hujan rerata daerah pada DAS dapat diketahui dengan persamaan rumus berikut :

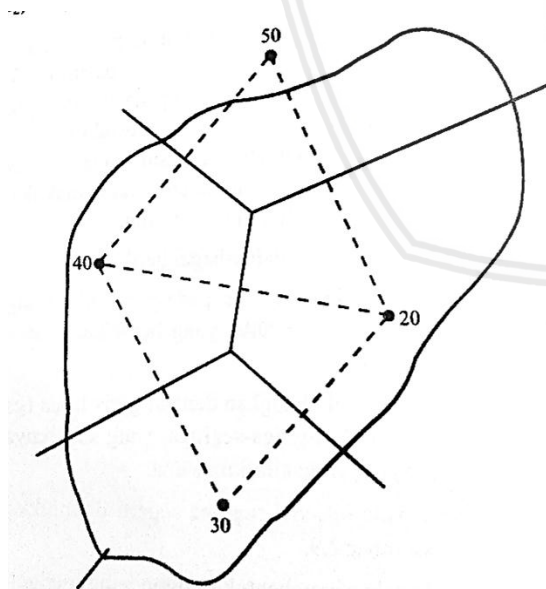
$$\bar{p} = \frac{A_1 p_1 + A_2 p_2 + \dots + A_n p_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots(2-16)$$

dengan :

$\bar{p}$ = hujan rerata daerah

$p_1, p_2, \dots, p_n$ = hujan pada stasiun 1, 2, ... n

$A_1, A_2, \dots, A_n$ = luas daerah yang mewakili stasiun 1, 2, ... n



Gambar 2.6 Poligon Thiessen

Sumber : Bambang, (2006, p. 34).

2.5 Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan Saraf Tiruan (JST) merupakan sistem pemrosesan informasi yang didesain dengan menirukan cara kerja otak manusia dalam menyelesaikan suatu masalah, dengan kata lain mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf manusia. Model jaringan saraf tiruan terdiri dari beberapa elemen penghitung tak linier yang masing-masing dihubungkan melalui pembobot dan tersusun secara paralel. Pembobot ini yang akan berubah (beradaptasi) selama jaringan syaraf tiruan mengalami pelatihan, pelatihan ini dilakukan sebelum digunakan untuk menyelesaikan suatu masalah. Melalui pelatihan yang dilakukan JST akan didapatkan tanggapan yang benar (diinginkan) terhadap masukan yang diberikan. Walaupun masukan yang diberikan terkena derau atau berubah, JST ini tetap dapat memberikan tanggapan yang benar pada suatu tingkat tertentu. (Hermawan, A, 2006, p.2)

JST ini mempunyai banyak kemampuan untuk mendapatkan informasi dan memecahkan suatu masalah, dari data yang rumit atau tidak tepat, masalah yang tidak terstruktur dan sukar didefinisikan, dapat belajar dari pengalaman, mampu melakukan generalisasi dan ekstraksi dari suatu pola data, mampu mengklasifikasi memilih input data ke dalam kategori tertentu yang sudah ditetapkan, mampu menemukan jawaban yang paling baik dan benar sehingga mampu meminimalisasi fungsi biasa (optimasi). (Sutojo, T, *et.al*, 2011 p.284).

Selain yang dijelaskan diatas, kelebihan lainnya yang dimiliki JST antara lain :

1. Belajar *Adaptive*, yaitu kemampuan untuk mempelajari proses mengolah data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal.
2. *Self-Organisation*, yaitu kemampuan JST dapat mengorganisasi sendiri melalui pengaturan diri atau kemampuan belajar.
3. *Real Time Operation*, yaitu kemampuan perhitungan JST dapat dilakukan secara paralel sehingga perangkat keras yang dirancang dan diproduksi secara khusus dapat mengambil keuntungann dari kemampuan ini.

Namun dari kelebihan tersebut, JST juga mempunyai kelemahan, diantaranya :

1. Tidak efektif apabila digunakan untuk melakukan operasi numerik dengan presisi tinggi
2. Tidak efisien jika digunakan untuk melakukan operasi algoritma aritmatika, operasi logika dan simbolis.
3. Operasi JST membutuhkan pelatihan sehingga apabila jumlah datanya besar akan membutuhkan waktu yang lama untuk proses pelatihan tersebut.

2.5.1 Arsitektur Jaringan

Arsitektur sebuah jaringan akan menemukan keberhasilan target yang akan dicapai karena tidak semua permasalahan dapat diselesaikan dengan arsitektur yang sama. Sebelum mengenal arsitektur jaringan yang sering digunakan pada JST, berikut adalah lapisan penyusun yang terdapat pada JST :

1. Lapisan *Input* (*input layer*)

Dalam lapisan *input* terdapat unit input atau masukan yang bertugas menerima pola inputan dari luar yang merupakan gambaran dari suatu permasalahan yang akan diselesaikan melalui JST

2. Lapisan Tersembunyi (*hidden layer*)

Pada lapisan tersembunyi terdapat unit-unit tersembunyi, yang nilai *output* tidak dapat diamati secara langsung, maka dinamakan tersembunyi.

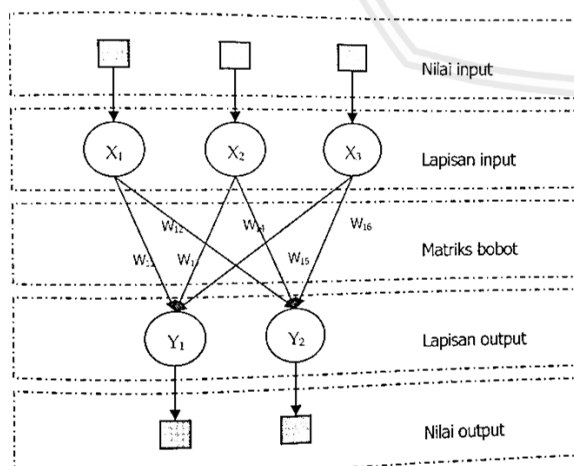
3. Lapisan *Output* (*output layer*)

Sedangkan dalam lapisan *output* terdapat unit-unit output yang merupakan keluaran atau solusi JST dari suatu permasalahan.

Arsitektur jaringan yang dirancang oleh JST menggunakan suatu aturan yang menyeluruh (*general rule*) yaitu seluruh model jaringan mempunyai konsep yang sama. Berikut adalah arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam JST, antara lain :

1. Jaringan dengan lapisan tunggal (*single layer net*)

Jaringan lapisan tunggal hanya mempunyai 1 lapisan dengan bobot yang terhubung. Setiap unit *input* langsung terhubung dan mengolahnya menjadi unit output tanpa melewati lapisan tersembunyi.

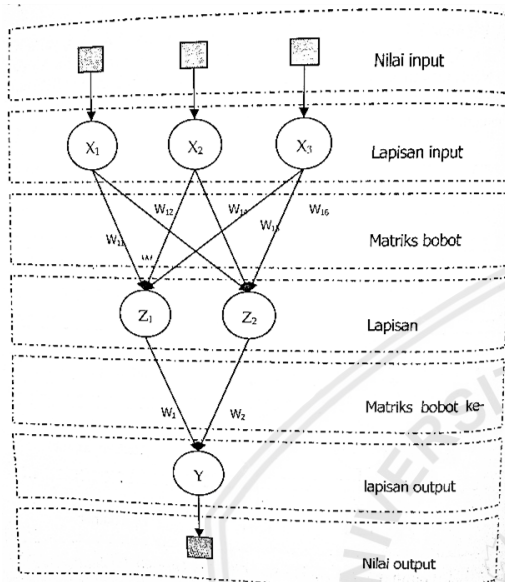


Gambar 2.7 Jaringan Saraf dengan Lapisan Tunggal

Sumber : Hermawan,A, (2006,p.39)

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

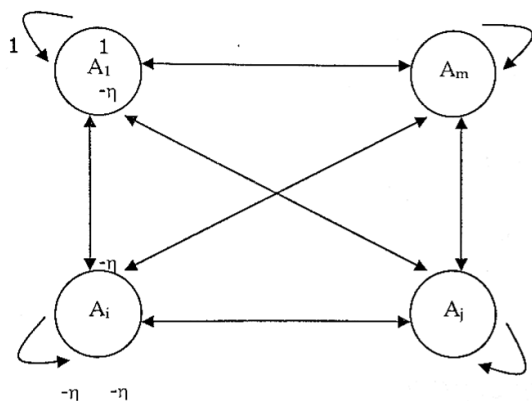
Jaringan banyak lapisan ini mempunyai tiga lapisan yaitu, lapisan *input*, lapisan tersembunyi dan lapisan *output*. Pada jaringan seperti ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit dan lebih kompleks daripada lapisan dengan lapisan tunggal.



Gambar 2.8 Jaringan Saraf dengan Banyak Lapisan
Sumber : Hermawan,A, (2006,p.40)

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

Jaringan lapisan kompetitif ini memiliki bobot yang telah ditentukan dan tidak terdapat proses pelatihan. Hubungan antar-neuron pada lapisan inipun tidak diperlihatkan pada diagram arsitekturnya. Sehingga jaringan ini digunakan untuk mengetahui neuron yang menang dari beberapa neuron yang ada, maka neuron tersebut bersaing untuk mendapatkan gak menjadi aktif.



Gambar 2.9 Jaringan Saraf dengan Lapisan Kompetitif
Sumber : Hermawan,A, (2006,p.41)

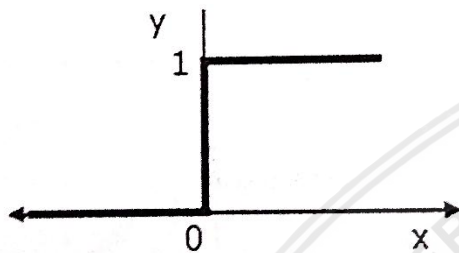
2.5.2 Fungsi Aktivasi

Bobot dan *input-output* fungsi aktivasi yang ditetapkan menentukan perilaku dari JST. Fungsi aktivasi yang sering digunakan dalam JST antara lain :

1. Fungsi Undak Biner *Hard Limit*

Fungsi undak biner digunakan oleh jaringan lapisan tunggal untuk mengubah nilai *input* suatu variabel yang bernilai kontinu menjadi nilai *output* biner (0 atau 1). Fungsi aktivasinya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x \leq 0 \\ 1, & \text{jika } x > 0 \end{cases} \dots\dots\dots(2-17)$$

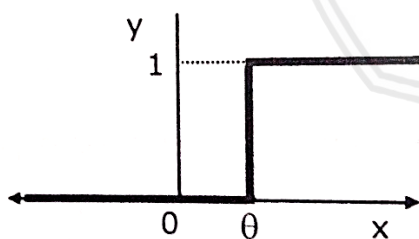


Gambar 2.10 Fungsi Undak Biner *Hard Limit*.
Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 295)

2. Fungsi Undak Biner *Threshold*

Pada fungsi undak biner *threshold* menggunakan nilai ambang θ sebagai batasnya. Fungsi aktivasi untuk undak biner *threshold* adalah sebagai berikut :

$$y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < \theta \\ 1, & \text{jika } x \geq \theta \end{cases} \dots\dots\dots(2-18)$$



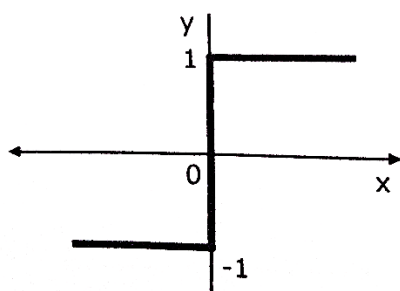
Gambar 2.11 Fungsi Undak Biner *Threshold*.
Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 296)

3. Fungsi Bipolar *Symetric Hard Limit*

Pada fungsi aktivasi bipolar *symmetric hard limit* mempunyai nilai *output* yaitu 1, 0, atau

-1. Fungsi bipolar *symmetric hard limit* adalah sebagai berikut :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > 0 \\ 0, & \text{jika } x = 0 \\ -1, & \text{jika } x < 0 \end{cases} \dots\dots\dots(2-19)$$



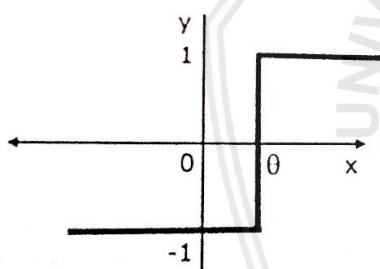
Gambar 2.12 Fungsi Undak Symetric Hard Limit.

Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 296)

4. Fungsi Bipolar dengan Threshold

Pada fungsi aktivasi bipolar dengan *threshold* memiliki nilai *output* yaitu 1, 0, atau -1 dan untuk batas nilai ambang θ tertentu. Fungsi bipolar dengan *threshold* adalah sebagai berikut :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x > \theta \\ 0, & \text{jika } x = \theta \\ -1, & \text{jika } x < \theta \end{cases} \dots\dots\dots (2-20)$$



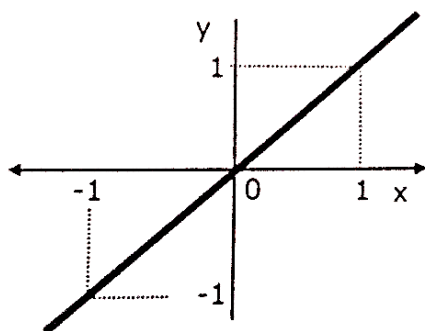
Gambar 2.13 Fungsi Bipolar dengan Threshold.

Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 297)

5. Fungsi Linier (Identitas)

Fungsi linier mempunyai nilai *input* yang samadengan nilai *output*. Fungsi aktivasi untuk fungsi linier adalah sebagai berikut :

$$y = x \dots\dots\dots (2-21)$$



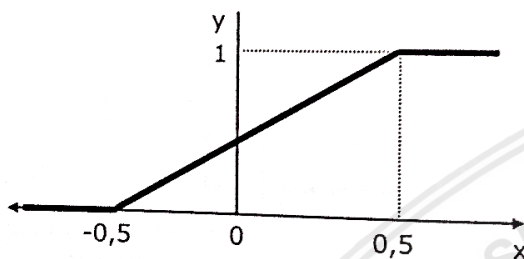
Gambar 2.14 Fungsi Linier.

Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 297)

6. Fungsi Saturating Linier

Fungsi *saturating* linier akan bernilai 1 dan apabila *inputnya* bernilai lebih dari 0,5. Jika nilainya diantara -0,5 dan 0,5, maka *outputnya* akan bernilai sama dengan nilai *input* yang ditambah 0,5. Jika nilai *inputnya* kurang dari -0,5, maka fungsinya akan bernilai 0. Fungsi *saturating* linier dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \\ x + 0,5, & \text{jika } -0,5 \leq x \leq 0,5 \\ 0, & \text{jika } x \leq -0,5 \end{cases} \dots\dots\dots(2-22)$$

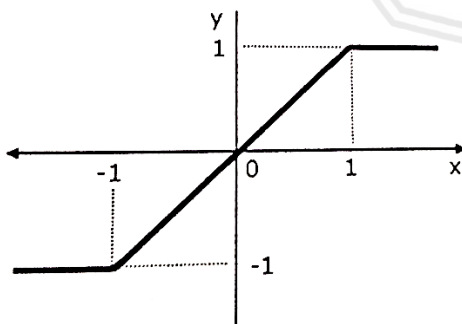


Gambar 2.15 Fungsi Saturating Linier.
Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 298)

7. Fungsi Symetric Saturating Linier

Fungsi *symetric saturating* linier ini akan bernilai 1, apabila *inputnya* bernilai lebih dari 1. Jika nilai *inputnya* antara -1 dan 1, maka *outputnya* akan bernilai sama dengan *inputnya*. Jika nilainya kurang dari -1, maka fungsinya akan bernilai -1. Fungsi *symmetric saturating* linier adalah sebagai berikut :

$$y = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq 1 \\ x, & \text{jika } -1 \leq x \leq 1 \\ -1, & \text{jika } x \leq -1 \end{cases} \dots\dots\dots(2-23)$$



Gambar 2.16 Fungsi Symetric Saturating Linier.
Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 299)

8. Fungsi Sigmoid Biner

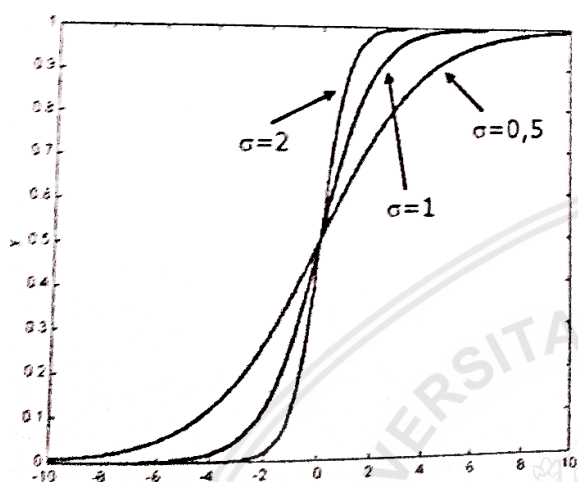
Fungsi *sigmoid biner* memiliki nilai diantara 0 sampai 1. Oleh sebab itu, fungsi ini sering digunakan pada JST yang membutuhkan nilai *output* diantara 0-1. Fungsi ini biasanya

digunakan untuk JST yang dilatih dengan *backpropagation*. Fungsi sigmoid biner adalah sebagai berikut :

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \dots\dots\dots (2-24)$$

dengan nilai

$$f'(x) = \sigma f(x)[1 - f(x)] \dots\dots\dots (2-25)$$



Gambar 2.17 Fungsi Sigmoid Biner.
Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 299)

9. Fungsi Sigmoid Bipolar

Fungsi sigmoid bipolar memiliki nilai *ouput* diantara 1 sampai -1. Fungsi sigmoid bipolar adalah sebagai berikut:

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-x}}{1 + e^{-x}} \dots\dots\dots (2-26)$$

dengan

$$f'(x) = \frac{\sigma}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \dots\dots\dots (2-27)$$

Fungsi sigmoid bipolar ini hampir sama dengan fungsi *hyperbolic tangent*, dengan nilai antara -1 sampai 1. Sehingga fungsi *hyperbolic tangent* adalah sebagai berikut :

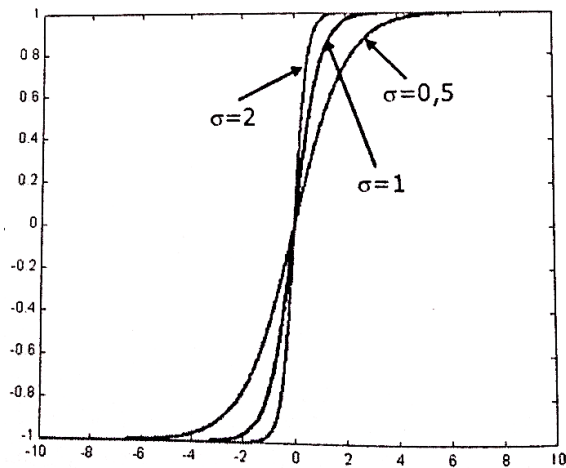
$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \dots\dots\dots (2-28)$$

atau

$$y = f(x) = \frac{1 - e^{-2x}}{1 + e^{-2x}} \dots\dots\dots (2-29)$$

dengan

$$f'(x) = [1 + f(x)][1 - f(x)] \dots\dots\dots (2-30)$$



Gambar 2.18 Fungsi Sigmoid Bipolar.
Sumber : Sutojo, T, *et.al* (2010, p. 300)

2.5.3 Proses Pembelajaran

Pada proses pelatihan jaringan, suatu *input* dimasukkan pada jaringan yang akan diproses dan mengeluarkan hasil keluaran *output*. Keluaran yang dihasilkan ini akan dibandingkan dengan target. Apabila *output* tidak sama dengan target maka dilakukan modifikasi bobot, dengan tujuan untuk mendapatkan bobot terbaik yang dapat membuat *output* jaringan sama dengan target yang diinginkan.

Terdapat dua pelatihan dalam JST, yaitu pelatihan dengan supervisi dan pelatihan tanpa supervisi. Pelatihan supervisi ini pelatihan dengan bimbingan yang artinya jaringan dipandu atau dibimbing oleh sejumlah pasangan data (*input* dan target) untuk melatih jaringan sehingga mendapatkan bobot yang tepat atau terbaik. Berikut contoh pembelajaran pada pelatihan supervisi terawasi antara lain : *Hebb Rule*, *Perceptron*, *Delta Rule*, *Backpropagation*, *Heteroassociative Memory*, *Bidirectional Associative Memory (BAM)*, dan *Learning Vector Quantization (LVQ)*.

Sedangkan pelatihan tanpa supervisi yaitu pelatihan tanpa pembimbing atau dipandu dalam proses pelatihannya. Dengan kata lain jaringan hanya diberi *input*, tetapi tidak mendapat target yang diinginkan sehingga modifikasi bobot dilakukan dengan parameter tertentu. Tujuan pembelajaran ini adalah mengelompokkan unit-unit yang hampir sama dalam are tertentu atau disebut juga dengan klasifikasi. Jaringan kohonen merupakan contoh pelatihan tanpa supervisi ini. Dimana, *neuron-neuron* suatu lapisan akan menyusun dirinya yang berdasarkan *input* nilai tertentu pada suatu *cluster* (Sutojo, T, 2011, pp.307-396)

2.5.4 Parameter Jaringan Saraf Tiruan

Digunakannya parameter JST adalah untuk batas kesalahan dalam pelatihan atau pembelajaran, batas minimum dalam sebuah fungsi aktivasi dan kontrol ukuran bobot. Parameter yang digunakan dalam JST antara lain sebagai berikut :

1. *Learning rate*

Learning rate merupakan laju pembelajaran berupa perkalian negatif *gradient* dalam menentukan perubahan nilai bobot dan bias. Apabila nilainya semakin besar maka berdampak pada langkah pembelajaran yang akan semakin besar juga. Namun jika nilai diatur terlalu besar, menyebabkan algoritma menjadi tidak stabil. Dan sebaliknya jika nilainya diatur terlalu kecil, maka algoritma akan membutuhkan waktu yang lama dalam mencapai target.

2. Jumlah Epoch

Jumlah epoch merupakan iterasi maksimum yang boleh atau dapat dilakukan selama proses pelatihan. Saat jumlah epoch tercapai maka proses iterasi dihentikan. Epoch adalah iterasi (perulangan) proses untuk mencapai target yang telah ditentukan.

3. Perhitungan *error*

Tujuan dilakukannya perhitungan *error* adalah untuk mengukur dan melihat tingkat akurasi dari jaringan pola yang diberikan. Perhitungan *error* yang digunakan adalah :

- *Mean Square Error (MSE)*

Tujuan dari *MSE* untuk memperoleh nilai eror yang paling kecil atau sedikit antara *output* jaringan dan target, melalui iterasi yang dilakukan dengan mencoba-coba dan modifikasi nilai bobot yang terhubung oleh semua *neuron* dalam suatu jaringan. Maka dari itu untuk mengetahui berapa banyak nilai bobot yang diganti, maka setiap iterasi perlu dilakukan perhitungan eror. Nilai *MSE* yang mendekati 0, berarti baik. Rumus perhitungan *MSE* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t_k - y_k)^2 \dots\dots\dots (2-31)$$

- *Mean Absolute Error (MAE)*

MAE merupakan perhitungan eror dari rerata absolut selisih nilai *output* jaringan dan target. Dimana apabila nilai *MAE* yang diperoleh mendekati 0, maka nilai tersebut baik atau tidak terdapat perbedaan jauh antara nilai *output* jaringan dan target. Rumus perhitungan *MAE* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |t_k - y_k| \dots\dots\dots (2-32)$$

- *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

MAPE merupakan persen dari perhitungan error dari rata-rata absolut antara nilai *output* jaringan dan target. Apabila nilai *MAPE* yang diperoleh dibawah 10%, maka nilai tersebut sangat baik. Pada nilai yang diperoleh diantara 10% - 20%, maka nilai yang diperoleh tersebut dapat dikatakan baik. Berikut adalah rumus *MAPE* :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |t_k - y_k| \times 100\% \dots\dots\dots(2-33)$$

dengan :

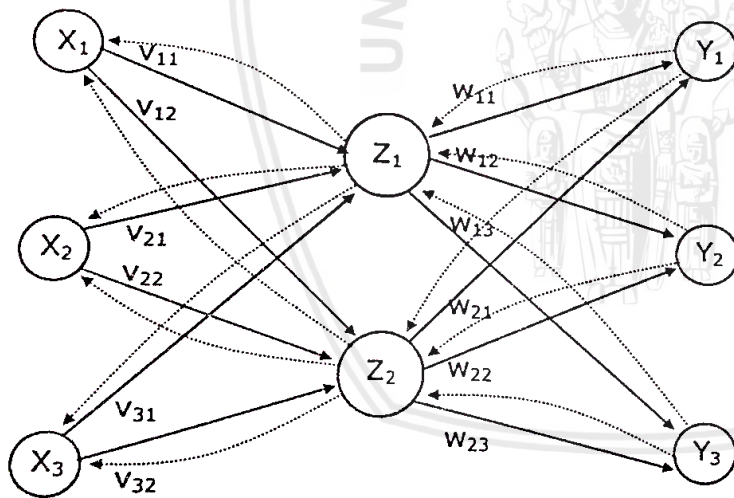
n = jumlah data

t_k = nilai *output* jaringan

y_k = nilai *output*

2.5.5 Model Jaringan *Backpropagation*

Model jaringan *backpropagation* ini adalah metode penurunan gradien yang berguna untuk meminimalkan angka kuadrat error *output*, oleh karena itu jaringan ini terdiri dari lapisan *input*, lapisan tersembunyi dan lapisan *output*.



Gambar 2.19 Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

Sumber : Kusumadewi (2003, p. 236)

Backpropagation ini merupakan algoritma yang terawasi dan digunakan oleh peceptron dengan banyak lapisan untuk memodifikasi bobot yang terhubung dengan neuron pada lapisan tersembunyi. Dengan menggunakan error keluaran untuk mengubah nilai bobot-bobotnya, maka algoritma *backpropagation* terdiri dari inisialisasi bobot dengan mengambil nilai random yang cukup kecil dan jika selama kondisi berhenti bernilai salah, maka mengerjakan beberapa tahap dalam metode *backpropagation*, antara lain yaitu :

1. Tahap perambatan maju (*forward propagation*)

- Setiap unit *input* ($X_i, i=1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x_i lalu meneruskannya ke semua unit pada *hidden layer* atau lapisan tersembunyi.
- Setiap unit tersembunyi ($Z_i, j=1,2,3,\dots,p$) melakukan penjumlahan bobot sinyal *input* dengan persamaan berikut ini :

$$z_in_j = v_{oj} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \dots\dots\dots (2-34)$$

dan menerapkannya dengan fungsi aktivasi menghitung sinyal *output* pada persamaan di bawah ini:

$$z_j = f(z_in_j) \dots\dots\dots (2-35)$$

- Setiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan bobot sinyal *input*.

$$y_in_k = w_{ok} + \sum_{i=1}^n z_i w_{ik} \dots\dots\dots (2-36)$$

dan lanjut menerapkan fungsi aktivasi menghitung sinyal *output* dengan persamaan berikut ini:

$$y_k = f(y_in_k) \dots\dots\dots (2-37)$$

2. Tahap perambatan balik (*backpropagation*)

- Setiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menerima pola target yang sesuai dengan pola *input* pada pelatihan, yang selanjutnya nilai eror dihitung dengan persamaan berikut :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \dots\dots\dots (2-38)$$

dan f' adalah turunan dari fungsi aktivasi. Selanjutnya menghitung koreksi dari bobot dengan persamaan berikut ini :

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \dots\dots\dots (2-39)$$

dan lanjut menghitung nilai koreksi bias dengan persamaan berikut ini :

$$\Delta w_{ok} = \alpha \delta_k \dots\dots\dots (2-38)$$

- Setiap unit tersembunyi ($Z_i, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan delta input (dari unit yang berada pada lapisan kanannya) dengan persamaan berikut ini:

$$\delta_in_j = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \dots\dots\dots (2-40)$$

untuk menghitung informasi eror, dengan mengalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya, maka dapat dituliskan berikut ini :

$$\delta_j = \delta_in_j f'(z_in_j) \dots\dots\dots (2-41)$$

kemudian menghitung nilai koreksi bobot dengan persamaan berikut :

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_i \dots\dots\dots(2-42)$$

dan untuk menghitung nilai koreksi bias dengan persamaannya yaitu:

$$\Delta v_{0j} = \alpha \delta_j \dots\dots\dots(2-43)$$

3. Tahap perubahan bobot dan bias

- a. Setiap unit *output* (Y_k , $k=1,2,3,\dots,m$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($j=0,1,2,\dots,p$) dengan persamaan berikut :

$$w_{jk} = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \dots\dots\dots(2-44)$$

- b. Setiap unit *hidden layer* (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($i=0,1,2,\dots,n$) dengan persamaan berikut :

$$v_{ij} = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \dots\dots\dots(2-45)$$

- c. Melakukan tes berhenti

2.6 Kalibrasi, Verifikasi dan Validasi

Prinsip model hidrologi digunakan untuk melakukan simulasi perilaku sistem fisik tersebut, dengan menggunakan masukan data terukur dan diperoleh model yang mendekati dengan output sistem yang ditiru tersebut. Hal ini dilakukan dengan meminimalisasi tingkat kesalahan yang mungkin terjadi melalui beberapa uji coba nilai parameter sampai diperoleh tingkat ketidakpastian yang paling kecil atau minimal diantara keduanya.

Kalibrasi (*calibration*) merupakan proses pemilihan kombinasi parameter atau optimalisasi nilai parameter untuk meningkatkan nilai hubungan antara respon hidrologi yang teramati dan tersimulasi. Sedangkan Validasi (*validation*) adalah proses evaluasi terhadap model untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki suatu model dalam memprediksi proses hidrologi. Validasi ini dilakukan dengan menggunakan data di luar periode data yang digunakan dalam proses kalibrasi. (Refgaard, 2002, dalam Indarto, 2012, p. 160).

Pada studi ini melakukan kalibrasi, verifikasi dan validasi bertujuan untuk menguji keakuratan dengan membandingkan debit model sampel hasil keluaran jaringan saraf tiruan yang menggunakan program Matlab R2014b dengan hasil pengamatan debit pos duga air Gangseng yang diperoleh dari UPT PSDA Kab, Bojonegoro. Uji yang digunakan dalam proses validasi ini antara lain :

2.6.1 Kesalahan Relatif

Tujuan dari metode kesalahan relatif ini untuk memastikan hasil permodelan dengan cara menghitung perbedaan hasil perodelan dan hasil pengamatan dalam bentuk persentase. Persamaan rumus kesalahan relatif dapat dituliskan sebagai berikut :

$$KR = \left(\frac{X_a - X_b}{X_a} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2-46)$$

dengan :

KR = kesalahan relatif (%)

X_a = nilai pengamatan (mm/hari)

X_b = nilai hasil pemodelan (mm/hari)

2.6.2 Root Mean Square Error (RMSE)

Metode RMSE ini merupakan metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkatan akurasi hasil prakiraan suatu model. Tujuan dilakukan uji ini untuk mengetahui keakuratan dari hasil pemodelan dengan data pengamatan yang dilakukan. Apabila nilai RMSE yang didapatkan kecil maka penyimpangan nilai pemodelan dari pengamatan. Berikut persamaan rumus RMSE :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - y)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (2-47)$$

dengan :

$RMSE$ = nilai *Root Mean Square Error*

x = nilai pengamatan (*observed value*) (mm/hari)

y = nilai permodelan (*predicted value*) (mm/hari)

n = jumlah data

2.6.3 Nash-Sutcliffe Coefficient (NSE)

Metode *Nash-Sutcliffe Efficiency* ini bertujuan untuk mengevaluasi kesahihan pada model. Dengan melakukan uji ini akan menunjukkan bahwa tingkat ketelitian dari korelasi hubungan dari data yang terukur dan terhitung (Indarto, 2010, p.172). Persamaan rumus Uji validasi dengan metode NSE ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{si} - Q_{mi})^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{Q} - Q_{mi})^2} \quad \dots\dots\dots (2-48)$$

dengan :

- Q_{si} = *run-off* terhitung pada interval waktu i
 Q_{mi} = *run-off* terukur pada interval waktu i
 i = interval waktu
 n = jumlah interval waktu

Nilai Nash-Sutcliffe memiliki rentang antara $-\infty$ sampai 1. Kriteria nilai NSE adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 6

Kriteria Nilai Nash-Sutcliffe *Efficiency* (NSE)

Nilai NSE	Interpretasi
$NSE > 0.75$	Baik
$0.36 < NSE < 0.75$	Memenuhi
$NSE < 0.36$	Tidak memenuhi

Sumber: Motovilov, et. al (1999) dalam Siska W (2016)

2.6.4 Metode Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi bertujuan untuk melihat hubungan antar kedua variabel (hasil pengamatan dan perhitungan) serta membuktikan hipotesis, jika kedua data berbentuk interval atau rasio dan berasal dari sumber yang sama. Rumus untuk menghitung koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \dots\dots\dots(2-49)$$

dengan :

- r_{xy} = nilai korelasi antara variabel x dan y
 x_i = nilai pengamatan atau observasi (mm/hari)
 y_i = nilai permodelan (*observed value*) (mm/hari)
 n = jumlah data

Tabel 2. 7

Nilai Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0.00 – 0.199	Sangat Rendah
0.20 – 0.399	Rendah
0.40 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.799	Kuat
0.80 – 1.000	Sangat Kuat

Sumber: Sugiyono (2007, p.231)

2.7 Studi Penelitian Terdahulu

Tabel 2.8

Rekapitulasi Studi Peneliti Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Lokasi	Keterangan	Hasil Studi
1	Siska Widyastuti Ery Suhartanto, ST., MT Dr. Very Dermawan, ST., MT	Analisa Hujan-Limpasan Menggunakan Model <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) di Sub DAS Lesti	Sub DAS Lesti, Kabupaten Malang	Jaringan Saraf Tiruan	MSE = 0.0393 Metode NSE $R^2 > 0.999$ R dalam $R^2 > 0.999$
2	Suhardi Hery Budi Sulaksono Gusfan Halik	Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk Analisa Debit DAS Bedadung DI Kabupaten Jember	DAS Bedadung, Kabupaten Jember	Jaringan Saraf Tiruan	R=0.60805 MSE=0.361
3	Iwan K Hadihardaja Sugeng Sutikno	Pemodelan Curah Hujan Limpasan Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> (ANN) dengan Metode Backpropagation	DAS Way Sekampung- Pujorahayu	Jaringan Saraf Tiruan	R = 0.813

Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2019

Lanjutan Tabel 2. 8
Rekapitulasi Studi Peneliti Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Lokasi	Keterangan	Hasil Studi
4	Putu Doddy Heka Ardana	Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network) Dalam Modelisasi Curah Hujan Limpasan Dengan Perbandingan Dua Algoritma Pelatihan (Studi Kasus DAS Tukad Jogading)	DAS Tukad Jogading Kabupaten Jembrana, Bali	Jaringan Saraf Tiruan	MSE = 0.008 KAR = 0.447
5	Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D	Perbandingan Metode Mock dan Nreca untuk Pengalihragaman Hujan Ke Aliran	Sub DAS Pacal Segaten, Kabupaten Bojonegoro	Metode Mock dan Nreca	Mock Kalibrasi RMSE = 0.109 MSE = 0.014 R2 = 0.758 Mock Validasi RMSE = 0.126 MSE = 0.051 R2 = 0.604

Sumber: Hasil Analisa Penulis, 2019

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Daerah Lokasi Studi

Kabupaten Bojonegoro adalah bagian dari Provinsi Jawa Timur terletak di 112°25' – 112°09' BT dan 6°59' - 7°37' LS. Secara administrasi Kabupaten Bojonegoro dibagi menjadi 27 kecamatan dengan 419 desa dan 11 kelurahan dengan total luas wilayah 2.307,06 Ha. Kabupaten Bojonegoro berbatasan langsung dengan Provinsi Jawa Tengah, berikut batas administrasi Kabupaten Bojonegoro :

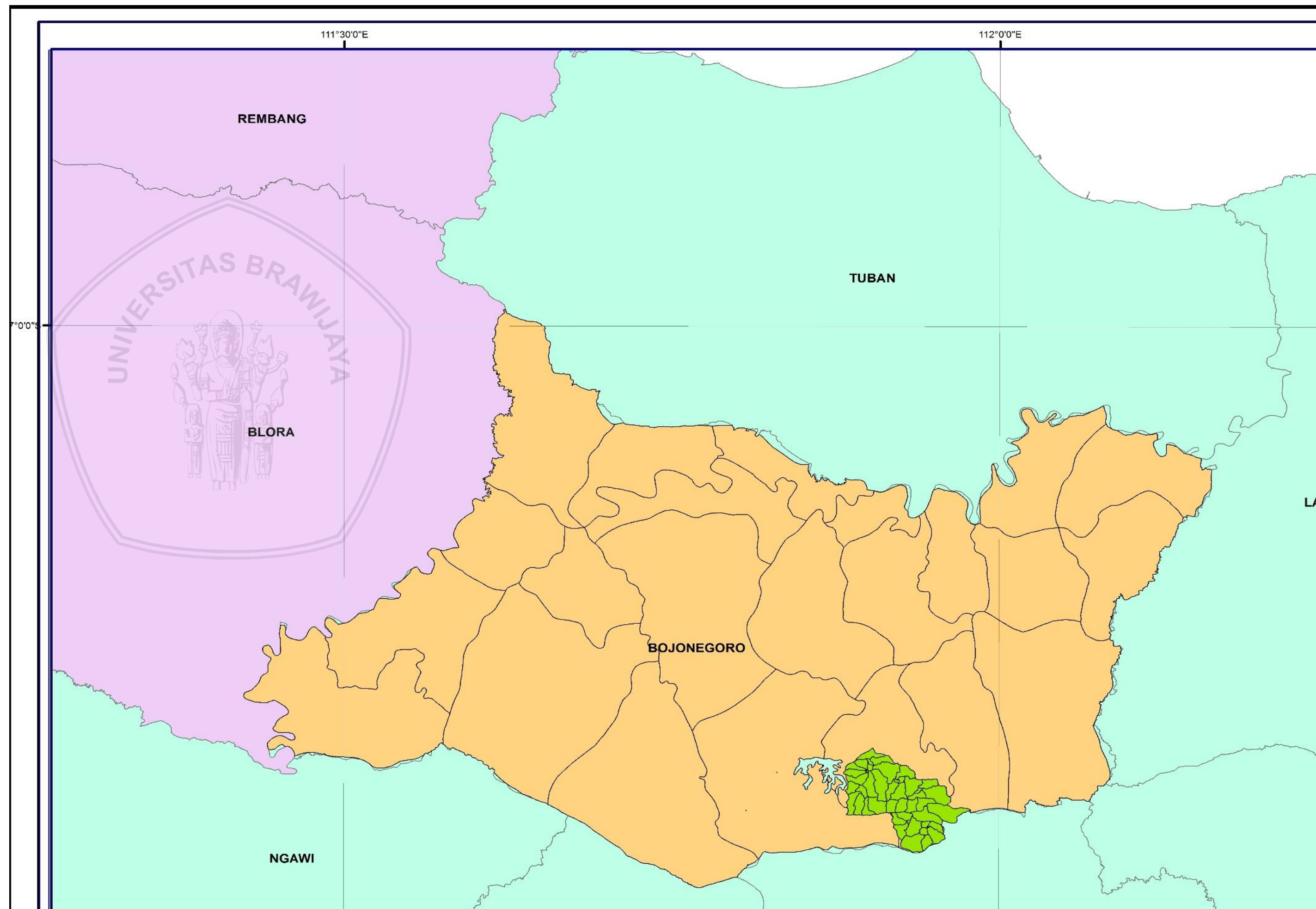
- Sebelah Utara : Kabupaten Tuban
- Sebelah Timur : Kabupaten Lamongan
- Sebelah Selatan : Kabupaten Madiun, Nganjuk, dan Jombang
- Sebelah Barat : Kabupaten Ngawi dan Blora (Jawa Tengah)

Pada Kabupaten Bojonegoro ini dilewati Sungai Bengawan Solo yang merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa. DAS Bengawan Solo merupakan DAS terluas di WS Bengawan Solo yang meliputi Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Sub DAS Kali Madiun dan Sub DAS Bengawan Solo Hilir. Kabupaten Bojonegoro sendiri merupakan bagian dari Sub DAS Bengawan Solo Hilir.

Sub Das Bengawan Solo Hilir masih dibagi lagi menjadi beberapa sub DAS lagi sesuai anak sungai Bengawan Solo yang terdapat di Bojonegoro, termasuk Sub DAS Gongseng pada lokasi studi kali ini.

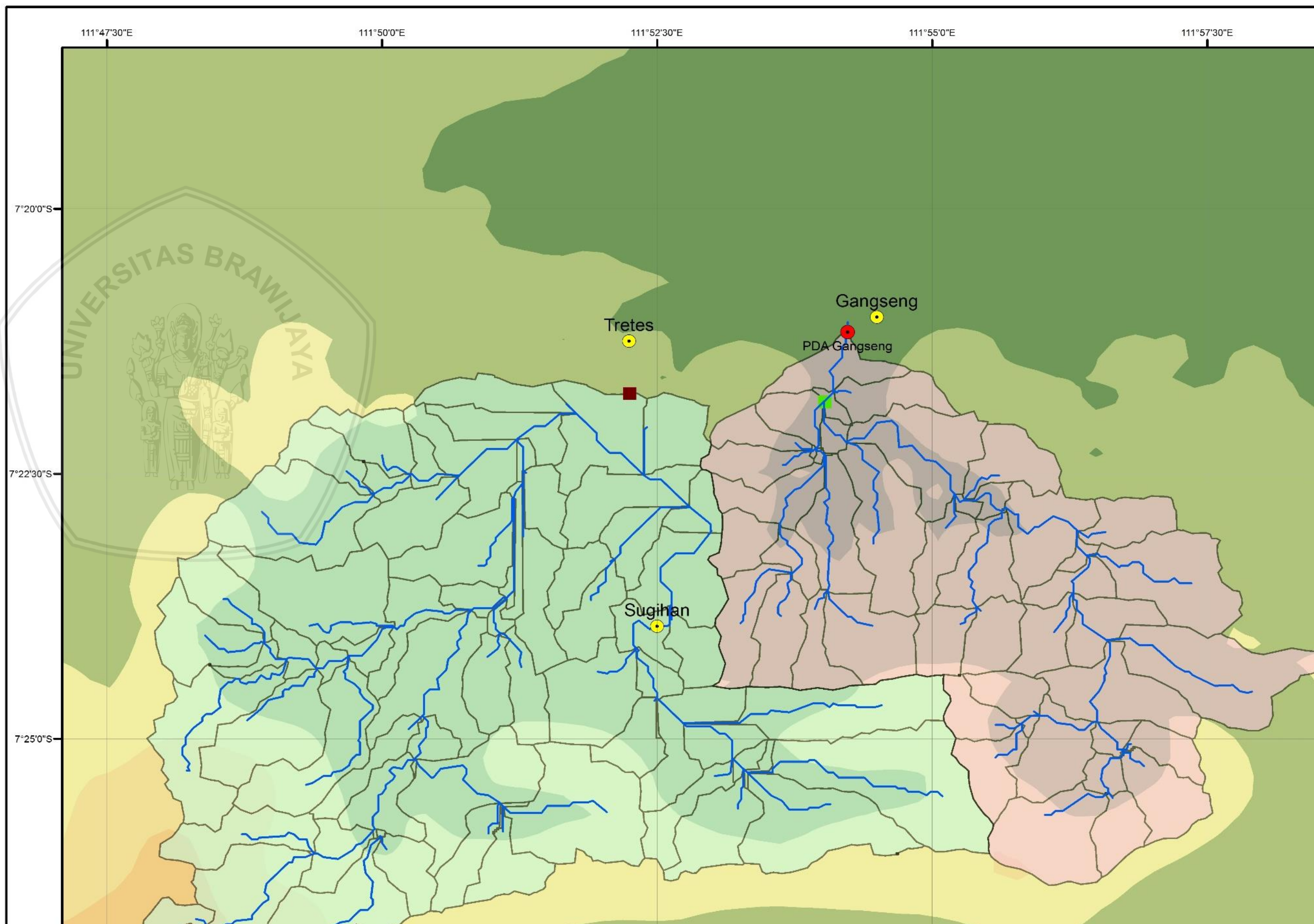
(Halaman ini sengaja dikosongkan)





(Halaman ini sengaja dikosongkan)





(Halaman ini sengaja dikosongkan)



3.2. Identifikasi Daerah Studi

3.2.1. Kondisi Iklim

Kabupaten Bojonegoro beriklim tropis mempunyai 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Rata-rata suhu 27.8 C dengan suhu udara berkisar antara 24.2 C – 31.4 C. Curah hujan yang terjadi di Kabupaten Bojonegoro tidak terlalu tinggi.

3.2.2. Kondisi Topografi

Wilayah Kabupaten Bojonegoro terletak pada ketinggian 0 sampai kurang dari 1000 m di atas permukaan laut. Kondisi DAS Bengawan Solo dengan topografi yang relatif datar, dengan sebagian besar daerahnya berada di dataran rendah terutam pada bagian sub DAS Bengawan Solo Hilir. Namun kondisi topografi pada daerah ini juga beragam dari daerah datar sampai bergunung dengan kemiringan dasar sungai Bengawan Solo juga bervariasi dari landai sampai curam.

Sub DAS Bengawan Solo Hilir mempunyai luas 6.273 km² dan panjang alur sungai 300 km membentuk alur sungai yang lebar dengan kemiringan yang landai dan melalui dataran akuvial sehingga menjadi daerah yang sering terjadi banjir.

3.2.3. Kondisi Hidrologi

Keadaan Kabupaten Bojonegoro merupakan bagian dari Sub DAS Bengawan Solo Hilir, pada sepanjang DAS ini merupakan dataran rendah. Kabupaten Bojonegoro juga pernah mengalami banjir yang sangat parah, dikarenakan hujan lebat dan kiriman banjir dari sungai Bengawan Solo pada tahun 2007.

3.2.4. Kondisi Daerah Aliran Sub DAS Gongseng

Sungai Bengawan Solo merupakan sungai utama pada DAS Bengawan Solo dimana termasuk sungai terpanjang di pulau Jawa yang memiliki banyak percabangan anak sungai. Bagian Hulu sungai Bengawan Solo yang memiliki sumber mata air berasal dari air mata Gajah mungkur di Wonogori, Karanganyar, Ponorogo, Kali Madiun, Boyolali hingga Klaten.

Studi ini akan membahas Sub DAS Bengawan Solo Hilir pada Sub DAS Gongseng dengan luas 51.723 km² yang bersebelahan dengan Sub DAS Pacal yang mempunyai luas sekitar 91.96 km². Pada Sub DAS Gongseng sedang dibangun waduk Gongseng yang terletak di Desa Kedungsari, Kecamatan Temayang, Kabupaten Bojonegoro. Dibangunnya waduk ini untuk mewujudkan bendungan sebagai infrastruktur pendukung ketahanan pangan dan air baku nasional yang merupakan upaya mengembangkan daerah Kabupaten Bojonegoro untuk memberikan manfaat penyedia air irigasi, peningkatan intensitas tanam, konservasi DAS (*ground water recharge*), pengembangan sektor perikanan air tawar maupun pariwisata, dan yang pasti adalah sebagai pengendalian banjir.

3.3. Data-data yang Diperlukan

Pengumpulan data pada studi ini berupa data sekunder yang didapat dari UPT SDA Bojonegoro, beberapa data tersebut antara lain:

1. Data Curah Hujan Harian di stasiun Tretes, Gangseng dan Sugihan diperoleh dari UPT PSDA di Bojonegoro Tahun 2006-2017.
2. Data Debit Harian Pos Duga Air Gongseng diperoleh dari UPT PSDA di Bojonegoro Tahun 2006-2017.
3. Luas DAS, untuk memperoleh nilai koefisien aliran.

3.4. Tahapan Pengolahan Data

Pengolahan data terdapat tiga tahapan, tahapan pertama berupa pengolahan data input yaitu data curah hujan, data debit, serta koefisien aliran. Selanjutnya tahap pengolahan data dengan pemodelan Jaringan Saraf Tiruan menggunakan *software* Matlab R2014, dan tahap terakhir adalah hasil dari data pemodelan akan dihitung nilai penyimpangannya. Berikut merupakan tahapan pengolahan data pada studi ini, antara lain:

1. Pengolahan data input

- a. Data curah hujan harian tahun 2006-2017.
 - Uji Konsistensi dengan Metode Kurva Massa Ganda.
 - Uji Ketidakadaan Trend
 - Uji Stasioner
 - Uji Persistensi
 - Hujan rerata daerah dengan Metode Poligon Thiessen.
- b. Data debit harian pos duga air tahun 2006-2017.
 - Uji RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*)
 - Uji Ketidakadaan Trend.
 - Uji Stasioner
 - Uji Persistensi
- c. Perhitungan koefisien aliran.
 - Menghitung nilai koefisien aliran dengan menggunakan data hujan rerata daerah poligpn Thiessn, data debit dan luas DAS.

2. Pengolahan data menggunakan pemodelan program Matlab R2014b

- a. Melakukan pembagian data (*load data*)

Terdapat 3 bagian dalam proses *load data* ini yaitu:

- Data input, meliputi curah hujan, jumlah hari hujan dan koefisien aliran.

- Data sample, meliputi curah hujan, jumlah hari hujan dan koefisien aliran dari tahun sisa data input.
- Data target, merupakan data yang akan dibandingkan dalam proses pemodelan menggunakan program Matlab yaitu data debit PDA.

Komposisi data pada pembagian data dibagi menjadi beberapa pengerjaan, antara lain adalah 6 – 6 tahun, 7 – 5 tahun, 8 – 4 tahun, 9 – 3 tahun, 10 – 2 tahun, dan 11 – 1 tahun. Contoh pengerjaan pada pembagian data menjadi 6 – 6 tahun maksudnya adalah 6 tahun pertama sebagai perhitungan debit untuk tahap kalibrasi, dan 6 tahun berikutnya sebagai tahap validasi.

b. Merancang model jaringan arsitektur.

Perancangan arsitektur jaringan ini menggunakan pembelajaran terbimbing metode *backpropagation*.

c. Melakukan pelatihan data, validasi data dan pengujian data.

d. Melakukan simulasi model data sampel.

3. Uji Kalibrasi

Kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan antara debit pengamatan dan debit model yang dihasilkan oleh JST.

4. Uji Verifikasi

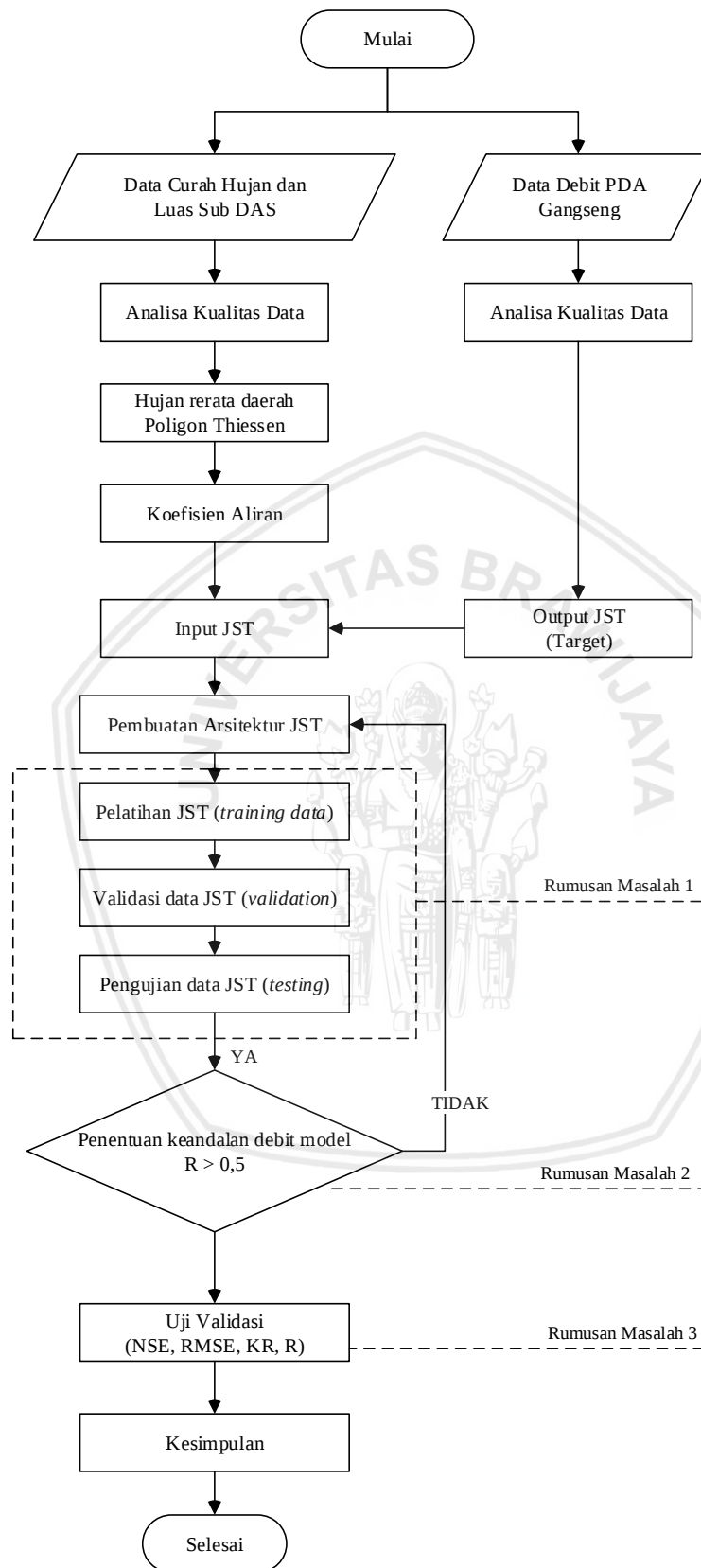
Verifikasi model merupakan proses setelah tahap kalibrasi dengan melihat hubungan debit model JST dan debit pengamatan, apakah terdapat penyimpangan yang dihasilkan dari hasil plotting grafik kedua hubungan tersebut.

5. Uji Validasi

Validasi bertujuan untuk menguji keakuratan terhadap model proses untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model. Uji validasi dilakukan dengan menggunakan data di luar periode data yang digunakan dalam kalibrasi. Uji validasi yang dilakukan sebagai berikut:

- *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)*
- Koefisien Korelasi (R)
- Kesalahan Relatif
- *Root Mean Square Error*

3.5. Diagram Alir Pengerjaan Studi



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi
Sumber: Hasil Analisa, 2019

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Untuk memenuhi kebutuhan data yang diperlukan dalam analisis studi ini dilakukan tahap pengumpulan data serta dilengkapi dengan pengolahan data. Data yang dibutuhkan antara lain data curah hujan, data debit, jumlah hari hujan dan nilai koefisien aliran. Pengumpulan data curah hujan dan data debit masing-masing selama 12 tahun (2006 -2017) diperoleh dari UPT PSDA di Bojonegoro, Jawa Timur. Pengumpulan data ini dilanjutkan dengan survei lapangan pada titik stasiun hujan dan titik pos duga air untuk mengetahui koordinatnya dan kondisi di lapangan.

Tabel 4.1
Survei Lapangan Stasiun Hujan dan Pos Duga Air

Nama Titik Pos	Letak Koordinat	Dokumentasi
Stasiun Hujan Tretes	07°21'14.95" Lintang Selatan 111°52'14.73" Bujur Timur	
Stasiun Hujan Gangseng	07°21'1.28" Lintang Selatan 111°54'29.92" Bujur Timur	

Sumber : Hasil survei lapangan, 2019

Lanjutan Tabel 4.1

Survei Lapangan Stasiun Hujan dan Pos Duga Air

Nama Titik Pos	Letak Koordinat	Dokumentasi
Stasiun Hujan Sugihan	07°23'56.34" Lintang Selatan 111°52'30.08" Bujur Timur	
Duga Air Debit Gangseng	07°35'28.07" Lintang Selatan 111°90'43.11" Bujur Timur	

Sumber : Hasil survei lapangan, 2019

Pengolahan data berupa data jumlah hari hujan dan nilai koefisien aliran yang dilakukan perhitungan terlebih dahulu untuk melengkapi data yang akan digunakan dalam analisis Jaringan Saraf Tiruan studi ini. Pada pemodelan JST data curah hujan terdiri dari 3 stasiun hujan digunakan sebagai masukan (*input*) dan data debit dari 1 titik pos duga air menjadi kontrol target atau keluaran. Agar hasil pemodelan debit JST memiliki hasil yang baik dan sesuai dengan yang diharapkan, maka data yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan pengujian kualitas data.

4.2 Analisa Hidrologi

4.2.1 Uji Konsistensi Data

4.2.1.1. Uji Konsistensi Curah Hujan Pos Stasiun Hujan

Pengujian data hujan pos stasiun hujan ini menggunakan kurva massa ganda dengan tujuan untuk melihat apakah terdapat penyimpangan data hujan dari data yang dipakai, dengan membandingkan akumulasi curah hujan tahunan dengan akumulasi curah hujan

rata-rata stasiun hujan lain di sekitarnya sebagai pembanding. Pengujian dikatakan konsisten apabila diperoleh besar kemiringan sudut garis trend yang dihasilkan pada grafik sebesar $\alpha = 45$. Toleransi data masih dapat dianggap konsisten dengan rentangan nilai sudut $42^\circ < \alpha < 48^\circ$, karena ketika dilakukan perhitungan faktor koreksi data yang dihasilkan tidak akan memberikan besaran yang signifikan.

Tabel 4.2

Data Curah Hujan Tahunan Sekitar Sub DAS Gongseng

Tahun	Stasiun Hujan (mm)		
	Tretes	Gongseng	Sugihan
2006	1922	1979	1957
2007	1828	2029	2401
2008	1593	1997	3455
2009	1565	1890	2738
2010	2439	3298	4525
2011	1886	2276	2158
2012	1490	1093	789
2013	2227	2597	2211
2014	1652	2339	1791
2015	1432	1918	2131
2016	2029	2281	3395
2017	2278	2758	2046

Sumber : UPT PSDA Di Bojonegoro, 2018

Berikut hasil perhitungan pengujian konsistensi data Stasiun Tretes, dengan stasiun pembanding adalah Stasiun Gongseng dan Sugihan :

Tabel 4.3

Uji Konsistensi Data Stasiun Tretes

Tahun	Tretes	Stasiun Hujan Pembanding			Komulatif	
		(mm)		Rerata	Tretes	Rerata Sta. Pembanding
		Gongseng	Sugihan			
2006	1922	1979	1957	1968	1922	1968
2007	1828	2029	2401	2215	3750	4183
2008	1593	1997	3455	2726	5343	6909
2009	1565	1890	2738	2314	6908	9223
2010	2439	3298	4525	3912	9347	13135
2011	1886	2276	2158	2217	11233	15352
2012	1490	1093	789	941	12723	16293

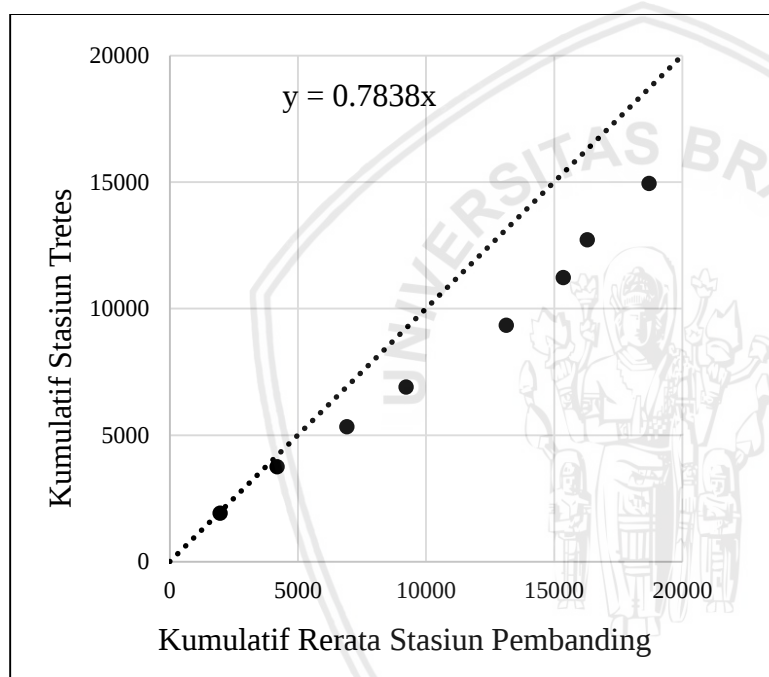
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Lanjutan Tabel 4. 3

Uji Konsistensi Data Stasiun Hujan Tretes

Tahun	Tretes	Stasiun Hujan Pembanding (mm)		Komulatif	Tahun	Tretes
		Gangseng	Sugihan			
2013	2227	2597	2211	2404	14950	18697
2014	1652	2339	1791	2065	16602	20762
2015	1432	1918	2131	2025	18034	22786
2016	2029	2281	3395	2838	20063	25624
2017	2278	2758	2046	2402	22341	28026

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.1 Grafik kurva massa ganda Stasiun Tretes

Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

Dapat dilihat pada **Gambar 4. 1** menunjukkan hasil kurva massa ganda yang diperoleh dari uji konsistensi data. Selanjutnya untuk memastikan besarnya sudut yang diperoleh kurva tersebut maka dilakukan perhitungan. Apabila sudut yang dihasilkan di luar dari rentang nilai $42^\circ < \alpha < 48^\circ$, maka perlu dilakukan koreksi data karna data dianggap bermasalah atau menyimpang dari garis trend konsistensi data.

Perhitungan besar sudut α kurva massa ganda Stasiun Tretes :

$$y = bx$$

b = kemiringan garis b (S)

$$y = 0.7838 x$$

$$S = 0.7838$$

Sehingga, nilai $\alpha = \arctan S$

$$\alpha = \arctan (0.7838)$$

$$= 38.09^\circ$$

Karena nilai α Stasiun Tretes adalah $38,09^\circ$ tidak sesuai dengan batas uji konsistensi yaitu terletak diantara rentang nilai $42^\circ < \alpha < 48^\circ$, maka pada Stasiun Tretes perlu dilakukan perhitungan faktor koreksi (F_K) dengan tujuan memperbaiki data sehingga nilai α sesuai dengan batas yang diijinkan. Berikut contoh perhitungan nilai F_K :

$$S_1 = \frac{Y}{X} = \frac{1922-22341}{1968-28026} = 0.784$$

$$F_K = \frac{S_{koreksi}}{S_1} = \frac{1}{0.7836} = 1.276$$

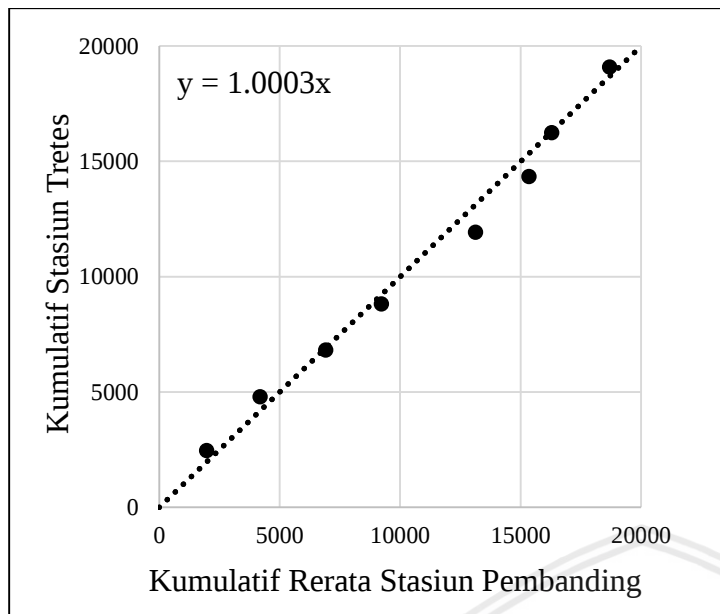
Setelah didapatkan nilai faktor koreksi (F_K), maka curah hujan di Stasiun Tretes dikalikan dengan (F_K) yaitu 1.276 sehingga data menjadi terkoreksi. Berikut perhitungan pada Stasiun Tretes setelah dikoreksi :

Tabel 4. 4

Uji Konsistensi Data Stasiun Tretes setelah dikoreksi.

Tahun	Stasiun Tretes		Stasiun Pembanding	
	CH Tahunan	Kumulatif	CH Tahunan Rerata	Kumulatif
2006	2452.79	2452.79	1968	1968
2007	2332.83	4785.62	2215	4183
2008	2032.93	6818.55	2726	6909
2009	1997.20	8815.74	2314	9223
2010	3112.56	11928.31	3912	13135
2011	2406.85	14335.15	2217	15352
2012	1901.48	16236.64	941	16293
2013	2842.02	19078.66	2404	18697
2014	2108.22	21186.88	2065	20762
2015	1827.47	23014.35	2025	22786
2016	2589.34	25603.69	2838	25624
2017	2907.10	28510.79	2402	28026

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.2 Grafik Kurva Massa Ganda Stasiun Tretes setelah dikoreksi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

Perhitungan besar sudut α kurva massa ganda Stasiun Tretes setelah dikoreksi :

$$y = 1.0003 x$$

$$S = 1.0003$$

Sehingga, nilai $\alpha = \arctan S$

$$\begin{aligned}\alpha &= \arctan (1.0003) \\ &= 45.04^\circ\end{aligned}$$

Nilai α Stasiun Gangseng setelah menggunakan data dikoreksi adalah $45,04^\circ$ maka telah sesuai dengan batas uji konsistensi yaitu terletak diantara rentang nilai $42^\circ < \alpha < 48^\circ$.

Tabel 4. 5

Rekapitulasi Faktor Koreksi Stasiun Hujan

No	Stasiun Hujan	α sebelum diperbaiki	faktor koreksi	α setelah diperbaiki
1	Tretes	38.09	1.276	45.04
2	Gangseng	44.68	-	-
3	Sugihan	51.64	0.812	45.65

Sumber : Hasil Perhitungan, 2019

4.2.1.2. Uji Konsistensi Data Debit Pos Duga Air

Pengujian data debit pos duga air ini menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Pemilihan metode RAPS ini karena data debit pos duga air merupakan data tunggal. Berikut pengerjaan dalam perhitungan uji konsistensi dengan metode RAPS data debit dengan periode tahunan (contoh perhitungan menggunakan tahun 2006) di Pos Duga Air Gangseng :

Tabel 4. 6
Perhitungan Uji RAPS Data Debit Pos Duga Air Gangseng

No	Tahun	Debit PDA (m ³ /detik)	Yi - Yrerata	Sk*	D _y ²	Sk**	[Sk**]
1	2006	433.09	70.85	70,85	418.29	0.75	0.75
2	2007	384.98	22.75	93.59	43.09	0.24	0.24
3	2008	353.84	-8.40	14.34	5.88	-0.09	0.09
4	2009	292.10	-70.14	-78.54	409.99	-0.75	0.75
5	2010	427.22	64.98	-5.16	351.85	0.69	0.69
6	2011	470.75	108.51	173.49	981.18	1.15	1.15
7	2012	413.49	51.25	159.76	218.87	0.54	0.54
8	2013	331.84	-30.41	20.85	77.02	-0.32	0.32
9	2014	383.59	21.35	-9.05	37.98	0.23	0.23
10	2015	91.19	-271.05	-249.70	6122.52	-2.88	2.88
11	2016	410.64	48.40	-222.66	195.20	0.51	0.51
12	2017	354.17	-8.071	40.33	5.43	-0.08	0.09
Jumlah		4346.898			8867.290		
Rerata		362.241					

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

1. Menghitung nilai rerata data debit pos duga air tahunan.

$$\begin{aligned}\bar{Y} &= \frac{\sum Y_i}{n} \\ &= \frac{4346.89}{12} \\ &= 362.241\end{aligned}$$

2. Menghitung nilai selisih antara nilai debit dengan rerata debit pos duga air.

$$\begin{aligned}Y_i - \bar{Y} &= 433.09 - 362.24 \\ &= 70.85\end{aligned}$$

3. Menghitung nilai S_k*. Nilai S_k* sama dengan nilai Y_i - $\bar{Y}$ yaitu 70.85. Sedangkan untuk nilai S_k* tahun berikutnya, perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}S_{k*} &= (Y_i - \bar{Y})_{2006} + (Y_i - \bar{Y})_{2007} \\ &= 70.85 + 22.74 \\ &= 93.59\end{aligned}$$

4. Menghitung nilai D_y² sebagai berikut:

$$D_y^2 = \frac{(Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

$$D_y^2 = \frac{(70.85)^2}{12}$$

$$D_y^2 = 418.29$$

$$\Sigma D_y^2 = 8867.29$$

5. Menghitung nilai D_y

$$\begin{aligned} D_y &= \sqrt{\Sigma D_y^2} \\ &= \sqrt{8867.29} \\ &= 94.17 \end{aligned}$$

6. Menghitung nilai S_k^{**} dan nilai absolut dari S_k^{**}

$$\begin{aligned} S_k^{**} &= \frac{S_k^*}{D_y} \\ &= \frac{70.85}{94.17} \\ &= 0.75 \\ |S_k^{**}| &= 0.75 \end{aligned}$$

7. Mencari nilai minimum dan maksimum dari keseluruhan nilai S_k^{**} .

$$S_k^{**} \text{ maksimum} = 1.15$$

$$S_k^{**} \text{ minimum} = -2.87$$

8. Menentukan nilai Q dengan memilih nilai absolut S_k^{**} maksimum, yaitu 1.152.

9. Menentukan nilai R dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R &= S_k^{**} \text{ maks} - S_k^{**} \text{ min} \\ &= 1.15 - (-2.88) \\ &= 4.03 \end{aligned}$$

10. Menghitung nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ sebagai nilai Q_{hitung} dan R_{hitung}

$$\begin{aligned} \frac{Q}{\sqrt{n}} &= \frac{1.152}{\sqrt{12}} \\ &= 0.484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{R}{\sqrt{n}} &= \frac{4.031}{\sqrt{12}} \\ &= 0.583 \end{aligned}$$

11. Menentukan nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ untuk jumlah data 12 tahun dengan derajat kepercayaan 5%.

Berdasarkan Tabel diperoleh Q_{kritis} dengan melakukan *forecast* sebesar 1.156.

12. Menentukan nilai $\frac{R}{\sqrt{n}}$ untuk jumlah data 12 tahun dengan derajat kepercayaan 5%.

Berdasarkan Tabel diperoleh R_{kritis} dengan melakukan *forecast* sebesar 1.310.

13. Membandingkan nilai Q_{hitung} dan R_{hitung} dengan nilai Q_{kritis} dan R_{kritis} . Dalam perbandingan ini diperoleh hasil nilai $Q_{hitung} < Q_{kritis}$ serta nilai $R_{hitung} < R_{kritis}$, maka nilai uji konsistensi data debit pos duga air Gangseng diterima. Hal ini menunjukkan bahwa debit pos duga air Gangseng konsisten. Hasil uji RAPS data debit pos duga air Gangseng dapat dilihat pada **Tabel 4. 6**.

Tabel 4. 7

Rekapitulasi Hasil Uji RAPS Data Debit Pos Duga Air Gangseng

Periode	α	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	Q_{tabel}	Kesimpulan	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	R_{kritis}	Kesimpulan
Tahunan	5%	0.333	1.156	Diterima	1.310	1.310	Diterima
Bulanan		0.328	1.360	Diterima	0.688	1.750	Diterima
Periode	α	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	Q_{kritis}	Kesimpulan	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	R_{kritis}	Kesimpulan
Tahunan	1%	0.333	1.316	Diterima	1.164	1.424	Diterima
Bulanan		0.328	1.630	Diterima	0.688	2.000	Diterima

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.1.3. Rekapitulasi Hasil Uji Konsistensi

Tabel 4. 8

Rekapitulasi Hasil Uji Konsistensi Periode Tahunan

No	Nama Titik	Metode Kurva			Keterangan
		Massa Ganda		Metode RAPS	
		Sudut	$\frac{Q}{\sqrt{n}}$	$\frac{R}{\sqrt{n}}$	
1.	Stasiun Hujan Tretes	45.04	-	-	Konsisten
2.	Stasiun Hujan Gangseng	44.68	-	-	Konsisten
3.	Stasiun Hujan Sugihan	45.65	-	-	Konsisten
4.	PDA Gangseng	-	0.33	1.16	Konsisten

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.2 Uji Ketidakadaan Trend

4.2.2.1. Uji Korelasi Peringkat Merode Spearman

Pengujian ini dengan tujuan untuk menunjukkan data yang akan diuji terdapat trend atau tidak. Berikut contoh perhitungan uji spearman untu Stasiun Hujan Tretes :

Tabel 4. 9

Perhitungan Uji Spearman Stasiun Hujan Tretes.

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt ²
1	Jan-06	1	297	43	42	1764
2	Feb-06	2	641	1	-1	1
3	Mar-06	3	337	28	25	625
4	Apr-06	4	254	56	52	2704
5	May-06	5	324	32	27	729
6	Jun-06	6	9	116	110	12100
7	Jul-06	7	0	118	111	12321
8	Aug-06	8	0	119	111	12321
9	Sep-06	9	0	120	111	12321
10	Oct-06	10	0	121	111	12321
11	Nov-06	11	50	104	93	8649
12	Dec-06	12	541	6	-6	36
13	Jan-07	13	172	76	63	3969
14	Feb-07	14	180	72	58	3364
15	Mar-07	15	398	21	6	36
16	Apr-07	16	220	62	46	2116
17	May-07	17	180	73	56	3136
18	Jun-07	18	135	84	66	4356
19	Jul-07	19	68	94	75	5625
20	Aug-07	20	0	122	102	10404
21	Sep-07	21	0	123	102	10404
22	Oct-07	22	57	99	77	5929
23	Nov-07	23	448	14	-9	81
24	Dec-07	24	475	10	-14	196
25	Jan-08	25	0	124	99	9801
26	Feb-08	26	240	59	33	1089
27	Mar-08	27	627	4	-23	529
28	Apr-08	28	194	67	39	1521
29	May-08	29	98	90	61	3721
30	Jun-08	30	59	98	68	4624

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 9
Perhitungan Uji Spearman Stasiun Hujan Tretes.

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt ²
31	Jul-08	31	0	125	94	8836
32	Aug-08	32	24	112	80	6400
33	Sep-08	33	0	126	93	8649
34	Oct-08	34	193	69	35	1225
35	Nov-08	35	296	45	10	100
36	Dec-08	36	302	41	5	25
37	Jan-09	37	314	37	0	0
38	Feb-09	38	403	20	-18	324
39	Mar-09	39	375	24	-15	225
40	Apr-09	40	251	57	17	289
41	May-09	41	152	80	39	1521
42	Jun-09	42	32	110	68	4624
43	Jul-09	43	11	115	72	5184
44	Aug-09	44	0	127	83	6889
45	Sep-09	45	0	128	83	6889
46	Oct-09	46	52	103	57	3249
47	Nov-09	47	223	61	14	196
48	Dec-09	48	182	71	23	529
49	Jan-10	49	408	19	-30	900
50	Feb-10	50	419	16	-34	1156
51	Mar-10	51	641	2	-49	2401
52	Apr-10	52	186	70	18	324
53	May-10	53	220	63	10	100
54	Jun-10	54	48	105	51	2601
55	Jul-10	55	110	89	34	1156
56	Aug-10	56	45	106	50	2500
57	Sep-10	57	288	47	-10	100
58	Oct-10	58	143	82	24	576
59	Nov-10	59	319	35	-24	576
60	Dec-10	60	286	48	-12	144
61	Jan-11	61	257	55	-6	36
62	Feb-11	62	329	30	-32	1024
63	Mar-11	63	462	13	-50	2500

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 9

Perhitungan Uji Spearman Stasiun Hujan Tretes.

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt ²
64	Apr-11	64	278	50	-14	196
65	May-11	65	218	64	-1	1
66	Jun-11	66	17	114	48	2304
67	Jul-11	67	0	129	62	3844
68	Aug-11	68	0	130	62	3844
69	Sep-11	69	0	131	62	3844
70	Oct-11	70	121	87	17	289
71	Nov-11	71	440	15	-56	3136
72	Dec-11	72	285	49	-23	529
73	Jan-12	73	294	46	-27	729
74	Feb-12	74	410	18	-56	3136
75	Mar-12	75	239	60	-15	225
76	Apr-12	76	166	78	2	4
77	May-12	77	82	92	15	225
78	Jun-12	78	8	117	39	1521
79	Jul-12	79	0	132	53	2809
80	Aug-12	80	0	133	53	2809
81	Sep-12	81	0	134	53	2809
82	Oct-12	82	121	88	6	36
83	Nov-12	83	207	65	-18	324
84	Dec-12	84	376	23	-61	3721
85	Jan-13	85	379	22	-63	3969
86	Feb-13	86	413	17	-69	4761
87	Mar-13	87	327	31	-56	3136
88	Apr-13	88	481	9	-79	6241
89	May-13	89	277	51	-38	1444
90	Jun-13	90	131	85	-5	25
91	Jul-13	91	64	96	5	25
92	Aug-13	92	38	109	17	289
93	Sep-13	93	0	135	42	1764
94	Oct-13	94	55	101	7	49
95	Nov-13	95	356	25	-70	4900
96	Dec-13	96	320	34	-62	3844

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 9
Perhitungan Uji Spearman Stasiun Hujan Tretes.

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt ²
97	Jan-14	97	180	74	-23	529
98	Feb-14	98	242	58	-40	1600
99	Mar-14	99	324	33	-66	4356
100	Apr-14	100	558	5	-95	9025
101	May-14	101	61	97	-4	16
102	Jun-14	102	89	91	-11	121
103	Jul-14	103	41	108	5	25
104	Aug-14	104	0	136	32	1024
105	Sep-14	105	0	137	32	1024
106	Oct-14	106	0	138	32	1024
107	Nov-14	107	262	54	-53	2809
108	Dec-14	108	351	27	-81	6561
109	Jan-15	109	263	53	-56	3136
110	Feb-15	110	473	11	-99	9801
111	Mar-15	111	202	66	-45	2025
112	Apr-15	112	318	36	-76	5776
113	May-15	113	78	93	-20	400
114	Jun-15	114	42	107	-7	49
115	Jul-15	115	0	139	24	576
116	Aug-15	116	0	140	24	576
117	Sep-15	117	0	141	24	576
118	Oct-15	118	0	142	24	576
119	Nov-15	119	145	81	-38	1444
120	Dec-15	120	306	39	-81	6561
121	Jan-16	121	297	44	-77	5929
122	Feb-16	122	310	38	-84	7056
123	Mar-16	123	331	29	-94	8836
124	Apr-16	124	129	86	-38	1444
125	May-16	125	167	77	-48	2304
126	Jun-16	126	166	79	-47	2209
127	Jul-16	127	65	95	-32	1024
128	Aug-16	128	19	113	-15	225
129	Sep-16	129	57	100	-29	841

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 9

Perhitungan Uji Spearman Stasiun Hujan Tretes.

No	Bulan	Peringkat Tt	CH (mm)	Peringkat Rt	dt	dt ²
130	Oct-16	130	139	83	-47	2209
131	Nov-16	131	639	3	-128	16384
132	Dec-16	132	269	52	-80	6400
133	Jan-17	133	302	42	-91	8281
134	Feb-17	134	465	12	-122	14884
135	Mar-17	135	304	40	-95	9025
136	Apr-17	136	355	26	-110	12100
137	May-17	137	0	143	6	36
138	Jun-17	138	27	111	-27	729
139	Jul-17	139	55	102	-37	1369
140	Aug-17	140	0	144	4	16
141	Sep-17	141	194	68	-73	5329
142	Oct-17	142	175	75	-67	4489
143	Nov-17	143	533	7	-136	18496
144	Dec-17	144	498	8	-136	18496
Jumlah						492544

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

$$\begin{aligned}
 KP &= 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (dt)^2}{n^3 - n} \\
 &= 1 - \frac{6 \times 492544}{144^3 - 144} \\
 &= 0.010
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t &= KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0.010 \left[\frac{144-2}{1-0.010^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= 0.122
 \end{aligned}$$

Melakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan α 5% dengan melihat t kritis pada tabel 2.3 didapatkan nilai t kritis + 1.96 dan - 1.96. Maka dari hasil contoh perhitungan diatas dengan t hitung 0.122 disimpulkan bahwa t hitung terletak diantara t kritis sehingga hipotesis nol pada derajat kepercayaan 5% diterima atau data tidak ada trend.

Tabel 4. 10

Rekapitulasi Uji Spearman Derajat Kepercayaan 5% dan 1%

Nama Titik	α	t Hitung	t Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	5%	0.122	-1.96	1.96	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		0.047			diterima
Stasiun Hujan Sugihan		1.142			diterima
PDA Gangseng		2.743			ditolak
Nama Titik	α	t Hitung	t Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	1%	0.122	-2.576	2.576	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		0.047			diterima
Stasiun Hujan Sugihan		1.142			diterima
PDA Gangseng		2.743			ditolak

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.2.2. Uji Mann-Whitney

Uji Mann dan Whitney merupakan pengujian dengan melihat dua kelompok data yang tidak berpasangan berasal dari populasi yang sama atau tidak. Sehingga data dibagi menjadi dua data terlebih dahulu kemudian diberi peringkat. Contoh perhitungan Uji Mann-Whitney pada Stasiun Hujan Tretes dapat dituliskan sebagai berikut:

Tabel 4. 11

Perhitungan Uji Mann-Whitney Stasiun Hujan Tretes

No	Kelompok 1	Peringkat	Kelompok 2	Peringkat
1	297	43	294	46
2	641	1	410	18
3	337	28	239	60
4	254	56	166	78
5	324	32	82	92
6	9	116	8	117
7	0	118	0	132
8	0	119	0	133
9	0	120	0	134
10	0	121	121	88

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 11
Perhitungan Uji Mann-Whitney Stasiun Hujan Tretes

No	Kelompok 1	Peringkat	Kelompok 2	Peringkat
11	50	104	207	65
12	541	6	376	23
13	172	76	379	22
14	180	72	413	17
15	398	21	327	31
16	220	62	481	9
17	180	73	277	51
18	135	84	131	85
19	68	94	64	96
20	0	122	38	109
21	0	123	0	135
22	57	99	55	101
23	448	14	356	25
24	475	10	320	34
25	0	124	180	74
26	240	59	242	58
27	627	4	324	33
28	194	67	558	5
29	98	90	61	97
30	59	98	89	91
31	0	125	41	108
32	24	112	0	136
33	0	126	0	137
34	193	69	0	138
35	296	45	262	54
36	302	41	351	27
37	314	37	263	53
38	403	20	473	11
39	375	24	202	66
40	251	57	318	36
41	152	80	78	93
42	32	110	42	107
43	11	115	0	139

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 11

Perhitungan Uji Mann-Whitney Stasiun Hujan Tretes

No	Kelompok 1	Peringkat	Kelompok 2	Peringkat
44	0	127	0	140
45	0	128	0	141
46	52	103	0	142
47	223	61	145	81
48	182	71	306	39
49	408	19	297	44
50	419	16	310	38
51	641	2	331	29
52	186	70	129	86
53	220	63	167	77
54	48	105	166	79
55	110	89	65	95
56	45	106	19	113
57	288	47	57	100
58	143	82	139	83
59	319	35	639	3
60	286	48	269	52
61	257	55	302	42
62	329	30	465	12
63	462	13	304	40
64	278	50	355	26
65	218	64	0	143
66	17	114	27	111
67	0	129	55	102
68	0	130	0	144
69	0	131	194	68
70	121	87	175	75
71	440	15	533	7
72	285	49	498	8
Jumlah		5156		5284

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

$$\begin{aligned}
 U_1 &= N_1 N_2 + \frac{N_1}{2} (N_1 + 1) - Rm \\
 &= 72 \times 72 + \frac{72}{2} (72 + 1) - 5156 \\
 &= 2656 \\
 U_2 &= N_1 N_2 - U_1 \\
 &= 72 \times 72 - 2656 \\
 &= 2528
 \end{aligned}$$

Dari kedua nilai U diatas, dipilih nilai U yang mempunyai nilai kecil untuk digunakan dalam perhitungan Z hitung, yaitu $U_2 = 2528$

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\frac{U - (N_1 N_2)}{2}}{\left[\frac{1}{12} \{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)\} \right]^{1/2}} \\
 &= \frac{\frac{2528 - (72 \times 72)}{2}}{\left[\frac{1}{12} \{72 \times 72 (72 + 72 + 1)\} \right]^{1/2}} \\
 &= -0.256
 \end{aligned}$$

Melakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan α 5% dengan melihat Z kritis pada tabel 2.4 didapatkan nilai Z kritis + 1.96 dan - 1.96. Maka dari hasil contoh perhitungan diatas dengan Z hitung -0.256 disimpulkan bahwa Z hitung terletak diantara Z kritis sehingga hipotesis nol pada derajat kepercayaan 5% diterima atau data tersebut tidak ada trend.

Tabel 4. 12
Rekapitulasi Uji Mann-Whitney

Nama Titik	α	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	5%	-0.256	1.96	-1.96	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		-0.667			diterima
Stasiun Hujan Sugihan		-2.170			ditolak
PDA Gangseng		2.401			ditolak

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 12
Rekapitulasi Uji Mann-Whitney

Nama Titik	α	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	1%	-0.256	2.58	-2.58	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		-0.667			diterima
Stasiun Hujan Sugihan		-2.170			diterima
PDA Gangseng		2.401			diterima

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.2.3. Uji Tanda Cox dan Stuart

Uji tanda dari Cox dan Stuart ini juga dapat melihat perubahan trend. Pada uji ini dilakukan pemberian tanda dengan membagi data menjadi tiga kelompok yang sama, setelah itu dengan membandingkan nilai dari kelompok data ke-1 dan ke-3, dan dilakukan pemberian tanda (+) untuk nilai yang positif dan tanda (-) untuk nilai negatif. Contoh perhitungan Uji Tanda Cox dan Stuart pada Stasiun Hujan Tretes dituliskan sebagai berikut:

Tabel 4. 13
Perhitungan Uji Tanda Cox dan Stuart Stasiun Hujan Tretes.

No	Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III	Tanda III-I
1	297	408	180	-
2	641	419	242	-
3	337	641	324	-
4	254	186	558	+
5	324	220	61	-
6	9	48	89	+
7	0	110	41	+
8	0	45	0	+
9	0	288	0	+
10	0	143	0	+
11	50	319	262	+
12	541	286	351	-
13	172	257	263	+
14	180	329	473	+
15	398	462	202	-
16	220	278	318	+
17	180	218	78	-
18	135	17	42	-
19	68	0	0	-
20	0	0	0	+

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 13

Perhitungan Uji Tanda Cox dan Stuart Stasiun Hujan Tretes.

No	Kelompok I	Kelompok II	Kelompok III	Tanda III-I
21	0	0	0	+
22	57	121	0	-
23	448	440	145	-
24	475	285	306	-
25	0	294	297	+
26	240	410	310	+
27	627	239	331	-
28	194	166	129	-
29	98	82	167	+
30	59	8	166	+
31	0	0	65	+
32	24	0	19	-
33	0	0	57	+
34	193	121	139	-
35	296	207	639	+
36	302	376	269	-
37	314	379	302	-
38	403	413	465	+
39	375	327	304	-
40	251	481	355	+
41	152	277	0	-
42	32	131	27	-
43	11	64	55	+
44	0	38	0	+
45	0	0	194	+
46	52	55	175	+
47	223	356	533	+
48	182	320	498	+
Banyaknya tanda +				27

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Karena $(n \geq 30)$, maka digunakan rumus Z hitung seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{S - \frac{n}{6}}{\left(\frac{n}{12}\right)^{1/2}} \\
 &= \frac{27 - \frac{144}{6}}{\left(\frac{144}{12}\right)^{1/2}} \\
 &= 0.866
 \end{aligned}$$

Melakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan α 5% dengan melihat Z kritis pada Tabel 2.4 didapatkan nilai Z kritis + 1.96 dan - 1.96. Dari hasil contoh perhitungan diatas dengan Z hitung -0.256 disimpulkan bahwa Z hitung terletak diantara Z kritis maka hipotesis nol pada derajat kepercayaan 5% diterima atau data tersebut tidak ada trend.

Tabel 4. 14

Rekapitulasi Uji Tanda Cox dan Stuart

Nama Titik	α	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	5%	0.866	1.96	-1.96	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		1.732			diterima
Stasiun Hujan Sugihan		2.309			ditolak
PDA Gangseng		2.309			ditolak
Nama Titik	α	Nilai Hitung	Nilai Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	1%	0.866	2.58	-2.58	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		1.732			diterima
Stasiun Hujan Sugihan		2.309			diterima
PDA Gangseng		2.309			diterima

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.3 Uji Stasioner

4.2.3.1. Uji Kestabilan Varian (Uji F)

Pengujian nilai kestabilan dilakukan dengan uji F untuk mengetahui nilai varian, pengujian ini dilakukan dengan data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok. Contoh perhitungan Uji F pada Stasiun Hujan Tretes dituliskan sebagai berikut:

Tabel 4. 15

Perhitungan Uji F Stasiun Hujan Tretes

No	Kelompok 1		No	Kelompok 2	
	Bulan	CH(mm)		Bulan	CH(mm)
1	Jan-06	297	73	Jan-12	294
2	Feb-06	641	74	Feb-12	410
3	Mar-06	337	75	Mar-12	239
4	Apr-06	254	76	Apr-12	166
5	May-06	324	77	May-12	82
6	Jun-06	9	78	Jun-12	8
7	Jul-06	0	79	Jul-12	0
8	Aug-06	0	80	Aug-12	0
9	Sep-06	0	81	Sep-12	0
10	Oct-06	0	82	Oct-12	121

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 15
Perhitungan Uji F Stasiun Hujan Tretes

No	Kelompok 1		No	Kelompok 2	
	Bulan	CH(mm)		Bulan	CH(mm)
11	Nov-06	50	83	Nov-12	207
12	Dec-06	541	84	Dec-12	376
13	Jan-07	172	85	Jan-13	379
14	Feb-07	180	86	Feb-13	413
15	Mar-07	398	87	Mar-13	327
16	Apr-07	220	88	Apr-13	481
17	May-07	180	89	May-13	277
18	Jun-07	135	90	Jun-13	131
19	Jul-07	68	91	Jul-13	64
20	Aug-07	0	92	Aug-13	38
21	Sep-07	0	93	Sep-13	0
22	Oct-07	57	94	Oct-13	55
23	Nov-07	448	95	Nov-13	356
24	Dec-07	475	96	Dec-13	320
25	Jan-08	0	97	Jan-14	180
26	Feb-08	240	98	Feb-14	242
27	Mar-08	627	99	Mar-14	324
28	Apr-08	194	100	Apr-14	558
29	May-08	98	101	May-14	61
30	Jun-08	59	102	Jun-14	89
31	Jul-08	0	103	Jul-14	41
32	Aug-08	24	104	Aug-14	0
33	Sep-08	0	105	Sep-14	0
34	Oct-08	193	106	Oct-14	0
35	Nov-08	296	107	Nov-14	262
36	Dec-08	302	108	Dec-14	351
37	Jan-09	314	109	Jan-15	263
38	Feb-09	403	110	Feb-15	473
39	Mar-09	375	111	Mar-15	202
40	Apr-09	251	112	Apr-15	318
41	May-09	152	113	May-15	78
42	Jun-09	32	114	Jun-15	42
43	Jul-09	11	115	Jul-15	0
44	Aug-09	0	116	Aug-15	0
45	Sep-09	0	117	Sep-15	0
46	Oct-09	52	118	Oct-15	0
47	Nov-09	223	119	Nov-15	145
48	Dec-09	182	120	Dec-15	306
49	Jan-10	408	121	Jan-16	297
50	Feb-10	419	122	Feb-16	310
51	Mar-10	641	123	Mar-16	331
52	Apr-10	186	124	Apr-16	129

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 15
Perhitungan Uji F Stasiun Hujan Tretes.

Kelompok 1			Kelompok 2		
No	Bulan	CH(mm)	No	Bulan	CH(mm)
53	May-10	220	125	May-16	167
54	Jun-10	48	126	Jun-16	166
55	Jul-10	110	127	Jul-16	65
56	Aug-10	45	128	Aug-16	19
57	Sep-10	288	129	Sep-16	57
58	Oct-10	143	130	Oct-16	139
59	Nov-10	319	131	Nov-16	639
60	Dec-10	286	132	Dec-16	269
61	Jan-11	257	133	Jan-17	302
62	Feb-11	329	134	Feb-17	465
63	Mar-11	462	135	Mar-17	304
64	Apr-11	278	136	Apr-17	355
65	May-11	218	137	May-17	0
66	Jun-11	17	138	Jun-17	27
67	Jul-11	0	139	Jul-17	55
68	Aug-11	0	140	Aug-17	0
69	Sep-11	0	141	Sep-17	194
70	Oct-11	121	142	Oct-17	175
71	Nov-11	440	143	Nov-17	533
72	Dec-11	285	144	Dec-17	498
Jumlah X_1		14335.15	Jumlah X_2		14176.63
Rerata X_1		199.10	Rerata X_2		197.88
Sd ₁		176.46	Sd ₂		168.342

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Menghitung Rerata dan Standar deviasi masing-masing kelompok

$$\begin{aligned}
 \text{Rerata } X_1 &= \frac{\sum X_1}{n} \\
 &= \frac{14335.15}{72} \\
 &= 199.10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rerata } X_2 &= \frac{\sum X_2}{n} \\
 &= \frac{14176.63}{72} \\
 &= 197.88
 \end{aligned}$$

$$S_d = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (X - X_{\text{rerata}})^2}{n-1} \right|^{0,5}$$

$$S_{d1} = 176.46$$

$$S_{d2} = 168.34$$

$$dk = n - 1$$

$$dk_1 = 71$$

$$dk_2 = 71$$

Menghitung F hitung:

$$F = \frac{n_1 S_1 (n_2 - 1)}{n_2 S_2 (n_1 - 1)}$$

$$= \frac{72 \times 176.46 (72 - 1)}{72 \times 168.34 (72 - 1)}$$

$$= 1.099$$

Melakukan pengujian derajat kepercayaan α 5% dengan melihat F kritis pada tabel 2.5, dan sesuai dengan derajat kebebasan dk_1 dan dk_2 didapatkan nilai F kritis 1.497. Maka dari hasil contoh perhitungan di atas dengan F hitung 1.099 disimpulkan bahwa F hitung kurang dari F kritis ($1.099 < 1.497$) sehingga hipotesis nol pada derajat kepercayaan 5% diterima atau data tersebut stabil.

Tabel 4. 16

Rekapitulasi Uji Kestabilan Varian (Uji F)

Nama Titik	α	F Hitung	F Kritis (Tabel)	Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	5%	1.099	1.497	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		1.046		diterima
Stasiun Hujan Sugihan		1.874		ditolak
PDA Gangseng		0.683		diterima
Nama Titik	α	F Hitung	F Kritis (Tabel)	Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	1%	1.099	1.530	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		1.046		diterima
Stasiun Hujan Sugihan		1.874		ditolak
PDA Gangseng		0.683		diterima

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.3.2. Uji Kestabilan Rata-rata (Uji T)

Pengujian nilai kestabilan dilakukan dengan uji T untuk mengetahui kestabilan nilai rata-rata, pengujian ini dilakukan dengan data deret berkala dibagi menjadi dua kelompok sama seperti Uji F. Contoh perhitungan Uji T pada Stasiun Hujan Tretes dituliskan sebagai berikut:

Tabel 4. 17

Perhitungan Uji T Stasiun Hujan Tretes.

Kelompok 1			Kelompok 2		
No	Bulan	CH (mm)	No	Bulan	CH (mm)
1	Jan-06	297	73	Jan-12	294
2	Feb-06	641	74	Feb-12	410
3	Mar-06	337	75	Mar-12	239
4	Apr-06	254	76	Apr-12	166
5	May-06	324	77	May-12	82
6	Jun-06	9	78	Jun-12	8
7	Jul-06	0	79	Jul-12	0
8	Aug-06	0	80	Aug-12	0
9	Sep-06	0	81	Sep-12	0
10	Oct-06	0	82	Oct-12	121
11	Nov-06	50	83	Nov-12	207
12	Dec-06	541	84	Dec-12	376
13	Jan-07	172	85	Jan-13	379
14	Feb-07	180	86	Feb-13	413
15	Mar-07	398	87	Mar-13	327
16	Apr-07	220	88	Apr-13	481
17	May-07	180	89	May-13	277
18	Jun-07	135	90	Jun-13	131
19	Jul-07	68	91	Jul-13	64
20	Aug-07	0	92	Aug-13	38
21	Sep-07	0	93	Sep-13	0
22	Oct-07	57	94	Oct-13	55
23	Nov-07	448	95	Nov-13	356
24	Dec-07	475	96	Dec-13	320
25	Jan-08	0	97	Jan-14	180

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 17
Perhitungan Uji T Stasiun Hujan Tretes.

No	Kelompok 1		No	Kelompok 2	
	Bulan	CH (mm)		Bulan	CH (mm)
26	Feb-08	240	98	Feb-14	242
27	Mar-08	627	99	Mar-14	324
28	Apr-08	194	100	Apr-14	558
29	May-08	98	101	May-14	61
30	Jun-08	59	102	Jun-14	89
31	Jul-08	0	103	Jul-14	41
32	Aug-08	24	104	Aug-14	0
33	Sep-08	0	105	Sep-14	0
34	Oct-08	193	106	Oct-14	0
35	Nov-08	296	107	Nov-14	262
36	Dec-08	302	108	Dec-14	351
37	Jan-09	314	109	Jan-15	263
38	Feb-09	403	110	Feb-15	473
39	Mar-09	375	111	Mar-15	202
40	Apr-09	251	112	Apr-15	318
41	May-09	152	113	May-15	78
42	Jun-09	32	114	Jun-15	42
43	Jul-09	11	115	Jul-15	0
44	Aug-09	0	116	Aug-15	0
45	Sep-09	0	117	Sep-15	0
46	Oct-09	52	118	Oct-15	0
47	Nov-09	223	119	Nov-15	145
48	Dec-09	182	120	Dec-15	306
49	Jan-10	408	121	Jan-16	297
50	Feb-10	419	122	Feb-16	310
51	Mar-10	641	123	Mar-16	331
52	Apr-10	186	124	Apr-16	129
53	May-10	220	125	May-16	167
54	Jun-10	48	126	Jun-16	166

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 17
Perhitungan Uji T Stasiun Hujan Tretes.

Kelompok 1			Kelompok 2		
No	Bulan	CH (mm)	No	Bulan	CH (mm)
55	Jul-10	110	127	Jul-16	65
56	Aug-10	45	128	Aug-16	19
57	Sep-10	288	129	Sep-16	57
58	Oct-10	143	130	Oct-16	139
59	Nov-10	319	131	Nov-16	639
60	Dec-10	286	132	Dec-16	269
61	Jan-11	257	133	Jan-17	302
62	Feb-11	329	134	Feb-17	465
63	Mar-11	462	135	Mar-17	304
64	Apr-11	278	136	Apr-17	355
65	May-11	218	137	May-17	0
66	Jun-11	17	138	Jun-17	27
67	Jul-11	0	139	Jul-17	55
68	Aug-11	0	140	Aug-17	0
69	Sep-11	0	141	Sep-17	194
70	Oct-11	121	142	Oct-17	175
71	Nov-11	440	143	Nov-17	533
72	Dec-11	285	144	Dec-17	498
Jumlah X_1		14335.15	Jumlah X_2		14176.63
Rerata X_1		199.10	Rerata X_2		197.88
Sd ₁		176.46	Sd ₂		168.342

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Menghitung Rerata dan Standar deviasi masing-masing kelompok

$$\begin{aligned}
 \text{Rerata } X_1 &= \frac{\sum X_1}{n} \\
 &= \frac{14335.15}{72} \\
 &= 199.10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rerata } X_2 &= \frac{\sum X_2}{n} \\
 &= \frac{14176.63}{72}
 \end{aligned}$$

$$= 197.88$$

$$S_d = \left| \frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n-1} \right|^{0,5}$$

$$S_{d1} = 176.46$$

$$S_{d2} = 168.34$$

$$dk = n_1 + n_2 - 2$$

$$= 72 + 72 - 2$$

$$= 142$$

Menghitung deviasi standar populasi.

$$\begin{aligned} \sigma &= \left| \frac{n_1 S_{d1}^2 + n_2 S_{d2}^2}{n_1 + n_2 - 2} \right|^{0,5} \\ &= \left| \frac{72 \times 176.46^2 + 9 \times 168.34^2}{72 + 72 - 2} \right|^{0,5} \\ &= 173.66 \end{aligned}$$

Menghitung nilai thitung

$$\begin{aligned} t &= \frac{X_1 - X_2}{\sigma \left| \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right|^{0,5}} \\ &= \frac{199.10 - 197.88}{173.66 \left| \frac{1}{72} + \frac{1}{72} \right|^{0,5}} \\ &= 0.077 \end{aligned}$$

Melakukan pengujian derajat kepercayaan α 5% dengan melihat t kritis pada tabel 2.3, dan sesuai dengan derajat kebebasan $dk = 142$ didapatkan nilai t kritis 1.96. Maka dari hasil contoh perhitungan di atas dengan t hitung 0.077 disimpulkan bahwa t hitung kurang dari F kritis ($0.077 < 1.96$) sehingga hipotesis nol pada derajat kepercayaan 5% diterima atau data tersebut stabil.

Tabel 4. 18
Rekapitulasi Uji Kestabilan Rata-rata (Uji T)

Nama Titik	α	t Hitung	t Kritis (Tabel)	Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	5%	0.077	1.960	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		0.231		diterima
Stasiun Hujan Sugihan		2.054		ditolak
PDA Gangseng		2.269		ditolak
Nama Titik	α	t Hitung	t Kritis (Tabel)	Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	1%	0.077	2.576	diterima
Stasiun Hujan Gangseng		0.231		diterima
Stasiun Hujan Sugihan		2.054		diterima
PDA Gangseng		2.269		diterima

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.2.4 Uji Persistensi

Uji Persistensi melakukan dengan menghitung besarnya nilai koefisien. Data tersebut dianggap data yang berasal dari sample acak maka perlu diuji korelasi serial dengan metode Spearman. Contoh perhitungan Uji Persistensi (Metode Spearman) pada Stasiun Hujan Tretes dituliskan sebagai berikut:

Tabel 4. 19
Perhitungan Uji Persistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes.

No	Bulan	CH (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
1	Jan-06	297	43	0	0
2	Feb-06	641	1	-42	1764
3	Mar-06	337	28	27	729
4	Apr-06	254	56	28	784
5	May-06	324	32	-24	576
6	Jun-06	9	116	84	7056
7	Jul-06	0	118	2	4
8	Aug-06	0	119	1	1
9	Sep-06	0	120	1	1
10	Oct-06	0	121	1	1
11	Nov-06	50	104	-17	289
12	Dec-06	541	6	-98	9604
13	Jan-07	172	76	70	4900

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 19

Perhitungan Uji Persistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes.

No.	Bulan	CH (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
14	Feb-07	180	72	-4	16
15	Mar-07	398	21	-51	2601
16	Apr-07	220	62	41	1681
17	May-07	180	73	11	121
18	Jun-07	135	84	11	121
19	Jul-07	68	94	10	100
20	Aug-07	0	122	28	784
21	Sep-07	0	123	1	1
22	Oct-07	57	99	-24	576
23	Nov-07	448	14	-85	7225
24	Dec-07	475	10	-4	16
25	Jan-08	0	124	114	12996
26	Feb-08	240	59	-65	4225
27	Mar-08	627	4	-55	3025
28	Apr-08	194	67	63	3969
29	May-08	98	90	23	529
30	Jun-08	59	98	8	64
31	Jul-08	0	125	27	729
32	Aug-08	24	112	-13	169
33	Sep-08	0	126	14	196
34	Oct-08	193	69	-57	3249
35	Nov-08	296	45	-24	576
36	Dec-08	302	41	-4	16
37	Jan-09	314	37	-4	16
38	Feb-09	403	20	-17	289
39	Mar-09	375	24	4	16
40	Apr-09	251	57	33	1089
41	May-09	152	80	23	529
42	Jun-09	32	110	30	900
43	Jul-09	11	115	5	25

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 19

Perhitungan Uji Persistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes.

No.	Bulan	CH (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
44	Aug-09	0	127	12	144
45	Sep-09	0	128	1	1
46	Oct-09	52	103	-25	625
47	Nov-09	223	61	-42	1764
48	Dec-09	182	71	10	100
49	Jan-10	408	19	-52	2704
50	Feb-10	419	16	-3	9
51	Mar-10	641	2	-14	196
52	Apr-10	186	70	68	4624
53	May-10	220	63	-7	49
54	Jun-10	48	105	42	1764
55	Jul-10	110	89	-16	256
56	Aug-10	45	106	17	289
57	Sep-10	288	47	-59	3481
58	Oct-10	143	82	35	1225
59	Nov-10	319	35	-47	2209
60	Dec-10	286	48	13	169
61	Jan-11	257	55	7	49
62	Feb-11	329	30	-25	625
63	Mar-11	462	13	-17	289
64	Apr-11	278	50	37	1369
65	May-11	218	64	14	196
66	Jun-11	17	114	50	2500
67	Jul-11	0	129	15	225
68	Aug-11	0	130	1	1
69	Sep-11	0	131	1	1
70	Oct-11	121	87	-44	1936
71	Nov-11	440	15	-72	5184
72	Dec-11	285	49	34	1156
73	Jan-12	294	46	-3	9

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 19

Perhitungan Uji Persistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes.

No.	Bulan	CH (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
74	Feb-12	410	18	-28	784
75	Mar-12	239	60	42	1764
76	Apr-12	166	78	18	324
77	May-12	82	92	14	196
78	Jun-12	8	117	25	625
79	Jul-12	0	132	15	225
80	Aug-12	0	133	1	1
81	Sep-12	0	134	1	1
82	Oct-12	121	88	-46	2116
83	Nov-12	207	65	-23	529
84	Dec-12	376	23	-42	1764
85	Jan-13	379	22	-1	1
86	Feb-13	413	17	-5	25
87	Mar-13	327	31	14	196
88	Apr-13	481	9	-22	484
89	May-13	277	51	42	1764
90	Jun-13	131	85	34	1156
91	Jul-13	64	96	11	121
92	Aug-13	38	109	13	169
93	Sep-13	0	135	26	676
94	Oct-13	55	101	-34	1156
95	Nov-13	356	25	-76	5776
96	Dec-13	320	34	9	81
97	Jan-14	180	74	40	1600
98	Feb-14	242	58	-16	256
99	Mar-14	324	33	-25	625
100	Apr-14	558	5	-28	784
101	May-14	61	97	92	8464
102	Jun-14	89	91	-6	36
103	Jul-14	41	108	17	289

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 19

Perhitungan Uji Persistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes.

No.	Bulan	CH (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
104	Aug-14	0	136	28	784
105	Sep-14	0	137	1	1
106	Oct-14	0	138	1	1
107	Nov-14	262	54	-84	7056
108	Dec-14	351	27	-27	729
109	Jan-15	263	53	26	676
110	Feb-15	473	11	-42	1764
111	Mar-15	202	66	55	3025
112	Apr-15	318	36	-30	900
113	May-15	78	93	57	3249
114	Jun-15	42	107	14	196
115	Jul-15	0	139	32	1024
116	Aug-15	0	140	1	1
117	Sep-15	0	141	1	1
118	Oct-15	0	142	1	1
119	Nov-15	145	81	-61	3721
120	Dec-15	306	39	-42	1764
121	Jan-16	297	44	5	25
122	Feb-16	310	38	-6	36
123	Mar-16	331	29	-9	81
124	Apr-16	129	86	57	3249
125	May-16	167	77	-9	81
126	Jun-16	166	79	2	4
127	Jul-16	65	95	16	256
128	Aug-16	19	113	18	324
129	Sep-16	57	100	-13	169
130	Oct-16	139	83	-17	289
131	Nov-16	639	3	-80	6400
132	Dec-16	269	52	49	2401

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 19

Perhitungan Uji Persistensi (Spearman) Stasiun Hujan Tretes.

No.	Bulan	CH (mm)	Peringkat Rt	di	di ²
133	Jan-17	302	42	-10	100
134	Feb-17	465	12	-30	900
135	Mar-17	304	40	28	784
136	Apr-17	355	26	-14	196
137	May-17	0	143	117	13689
138	Jun-17	27	111	-32	1024
139	Jul-17	55	102	-9	81
140	Aug-17	0	144	42	1764
141	Sep-17	194	68	-76	5776
142	Oct-17	175	75	7	49
143	Nov-17	533	7	-68	4624
144	Dec-17	498	8	1	1
Jumlah					203891

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Menghitung koefisien korelasi spearman:

$$n = 144$$

$$m = n-1$$

$$= 143$$

$$KS = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^m (di)^2}{m^3 - m}$$

$$KS = 1 - \frac{203891}{143^3 - 143}$$

$$= 0.582$$

Menghitung t hitung:

$$t = KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$t = KS \left[\frac{143-2}{1-0.582^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 8.490$$

Melakukan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan α 5% dengan melihat t kritis pada tabel 2.3 didapatkan nilai t kritis + 1.960 dan - 1.960. Maka dari hasil contoh perhitungan diatas dengan t hitung 8.490 disimpulkan bahwa t hitung terletak di luar t kritis sehingga hipotesis nol pada derajat kepercayaan 5% ditolak atau data tidak independen.

Tabel 4. 20

Rekapitulasi Uji Persistensi (Metode Spearman)

Nama Titik	α	t Hitung	t Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	5%	8.490	1.960	-1.960	ditolak
Stasiun Hujan Gangseng		9.341			ditolak
Stasiun Hujan Sugihan		10.365			ditolak
PDA Gangseng		2.743			ditolak
Nama Titik	α	t Hitung	t Kritis (Tabel)		Kesimpulan
Stasiun Hujan Tretes	1%	8.490	2.576	-2.576	ditolak
Stasiun Hujan Gangseng		9.341			ditolak
Stasiun Hujan Sugihan		10.365			ditolak
PDA Gangseng		2.743			ditolak

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

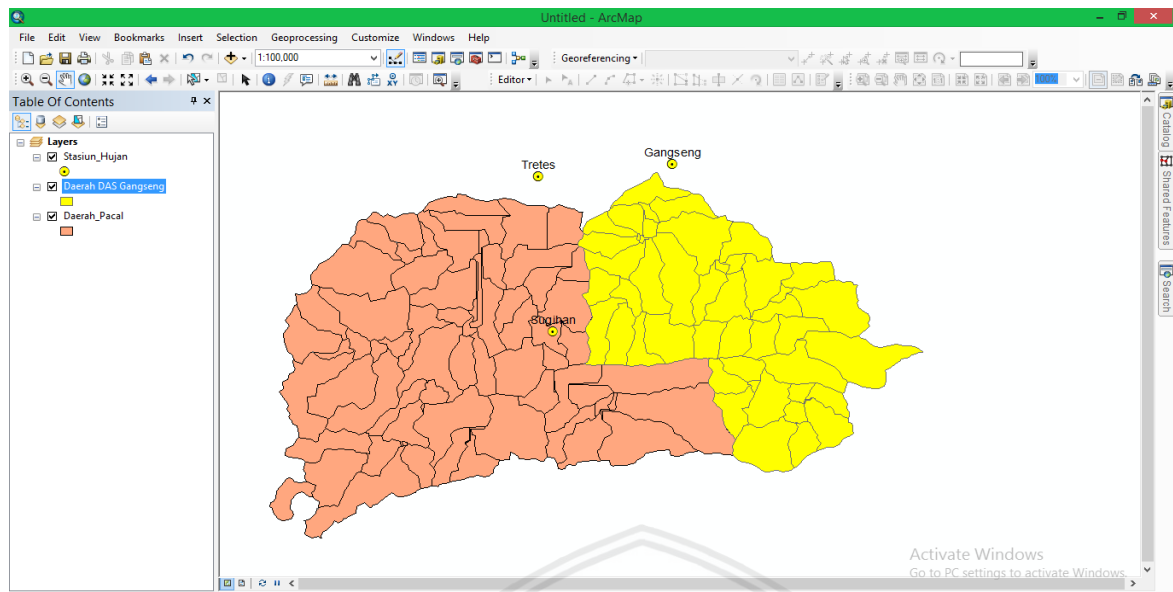
4.3 Curah Hujan Rerata Daerah dengan Poligon Thiessen

Analisis curah hujan rerata daerah digunakan untuk memperoleh satu nilai besaran hujan yang dapat mewakili keseluruhan nilai dalam Sub DAS Gangseng. Nilai ini yang akan digunakan untuk perhitungan pemodelan debit dengan JST sebagai *input*. Adapun metode yang digunakan dalam analisis ini adalah Metode Poligon Thiessen dengan menggunakan bantuan aplikasi ArcGIS 10.2.2

4.3.1 Perhitungan Nilai Faktor Luas Pengaruh Stasiun Hujan (K)

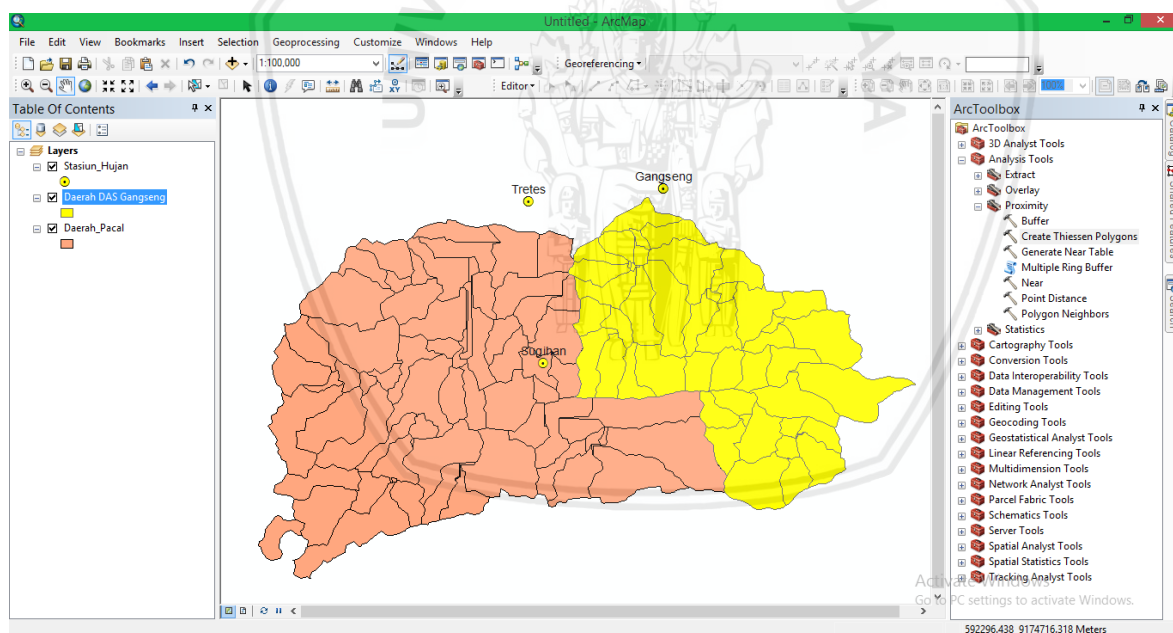
Berikut adalah langkah mendapatkan nilai K dengan bantuan aplikasi ArcGIS 10.2.2:

1. Memasukkan batas DAS dan lokasi pos stasiun hujan.



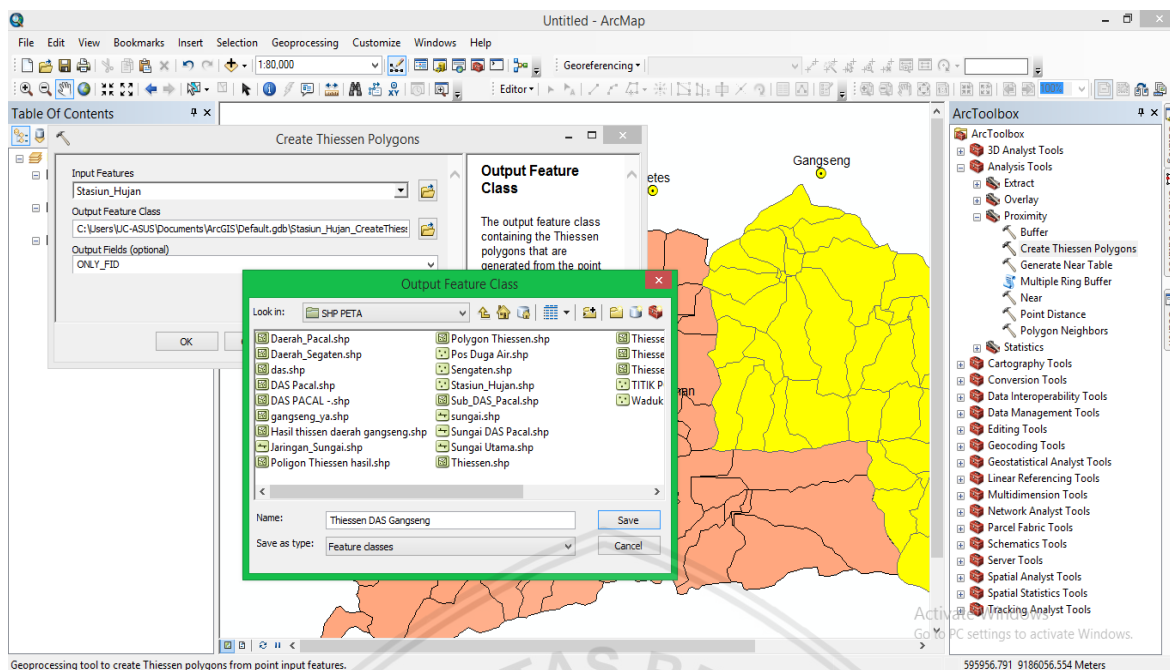
Gambar 4.3 Hasil input batas DAS dan titik pos stasiun hujan Sub DAS Gongseng
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2019.

2. Membuat poligon thiessen dengan cara memilih perintah *ArcToolbox – Analysis Tools – Proximity – Create Thiessen Polygons*.



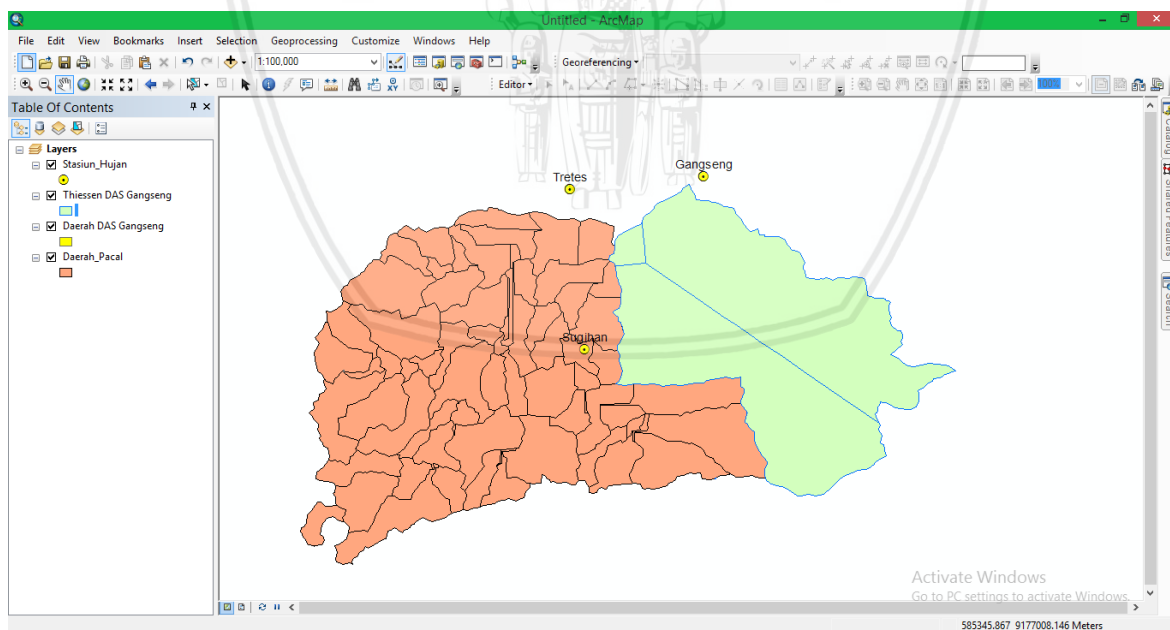
Gambar 4.4 Pemilihan tools untuk membuat Poligon Thiessen.
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2018.

3. Memasukkan data lokasi titik stasiun hujan pada kolom *Input Features*, kemudian pilih lokasi penyimpanan hasil pada *Output Features Class* dan beri nama shp . Lalu klik Save dan OK.



Gambar 4.5 Proses memasukkan data lokasi pos stasiun hujan.
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2019.

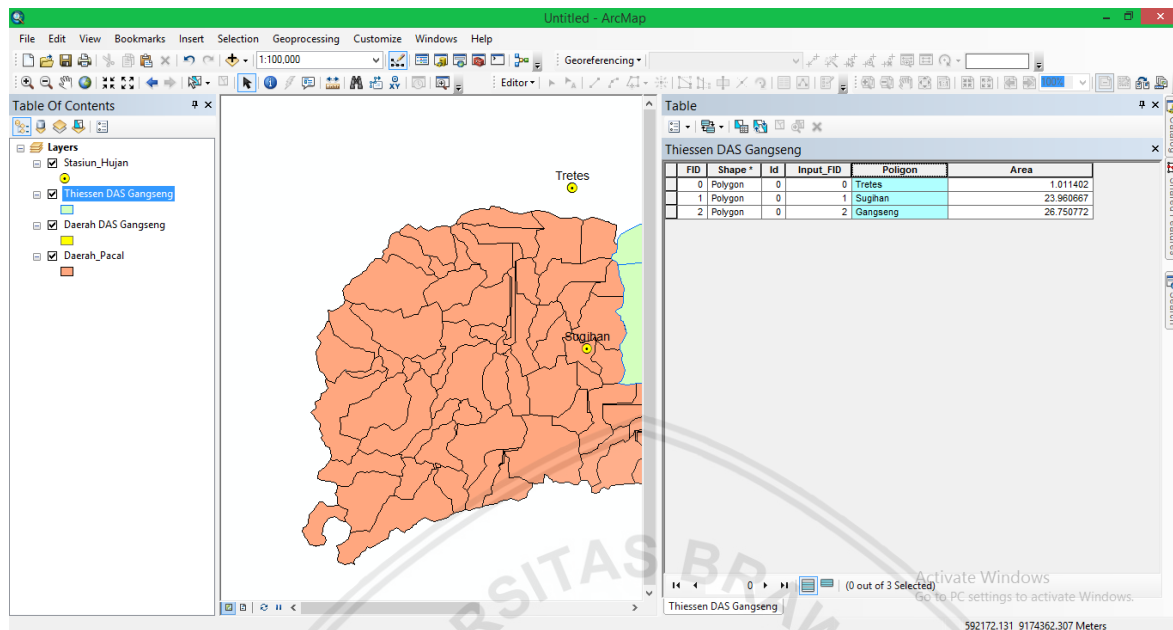
4. Menggunakan fitur *Clip* untuk menggabungkan garis thiessen dan batas Sub DAS. Sehingga diperoleh luas pengaruh tiap stasiun hujan pada DAS. Menampilkan hasil poligon thiessen yang telah dibuat oleh ArcGIS 10.2.2



Gambar 4.6 Hasil Poligon Thiessen pada Sub DAS.
Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2019.

5. Menampilkan luasan tiap poligon pada *Attribute Table* dengan menambah kolom baru dengan perintah “*Add Field*” dan klik kanan pada *field* yang telah ditambahkan, disini

diberi nama Area, lalu pilih “*Calculate Geometry*” untuk melihat besar luas pengaruh stasiun hujan masing masing daerah yang telah dihasilkan oleh poligon thiessen.



Gambar 4.7 Tampilan Attribute Table untuk luas pengaruh stasiun hujan. Sumber: Hasil pengolahan ArcGis, 2019.

6. Menghitung luas pengaruh pos stasiun hujan Metode Poligon Thiessen.

Contoh perhitungan nilai K pada Stasiun Hujan Tretes.

$$\begin{aligned}
 K &= \frac{\text{Luas pengaruh stasiun hujan}}{\text{Total luas DAS}} \\
 &= \frac{1.011496}{51.722935} \\
 &= 0.020
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 21

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai K

Stasiun Hujan	Luas (km ²)	K
Tretes	1.011496	0.020
Gangseng	26.750772	0.517
Sugihan	23.960667	0.463
Jumlah	51.722935	1

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Nilai K ini dipengaruhi oleh luas pengaruh masing-masing stasiun hujan pada luasan Sub Gongseng serta luas keseluruhan Sub DAS Gongseng. Hasil perhitungan nilai K ini kemudian digunakan untuk menghitung curah hujan rerata wilayah dengan Metode Poligon Thiessen.

4.3.2 Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

Berdasarkan nilai K yang telah dihitung, kemudian dapat menghitung curah hujan rerata dengan Metode Poligon Thiessen. Contoh perhitungan menggunakan data curah hujan stasiun periode bulanan, dengan data bulan Januari 2006 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 R &= (P \times K_{\text{tretes}}) + (P \times K_{\text{gangseng}}) + (P \times K_{\text{sugihan}}) \\
 &= (297 \times 0.169) + (236 \times 0.116) + (265 \times 0.014) \\
 &= 5.815 + 122.058 + 122.649 \\
 &= 250.521 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 22

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Bulan	P.K Tretes (mm)	P.K Gangseng (mm)	P.K Sugihan (mm)	P rerata (mm)
1	Jan-06	5.815	122.058	122.649	250.521
2	Feb-06	12.528	324.280	192.626	529.435
3	Mar-06	6.589	113.783	58.691	179.062
4	Apr-06	4.966	93.612	62.453	161.032
5	May-06	6.339	132.402	113.243	251.984
6	Jun-06	0.175	1.034	2.257	3.466
7	Jul-06	0.000	0.000	0.000	0.000
8	Aug-06	0.000	0.000	0.000	0.000
9	Sep-06	0.000	0.000	0.000	0.000
10	Oct-06	0.000	0.000	0.000	0.000
11	Nov-06	0.973	22.239	6.020	29.232
12	Dec-06	10.582	214.118	178.330	403.030
13	Jan-07	3.369	42.927	95.561	141.857
14	Feb-07	3.519	115.851	164.033	283.404
15	Mar-07	7.786	176.363	145.975	330.124
16	Apr-07	4.293	125.678	168.548	298.519
17	May-07	3.519	59.477	42.889	105.886
18	Jun-07	2.645	89.992	24.078	116.715
19	Jul-07	1.323	20.688	0.000	22.010
20	Aug-07	0.000	0.000	0.000	0.000
21	Sep-07	0.000	0.000	0.000	0.000
22	Oct-07	1.123	0.000	0.000	1.123
23	Nov-07	8.760	184.638	96.313	289.711
24	Dec-07	9.284	233.772	165.914	408.970

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 22

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Bulan	P.K Tretes (mm)	P.K Gangseng (mm)	P.K Sugihan (mm)	P rerata (mm)
25	Jan-08	0.000	112.231	196.389	308.620
26	Feb-08	4.692	92.578	150.113	247.383
27	Mar-08	12.254	325.832	273.138	611.224
28	Apr-08	3.793	70.338	78.631	152.762
29	May-08	1.922	42.927	32.355	77.204
30	Jun-08	1.148	6.206	11.287	18.641
31	Jul-08	0.000	0.000	0.000	0.000
32	Aug-08	0.474	26.894	0.000	27.368
33	Sep-08	0.000	0.000	0.000	0.000
34	Oct-08	3.768	89.992	62.829	156.589
35	Nov-08	5.790	135.505	300.226	441.521
36	Dec-08	5.915	130.333	194.884	331.131
37	Jan-09	6.139	193.948	331.829	531.916
38	Feb-09	7.886	227.048	208.428	443.362
39	Mar-09	7.337	172.225	124.906	304.469
40	Apr-09	4.916	100.336	78.254	183.506
41	May-09	2.970	28.446	59.443	90.859
42	Jun-09	0.624	21.205	44.394	66.223
43	Jul-09	0.225	0.000	7.901	8.125
44	Aug-09	0.000	0.000	0.000	0.000
45	Sep-09	0.000	0.000	0.000	0.000
46	Oct-09	1.023	63.615	31.979	96.617
47	Nov-09	4.367	110.679	68.473	183.520
48	Dec-09	3.569	59.994	74.492	138.055
49	Jan-10	7.986	184.638	182.092	374.716
50	Feb-10	8.186	326.866	211.814	546.866
51	Mar-10	12.528	330.487	237.773	580.788
52	Apr-10	3.644	124.644	136.193	264.480
53	May-10	4.293	124.644	151.618	280.554
54	Jun-10	0.948	23.791	75.245	99.984
55	Jul-10	2.146	41.375	51.543	95.064
56	Aug-10	0.873	28.446	14.296	43.616

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 22

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Bulan	P.K Tretes (mm)	P.K Gangseng (mm)	P.K Sugihan (mm)	P rerata (mm)
57	Sep-10	5.640	119.472	161.776	286.888
58	Oct-10	2.795	78.613	113.996	195.404
59	Nov-10	6.239	155.158	193.755	355.152
60	Dec-10	5.590	167.571	172.310	345.471
61	Jan-11	5.016	127.747	132.431	265.194
62	Feb-11	6.439	128.264	90.294	224.996
63	Mar-11	9.034	286.008	189.993	485.035
64	Apr-11	5.441	109.128	123.777	238.346
65	May-11	4.268	108.611	83.522	196.400
66	Jun-11	0.324	16.033	1.881	18.239
67	Jul-11	0.000	2.069	0.000	2.069
68	Aug-11	0.000	0.000	0.000	0.000
69	Sep-11	0.000	0.000	0.000	0.000
70	Oct-11	2.371	50.168	6.396	58.934
71	Nov-11	8.610	198.602	99.323	306.535
72	Dec-11	5.565	150.503	84.274	240.343
73	Jan-12	5.740	178.432	116.629	300.801
74	Feb-12	8.011	148.435	92.175	248.620
75	Mar-12	4.667	119.472	27.841	151.979
76	Apr-12	3.244	63.615	55.681	122.540
77	May-12	1.597	52.754	4.515	58.866
78	Jun-12	0.150	2.586	0.000	2.736
79	Jul-12	0.000	0.000	0.000	0.000
80	Aug-12	0.000	0.000	0.000	0.000
81	Sep-12	0.000	0.000	0.000	0.000
82	Oct-12	2.371	0.000	0.000	2.371
83	Nov-12	4.043	0.000	0.000	4.043
84	Dec-12	7.362	0.000	0.000	7.362
85	Jan-13	7.412	188.776	66.968	263.156
86	Feb-13	8.086	114.817	99.699	222.602
87	Mar-13	6.389	213.084	124.530	344.003
88	Apr-13	9.409	213.601	135.440	358.450

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 22

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Bulan	P.K Tretes (mm)	P.K Gangseng (mm)	P.K Sugihan (mm)	P rerata (mm)
89	May-13	5.416	111.714	113.243	230.373
90	Jun-13	2.571	111.197	59.067	172.834
91	Jul-13	1.248	26.377	5.267	32.892
92	Aug-13	0.749	16.550	1.129	18.428
93	Sep-13	0.000	0.000	0.000	0.000
94	Oct-13	1.073	26.894	10.158	38.125
95	Nov-13	6.963	168.088	59.443	234.494
96	Dec-13	6.264	152.055	156.885	315.204
97	Jan-14	3.519	91.543	53.047	148.110
98	Feb-14	4.742	186.190	71.482	262.414
99	Mar-14	6.339	268.423	95.561	370.323
100	Apr-14	10.906	289.628	165.162	465.697
101	May-14	1.198	38.272	29.345	68.816
102	Jun-14	1.747	18.619	18.811	39.177
103	Jul-14	0.799	35.169	0.000	35.968
104	Aug-14	0.000	0.000	0.000	0.000
105	Sep-14	0.000	0.000	0.000	0.000
106	Oct-14	0.000	0.000	0.000	0.000
107	Nov-14	5.116	107.059	84.650	196.825
108	Dec-14	6.863	174.811	155.756	337.431
109	Jan-15	5.141	148.952	184.349	338.442
110	Feb-15	9.259	276.181	195.260	480.700
111	Mar-15	3.943	107.576	94.056	205.575
112	Apr-15	6.214	95.681	86.908	188.803
113	May-15	1.522	23.274	36.117	60.914
114	Jun-15	0.824	16.033	0.000	16.857
115	Jul-15	0.000	0.000	0.000	0.000
116	Aug-15	0.000	0.000	0.000	0.000
117	Sep-15	0.000	0.000	0.000	0.000
118	Oct-15	0.000	0.000	0.000	0.000
119	Nov-15	2.845	112.748	48.533	164.126
120	Dec-15	5.990	211.532	156.509	374.031

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 22

Rekapitulasi Hasil Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

No.	Bulan	P.K Tretes (mm)	P.K Gangseng (mm)	P.K Sugihan (mm)	P rerata (mm)
121	Jan-16	5.815	177.397	142.589	325.801
122	Feb-16	6.064	130.850	174.568	311.482
123	Mar-16	6.464	166.019	133.559	306.042
124	Apr-16	2.521	75.510	91.422	169.453
125	May-16	3.269	68.270	105.719	177.258
126	Jun-16	3.244	63.615	102.333	169.192
127	Jul-16	1.273	24.308	52.295	77.876
128	Aug-16	0.374	6.206	8.277	14.858
129	Sep-16	1.123	22.239	28.969	52.332
130	Oct-16	2.720	75.510	86.155	164.386
131	Nov-16	12.503	250.322	201.279	464.104
132	Dec-16	5.266	119.472	150.113	274.851
133	Jan-17	5.915	205.326	104.966	316.207
134	Feb-17	9.084	265.320	151.618	426.023
135	Mar-17	5.940	271.527	127.163	404.630
136	Apr-17	6.938	196.016	68.849	271.803
137	May-17	0.000	17.067	0.000	17.067
138	Jun-17	0.524	20.171	14.296	34.991
139	Jul-17	1.073	18.619	9.029	28.721
140	Aug-17	0.000	0.000	0.000	0.000
141	Sep-17	3.793	12.930	51.166	67.890
142	Oct-17	3.419	55.340	13.920	72.679
143	Nov-17	10.432	185.155	127.540	323.127
144	Dec-17	9.760	178.949	149.217	337.926

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.4 Perhitngan Koefisien Aliran (C)

Koefisien air aliran (C) yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya air larian terhadap besarnya curah hujan. Nilai angka C berada di 0 sampai dengan 1, angka 0 menunjukkan semua air hujan menjadi air intersepsi dan mengalami infiltrasi. Sedangkan untuk angka 1 menunjukkan semua air hujan menjadi limpasan atau mengalir menuju sungai.

Berikut cara perhitungan untuk menentukan besarnya koefisien air hujan:

Tabel 4. 23

Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng

Bulan	CH Rerata (mm)	Volume CH (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Koef. air larian (C)
Jan-06	250.521	12.958	4.120	0.318
Feb-06	529.435	27.384	4.055	0.148
Mar-06	179.062	9.262	3.753	0.405
Apr-06	161.032	8.329	3.978	0.478
May-06	251.984	13.033	3.790	0.291
Jun-06	3.466	0.179	2.837	15.825
Jul-06	0.000	0.000	2.464	-
Aug-06	0.000	0.000	2.170	-
Sep-06	0.000	0.000	2.100	-
Oct-06	0.000	0.000	2.170	-
Nov-06	29.232	1.512	2.309	1.527
Dec-06	403.030	20.846	3.815	0.183
Jan-07	141.857	7.337	3.218	0.439
Feb-07	283.404	14.658	2.861	0.195
Mar-07	330.124	17.075	3.339	0.196
Apr-07	298.519	15.440	4.422	0.286
May-07	105.886	5.477	3.366	0.615
Jun-07	116.715	6.037	2.501	0.414
Jul-07	22.010	1.138	2.196	1.929
Aug-07	0.000	0.000	1.381	-
Sep-07	0.000	0.000	0.467	-
Oct-07	1.123	0.058	0.924	15.915
Nov-07	289.711	14.985	3.684	0.246
Dec-07	408.970	21.153	5.002	0.236
Jan-08	308.620	15.963	3.073	0.193
Feb-08	247.383	12.795	2.769	0.216
Mar-08	611.224	31.614	5.372	0.170
Apr-08	152.762	7.901	2.413	0.305
May-08	77.204	3.993	2.278	0.571
Jun-08	18.641	0.964	2.177	2.258
Jul-08	0.000	0.000	2.250	-

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 23
Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng

Bulan	CH Rerata (mm)	Volume CH (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Koef. air larian (C)
Aug-08	27.368	1.416	2.250	1.589
Sep-08	0.000	0.000	0.838	-
Oct-08	156.589	8.099	1.742	0.215
Nov-08	441.521	22.837	2.772	0.121
Dec-08	331.131	17.127	2.538	0.148
Jan-09	531.916	27.512	2.486	0.090
Feb-09	443.362	22.932	4.407	0.192
Mar-09	304.469	15.748	3.154	0.200
Apr-09	183.506	9.491	2.134	0.225
May-09	90.859	4.699	2.196	0.467
Jun-09	66.223	3.425	2.684	0.783
Jul-09	8.125	0.420	1.471	3.499
Aug-09	0.000	0.000	0.589	-
Sep-09	0.000	0.000	0.570	-
Oct-09	96.617	4.997	0.924	0.185
Nov-09	183.520	9.492	2.163	0.228
Dec-09	138.055	7.141	2.611	0.366
Jan-10	374.716	19.381	2.872	0.148
Feb-10	546.866	28.286	4.095	0.145
Mar-10	580.788	30.040	4.384	0.146
Apr-10	264.480	13.680	3.601	0.263
May-10	280.554	14.511	3.485	0.240
Jun-10	99.984	5.171	2.789	0.539
Jul-10	95.064	4.917	2.196	0.447
Aug-10	43.616	2.256	2.196	0.974
Sep-10	286.888	14.839	2.534	0.171
Oct-10	195.404	10.107	2.464	0.244
Nov-10	355.152	18.370	2.385	0.130
Dec-10	345.471	17.869	4.051	0.227
Jan-11	265.194	13.717	3.691	0.269
Feb-11	224.996	11.637	4.089	0.351
Mar-11	485.035	25.087	4.279	0.171

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 23

Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng

Bulan	CH Rerata (mm)	Volume CH (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Koef. air larian (C)
Apr-11	238.346	12.328	4.053	0.329
May-11	196.400	10.158	4.615	0.454
Jun-11	18.239	0.943	3.771	3.998
Jul-11	2.069	0.107	3.000	28.035
Aug-11	0.000	0.000	2.170	-
Sep-11	0.000	0.000	2.100	-
Oct-11	58.934	3.048	2.170	0.712
Nov-11	306.535	15.855	3.103	0.196
Dec-11	240.343	12.431	3.773	0.304
Jan-12	300.801	15.558	4.225	0.272
Feb-12	248.620	12.859	3.960	0.308
Mar-12	151.979	7.861	4.004	0.509
Apr-12	122.540	6.338	3.772	0.595
May-12	58.866	3.045	3.040	0.999
Jun-12	2.736	0.141	2.329	16.462
Jul-12	0.000	0.000	2.170	-
Aug-12	0.000	0.000	2.170	-
Sep-12	0.000	0.000	2.100	-
Oct-12	2.371	0.123	2.170	17.692
Nov-12	4.043	0.209	2.401	11.482
Dec-12	7.362	0.381	3.244	8.520
Jan-13	263.156	13.611	3.452	0.254
Feb-13	222.602	11.514	2.586	0.225
Mar-13	344.003	17.793	3.987	0.224
Apr-13	358.450	18.540	5.503	0.297
May-13	230.373	11.916	4.114	0.345
Jun-13	172.834	8.939	2.660	0.298
Jul-13	32.892	1.701	0.884	0.520
Aug-13	18.428	0.953	0.906	0.951
Sep-13	0.000	0.000	0.673	-
Oct-13	38.125	1.972	0.509	0.258
Nov-13	234.494	12.129	0.658	0.054

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 23
Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng

Bulan	CH Rerata (mm)	Volume CH (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Koef. air larian (C)
Dec-13	315.204	16.303	2.829	0.174
Jan-14	148.110	7.661	3.230	0.422
Feb-14	262.414	13.573	3.051	0.225
Mar-14	370.323	19.154	4.703	0.246
Apr-14	465.697	24.087	4.171	0.173
May-14	68.816	3.559	2.889	0.812
Jun-14	39.177	2.026	2.385	1.177
Jul-14	35.968	1.860	2.089	1.123
Aug-14	0.000	0.000	2.089	-
Sep-14	0.000	0.000	2.022	-
Oct-14	0.000	0.000	2.089	-
Nov-14	196.825	10.180	2.022	0.199
Dec-14	337.431	17.453	2.508	0.144
Jan-15	338.442	17.505	2.481	0.142
Feb-15	480.700	24.863	5.255	0.211
Mar-15	205.575	10.633	3.177	0.299
Apr-15	188.803	9.765	1.480	0.152
May-15	60.914	3.151	0.744	0.236
Jun-15	16.857	0.872	0.363	0.416
Jul-15	0.000	0.000	0.375	-
Aug-15	0.000	0.000	0.375	-
Sep-15	0.000	0.000	0.363	-
Oct-15	0.000	0.000	0.214	-
Nov-15	164.126	8.489	0.325	0.038
Dec-15	374.031	19.346	1.596	0.082
Jan-16	325.801	16.851	3.974	0.236
Feb-16	311.482	16.111	3.852	0.239
Mar-16	306.042	15.829	4.349	0.275
Apr-16	169.453	8.765	4.444	0.507
May-16	177.258	9.168	2.868	0.313
Jun-16	169.192	8.751	1.970	0.225
Jul-16	77.876	4.028	2.036	0.505

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 23

Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng

Bulan	CH Rerata (mm)	Volume CH (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Koef. air larian (C)
Aug-16	14.858	0.768	2.036	2.649
Sep-16	52.332	2.707	1.970	0.728
Oct-16	164.386	8.503	2.097	0.247
Nov-16	464.104	24.005	2.571	0.107
Dec-16	274.851	14.216	3.174	0.223
Jan-17	316.207	16.355	3.128	0.191
Feb-17	426.023	22.035	3.100	0.141
Mar-17	404.630	20.929	3.193	0.153
Apr-17	271.803	14.058	2.393	0.170
May-17	17.067	0.883	1.821	2.063
Jun-17	34.991	1.810	1.763	0.974
Jul-17	28.721	1.486	1.821	1.226
Aug-17	0.000	0.000	1.821	-
Sep-17	67.890	3.511	1.763	0.502
Oct-17	72.679	3.759	1.821	0.484
Nov-17	323.127	16.713	4.100	0.245
Dec-17	337.926	17.479	3.983	0.228

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Berikut adalah langkah perhitungan koefisien aliran Sub DAS Gongseng:

1. Curah Hujan Rerata adalah curah hujan rerata daerah yang dihasilkan dari perhitungan dengan poligon thiessen.
2. Menghitung volume curah hujan, dengan mengalikan luas DAS yang diperoleh dari poligon thiessen. Contoh perhitungan menggunakan bulan Januari, 2006.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume CH} &= \frac{\text{Curah Hujan Rerata}}{1000} \times A \\
 &= \frac{250.251}{1000} \times 51.723 \\
 &= 12.958 \text{ } 10^6 \text{m}^3
 \end{aligned}$$

3. Menghitung volume air larian, dari perhitungan debit rerata bulanan dikalikan dengan jumlah hari. Contoh perhitungan menggunakan bulan Januari, 2006.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume air larian} &= \text{debit rerata} \times \text{jumlah hari sebulan} \times 0.0864 \\
 &= 1.5381 \times 31 \times 0.0864 \\
 &= 4.120 \text{ } 10^6 \text{m}^3
 \end{aligned}$$

4. Menghitung koefisien aliran bulan Januari, 2006.

$$\begin{aligned}
 C \text{ bulan} &= \frac{\text{Volume air larian}}{\text{Volume curah hujan}} \\
 &= \frac{4.120}{12.958} \\
 &= 0.318
 \end{aligned}$$

5. Menghitung koefisien aliran, contoh perhitungan menggunakan tahun 2006.

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{\sum_{n=1}^{12} \text{Volume air larian}}{\sum_{n=1}^{12} \text{Volume CH}} \\
 &= \frac{37.559}{93.503} \\
 &= 0.402
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 24

Rekapitulasi Perhitungan Koefisien Aliran Sub DAS Gongseng

Tahun	CH Rerata (mm)	Volume CH (10 ⁶ m ³)	Volume air larian (10 ⁶ m ³)	Koef. air larian (C)
2006	1807.762	93.503	37.559	0.402
2007	1998.319	103.359	33.361	0.323
2008	2372.443	122.710	30.473	0.248
2009	2046.653	105.859	25.389	0.240
2010	3468.984	179.426	37.053	0.207
2011	2036.091	105.313	40.814	0.388
2012	899.318	46.515	35.584	0.765
2013	2230.560	115.371	28.760	0.249
2014	1924.760	99.554	33.247	0.334
2015	1829.447	94.624	16.748	0.177
2016	2507.634	129.702	35.342	0.272
2017	2301.064	119.018	30.707	0.258

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.5 Pengolahan Data dengan Jaringan Saraf Tiruan

Pengolahan ini dibantu dengan teknologi komputer yakni Jaringan Saraf Tiruan, dengan menggunakan aplikasi Matlab R2014b. Tujuan studi ini diharapkan dapat mempermudah serta mempercepat untuk mendapatkan pemodelan debit yang sesuai diharapkan pada lokasi studi. Pengolahan pertama menggunakan data 6 tahun. Untuk data input dan target

digunakan tahun 2006 sampai dengan 2011 sedangkan untuk data sampel digunakan tahun 2012 sampai dengan 2017.

Tabel 4. 25

Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Jan-06	16	250.521	0.402	47.680
Feb-06	19	529.435	0.402	45.310
Mar-06	11	179.062	0.402	43.440
Apr-06	11	161.032	0.402	46.040
May-06	11	251.984	0.402	43.860
Jun-06	1	3.466	0.402	32.840
Jul-06	0	0.000	0.402	28.520
Aug-06	0	0.000	0.402	25.110
Sep-06	0	0.000	0.402	24.300
Oct-06	0	0.000	0.402	25.110
Nov-06	3	29.232	0.402	26.720
Dec-06	18	403.030	0.402	44.160
Jan-07	11	141.857	0.323	37.240
Feb-07	13	283.404	0.323	31.970
Mar-07	14	330.124	0.323	38.650
Apr-07	11	298.519	0.323	51.180
May-07	4	105.886	0.323	38.960
Jun-07	6	116.715	0.323	28.950
Jul-07	1	22.010	0.323	25.420
Aug-07	0	0.000	0.323	15.980
Sep-07	0	0.000	0.323	5.400
Oct-07	0	1.123	0.323	10.700
Nov-07	10	289.711	0.323	42.640
Dec-07	13	408.970	0.323	57.890
Jan-08	9	308.620	0.248	35.570
Feb-08	12	247.383	0.248	33.190
Mar-08	18	611.224	0.248	62.180
Apr-08	9	152.762	0.248	27.930
May-08	4	77.204	0.248	26.370
Jun-08	1	18.641	0.248	25.200
Jul-08	0	0.000	0.248	26.040

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 25

Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Aug-08	2	27.368	0.248	26.040
Sep-08	0	0.000	0.248	9.700
Oct-08	5	156.589	0.248	20.160
Nov-08	14	441.521	0.248	32.080
Dec-08	15	331.131	0.248	29.380
Jan-09	17	531.916	0.240	28.770
Feb-09	19	443.362	0.240	49.250
Mar-09	11	304.469	0.240	36.500
Apr-09	10	183.506	0.240	24.700
May-09	6	90.859	0.240	25.420
Jun-09	2	66.223	0.240	31.060
Jul-09	1	8.125	0.240	17.020
Aug-09	0	0.000	0.240	6.820
Sep-09	0	0.000	0.240	6.600
Oct-09	2	96.617	0.240	10.700
Nov-09	7	183.520	0.240	25.040
Dec-09	7	138.055	0.240	30.220
Jan-10	17	374.716	0.207	33.240
Feb-10	18	546.866	0.207	45.760
Mar-10	18	580.788	0.207	50.740
Apr-10	11	264.480	0.207	41.680
May-10	11	280.554	0.207	40.340
Jun-10	6	99.984	0.207	32.280
Jul-10	6	95.064	0.207	25.420
Aug-10	1	43.616	0.207	25.420
Sep-10	13	286.888	0.207	29.330
Oct-10	10	195.404	0.207	28.520
Nov-10	16	355.152	0.207	27.600
Dec-10	15	345.471	0.207	46.890
Jan-11	15	265.194	0.388	42.720
Feb-11	10	224.996	0.388	45.700
Mar-11	20	485.035	0.388	49.520
Apr-11	15	238.346	0.388	46.910

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 25

Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
May-11	9	196.400	0.388	53.410
Jun-11	1	18.239	0.388	43.650
Jul-11	0	2.069	0.388	34.720
Aug-11	0	0.000	0.388	25.120
Sep-11	0	0.000	0.388	24.300
Oct-11	5	58.934	0.388	25.110
Nov-11	13	306.535	0.388	35.920
Dec-11	11	240.343	0.388	43.670
Jan-12	17	300.801	0.765	48.900
Feb-12	13	248.620	0.765	47.470
Mar-12	9	151.979	0.765	46.340
Apr-12	8	122.540	0.765	43.660
May-12	3	58.866	0.765	35.190
Jun-12	0	2.736	0.765	26.960
Jul-12	0	0.000	0.765	25.110
Aug-12	0	0.000	0.765	25.110
Sep-12	0	0.000	0.765	24.300
Oct-12	2	2.371	0.765	25.110
Nov-12	2	4.043	0.765	27.790
Dec-12	3	7.362	0.765	37.550
Jan-13	16	263.156	0.249	39.950
Feb-13	11	222.602	0.249	28.900
Mar-13	16	344.003	0.249	46.150
Apr-13	14	358.450	0.249	63.690
May-13	11	230.373	0.249	47.610
Jun-13	12	172.834	0.249	30.790
Jul-13	6	32.892	0.249	10.230
Aug-13	1	18.428	0.249	10.490
Sep-13	0	0.000	0.249	7.790
Nov-13	12	234.494	0.249	7.610
Dec-13	13	315.204	0.249	32.740
Jan-14	9	148.110	0.334	37.380
Feb-14	11	262.414	0.334	34.100

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 25

Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Mar-14	11	370.323	0.334	54.430
Apr-14	13	465.697	0.334	48.270
May-14	5	68.816	0.334	33.440
Jun-14	4	39.177	0.334	27.600
Jul-14	2	35.968	0.334	24.180
Aug-14	0	0.000	0.334	24.180
Sep-14	0	0.000	0.334	23.400
Oct-14	0	0.000	0.334	24.180
Nov-14	13	196.825	0.334	23.400
Dec-14	17	337.431	0.334	29.030
Jan-15	16	338.442	0.177	13.160
Feb-15	17	480.700	0.177	29.789
Mar-15	10	205.575	0.177	16.848
Apr-15	15	188.803	0.177	8.111
May-15	3	60.914	0.177	3.945
Jun-15	1	16.857	0.177	1.989
Jul-15	0	0.000	0.177	1.989
Aug-15	0	0.000	0.177	1.989
Sep-15	0	0.000	0.177	1.989
Oct-15	0	0.000	0.177	1.136
Nov-15	7	164.126	0.177	1.780
Dec-15	14	374.031	0.177	8.463
Jan-16	12	325.801	0.272	46.000
Feb-16	15	311.482	0.272	46.180
Mar-16	13	306.042	0.272	50.340
Apr-16	13	169.453	0.272	51.430
May-16	10	177.258	0.272	33.200
Jun-16	9	169.192	0.272	22.800
Jul-16	4	77.876	0.272	23.560
Aug-16	2	14.858	0.272	23.560
Sep-16	3	52.332	0.272	22.800
Oct-16	9	164.386	0.272	24.270
Nov-16	17	464.104	0.272	29.760

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 25

Data Input, Sampel dan Target untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Dec-16	15	274.851	0.272	36.740
Jan-17	19	316.207	0.258	36.200
Feb-17	15	426.023	0.258	34.640
Mar-17	14	404.630	0.258	36.960
Apr-17	11	271.803	0.258	27.700
May-17	1	17.067	0.258	21.080
Jun-17	2	34.991	0.258	20.400
Jul-17	1	28.721	0.258	21.080
Aug-17	0	0.000	0.258	21.080
Sep-17	3	67.890	0.258	20.400
Oct-17	6	72.679	0.258	21.080
Nov-17	18	323.127	0.258	47.450
Dec-17	14	337.926	0.258	46.100
Input	Maksimum	611.224		
	Minimum	0.000		
Target	Maksimum	63.690		
	Minimum	1.136		

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Sebelum diterapkan pada JST, data terlebih dahulu melalui proses *praprosesing* yaitu nilai data akan ditransformasi menjadi lebih kecil tanpa merubah informasi dari data asli. Hal ini dilakukan dengan tujuan hasil analisis lebih baik dan akurat. Pada studi ini merujuk pada Thesis Hasim (2008) yang menggunakan transformasi data dengan normalisasi yaitu proses mengubah data dalam skala tertentu. Skala yang digunakan yaitu (0.1) dimana batas bawa BB adalah 0 dan batas atas BA adalah 1. Berikut contoh perhitungan transformasi data jumlah hari hujan pada Januari tahun 2006:

$$\begin{aligned}
 X' &= \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times (BA - BB) + BB \\
 &= \frac{16 - 0}{611.224 - 0} \times (1 - 0) + 0 \\
 &= 0.026
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 26

Hasil Transformasi Data Input, Sampel Dan Target Untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Jan-06	0.026	0.410	0.001	0.744
Feb-06	0.031	0.866	0.001	0.706
Mar-06	0.018	0.293	0.001	0.676
Apr-06	0.018	0.263	0.001	0.718
May-06	0.018	0.412	0.001	0.683
Jun-06	0.002	0.006	0.001	0.507
Jul-06	0.000	0.000	0.001	0.438
Aug-06	0.000	0.000	0.001	0.383
Sep-06	0.000	0.000	0.001	0.370
Oct-06	0.000	0.000	0.001	0.383
Nov-06	0.005	0.048	0.001	0.409
Dec-06	0.029	0.659	0.001	0.688
Jan-07	0.018	0.232	0.001	0.577
Feb-07	0.021	0.464	0.001	0.493
Mar-07	0.023	0.540	0.001	0.600
Apr-07	0.018	0.488	0.001	0.800
May-07	0.007	0.173	0.001	0.605
Jun-07	0.010	0.191	0.001	0.445
Jul-07	0.002	0.036	0.001	0.388
Aug-07	0.000	0.000	0.001	0.237
Sep-07	0.000	0.000	0.001	0.068
Oct-07	0.000	0.002	0.001	0.153
Nov-07	0.016	0.474	0.001	0.663
Dec-07	0.021	0.669	0.001	0.907
Jan-08	0.015	0.505	0.000	0.550
Feb-08	0.020	0.405	0.000	0.512
Mar-08	0.029	1.000	0.000	0.976
Apr-08	0.015	0.250	0.000	0.428
May-08	0.007	0.126	0.000	0.403
Jun-08	0.002	0.030	0.000	0.385
Jul-08	0.000	0.000	0.000	0.398
Aug-08	0.003	0.045	0.000	0.398
Sep-08	0.000	0.000	0.000	0.137

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 26

Hasil Transformasi Data Input, Sampel Dan Target Untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Oct-08	0.008	0.256	0.000	0.304
Nov-08	0.023	0.722	0.000	0.495
Dec-08	0.025	0.542	0.000	0.452
Jan-09	0.028	0.870	0.000	0.442
Feb-09	0.031	0.725	0.000	0.769
Mar-09	0.018	0.498	0.000	0.565
Apr-09	0.016	0.300	0.000	0.377
May-09	0.010	0.149	0.000	0.388
Jun-09	0.003	0.108	0.000	0.478
Jul-09	0.002	0.013	0.000	0.254
Aug-09	0.000	0.000	0.000	0.091
Sep-09	0.000	0.000	0.000	0.087
Oct-09	0.003	0.158	0.000	0.153
Nov-09	0.011	0.300	0.000	0.382
Dec-09	0.011	0.226	0.000	0.465
Jan-10	0.028	0.613	0.000	0.513
Feb-10	0.029	0.895	0.000	0.713
Mar-10	0.029	0.950	0.000	0.793
Apr-10	0.018	0.433	0.000	0.648
May-10	0.018	0.459	0.000	0.627
Jun-10	0.010	0.164	0.000	0.498
Jul-10	0.010	0.156	0.000	0.388
Aug-10	0.002	0.071	0.000	0.388
Sep-10	0.021	0.469	0.000	0.451
Oct-10	0.016	0.320	0.000	0.438
Nov-10	0.026	0.581	0.000	0.423
Dec-10	0.025	0.565	0.000	0.731
Jan-11	0.025	0.434	0.001	0.665
Feb-11	0.016	0.368	0.001	0.712
Mar-11	0.033	0.794	0.001	0.773
Apr-11	0.025	0.390	0.001	0.732
May-11	0.015	0.321	0.001	0.836
Jun-11	0.002	0.030	0.001	0.680

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 26

Hasil Transformasi Data Input, Sampel Dan Target Untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Jul-11	0.000	0.003	0.001	0.537
Aug-11	0.000	0.000	0.001	0.383
Sep-11	0.000	0.000	0.001	0.370
Oct-11	0.008	0.096	0.001	0.383
Nov-11	0.021	0.502	0.001	0.556
Dec-11	0.018	0.393	0.001	0.680
Jan-12	0.028	0.492	0.001	0.764
Feb-12	0.021	0.407	0.001	0.741
Mar-12	0.015	0.249	0.001	0.723
Apr-12	0.013	0.200	0.001	0.680
May-12	0.005	0.096	0.001	0.544
Jun-12	0.000	0.004	0.001	0.413
Jul-12	0.000	0.000	0.001	0.383
Aug-12	0.000	0.000	0.001	0.383
Sep-12	0.000	0.000	0.001	0.370
Oct-12	0.003	0.004	0.001	0.383
Nov-12	0.003	0.007	0.001	0.426
Dec-12	0.005	0.012	0.001	0.582
Jan-13	0.026	0.431	0.000	0.620
Feb-13	0.018	0.364	0.000	0.444
Mar-13	0.026	0.563	0.000	0.720
Apr-13	0.023	0.586	0.000	1.000
May-13	0.018	0.377	0.000	0.743
Jun-13	0.020	0.283	0.000	0.474
Jul-13	0.010	0.054	0.000	0.145
Aug-13	0.002	0.030	0.000	0.150
Sep-13	0.000	0.000	0.000	0.106
Oct-13	0.007	0.062	0.000	0.076
Nov-13	0.020	0.384	0.000	0.103
Dec-13	0.021	0.516	0.000	0.505
Jan-14	0.015	0.242	0.001	0.579
Feb-14	0.018	0.429	0.001	0.527
Mar-14	0.018	0.606	0.001	0.852

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 26

Hasil Transformasi Data Input, Sampel Dan Target Untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Apr-14	0.021	0.762	0.001	0.753
May-14	0.008	0.113	0.001	0.516
Jun-14	0.007	0.064	0.001	0.423
Jul-14	0.003	0.059	0.001	0.368
Aug-14	0.000	0.000	0.001	0.368
Sep-14	0.000	0.000	0.001	0.356
Oct-14	0.000	0.000	0.001	0.368
Nov-14	0.021	0.322	0.001	0.356
Dec-14	0.028	0.552	0.001	0.446
Jan-15	0.026	0.554	0.000	0.192
Feb-15	0.028	0.786	0.000	0.458
Mar-15	0.016	0.336	0.000	0.251
Apr-15	0.025	0.309	0.000	0.111
May-15	0.005	0.100	0.000	0.045
Jun-15	0.002	0.028	0.000	0.014
Jul-15	0.000	0.000	0.000	0.014
Aug-15	0.000	0.000	0.000	0.014
Sep-15	0.000	0.000	0.000	0.014
Oct-15	0.000	0.000	0.000	0.000
Nov-15	0.011	0.269	0.000	0.010
Dec-15	0.023	0.612	0.000	0.117
Jan-16	0.020	0.533	0.000	0.717
Feb-16	0.025	0.510	0.000	0.720
Mar-16	0.021	0.501	0.000	0.787
Apr-16	0.021	0.277	0.000	0.804
May-16	0.016	0.290	0.000	0.513
Jun-16	0.015	0.277	0.000	0.346
Jul-16	0.007	0.127	0.000	0.358
Aug-16	0.003	0.024	0.000	0.358
Sep-16	0.005	0.086	0.000	0.346
Oct-16	0.015	0.269	0.000	0.370
Nov-16	0.028	0.759	0.000	0.458
Dec-16	0.025	0.450	0.000	0.569

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 26

Hasil Transformasi Data Input, Sampel Dan Target Untuk Model Jaringan Saraf Tiruan

Bulan	Jumlah Hari Hujan	CH (mm/hari)	Koef. Aliran	Debit (m ³ /dtk)
Jan-17	0.031	0.517	0.000	0.561
Feb-17	0.025	0.697	0.000	0.536
Mar-17	0.023	0.662	0.000	0.573
Apr-17	0.018	0.445	0.000	0.425
May-17	0.002	0.028	0.000	0.319
Jun-17	0.003	0.057	0.000	0.308
Jul-17	0.002	0.047	0.000	0.319
Aug-17	0.000	0.000	0.000	0.319
Sep-17	0.005	0.111	0.000	0.308
Oct-17	0.010	0.119	0.000	0.319
Nov-17	0.029	0.529	0.000	0.740
Dec-17	0.023	0.553	0.000	0.719

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengolah data menggunakan *software* Matlab R2014b dengan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sebagai berikut:

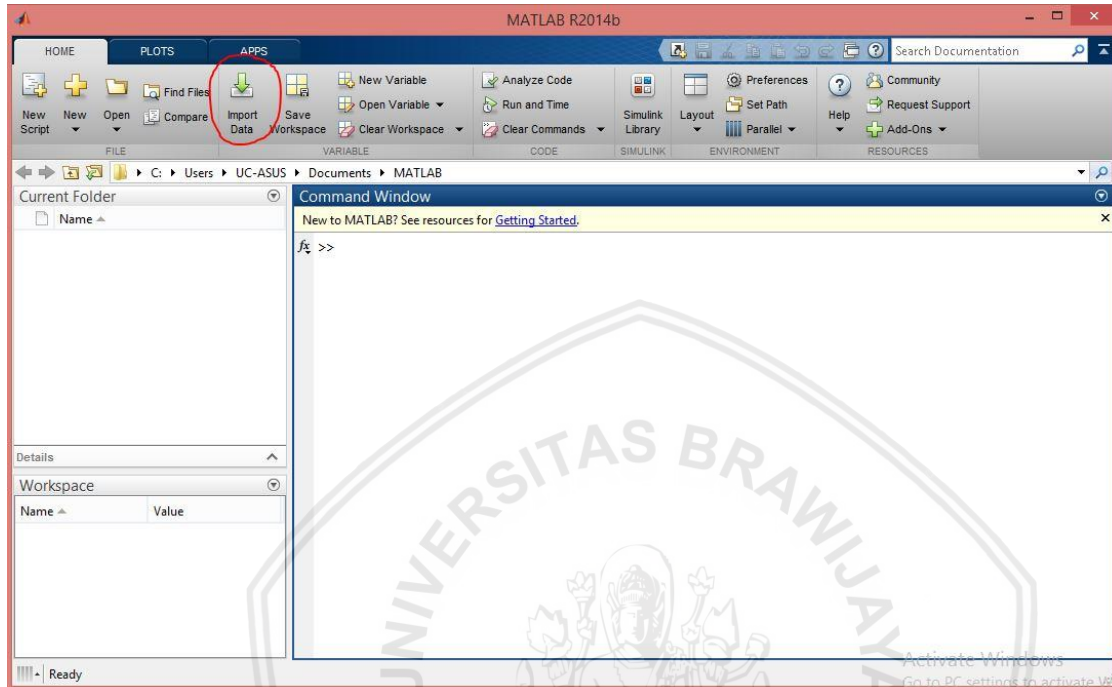
1. Menyiapkan data yang dibutuhkan yang akan digunakan dalam bentuk melintang dengan sesuai kelompok data (input, sampel, dan target) yang berada pada *sheet* berbeda.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2		0.026176989	0.031085175	0.01799668	0.01799668	0.01799668	0.001636062	0	0	0	0	0.004908185	0.029449113	0.01799668
3		0.409868508	0.866188398	0.292956513	0.263457491	0.412261054	0.005671284	0	0	0	0	0.047825704	0.659381429	0.232086733
4		0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000657184	0.000528068
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														

Gambar 4.8 Tampilan data *input*, sampel, dan target pada *Microsoft Excel*.

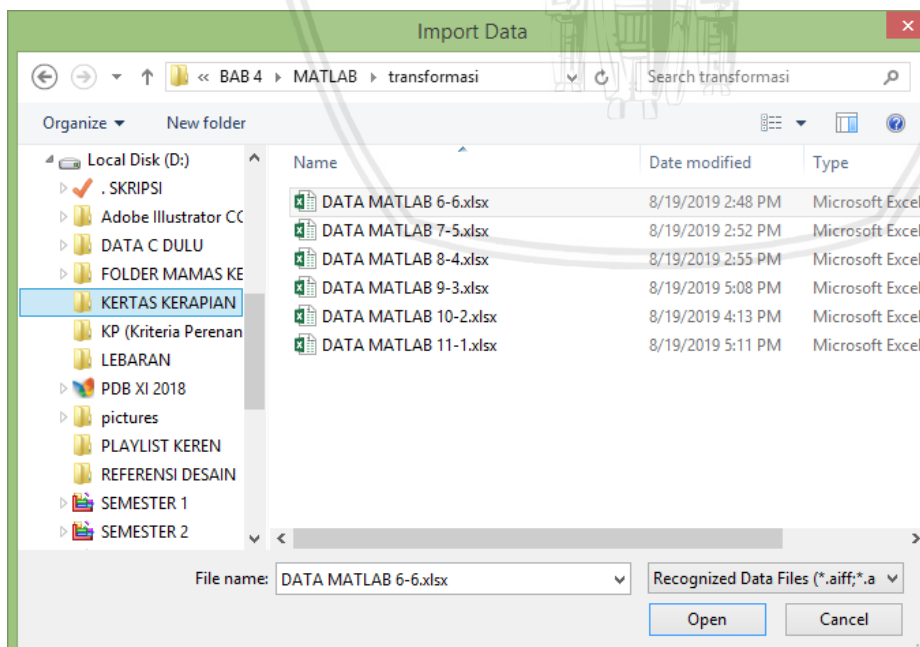
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019.

2. Membuka aplikasi Matlab R2014b dan memasukkan data yang akan dilakukan pemodelan. Klik *Import Data* dan pilih folder yang datanya hendak dimasukkan dalam perhitungan model JST. Kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada **Gambar 4.9**, pilih folder yang datanya hendak dimasukkan ke dalam Matlab R2014b.



Gambar 4.9 Tampilan untuk melakukan *import data* pada Matlab.

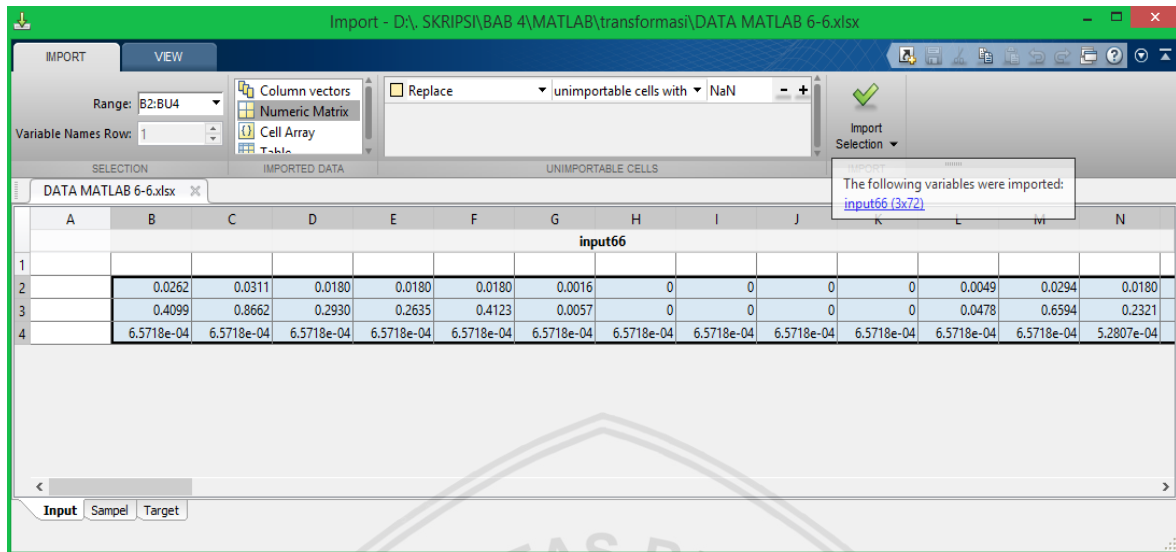
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019.



Gambar 4.10 Tampilan kotak dialog *import data* melalui Matlab R2014b.

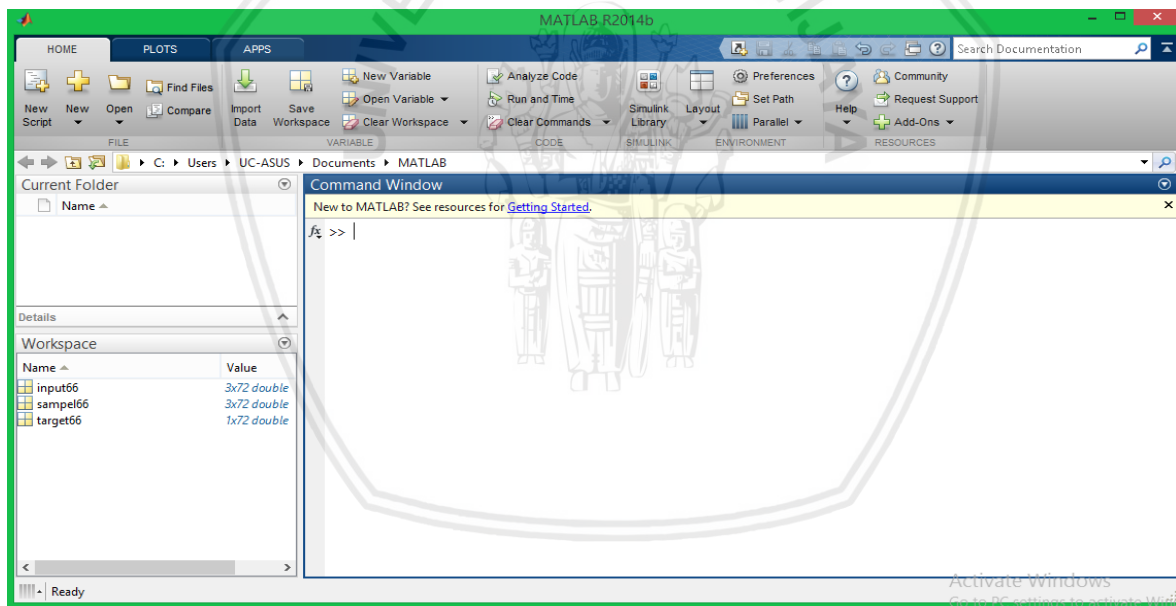
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019.

3. Memilih *file* yang akan digunakan, lalu pilih *numeric matrix*, dan beri nama data sesuai nama data (input, sampel, dan target) dan klik *import selection*.



Gambar 4.11 Tampilan import data pada Matlab.

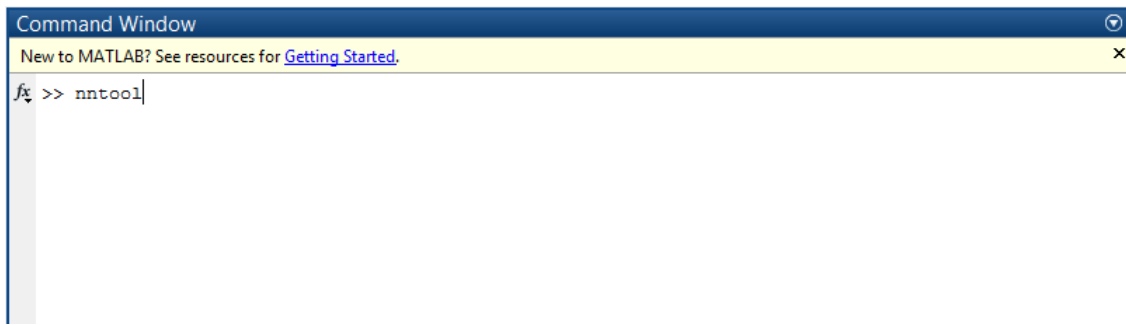
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



Gambar 4.12 Tampilan Data pada Workspace.

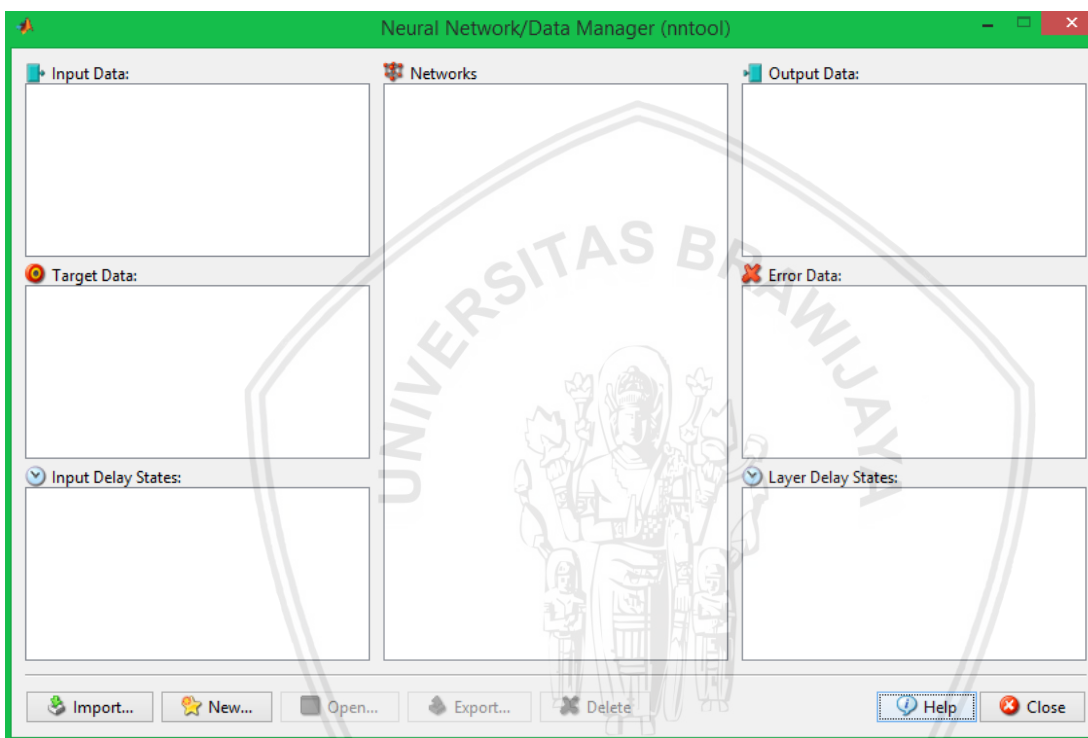
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

4. Menuliskan perintah *nntool* pada *command window* (Gambar 4.13), dan selanjutnya klik *import* pada kotak dialog *neural network/data manager* (nntool) (Gambar 4.14).



Gambar 4.13 Tampilan Kotak Perintah atau *command window*.

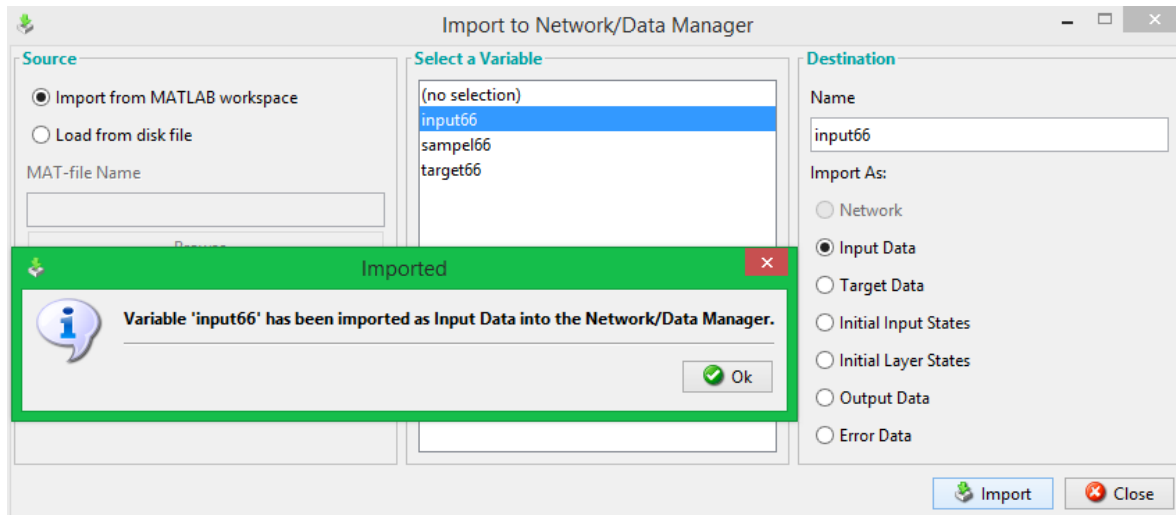
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



Gambar 4.14 Tampilan *neural network/data manager (nntool)*

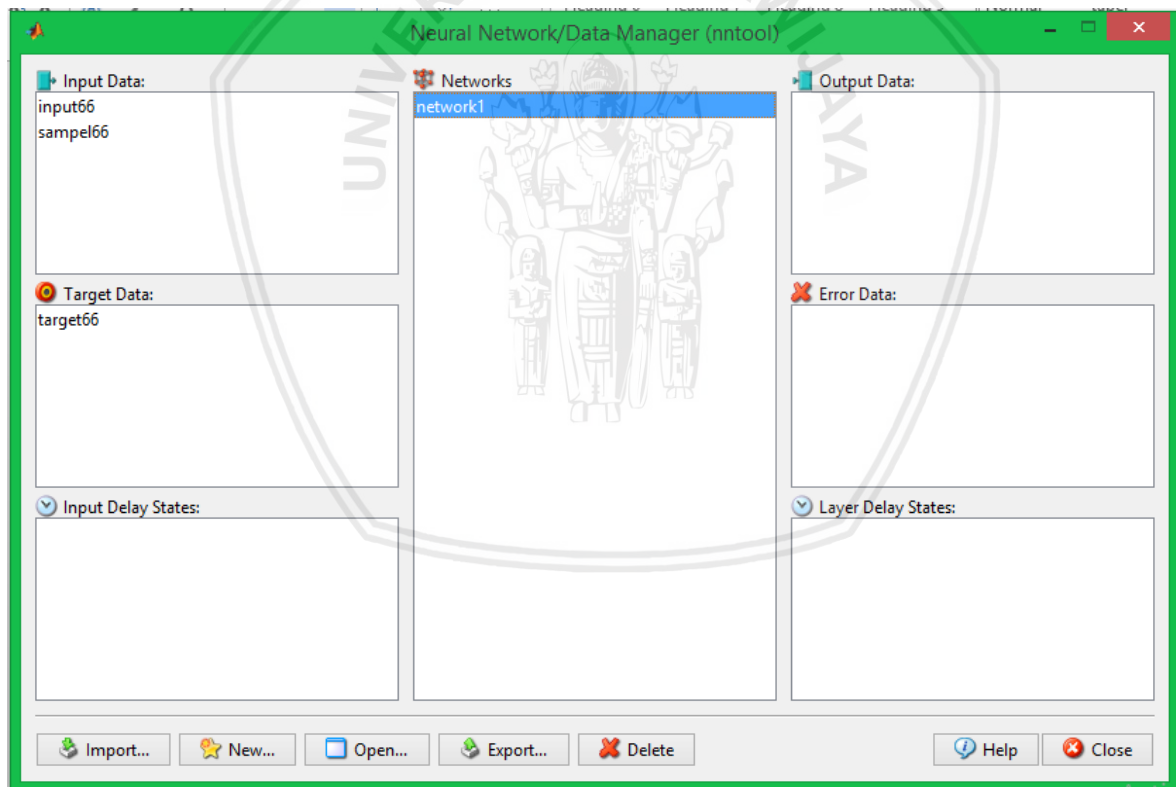
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

5. Kemudian akan keluar tampilan kotak dialog *import to network/data manager* (**Gambar 4.15**). Pada kotak dialog *import data* sesuai dengan fungsi masing-masing. Klik *input* pada *select variable* > *import as: input* > *import* kemudian akan muncul *variable 'input' has been imported as Input Data into the Network/Data manager* > klik OK. Lakukan pada sampel sebagai input dan target sebagai target. Kemudian klik *close*. Lalu akan muncul kotak dialog *Imported* menandakan data telah ter-*import* semua. Lalu klik Ok.



Gambar 4.15 Tampilan kotak dialog *import to network/data manager*
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

6. Setelah data berhasil di-import. Langkah selanjutnya adalah membangun arsitektur jaringan dengan > klik *new*.

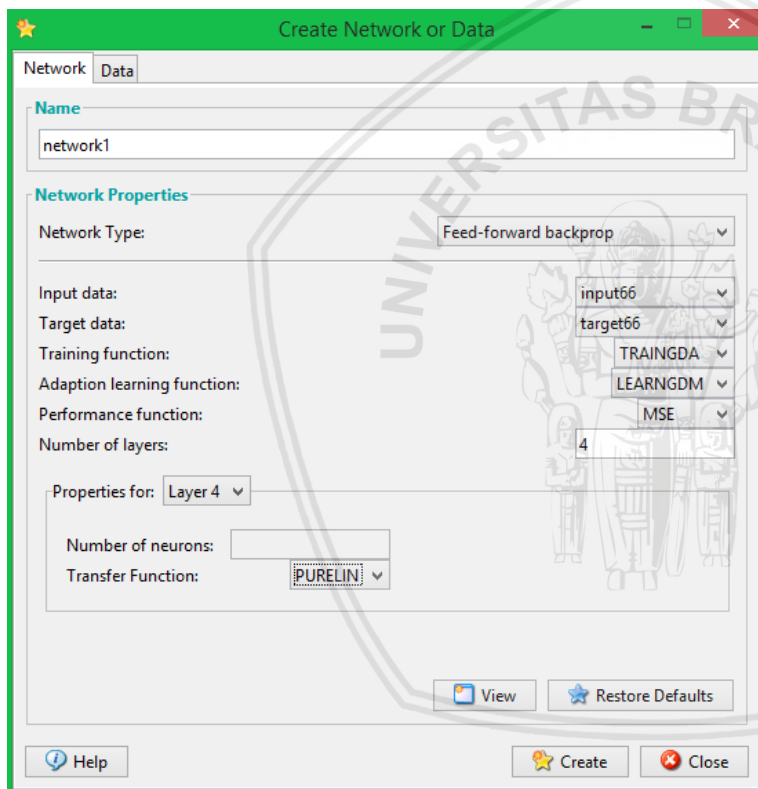


Gambar 4.16 Tampilan kotak dialog *nntool* dengan data sudah ter-import
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

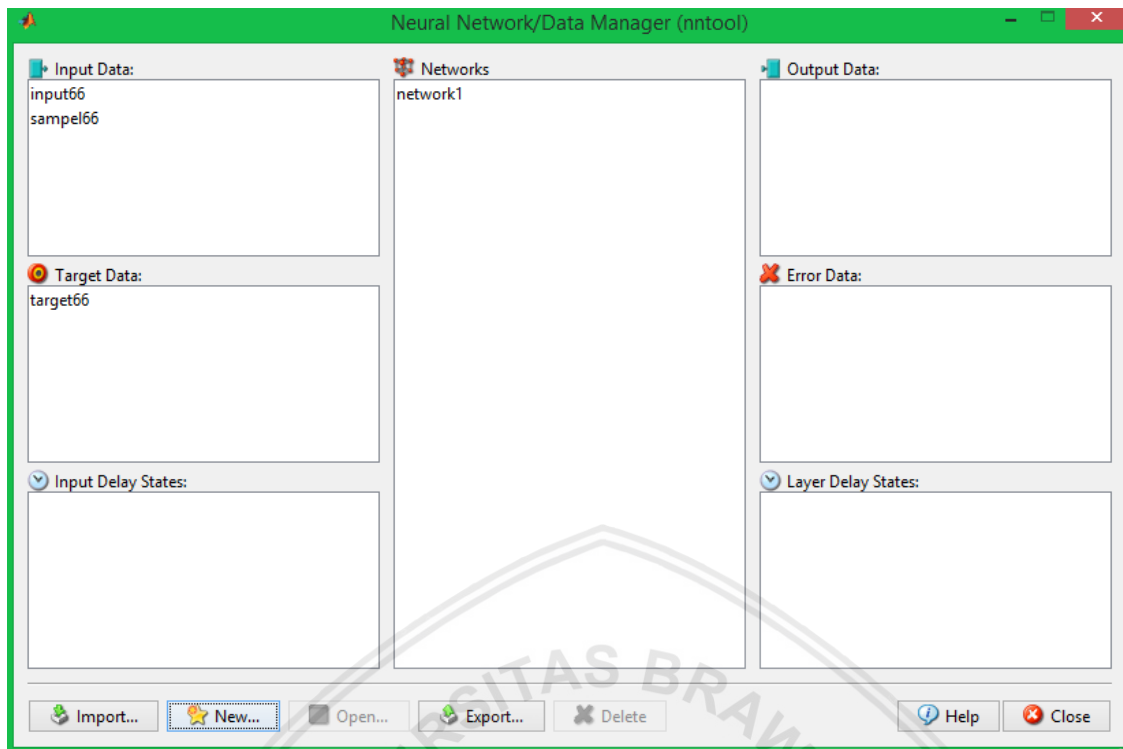
7. Kemudian muncul kotak dialog *Create Network or Data* . Pada kotak *name* beri nama arsitektur jaringan yang dibangun, kemudian menentukan *Network Properties*. Berikut adalah tipe, data maupun fungsi yang digunakan pada studi ini:
 - *Network Type* : *feed-forward backup*,

- Input data : input,
- Target data : target,
- *Training Function* : TRAINGDA,
- *Adaption Function* : LEARNGDM,
- *Performance Function* : MSE,
- *Number Of Layers* : 4,
- *Number of Neuron* : 10-1-1-1,
- *Transfer Function* : LOGSIG - LOGSIG - LOGSIG -PURELIN

Kemudian klik *create* > OK.



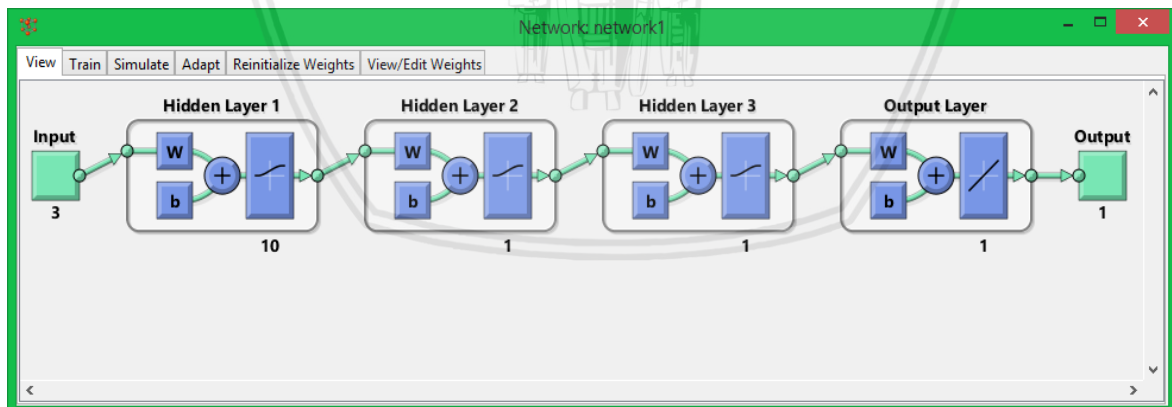
Gambar 4.17 Tampilan kotak dialog untuk membangun arsitektur jaringan.
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019.



Gambar 4.18 Tampilan kotak dialog sesudah membangun arsitektur jaringan.

Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

8. Untuk memulai pengolahan arsitektur yang telah dibangun, pada kotak dialog *Neural Network/Data Manager (nntool)*, klik dua kali pada network yang akan dikerjakan. Lalu klik *view* untuk melihat jaringan arsitektur yang telah dibangun (**Gambar 4.17**).

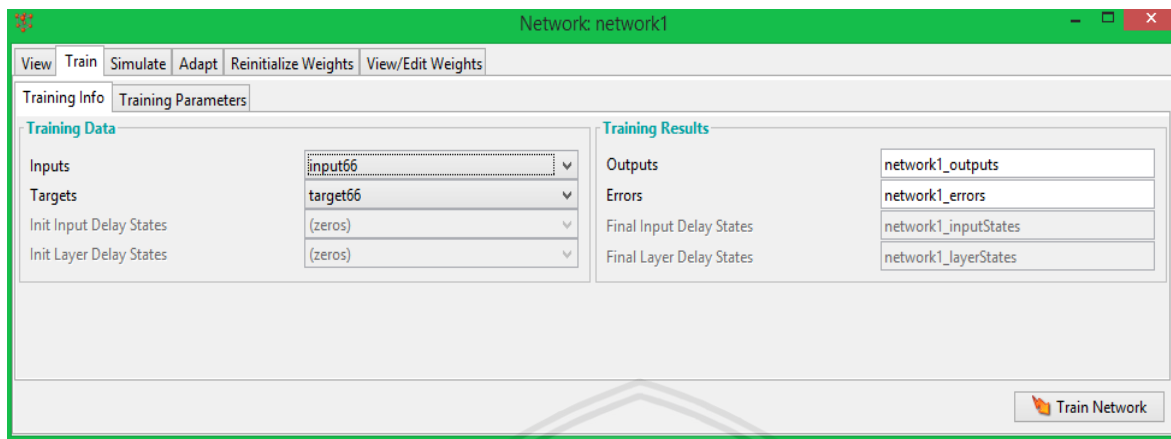


Gambar 4.19 Bentuk arsitektur jaringan yang telah dibangun sebelumnya.

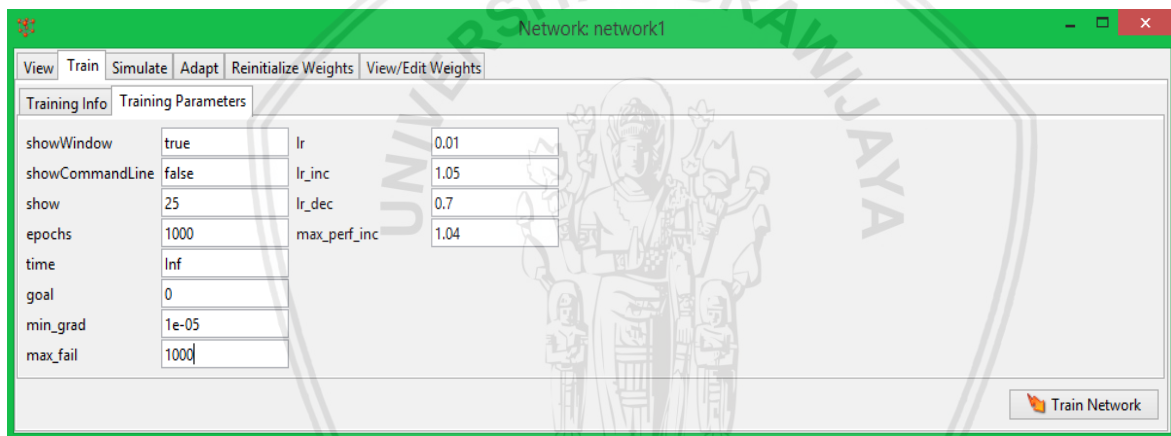
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

9. Klik *train > train info > training data* untuk memasukkan data yang akan digunakan sebagai *training*. Selanjutnya klik *training parameters* untuk mengubah parameter yang besarnya dicoba-coba untuk menghasilkan nilai yang baik. Pada studi ini, parameter yang diubah adalah *epochs* dan *max_fail*, *epochs* merupakan iterasi atau pengulangan

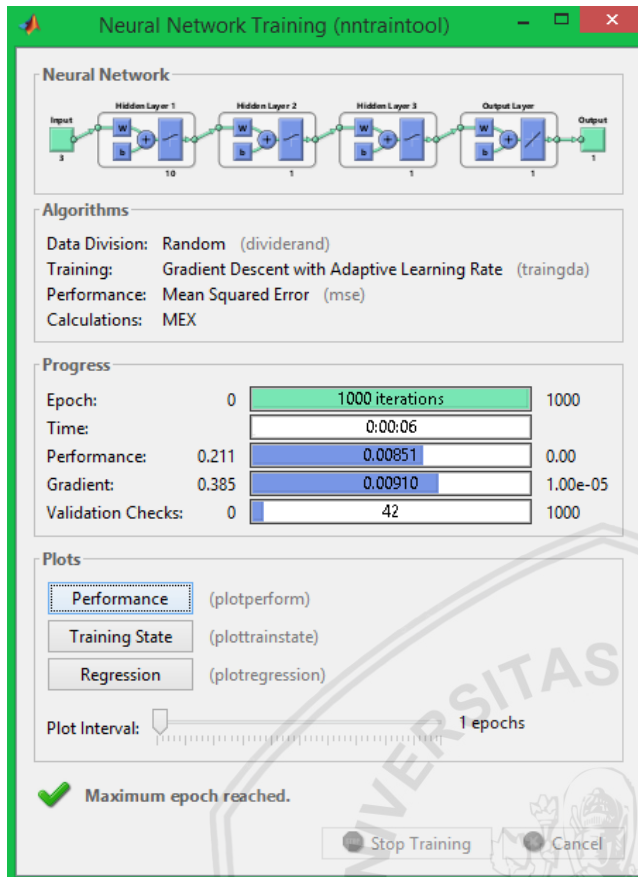
pelatihan dalam model JST dan *max_fail* adalah *maximum number of validation increases* , setelah selesai klik *train network*.



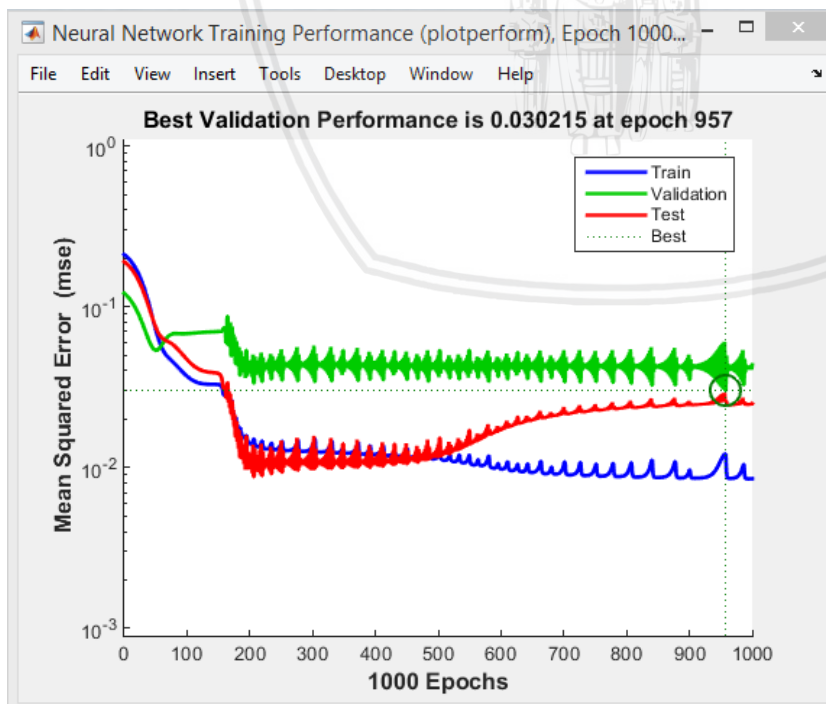
Gambar 4.20 Tampilan train info
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



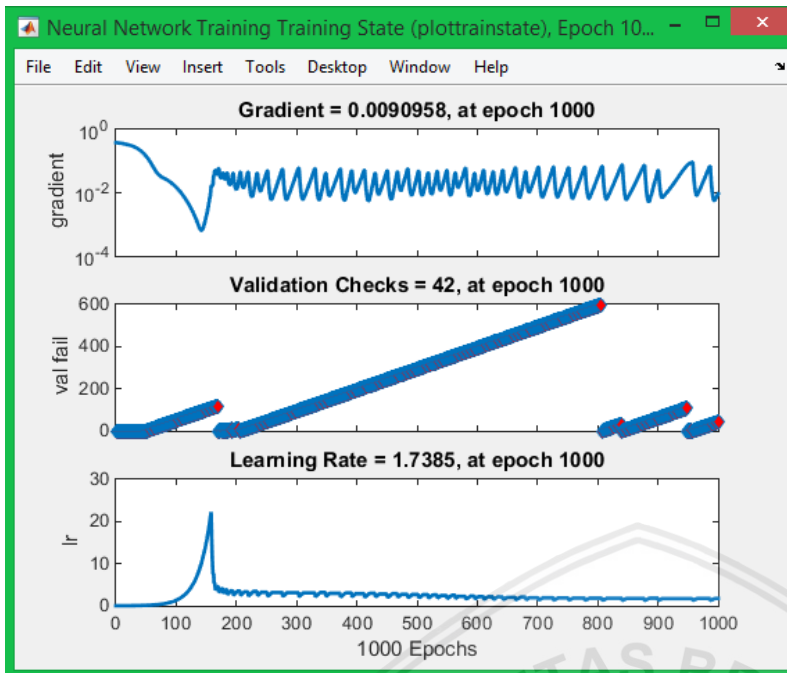
Gambar 4.21 Tampilan train parameters
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



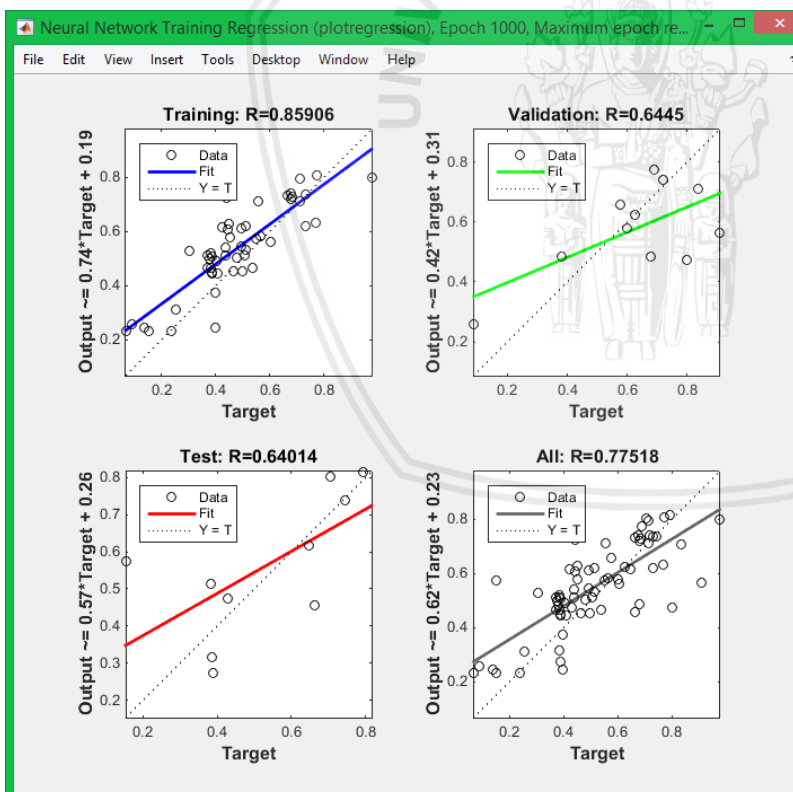
Gambar 4.22 Hasil Neural Network Training
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



Gambar 4.23 Hasil Plotting Performance
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

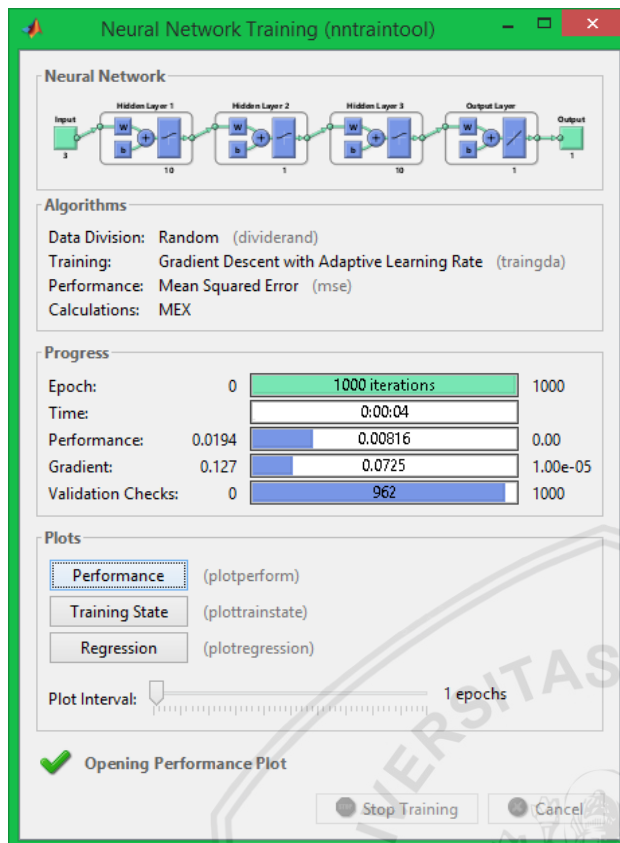


Gambar 4.24 Hasil Plotting Training State
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

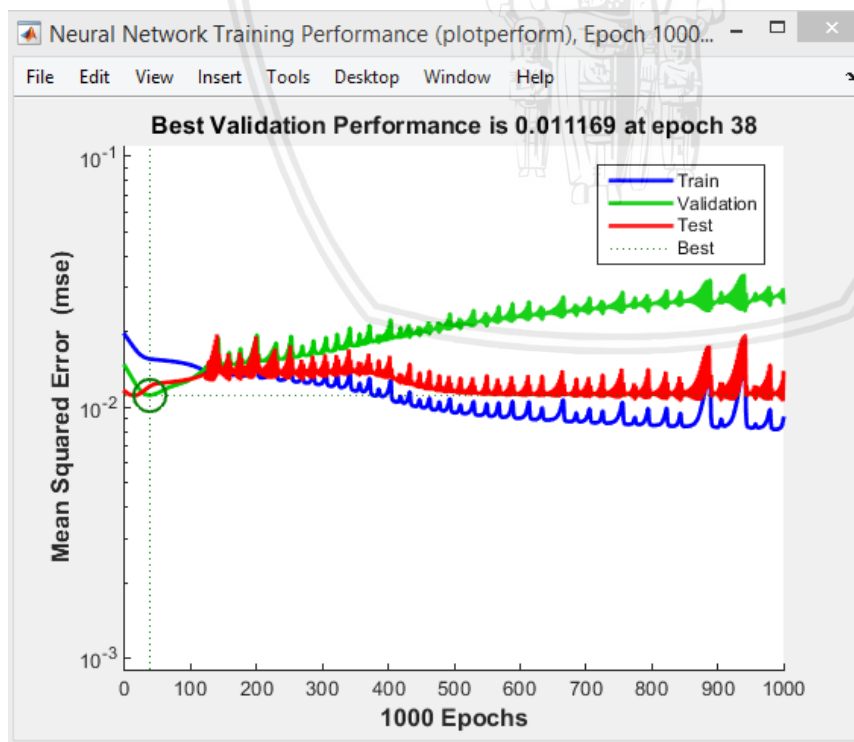


Gambar 4.25 Hasil Plotting Training Regression
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

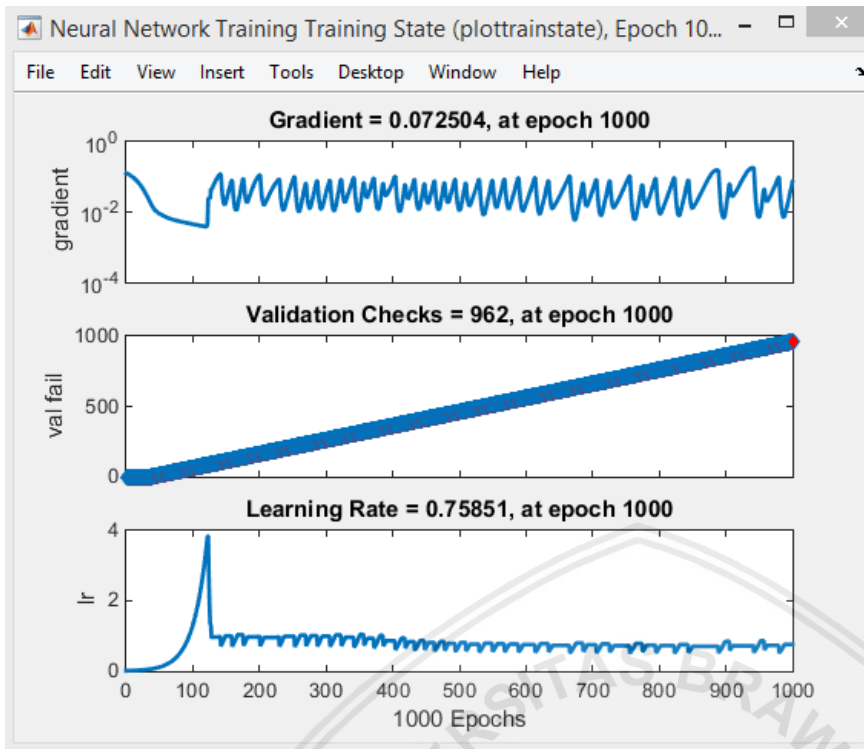
10. Melakukan *train network* berkali-kali dengan cara mengubah parameter coba-coba. Sampai diperoleh nilai R pada *plotting regresion* bagus dan stabil, sehingga memperoleh hasil yang optimum.



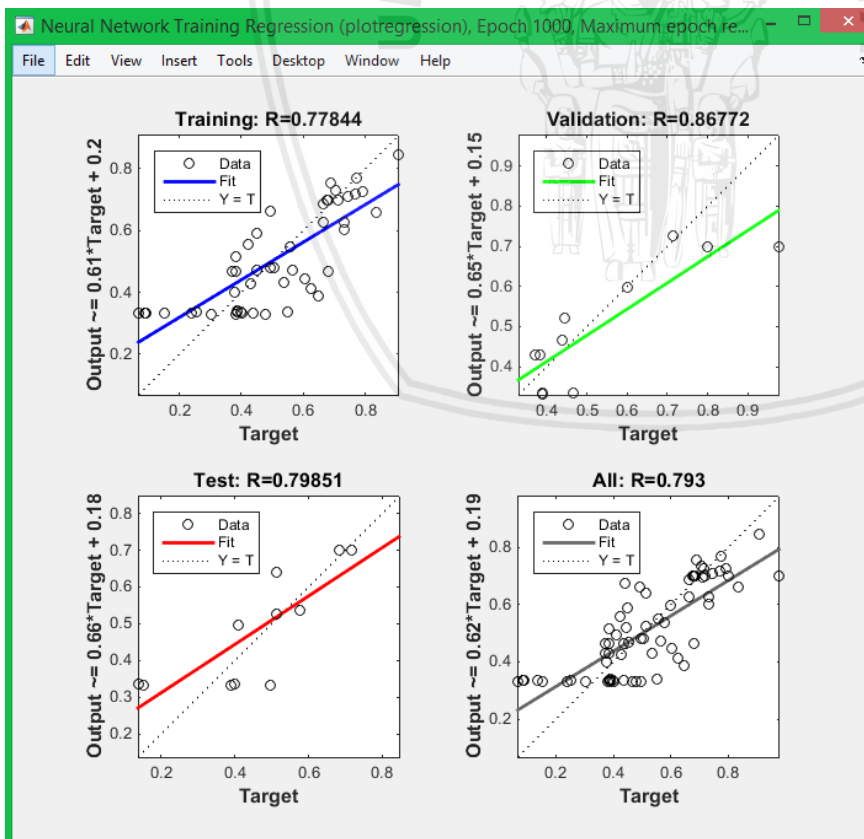
Gambar 4.26 Hasil Neural Network Training Optimum
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



Gambar 4.27 Hasil Plotting Performance Optimum
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

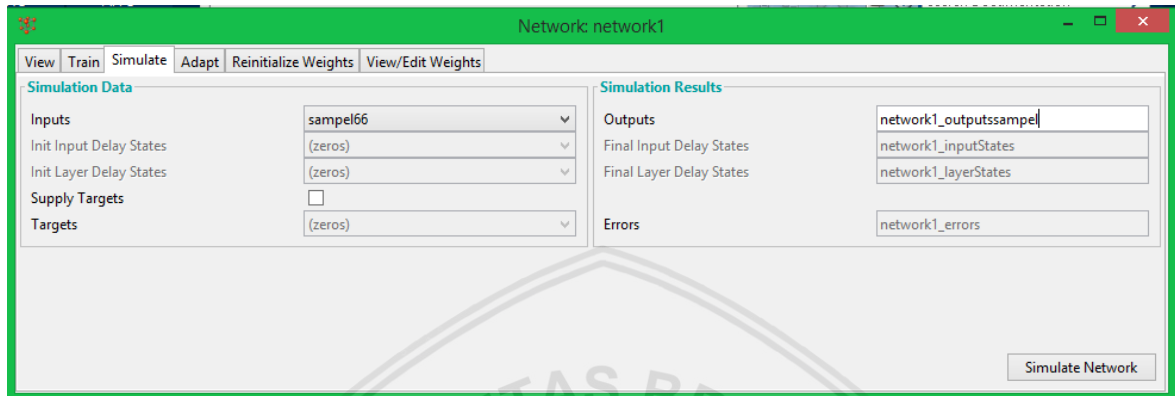


Gambar 4.28 Hasil Plotting Training State Optimum
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



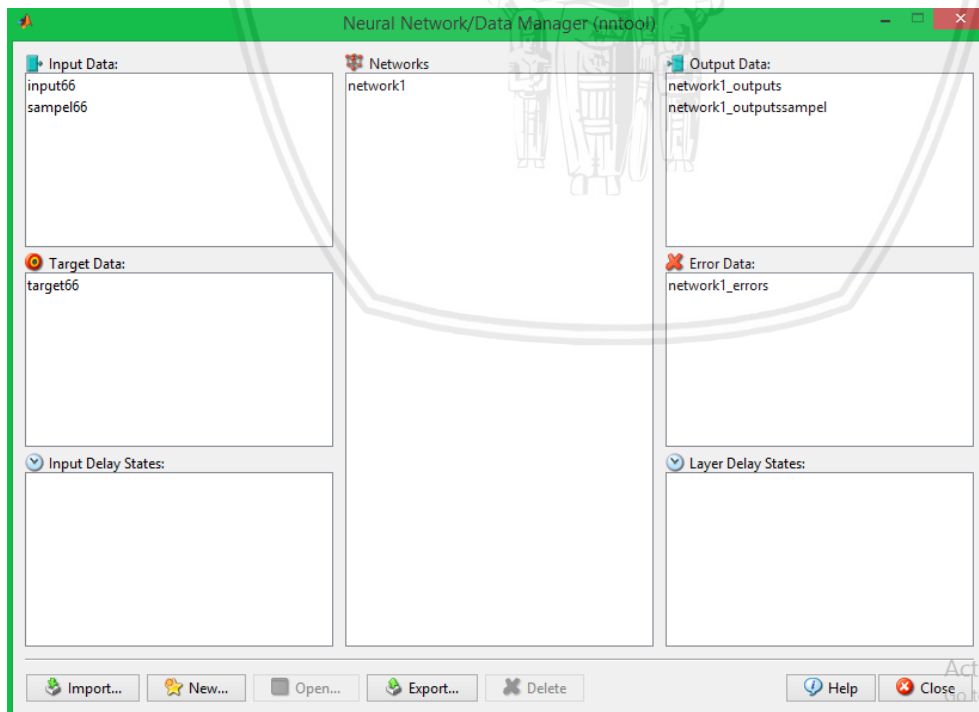
Gambar 4.29 Hasil Plotting Training Regression Optimum
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

11. Setelah mendapat hasil regresi yang baik dan stabil, selanjutnya beralih pada tab *simulate* untuk mendapatkan hasil output sampel untuk verifikasi. Pada *simulation data – input* pilih data yang akan dilakukan simulasi, yaitu data sampel. Pada *simulation result – output* beri penamaan hasil output sampel untuk verifikasi, agar mempermudah pembedaan nama dengan hasil pelatihan. Lakukan *Simulate Network*.

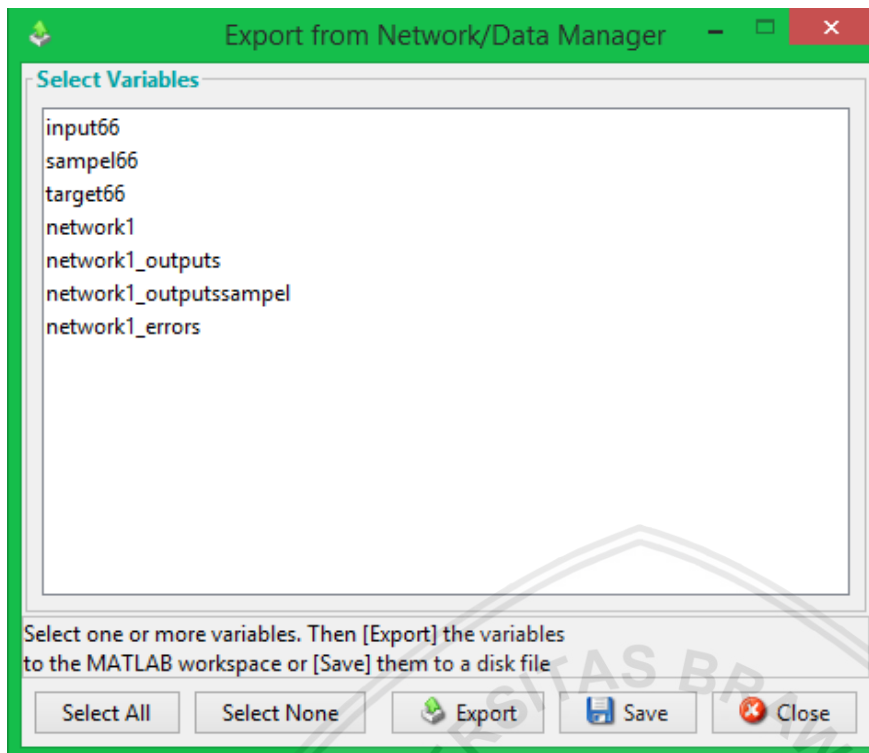


Gambar 4.30 Tampilan *Simulate*
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

12. Setelah semua pengolahan data selesai maka langkah selanjutnya adalah mengekspor hasil *training*. Kembali pada kotak dialog *Neural Network Manager/Data Manager (nntool) > export*.



Gambar 4.31 Tampilan *neural network/ data manager* setelah mendapat hasil output.
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019



Gambar 4.32 Tampilan kotak dialog *export from network/data manager*
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0.7088	0.7319	0.6983	0.7006	0.6988	0.4801	0.4663	0.4663	0.4663	0.4663	0.49
2											
3											
4											
5											
6											

Gambar 4.33 Tampilan hasil Matlab pada *workspace*.
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

13. Menyalin hasil Matlab ke dalam *Microsoft Excel*.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2																
3																
4	Output Kalibrasi	0.708832	0.731941	0.69829	0.7006	0.69877	0.48007	0.46629	0.46629	0.46629	0.46629	0.4956	0.75562	0.538	0.66164	0.59862
5	Transformasi	45.47641	46.921917	44.8169	44.96172	44.84722	31.16665	30.30456	30.30456	30.30456	30.30456	32.1377	48.40315	34.78991	42.52449	38.58251
6	Sampel Verifikasi	0.6525746	0.7108597	0.567502	0.500451	0.480893	0.479163	0.479117	0.479117	0.479117	0.479172	0.479190	0.479446	0.652224	0.487749	0.680272
7	Transformasi	41.95728	45.603228	36.63574	32.44145	31.218	31.10979	31.10693	31.10693	31.10693	31.11034	31.11146	31.1275	41.93537	31.64687	43.68988
8																
9	eror	0.037328	-0.00596	-0.01581	0.03194	-0.02256	0.04474	-0.00254	-0.05706	-0.07	-0.05706	-0.10606	-0.0239	0.10312	-0.09017	-0.04458
10																
11																

Gambar 4.34 Tampilan hasil Matlab yang telah di *copy* ke *Microsoft Excel*.
Sumber: Hasil Pengolahan, 2019

14. Transformasi kembali dalam standart dengan membalik rumus yang sebelumnya.

15. Melakukan langkah sama dari langkah ke 3 sampai dengan langkah 14 untuk *training* dengan data 7-5, 8-4, 9-3, 10-2, dan 11-1 tahun.
16. Setelah didapatkan hasil pemodelan *Artificial Neural Network*(ANN) maka selanjutnya dilakukan perbandingan hasil debit model dengan debit pengamatan.

4.5.1 Hasil Regresi Model Jaringan Saraf Tiruan

Nilai regresi dari hasil *Plotting Training Regression* Optimum pengolahan Matlab R2014b tiap tahun dapat dituliskan sebagai berikut

Tabel 4. 27

Rekapitulasi nilai Regresi Setiap Data

Data 6 – 6 Tahun				
<i>Epoch</i>	<i>Train</i>	<i>Test</i>	<i>Valid</i>	<i>All</i>
1000	0.7784	0.7985	0.8677	0.7930
2000	0.8280	0.8619	0.8930	0.8330
3000	0.8174	0.7739	0.8628	0.8164
Data 7 – 5 Tahun				
<i>Epoch</i>	<i>Train</i>	<i>Test</i>	<i>Valid</i>	<i>All</i>
1000	0.7527	0.7186	0.7395	0.7451
2000	0.8344	0.8135	0.7290	0.8162
3000	0.8332	0.8517	0.8642	0.8280
Data 8 - 4 Tahun				
<i>Epoch</i>	<i>Train</i>	<i>Test</i>	<i>Valid</i>	<i>All</i>
1000	0.7608	0.8899	0.8053	0.7854
2000	0.8170	0.8535	0.7864	0.8161
3000	0.7556	0.8777	0.8967	0.8003
Data 9 - 3 Tahun				
<i>Epoch</i>	<i>Train</i>	<i>Test</i>	<i>Valid</i>	<i>All</i>
1000	0.7111	0.8598	0.8846	0.7641
2000	0.7807	0.8345	0.8292	0.7717
3000	0.7697	0.7402	0.7680	0.8003
Data 10 -2 Tahun				
<i>Epoch</i>	<i>Train</i>	<i>Test</i>	<i>Valid</i>	<i>All</i>
1000	0.8091	0.8645	0.8710	0.8221
2000	0.7587	0.8633	0.9031	0.8011
3000	0.8319	0.8284	0.8487	0.8326
Data 11 -1 Tahun				
<i>Epoch</i>	<i>Train</i>	<i>Test</i>	<i>Valid</i>	<i>All</i>
1000	0.7968	0.9172	0.8139	0.8159
2000	0.8081	0.8394	0.8739	0.8241
3000	0.8289	0.8251	0.7866	0.8191

Sumber. Hasil Pehitungan, 2019

4.6 Kalibrasi

Perhitungan Error pada hasil output dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan atau selisih antara debit pengamatan dan debit model yang dihasilkan oleh JST.

Tabel 4. 28

Perhitungan Error Kalibrasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No	Bulan	Debit		Error	x-y	(x-y) ²	(x-x _{rerata}) ²	KR
		Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Model (y) (m ³ /dtk)					
1	Jan-06	47.680	45.476	0.037	2.204	4.856	221.257	0.046
2	Feb-06	45.310	46.922	-0.006	-1.612	2.598	156.368	0.036
3	Mar-06	43.440	44.817	-0.016	-1.377	1.896	113.097	0.032
4	Apr-06	46.040	44.962	0.032	1.078	1.163	175.158	0.023
5	May-06	43.860	44.847	-0.023	-0.987	0.975	122.207	0.023
6	Jun-06	32.840	31.167	0.045	1.673	2.800	0.001	0.051
7	Jul-06	28.520	30.305	-0.003	-1.785	3.185	18.364	0.063
8	Aug-06	25.110	30.305	-0.057	-5.195	26.984	59.217	0.207
9	Sep-06	24.300	30.305	-0.070	-6.005	36.055	72.340	0.247
10	Oct-06	25.110	30.305	-0.057	-5.195	26.984	59.217	0.207
11	Nov-06	26.720	32.138	-0.106	-5.418	29.352	37.031	0.203
12	Dec-06	44.160	48.403	-0.024	-4.243	18.004	128.930	0.096
13	Jan-07	37.240	34.790	0.103	2.450	6.003	19.667	0.066
14	Feb-07	31.970	42.524	-0.090	-10.554	111.397	0.698	0.330
15	Mar-07	38.650	38.583	-0.045	0.067	0.005	34.161	0.002
16	Apr-07	51.180	44.818	0.185	6.362	40.469	337.630	0.124
17	May-07	38.960	29.023	0.162	9.937	98.736	37.881	0.255
18	Jun-07	28.950	33.664	-0.012	-4.714	22.226	14.863	0.163
19	Jul-07	25.420	22.051	0.088	3.369	11.350	54.542	0.133
20	Aug-07	15.980	21.867	-0.021	-5.887	34.656	283.090	0.368
21	Sep-07	5.400	21.867	-0.190	-16.467	271.160	751.049	3.049
22	Oct-07	10.700	21.869	-0.107	-11.169	124.738	488.643	1.044
23	Nov-07	42.640	44.029	0.050	-1.389	1.930	96.722	0.033
24	Dec-07	57.890	54.034	0.211	3.856	14.872	629.243	0.067
25	Jan-08	35.570	22.274	0.003	13.296	176.792	7.644	0.374
26	Feb-08	33.190	34.014	0.036	-0.824	0.679	0.148	0.025
27	Mar-08	62.180	44.855	0.271	17.325	300.149	862.874	0.279
28	Apr-08	27.930	27.855	-0.022	0.075	0.006	23.768	0.003
29	May-08	26.370	21.941	0.062	4.429	19.620	41.413	0.168
30	Jun-08	25.200	22.112	0.135	3.088	9.533	57.840	0.123
31	Jul-08	26.040	22.232	0.157	3.808	14.501	45.769	0.146

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 28

Perhitungan Error Kalibrasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No	Bulan	Debit	Debit	Error	x-y	(x-y) ²	(x-X _{rerata}) ²	KR
		Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Model (y) (m ³ /dtk)					
32	Aug-08	26.040	22.270	0.140	3.770	14.214	45.769	0.145
33	Sep-08	9.700	22.232	-0.105	-12.532	157.049	533.854	1.292
34	Oct-08	20.160	21.816	-0.160	-1.656	2.743	159.903	0.082
35	Nov-08	32.080	31.214	-0.123	0.866	0.750	0.526	0.027
36	Dec-08	29.380	30.551	-0.050	-1.171	1.372	11.733	0.040
37	Jan-09	28.770	43.421	-0.237	-14.651	214.644	16.283	0.509
38	Feb-09	49.250	46.074	0.181	3.176	10.085	270.429	0.064
39	Mar-09	36.500	30.633	0.045	5.867	34.417	13.651	0.161
40	Apr-09	24.700	26.190	-0.086	-1.490	2.220	65.696	0.060
41	May-09	25.420	22.414	0.003	3.006	9.037	54.542	0.118
42	Jun-09	31.060	21.755	0.184	9.305	86.585	3.046	0.300
43	Jul-09	17.020	22.254	0.009	-5.234	27.391	249.175	0.307
44	Aug-09	6.820	22.067	-0.155	-15.247	232.462	675.235	2.236
45	Sep-09	6.600	22.067	-0.158	-15.467	239.219	686.717	2.343
46	Oct-09	10.700	21.851	-0.183	-11.151	124.334	488.643	1.042
47	Nov-09	25.040	21.755	-0.102	3.285	10.791	60.300	0.131
48	Dec-09	30.220	21.958	0.021	8.262	68.264	6.684	0.273
49	Jan-10	33.240	41.269	-0.037	-8.029	64.470	0.189	0.242
50	Feb-10	45.760	46.637	0.065	-0.877	0.769	167.825	0.019
51	Mar-10	50.740	46.643	0.119	4.097	16.786	321.654	0.081
52	Apr-10	41.680	25.447	0.114	16.233	263.505	78.761	0.389
53	May-10	40.340	26.949	0.082	13.391	179.326	56.772	0.332
54	Jun-10	32.280	21.833	0.122	10.447	109.146	0.276	0.324
55	Jul-10	25.420	21.856	0.020	3.564	12.705	54.542	0.140
56	Aug-10	25.420	21.808	0.105	3.612	13.046	54.542	0.142
57	Sep-10	29.330	38.018	-0.081	-8.688	75.490	12.078	0.296
58	Oct-10	28.520	22.040	-0.058	6.480	41.989	18.364	0.227
59	Nov-10	27.600	35.969	-0.124	-8.369	70.039	27.095	0.303
60	Dec-10	46.890	40.440	0.183	6.450	41.597	198.379	0.138
61	Jan-11	42.720	40.247	-0.040	2.473	6.117	98.302	0.058
62	Feb-11	45.700	44.753	0.023	0.947	0.896	166.274	0.021
63	Mar-11	49.520	49.187	0.061	0.333	0.111	279.382	0.007
64	Apr-11	46.910	38.742	0.031	8.168	66.709	198.943	0.174
65	May-11	53.410	42.465	0.162	10.945	119.782	424.555	0.205

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 28

Perhitungan Error Kalibrasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No	Bulan	Debit Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Debit Model (y) (m ³ /dtk)	Error	x-y	(x-y) ²	(x-X _{rerata}) ²	KR
66	Jun-11	43.650	30.299	0.239	13.351	178.240	117.608	0.306
67	Jul-11	34.720	28.049	0.142	6.671	44.504	3.666	0.192
68	Aug-11	25.120	27.946	-0.008	-2.826	7.988	59.063	0.113
69	Sep-11	24.300	27.946	-0.021	-3.646	13.295	72.340	0.150
70	Oct-11	25.110	33.491	-0.134	-8.381	70.242	59.217	0.334
71	Nov-11	35.920	35.487	-0.152	0.433	0.187	9.701	0.012
72	Dec-11	43.670	44.807	-0.016	-1.137	1.292	118.042	0.026
Jumlah		2361.980	2347.203	0.754	14.777	4047.484	10890.588	21.344
Rerata		32.805						
KR					0.296			
RMSE					7.498			
NSE					0.628			
R					0.793			

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

4.6.1 Kesalahan Relatif

Kesalahan relatif bertujuan untuk memastikan kembali nilai dari hasil pemodelan, dengan cara menghitung persentasi dari nilai perbedaan antara hasil model dan pengamatan.

$$K_r = \left| \frac{X_a - X_b}{X_a} \right| \times 100\%$$

$$K_r = \left| \frac{47.68 - 45.48}{487.68} \right| \times 100\%$$

$$K_r = 0.046\%$$

Sehingga $K_{\text{rerata}} = 0.296\%$

4.6.2 Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2}{n}}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{10890.59}{72}}$$

$$RMSE = 7.49$$

4.6.3 Uji Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

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

$$NSE = 1 - \frac{4047.48}{10890.59}$$

$$NSE = 0.633$$

Berdasarkan tabel Kriteria *Nash-Sutcliffe Efficiency* pada **Tabel 2.5**, hasil 0,633 menunjukkan interpretasi Memenuhi.

4.6.4 Koefisien Korelasi

$$R = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$R = \frac{72 \times 83719.96 - 2361.98 \times 2347.20}{\sqrt{(72 \times 88376.10 - 2361.98)^2 \times (72 \times 83111.40 - 2347.20)^2}}$$

$$R = 0.793$$

Berdasarkan tabel Nilai Koefisien Korelasi pada **Tabel 2. 6**, hasil 0,79 menunjukkan tingkat hubungan Kuat.

Tabel 4. 29

Rekapitulasi Error Kalibrasi

Data 6 Tahun				
Epoch	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.296	7.497	0.628	0.793
2000	0.225	6.608	0.711	0.844
3000	0.250	7.121	0.665	0.665
Data 7 Tahun				
Epoch	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.217	6.476	0.706	0.891
2000	0.231	6.633	0.692	0.887
3000	0.287	7.3679	0.587	0.852
Data 8 Tahun				
Epoch	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.297	8.133	0.613	0.822
2000	0.280	7.558	0.666	0.857
3000	0.389	8.731	0.554	0.866

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 29
Rekapitulasi Eror Kalibrasi

Data 9 Tahun				
<i>Epoch</i>	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.323	8.335	0.573	0.829
2000	0.286	8.123	0.594	0.818
3000	0.3891	8.731	0.554	0.867
Data 10 Tahun				
<i>Epoch</i>	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.534	8.253	0.673	0.847
2000	0.601	8.638	0.642	0.827
3000	0.412	7.996	0.693	0.853
Data 11 Tahun				
<i>Epoch</i>	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.348	8.340	0.656	0.755
2000	0.401	8.060	0.678	0.762
3000	0.551	8.427	0.648	0.738

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Bedasarkan Tabel 4. 29 bahwa tahap Kalibrasi ini didapat nilai terbaik pada pembagian data 6 Tahun Kalibrasi menggunakan epoch 2000 dengan nilai NSE 0.711 dan nilai R sebesar 0.844.

4.7 Verifikasi dan Validasi

Merupakan proses evaluasi untuk menguji keakuratan terhadap model proses untuk mendapatkan gambaran tentang tingkat ketidakpastian yang dimiliki oleh suatu model. Proses ini dilakukan dengan menggunakan data di luar periode data (tahun sisa) yang digunakan dalam kalibrasi. Hasil *output* dari tahun sisa dilakukan untuk melihat bagaimana tingkat kesalahan atau selisih antara data debit di lapangan dengan hasil debit model JST.

Tabel 4. 30
Perhitungan Eror Validasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No.	Bulan	Debit Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Debit Model (y) (m ³ /dtk)	x-y	xy	(X-X _{rerata}) ²	KR
1	Jan-12	48.900	41.957	6.943	2051.711	455.041	0.142
2	Feb-12	47.470	45.603	1.867	2164.785	396.078	0.039
3	Mar-12	46.340	36.636	9.704	1697.700	352.377	0.209
4	Apr-12	43.660	32.441	11.219	1416.394	258.943	0.257
5	May-12	35.190	31.218	3.972	1098.561	58.090	0.113

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 30

Perhitungan Error Validasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No.	Bulan	Debit Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Debit Model (y) (m ³ /dtk)	x-y	xy	(x-X _{rerata}) ²	KR
6	Jun-12	26.960	31.110	-4.150	838.720	0.370	0.154
7	Jul-12	25.110	31.107	-5.997	781.095	6.043	0.239
8	Aug-12	25.110	31.107	-5.997	781.095	6.043	0.239
9	Sep-12	24.300	31.107	-6.807	755.898	10.682	0.280
10	Oct-12	25.110	31.110	-6.000	781.181	6.043	0.239
11	Nov-12	27.790	31.111	-3.321	864.587	0.049	0.120
12	Dec-12	37.550	31.127	6.423	1168.838	99.634	0.171
13	Jan-13	39.950	41.935	-1.985	1675.318	153.307	0.050
14	Feb-13	28.900	31.647	-2.747	914.595	1.773	0.095
15	Mar-13	46.150	43.690	2.460	2016.288	345.280	0.053
16	Apr-13	63.690	53.542	10.148	3410.073	1304.777	0.159
17	May-13	47.610	31.547	16.063	1501.958	401.670	0.337
18	Jun-13	30.790	40.164	-9.374	1236.663	10.379	0.304
19	Jul-13	10.230	29.631	-19.401	303.123	300.617	1.896
20	Aug-13	10.490	22.128	-11.638	232.119	291.668	1.109
21	Sep-13	7.790	22.247	-14.457	173.306	391.181	1.856
22	Oct-13	5.890	23.717	-17.827	139.694	469.949	3.027
23	Nov-13	7.610	34.742	-27.132	264.385	398.334	3.565
24	Dec-13	32.740	44.935	-12.195	1471.172	26.746	0.372
25	Jan-14	37.380	45.043	-7.663	1683.711	96.269	0.205
26	Feb-14	34.100	48.525	-14.425	1654.694	42.663	0.423
27	Mar-14	54.430	44.892	9.538	2443.457	721.551	0.175
28	Apr-14	48.270	48.693	-0.423	2350.409	428.560	0.009
29	May-14	33.440	32.038	1.402	1071.343	34.477	0.042
30	Jun-14	27.600	29.942	-2.342	826.391	0.001	0.085
31	Jul-14	24.180	23.455	0.725	567.152	11.481	0.030
32	Aug-14	24.180	21.932	2.248	530.322	11.481	0.093
33	Sep-14	23.400	21.932	1.468	513.215	17.375	0.063
34	Oct-14	24.180	21.932	2.248	530.322	11.481	0.093
35	Nov-14	23.400	46.701	-23.301	1092.793	17.375	0.996
36	Dec-14	29.030	47.812	-18.782	1387.988	2.137	0.647
37	Jan-15	13.160	44.844	-31.684	590.134	207.604	2.408
38	Feb-15	29.789	45.588	-15.799	1358.020	4.931	0.530

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 30

Perhitungan Error Validasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No.	Bulan	Debit Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Debit Model (y) (m ³ /dtk)	x-y	xy	(X-X _{rerata}) ²	KR
39	Mar-15	16.848	22.999	-6.150	387.490	114.916	0.365
40	Apr-15	8.111	33.274	-25.163	269.875	378.594	3.102
41	May-15	3.945	21.830	-17.885	86.124	558.051	4.533
42	Jun-15	1.989	21.756	-19.767	43.264	654.319	9.940
43	Jul-15	1.989	21.770	-19.781	43.293	654.319	9.947
44	Aug-15	1.989	21.770	-19.781	43.293	654.319	9.947
45	Sep-15	1.989	21.770	-19.781	43.293	654.319	9.947
46	Oct-15	1.136	21.770	-20.634	24.739	698.647	18.158
47	Nov-15	1.780	22.126	-20.346	39.391	665.021	11.428
48	Dec-15	8.463	30.575	-22.112	258.759	365.006	2.613
49	Jan-16	46.000	42.969	3.031	1976.567	339.728	0.066
50	Feb-16	46.180	41.932	4.248	1936.404	346.395	0.092
51	Mar-16	50.340	45.133	5.207	2271.990	518.550	0.103
52	Apr-16	51.430	52.090	-0.660	2679.010	569.381	0.013
53	May-16	33.200	44.396	-11.196	1473.934	31.716	0.337
54	Jun-16	22.800	36.083	-13.283	822.690	22.737	0.583
55	Jul-16	23.560	22.501	1.059	530.126	16.066	0.045
56	Aug-16	23.560	22.451	1.109	528.935	16.066	0.047
57	Sep-16	22.800	22.277	0.523	507.906	22.737	0.023
58	Oct-16	24.270	37.232	-12.962	903.615	10.879	0.534
59	Nov-16	29.760	35.875	-6.115	1067.655	4.804	0.205
60	Dec-16	36.740	40.929	-4.189	1503.740	84.120	0.114
61	Jan-17	36.200	44.983	-8.783	1628.379	74.506	0.243
62	Feb-17	34.640	46.584	-11.944	1613.687	50.009	0.345
63	Mar-17	36.960	43.000	-6.040	1589.294	88.204	0.163
64	Apr-17	27.700	31.908	-4.208	883.851	0.017	0.152
65	May-17	21.080	22.212	-1.132	468.231	42.098	0.054
66	Jun-17	20.400	22.142	-1.742	451.694	51.385	0.085
67	Jul-17	21.080	22.017	-0.937	464.109	42.098	0.044
68	Aug-17	21.080	22.330	-1.250	470.717	42.098	0.059
69	Sep-17	20.400	21.902	-1.502	446.802	51.385	0.074
70	Oct-17	21.080	26.980	-5.900	568.734	42.098	0.280
71	Nov-17	47.450	41.455	5.995	1967.056	395.282	0.126

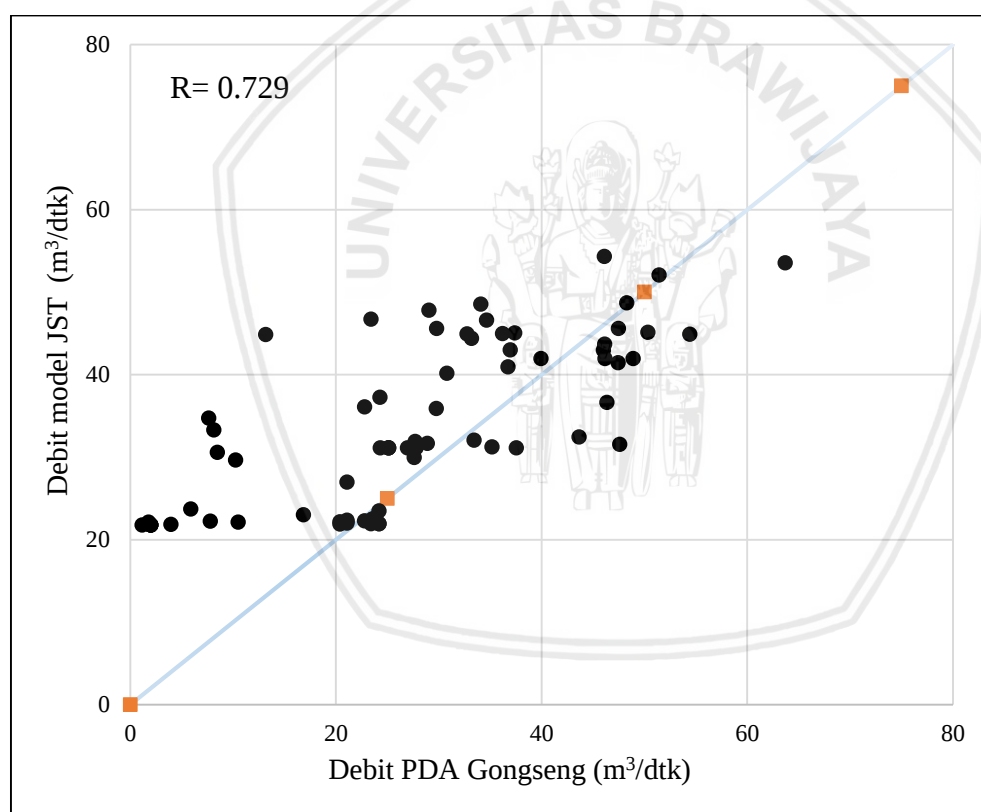
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 30

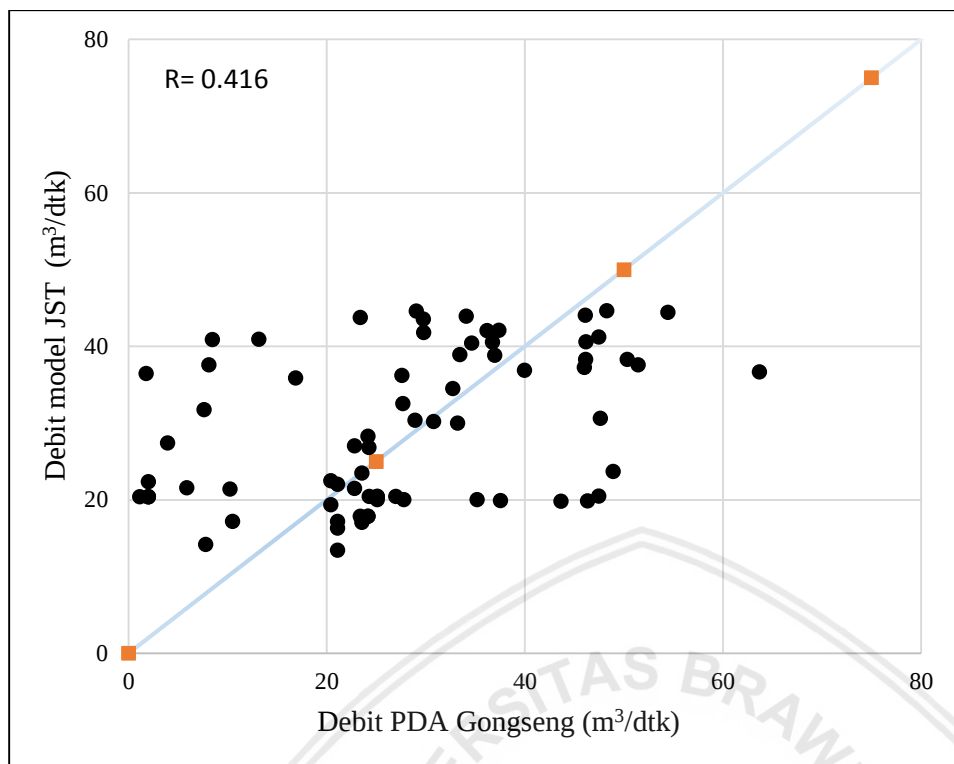
Perhitungan Error Validasi Data 6 Tahun pada Epoch 1000

No.	Bulan	Debit		x-y	xy	$(x - \bar{x})^2$	KR
		Pengamatan (x) (m ³ /dtk)	Debit Model (y) (m ³ /dtk)				
72	Dec-17	46.100	54.320	-8.220	2504.167	343.424	0.178
Jumlah		1984.918	2432.229	-447.311	74838.023	15955.755	104.772
Rerata		27.568					
KR				1.455			
RMSE				11.970			
NSE				0.353			
R				0.729			

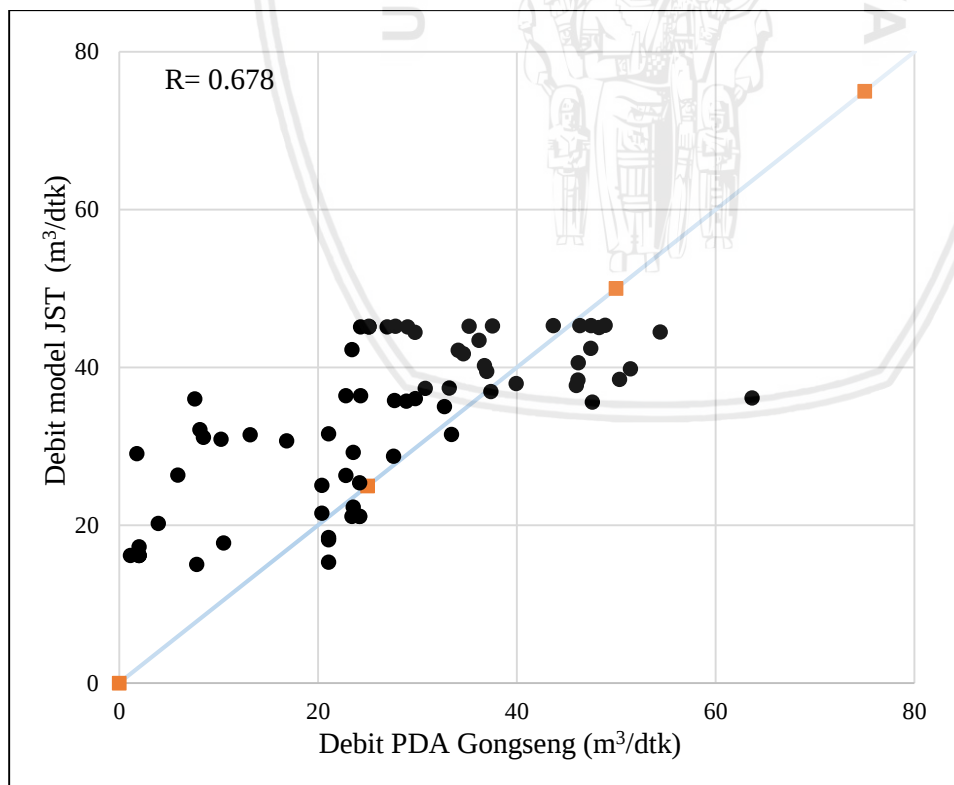
Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Gambar 4.35 Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model *Epoch* 1000

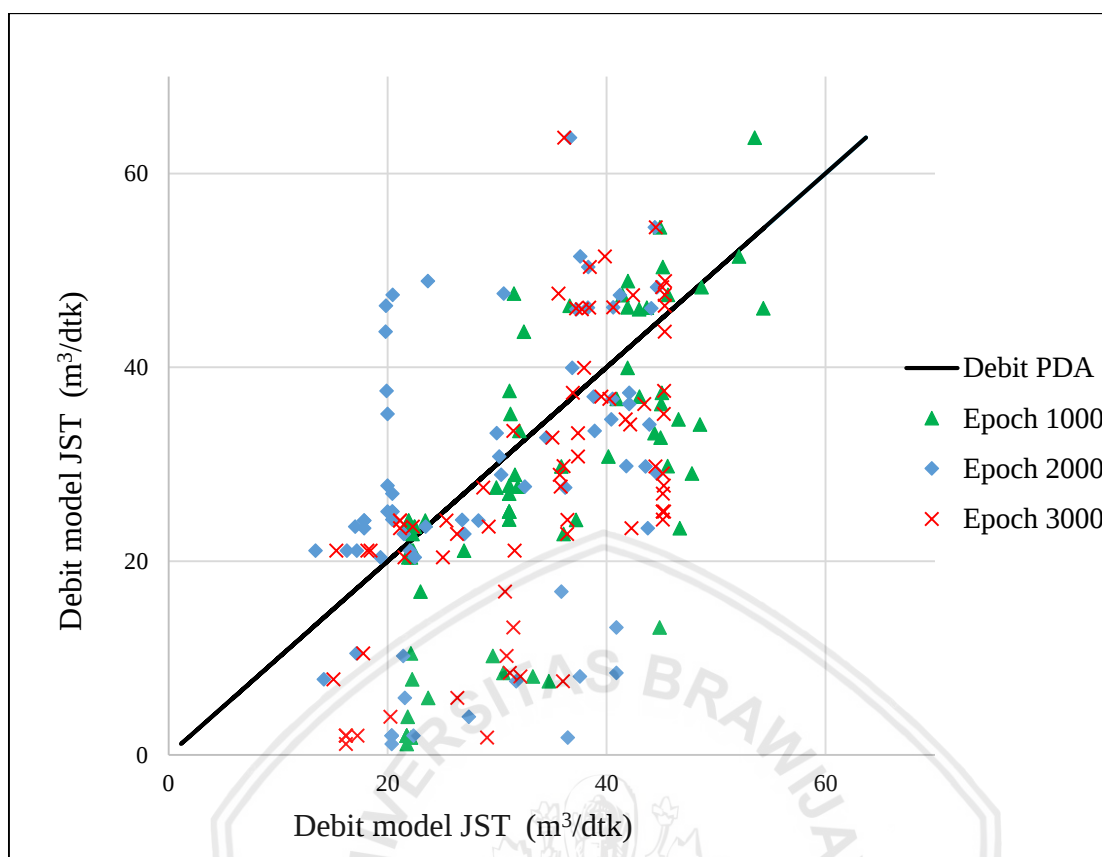
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.36 Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model *Epoch* 2000
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.37 Grafik Hubungan Debit PDA dan Debit Model *Epoch* 3000
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019



Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Debit PDA dengan Debit Model 6 Tahun Validasi
Sumber: Hasil Perhitungan, 2019

4.7.1 Rekapitulasi Validasi

Tabel 4. 31

Rekapitulasi Validasi

Data 6 Tahun				
Epoch	KR	RMSE	NSE	R
1000	1.455	11.970	0.353	0.729
2000	1.565	14.114	0.101	0.416
3000	1.322	12.529	0.293	0.678
Data 5 Tahun				
Epoch	KR	RMSE	NSE	R
1000	1.780	13.035	0.282	0.580
2000	1.458	11.444	0.446	0.737
3000	1.933	13.806	0.194	0.688
Data 4 Tahun				
Epoch	KR	RMSE	NSE	R
1000	1.319	10.639	0.461	0.736
2000	1.302	10.269	0.497	0.742
3000	1.650	12.114	0.300	0.723

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 31
Rekapitulasi Validasi

Data 3 Tahun				
<i>Epoch</i>	KR	RMSE	NSE	R
1000	3.262	20.746	-0.867	0.482
2000	3.168	22.495	-1.195	0.480
3000	2.246	14.086	0.139	0.516
Data 2 Tahun				
<i>Epoch</i>	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.237	10.255	0.130	0.516
2000	0.256	9.342	0.276	0.683
3000	0.231	8.864	0.320	0.654
Data 1 Tahun				
<i>Epoch</i>	KR	RMSE	NSE	R
1000	0.131	4.490	0.794	0.915
2000	0.187	6.226	0.604	0.830
3000	0.163	5.781	0.659	0.857

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Tabel 4. 32
Rekapitulasi Parameter Berdasarkan Nilai NSE dan R

Data 6 Tahun				
Parameter				
<i>Epoch</i>	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.353	Tidak Memenuhi	0.354	Rendah
2000	0.101	Tidak Memenuhi	0.416	Sedang
3000	0.293	Tidak Memenuhi	0.292	Rendah
Data 5 Tahun				
Parameter				
<i>Epoch</i>	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.282	Tidak Memenuhi	0.580	Sedang
2000	0.446	Memenuhi	0.737	Kuat
3000	0.194	Tidak Memenuhi	0.688	Kuat
Data 4 Tahun				
Parameter				
<i>Epoch</i>	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.461	Memenuhi	0.736	Kuat
2000	0.497	Memenuhi	0.742	Kuat
3000	0.300	Tidak Memenuhi	0.723	Kuat

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Lanjutan Tabel 4. 32

Rekapitulasi Parameter Berdasarkan Nilai NSE dan R

Data 3 Tahun				
Parameter				
Epoch	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	-0.867	Tidak Memenuhi	0.482	Sedang
2000	-1.195	Tidak Memenuhi	0.480	Sedang
3000	0.139	Tidak Memenuhi	0.516	Sedang
Data 2 Tahun				
Parameter				
Epoch	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.13	Tidak Memenuhi	0.516	Sedang
2000	0.276	Tidak Memenuhi	0.683	Kuat
3000	0.32	Tidak Memenuhi	0.654	Kuat
Data 1 Tahun				
Parameter				
Epoch	NSE	Interpretasi	R	Tingkat Hubungan
1000	0.794	Baik	0.915	Sangat Kuat
2000	0.604	Memenuhi	0.830	Sangat Kuat
3000	0.659	Memenuhi	0.857	Sangat Kuat

Sumber: Hasil perhitungan, 2019.

Pada **Tabel 4. 31** dan **4. 32** dapat disimpulkan hasil terbaik tahap Validasi dengan pembagian data 1 tahun sisa validasi dengan menggunakan *epoch* 1000. Karena parameter NSE = 0.794 masuk dalam interpretasi Baik dan nilai R=0.915 masuk ke tingkat hubungan sangat kuat. Untuk validasi nilai KR, RMSE dapat diasumsikan baik apabila parameter nilai NSE dan R baik.

Pada umumnya semakin banyak data yang digunakan dalam tahap validasi akan menghasilkan hasil data model yang lebih baik, namun pada studi ini tidak. Dikarenakan dapat dilihat dari faktor *range* data yang sangat terpaut jauh, dapat mempengaruhi hasil data model serta nilai eror.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan sesuai dengan rumusan masalah didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Kalibrasi debit pemodelan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dapat disimpulkan nilai terbaik pada pembagian data 6 Tahun (2006-2011) menggunakan epoch 2000 dengan nilai NSE 0.693 dan nilai R sebesar 0.853. Selain itu dari semua percobaan pembagian data dari 6 tahun hingga 11 tahun Kalibrasi mendapatkan hasil yang baik karena telah memenuhi kriteria masing – masing uji dalam kalibrasi serta hasil nilai tidak begitu jauh signifikan.
2. Hasil terbaik tahap Verifikasi adalah pada pembagian data 1 tahun (2017) dengan *epoch* 1000 menunjukkan hasil korelasi antara debit PDA Gongseng sebagai debit pengamatan dan debit model dari JST menunjukan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0.915.
3. Berdasarkan hasil Validasi terbaik debit pemodelan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan parameter pada nilai NSE dan R pada pembagian data 1 tahun (2017) *epoch* 1000 menunjukkan interpretasi “Baik” pada nilai NSE sebesar 0.794 dan memiliki tingkat hubungan yang “Sangat Kuat” untuk nilai R yaitu 0.915.

5.2 Saran

1. Dikarenakan debit pengamatan masih menggunakan duga air yang sangat sederhana yaitu dengan papan bar, bahkan saat mengunjungi lokasi di lapangan papan bar telah hanyut mengikuti arus sungai dan garis cat telah sedikit hilang, menjadikan data kurang akurat dalam pembacaan, sehingga mungkin terjadi kesalahan saat membaca dan mencatat tinggi muka air. Sehingga perlu lebih teliti dan selalu mengecek lokasi papan duga air.
2. Karena penentuan parameter dan fungsi pelatihan serta banyak yang dapat dicoba-coba dalam pemodelan Jaringan Saraf Tiruan (JST) maka perlu dilakukan coba-coba yang lebih banyak sehingga dapat memperoleh hasil yang baik.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2007). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ardana, P D.H. (2013). Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Networks) Dalam Kondisi Curah Hujan Limpasan Dengan Perbandingan Dua Algoritma Pelatihan (Studi Kasus: DAS Tukad Jogading). *Jurnal Konferensi Nasional Teknik Sipil*. Vol. 2: A 107-A 114.
- Hadihardaja, I.K., & Sutikno, S. (2005). Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan Metode Backpropagation. *Jurnal Teknik Sipil ITP*. Vol 22 No. 4: 249-258.
- Hadisusanto, N. (2011). *Aplikasi Hidrologi*. Malang: Jogja Mediautama.
- Harto, S. (1993.) *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hasim, A. (2008). Prakiraan Beban Listrik Kota Pontianak Dengan Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network). *Tesis*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor
- Hermawan, Arief. (2006). *Jaringan Saraf Tiruan: Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Indarto. (2012). *Hidrologi: Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: Paragonatama Jaya
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Soemarto, CD. (1999). *Hidrologi Teknik: Edisi ke-2 [Dengan Perbaikan]*. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. (2015). *Analisis Data Hidrologi Menggunakan Metode Statistika dan Stokastik Seri Hidrologi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- 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.
- Sugiyono,. (2017). *Statistika Untuk Penelitian*. Bandung : CV. ALFABETA.
- Sutojo, T., Edy M., & Vincent S. (2011). *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Triatmojo, B. (2016). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahyuni, S. (2014). Perbandingan Metode MOCK dan Nreca untuk Pegalihragaman Hujan Ke Aliran. *Jurnal Rekayasa*. Vol 13 No. 2: 602-624.
- Widyastuti, S. (2016). Analisa Hujan Limpasan Menggunakan Model Artifical Neural Network (ANN) di Sub DAS Lesti. *Skripsi*. Malang (ID): Universitas Brawijaya.