STUDI RASIONALISASI JARINGAN POS STASIUN HUJAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN MENGHUBUNGKAN PENGARUH FAKTOR TOPOGRAFI DAS REJOSO KABUPATEN PASURUAN

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI PEMANFAATAN DAN PENDAYAGUNAAN SUMBER DAYA AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

PUSPITA MANDASARI

NIM. 135060401111020

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

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 Nasioanl RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13)

Malang,
Mahasiswa,

METERAI TEMPEL
TGL. 20
7C43FAFF124461952
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Puspita Mandasari
NIM. 135060401111020

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 48 /UN10.F07.14.11/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

PUSPITA MANDASARI

Dengan Judul Skripsi :

STUDI RASIONALISASI JARINGAN POS STASIUN HUJAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN DENGAN MENGHUBUNGKAN PENGARUH FAKTOR TOPOGRAFI DAS REJOSO KABUPATEN PASURUAN

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤ 20 %, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 02 JULI 2018

Ketua Jurusan Teknik Pengairan

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

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan

Dr. Very Dermawan, ST.,MT
NIP. 19730217 199903 1001

Skripsi ini dipersembahkan kepada
Tuhan Yesus, Papa, Mama, Adek dan
Keluarga Besar Teknik Pengairan yang terkasih.

"Nikmatilah proses kehidupan,berusaha selalu berpikir positif dan lakukan"

RINGKASAN

Puspita Mandasari, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Mei 2018, *Studi Rasionalisasi Jaringan Pos Stasiun Hujan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Dengan Menghubungkan Pengaruh Faktor Topografi DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan*, Dosen Pembimbing: Very Dermawan dan Suwanto Marsudi.

Data curah hujan yang baik mendukung ketepatan perencanaan bangunan keairan. Kualitas data ditentukan dari kerapatan jaringan dan pola penyebaran stasiun hujannya. Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso merupakan daerah yang sering terjadi banjir serta daerah yang menjadi perhatian pemerintah untuk membangun beberapa bangunan pengendali banjir. Tujuan dari studi ini merasionalisasi kerapatan jaringan stasiun hujan eksisting DAS Rejoso sehingga menghasilkan data yang akurat serta hemat biaya operasional dan pemeliharaan dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST). Berdasarkan hasil analisis, metode *World Meteorological Organization* (WMO) berperan sebagai pembatas jumlah stasiun terkecil untuk mendukung analisis kerapatan jaringan stasiun hujan pada JST. Jenis data yang digunakan pada JST yaitu data curah hujan harian tanpa 0 kemudian komposisi data pada *neurosolutions*, 80% data *training*, 10% data *cross validation* dan 10% data *Testing*. Banyaknya kombinasi stasiun hujan yang dibentuk sebanyak 510 kombinasi dari 9 stasiun hujan kondisi eksisiting DAS Rejoso. Terpilih kombinasi nomor 251 dengan jumlah 5 stasiun hujan yaitu Gading, Winongan, Lumbang, Panditan dan Umbulan dengan Kesalahan relatif (KR) sebesar 1,896%, *Mean Square Error* (MSE) *Training* 0,01, MSE *Cross validation* 0,001 dan *Nash Sutcliffe Error* (NSE) 'Baik'. Stasiun hujan yang terpilih khusus di dalam DAS sebanyak 3 buah stasiun hujan yaitu Winongan, Lumbang dan Panditan dengan KR 7,336% , Min MSE untuk *Training Set* 0,024 sedangkan untuk *Cross Validation Set* 0,007 dan NSE baik.

Pola Penyebaran stasiun hujan kondisi eksisting dan hasil JST tersebar pada seluruh bagian DAS hulu, tengah, dan hilir. Untuk faktor topografi jaringan hasil JST dengan 3 stasiun hujan memiliki koefisien determinasi (R^2) untuk hubungan curah hujan dengan parameter topografi (jarak, elevasi dan beda tinggi) serta hubungan (antar parameter topografi) jarak dengan beda tinggi lebih tinggi dari jaringan dengan 5 stasiun hujan. Analisis debit banjir menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Nakayasu didapatkan $Q_{25th,}$ kondisi eksisting sebesar 350,124 m³/dt, jaringan hasil JST dengan 5 stasiun hujan sebesar 537,276 m³/dt, hasil JST dengan 3 stasiun hujan sebesar 586,895m³/dt.

Kata Kunci: Rasionalisasi, Jaringan Saraf Tiruan, Kerapatan Jaringan, Pola Penyebaran, Aspek Topografi, Debit Banjir Rancangan

SUMMARY

Puspita Mandasari, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2018, *The Study of Rationalitation for Rain Station Network using ANN (Artificial Neural Network) by Interconnecting Topography Factors in RejosoWatershed Pasuruan Regency*, Academic Supervisor : Very Dermawan and Suwanto Marsudi.

Good rainfall data supports the accuracy of waterworks planning. Data quality is determined by the network density and the dispersion pattern of the rain station. Rejoso River Basin is an area that often occurs floods and areas of concern to the government to build several buildings controlling the flood. The objective of this study is to rationalize the existing rainfall network density of the Rejoso Watershed so as to produce accurate data and cost-effective operation and maintenance by using the method of Neural Network (ANN). Based on the results of the analysis, the method of World Meteorological Organization (WMO) is used as the limiting of the smallest number of stations to support the analysis of rain station network density on ANN. Data type used in ANN is daily rainfall data without 0 then data composition on neurosolutions, 80% training data, 10% data cross validation and 10% data testing. The number of combinations of rain stations formed as many as 510 combinations of 9 rain stations of the Rejoso watershed exisiting condition. Selected combination of number 251 with 5 rain stations that are Gading, Winongan, Lumbang, Panditan and Umbulan with relative error of 1,896%, Mean Square Error (MSE) Training of 0,01, MSE Cross validation of 0,001 and Nash Sutcliffe Error (NSE) is 'Good'. The selected rainfall stations are special within the catchment of 3 rain stations are Winongan, Lumbang and Panditan with relative error of 7,336%, Min MSE for Training Set of 0,024 while for Cross Validation Set of 0,007 and NSE is 'Good'.

The dispersion pattern of the existing rainfall stations and the results of the ANN is scattered throughout the upper, middle, and lower watersheds. For topography factor of network of ANN result with 3 rain stations have coefficient of determination (R^2) for rainfall relationship with topography parameter (distance, elevation and height difference) and relation (topographic parameter) distance with higher height higher than network with 5 rain stations. The flood discharge analysis using the synthetic unit hydrograph of Nakayasu was obtained Q_{25th}, the existing condition of 350.124 m³ / sec, the network of ANN results with 5 rain stations of 537,276 m³ / sec, the ANN result with 3 rain stations of 586.895 m³ / sec.

Keywords: Rationalization, Artificial Neural Network, Network Density, Distribution Pattern, Topographic Aspect, Flood Discharge Design

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus karena pertolongan dan kasihNya, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini yang berjudul Studi Rasionalisasi Jaringan Pos Stasiun Hujan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dengan Menghubungkan Faktor Topografi di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Strata-1 di Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS, selaku kepala jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya
2. Dr. Very Dermawan, ST., MT. dan Ir. Suwanto Marsudi, MS. Selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan memberikan bimbingan, saran, waktu, tenaga dan dorongan untuk kesempurnaan dan penyelesaian penulisan skripsi ini.
3. Dr. Donny Harisuseno, ST., MT dan Emma Yuliani,ST., MT., Ph.D selaku Dosen penguji yang telah berkenan memberikan bimbingan, saran, waktu dan tenaga untuk kesempurnaan dan penyelesaian penulisan skripsi ini.
4. Kepala PSDA Gembong Pekalen dan Staf yang mendukung kelancaran penyelesaian penulisan skripsi ini.
5. Orang tua terkasih atas doa, bimbingan, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
6. Adek terkasih Kristiana Augusta yang telah meminjamkan laptop untuk kelancaran pengerjaan laporan ini.
7. Keluarga Besar Teknik Pengairan, khususnya angkatan 2013 yang memberikan dukungan secara moril kepada penulis.
8. Serta semua pihak yang terkait dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikan sehingga akhirnya laporan proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat di bidang pengairan serta dapat dikembangkan lebih lanjut.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Variabel *input* i= 1,2, ... n	-	x_i
Fungsi x	-	f(x)
Turunan fungsi x	-	f'(x)
Nilai keluaran di unit tersembunyi	-	z_j
Nilai *output layer*	-	yk
Nilai output target	-	tk
Perkalian dari output layer dan bobotnya Ke output debit	-	y_net_k
Persamaan fungsi aktivasi pada output layer (perkalian dari output layer dan bobotnya keoutput debit)	-	$f(y\_net_k)$
Turunan fungsi variabel output layer ke unit output debit	-	f'(yk)
Waktu pengamatan t = 1,2, ..., n	-	t
Bobot bias	-	b
Informasi error pada lapisan tersembunyi	-	δj
Informasi error pada lapisan output	-	δk
Informasi error pada lapisan output debit	-	δt
Banyaknya pengamatan	-	n
Bobot lapisan input ke lapisan tersembunyi	-	vji
Bobot lapisan bias ke lapisan tersembunyi	-	v0j
Bobot lapisan input ke lapisan tersembunyi pada t-1	-	vji(t-1)
Laju Percepatan (learning rate)	-	α
Bobot penghubung lapisan tersembunyi dengan output jaringan	-	wkj
Bobot penghubung lapisan tersembunyi dengan output debit	-	wtj
Bobot bias ke lapisan output	-	wk0
Bobot penghubung lapisan tersembunyi keluaran jaringan pada waktu t-1	-	wkj(t-1)
Bobot penghubung lapisan tersembunyi keluaran jaringan pada waktu t+1	-	wkj(t+1)
Koreksi bobot pada lapisan input-i ke lapisan tersembunyi-j	-	Δvji
Koreksi bobot pada lapisan tersembunyi j	-	Δwj

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatannya	Simbol
Koreksi bobot pada lapisan tersembunyi j ke lapisan keluaran jaringan	-	Δwkj
Koreksi bias pada lapisan input-i ke lapisan tersembumyi-j	-	Δbji
Faktor skala	-	β
Nilai pusta pada neuron tersembunyi ke-j	-	μ
Masukan yang berasal dari unit i	-	ai
Kecepatan belajar	-	C
Nilai keluaran yang diinginkan unit j setelah diberikan pola p pada lapisan masukan	-	tjp
Nilai keluaran yang dihasilkan unit j setelah diberikan pola p pada lapisan masukan	-	xjp

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Data hidrologi memiliki kegunaan lebih lanjut bagi teknik pengairan. Pengertian yang terkandung di dalamnya adalah bahwa data hidrologi merupakan data-data dasar untuk memenuhi perencanaan pengembangan bangunan air. Bangunan air dalam bidang teknik pengairan dapat berupa gorong-gorong, bangunan pelimpah, bendung, embung, tanggul penahan banjir dan sebagainya. Kebenaran data haruslah sangat diperhatikan supaya menghasilkan perencanaan bangunan keairan yang efisien dan efektif.

Data hidrologi merupakan suatu kajian di dalam analisis hidrologi yang berisi tentang data curah hujan, data iklim, data debit air dan lain sebagainya. Sebelum mengumpulkan seluruh data tersebut, sangat perlu memperhatikan keadaan jaringan pengamatan hidrologi yang ada pada daerah kajian. Jaringan dalam pengertian ini dimaksudkan sebagai satu sistem yang terorganisasi untuk mengumpulkan data hidrologi secara optimum untuk berbagai kepentingan. Dalam kepentingan ini terkait dua kepentingan pokok yaitu tercapainya kerapatan jaringan yang optimum dan perolehan informasi yang maksimum, sehingga dengan pengukuran dari satu set stasiun dapat diperoleh besaran variabel hidrometeorologi di semua titik dengan ketelitian yang cukup (Harto, 1993, p.24).

Sungai Rejoso merupakan daerah kajian penelitian untuk rasionalisasi jaringan stasiun hujan yang terletak di kabupaten Pasuruan. Daerah Aliran Sungai (DAS) Rejoso memiliki luas 361,6 km^2 dan panjang sungai utama Rejoso 15,72 km. Pada DAS Rejoso kerapatan jaringan dan pola penyebaran stasiun hujannya masih kurang diperhatikan, yaitu tentang banyak stasiun hujan yang tersebar dan lokasi penyebarannya di DAS Rejoso. Dalam masalah ini, *World Meteorological Organization* (WMO) memiliki standar ketentuan minimum kerapatan stasiun hujan, sebesar 100-250 km^2/ stasiun hujan untuk daerah pegunungan.

Secara teoritis, semakin tinggi kerapatan stasiun hujan yang digunakan maka akan semakin tinggi pula ketelitian yang didapat secara kuantitatif. Akan tetapi, dengan semakin tingginya kerapatan stasiun hujan maka akan mengakibatkan biaya yang dibutuhkan dalam operasionalnya juga akan tinggi. Keseimbangan antara biaya yang minim dengan ketelitian data hidrologi yang optimum khususnya data curah hujan sangat

dibutuhkan. Maka diperlukan analisis untuk mengevaluasi kerapatan jaringan dan pola penyebaran stasiun hujan di DAS Rejoso guna mengurangi kerugian terhadap operasional dan perawatan stasiun hujan serta ketidakakuratan data curah hujan yang digunakan sebagai dasar perencanaan bangunan keairan.

Metode yang terinspirasi dari jaringan saraf manusia yang disebut dengan JST (Jaringan Saraf Tiruan) memiliki kemampuan untuk memberi keputusan terhadap data yang belum pernah dipelajari (Hermawan, 2006, p.4). Dimana Jaringan neuralnya dapat diterapkan untuk menyelesaikan berbagai masalah yang luas salah satunya pencarian solusi masalah optimasi terkendali (Widodo, 2005, p.2). Optimasi stasiun hujan di DAS Rejoso merupakan analisis utama dalam studi ini. Oleh sebab itu, metode ini dapat mendukung analisis rasionalisasi jaringan pos stasiun hujan yang ada di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, masalah dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Banjir sudah bertahun-tahun terjadi di DAS Rejoso kondisinya setiap tahun semakin parah dan usaha untuk membuat perencanaan bangunan pengendali banjir semakin ditingkatkan oleh pemerintah pada tahun 2017 tercatat di detik*news*. Banjir secara rutin yang terjadi setiap tahunnya dapat mengakibatkan rusaknya tata ruang dan lingkungan pada Kabupaten Pasuruan, tercatat pada Perda Kabupaten Pasuruan No 2 Tahun 2008 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Daerah (RPJPD) Kabupaten Pasuruan Tahun 2005-2025. Maka artinya kondisi ini sangat diperhatikan oleh pemerintah. Pada pengendalian daya rusak air upaya pengelolaan banjir dan peningkatan prasarana sungai WS Welang-Rejoso dilakukan pemerintah untuk mengurangi terjadinya bencana di masa yang akan datang tercatat di Laporan Penyelenggaraan Pemerintah Daerah (LPPD) Provinsi Jawa Timur tahun 2015.
2. Infrastruktur bangunan keairan yaitu stasiun hujan yang mencatat data dasar yaitu curah hujan dapat mendukung perencanaan bangunan pengendalian banjir dan pemanfaatan air pada suatu daerah aliran sungai, namun pada DAS Rejoso yang terletak di Kabupaten Pasuruan kerapatan jaringan dan pola penyebaran stasiun hujannya kurang diperhatikan
3. Keseimbangan antara biaya yang minim dengan ketelitian data hidrologi yang optimum khususnya data curah hujan sangat dibutuhkan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan pada studi ini, maka perlu dibatasi permasalahannya. Adapun batasan masalahnya sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan.
2. Analisis Luas daerah tangkapan hujan menggunakan metode Poligon Thiessen.
3. Model arsitektur jaringan yang digunakan adalah *Multi Layer Perceptron* dengan algoritma pelatihan *Backpropagation*.
4. Mengevaluasi kerapatan jaringan stasiun hujan DAS Rejoso kondisi eksisting dengan Metode WWO, *Bleasdale*, *Varshney* dan *Sugawara.*
5. Menentukan kerapatan jaringan stasiun hujan baru dengan menghitung seluruh kemungkinan kombinasi menggunakan aplikasi *neurosolutions* versi 7.1.1.
6. Menganalisis hubungan faktor topografi stasiun-stasiun hujan yang terpilih dengan acuan AWLR.

1.4 Rumusan Masalah

Dari batasan masalah diatas, maka ada masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kerapatan jaringan stasiun hujan kondisi eksisting di DAS Rejoso berdasarkan metode WMO, *Bleasdale*, *Varshney* dan *Sugawara*?
2. Bagaimana kerapatan jaringan stasiun hujan hasil peramalan JST yang efektif?
3. Bagaimana pola penyebaran jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dan jaringan stasiun hujan terpilih hasil JST?
4. Bagaimana hubungan faktor topografi jaringan stasiun hujan yang terpilih dengan pemodelan JST?
5. Bagaimana perbandingan debit banjir rancangan jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dengan hasil peramalan JST?

1.5 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini guna mendapatkan jumlah dan lokasi stasiun hujan yang optimum untuk DAS Rejoso sehingga mampu menghasilkan data yang efektif dan efisien untuk perencanaan bangunan air serta hemat biaya dalam operasi dan pemeliharaannya.

Kemudian adapun yang menjadi manfaat dari studi ini, sebagai berikut:

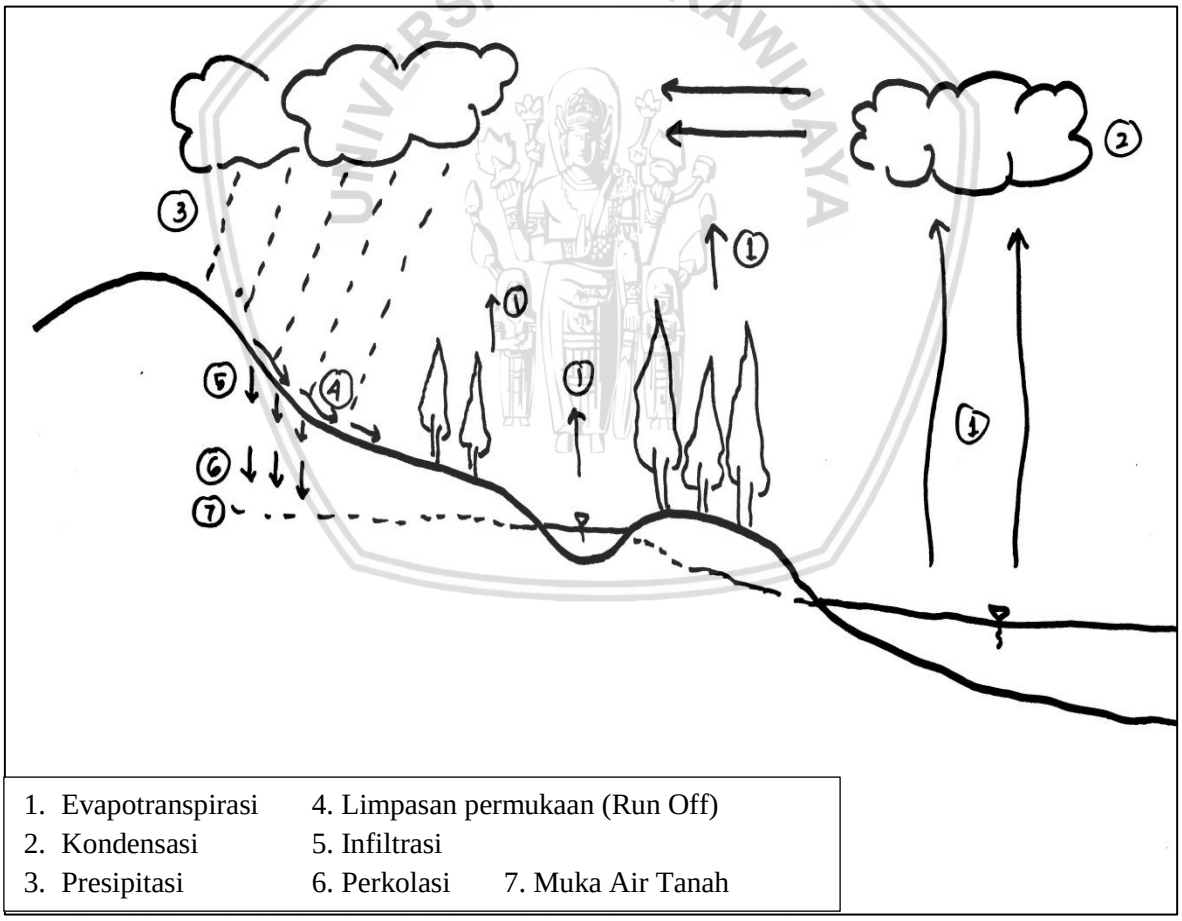
1. Menambah pengetahuan tentang rasionalisasi kerapatan dan pola penyebaran jaringan stasiun hujan pada DAS Rejoso dengan menggunakan metode JST.

2. Memberi masukan kepada instansi terkait jumlah stasiun hujan yang efektif di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan.
3. Mendukung analisis lanjutan untuk perencanaan infrastruktur bangunan keairan khususnya stasiun hujan yang ada di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Siklus hidrologi merupakan rangkaian proses pembaharuan sumber air yang ada di bumi bersifat terus menerus. Berawal dari air laut atau lautan yang mengalami penguapan, terjadi proses kondensasi sehingga membentuk awan hujan, kemudian awan tersebut ditiup oleh angin menuju daerah pegunungan dan jatuh sebagai hujan ke daratan, sebagian air hujan melimpas di permukaan (*Run Off*) dan ada yang masuk ke dalam pori-pori tanah (infiltrasi), air tersebut akan diteruskan yang akan masuk lebih dalam pada lapisan tanah (perkolasi) dapat mencapai akuifer (muka air tanah). Sehingga dapat mencapai ke aliran sungai atau lautan.



Gambar 2. 1 Siklus Hidrologi

Hujan merupakan salah satu sumber air. Banyaknya air hujan yang jatuh dapat di ukur dengan alat ukur hujan. Data curah hujan sangat berguna untuk berbagai kepentingan. Oleh sebab itu, agar didapat keakuratan data maka diperlukan perencanaan jaringan pos

Stasiun hujan yang optimum sehingga mampu menghasilkan data yang efisien dan efektif.

2.2 Mencari Data Hilang

2.2.1 Metode *Inversed Square Distance*

Metode *Inversed Square Distance* adalah salah satu metode yang digunakan untuk mencari data yang hilang. Metode ini menggunakan pengaruh jarak stasiun terdekat untuk mencari data curah hujan yang hilang. Rumus metode *Inversed Square Distance* untuk mencari data curah hujan yang hilang sebagai berikut (Harto,1993):

$$Px = \frac{\frac{1}{(LA)^2} P_A + \frac{1}{(LB)^2} P_B + \frac{1}{(LC)^2} P_C}{\frac{1}{(LA)^2} + \frac{1}{(LB)^2} + \frac{1}{(LC)^2}} \quad \text{..... (2-1)}$$

Dengan:

Px = Tinggi hujan yang dipertanyakan

P_A, P_B, P_C = Tinggi hujan pada stasiun disekitarnya

LA, LB, LC = Jarak stasiun X terhadap masing-masing stasiun A,B,C

2.3 Pengujian Kualitas Data Hujan dan Debit

2.3.1 Uji Konsistensi Data

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

(a) Pergantian jenis alat dan atau spesifikasi alat misal dari Alat Ukur Hujan Biasa (AUHB) menjadi Alat Ukur Hujan Otomatis (AUHO);

(b) Perkembangan lingkungan sekitar pos stasiun hujan, misalnya dari kawasan persawahan menjadi kawasan perkantoran dengan gedung-gedung tinggi sehingga hujan tidak dapat terukur seperti kondisi semula;

(c) Pemindahan lokasi pos hujan atau perubahan elevasi pos hujan, misal dari AUHB ditanam berubah elevasinya menjadi 1,20 m;

(d) Perubahan alam; misal perubahan iklim

2.3.1.1 Kurva Massa Ganda

Cara untuk menguji kebenaran data curah hujan pada kajian ini, menggunakan analisis kurva massa ganda. Jika terdapat data curah hujan tahunan dengan jangka waktu pengamatan yang panjang, maka kurva massa ganda itu dapat digunakan untuk memperbaiki

Fk = faktor koreksi

tan α = kemiringan garis sebelum ada perubahan

tan β = kemiringan garis setelah ada perubahan

Dari perubahan pola (*trend*) pasangan data itu dapat menguji data hujan pos Y, dengan syarat (Soewarno, 2000, p.200):

(a) Jika pola yang terjadi berupa garis lurus (linier) dan tidak terjadi patahan arah garis itu, maka data hujan pos Y adalah konsisten.

(b) Jika pola yang terjadi berupa garis lurus dan terjadi patahan arah garis itu, maka data hujan pos Y tidak konsisten dan harus dilakukan koreksi.

2.3.1.2 RAPS *(Rescaled Adjust Partial Sums)*

RAPS pada studi ini digunakan untuk menguji kekonsistenan data debit. Metode ini ditunjukkan dengan nilai komulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata dengan persamaan berikut (Harto, 1989):

$S_0^*=0$: $S_k^* = \sum_{i=1}^{k}(Y_i-\overline{Y})$, dengan k=1, 2, 3, …n ..... (2-4)

Dengan membagi S_k^* dengan standart deviasi, diperoleh apa yang disebut '*Rescaled Adjust Partial Sums*' (RAPS).

$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{S}$ ..... (2-5)

Dimana S adalah standar deviasi. Statistik yang digunakan sebagai alat penguji konsistensi adalah :

$Q = \max_{0\le k\le n}\left|S_k^{**}\right|$ ..... (2-6)

atau

$R = \max_{0\le k\le n} S_k^{**} - \min_{0\le k\le n} S_k^{**}$ ..... (2-7)

Tabel 2. 1
Nilai Q / √n dan R / √n

n	Q /√ n			R / √n		
	0,9	0,95	0,99	0,9	0,95	0,99
10	1,05	1,14	1,29	1,21	1,28	1,38
20	1,1	1,22	1,42	1,34	1,43	1,6
30	1,12	1,24	1,46	1,4	1,5	1,7
40	1,13	1,26	1,5	1,42	1,53	1,74

Lanjutan Tabel 2. 1 Nilai Q / √n dan R / √n

n	Q /√ n			R / √n		
	0,9	0,95	0,99	0,9	0,95	0,99
50	1,14	1,27	1,52	1,44	1,55	1,78
100	1,17	1,29	1,55	1,5	1,62	1,86
∞	1,22	1,36	1,63	1,62	1,75	2

Sumber: Harto, 1989/1990

2.3.2 Uji Data Outlier

Uji data outlier adalah uji yang dilakukan untuk menghitung penyimpangan data curah hujan yang terlampau jauh dari data yang ada dengan menghitung batas maksimum dan minimum data curah hujan yang ada. Penyimpangan tersebut disebabkan oleh kesalahan pembacaan. Ada dua macam Uji *Outlier* yaitu Uji *Outlier* Tinggi (batas maksimum) dan Uji *Outlier* Rendah (batas minimum). Maka data yang melewati kedua batas tersebut akan dihilangkan.

Adapun rumusnya:

- Uji Outlier Tinggi

$XH = \overline{\text{Log X}} + Kn \,.\, S\log$ ..... (2-8)

- Uji Outlier Rendah

$XL = \overline{\text{Log X}} - Kn \,.\, S\log$ ..... (2-9)

Dimana:

$\overline{\text{Log X}}$ = Nilai rata-rata data pengamatan

S log = Standart deviasi (dalam log)

XH = *High Outlier/Outlier* tinggi

XL = *Low Outlier/ Outlier* rendah

Kn = Konstanta Uji Outlier (diambil dari tabel K *value test*) yang tergantung dari jumlah data yang dianalisis

Tabel 2. 2
Nilai Kn untuk uji Inlier-Outlier

Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn	Jumlah Data	Kn
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,88	25	2,468	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,7	80	2,94
15	2,247	29	2,549	43	2,71	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981

Lanjutan Tabel 2.3 Nilai tcr untuk distribusi dua sisi

	Derajat Kepercayaan, α				
dk	10%	5%	2,50%	1%	0,50%
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,5	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,06	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	1,96	2,326	2,576

Sumber: Bonnier, Januari 1981

2.3.4 Uji Stasioner

Uji Stasioner digunakan untuk menguji kestabilan atau mengetahui homogen atau tidaknya nilai parameter statistik (rata-rata dan varian) dari deret berkala.

2.3.4.1 Uji F

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

$$F = \frac{n_1 S_1^2 (n_2 - 1)}{n_2 S_2^2 (n_1 - 1)} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}12)$$

$dk_1 = n_1 - 1$

$dk_2 = n_2 - 1$

Dengan:

dk_1 = derajat kebebasan kelompok sampel ke 1

dk_2 = derajat kebebasan kelompok sampel ke 2

n_1 = jumlah sampel kelompok sampel ke 1

n_2 = jumlah sampel kelompok sampel ke 2

S_1 = deviasi standar kelompok sampel ke 1

S_2 = deviasi standar kelompok sampel ke 2

Apabila F hitung < F_{cr} maka data dikatakan homogen, berikut adalah tabel F_{cr}

Tabel 2. 4
Nilai Fcr Distribusi F {F = 0,01 (dk_1, dk_2) atau (V_1, V_2)}

$dk_2 = V_2$	$dk_1 = V_1$					
	1	2	3	4	5	6
1	4052	4999	5403	5625	5764	5859

Lanjutan Tabel 2.4 Nilai Fcr Distribusi F {F = 0,01 (dk_1, dk_2) atau (V_1, V_2)}

$dk_2 = V_2$	$dk_1 = V_1$					
	1	2	3	4	5	6
2	98,5	99	99,17	99,25	99,3	99,33
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91
4	21,2	18	16,69	15,98	15,52	15,21
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37
9	10,56	8,02	3,86	6,42	6,06	5,8
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82
13	9,07	6,7	5,74	5,21	4,86	4,62
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,2
17	8,4	6,11	5,18	4,67	4,34	2,7
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	2,66
19	8,18	5,93	5,01	4,5	4,17	2,63

Sumber: Bonnier, Januari 1981

2.3.4.2 Uji T dan Z

Uji T dan Z yaitu uji yang dilakukan untuk menguji homogenitas nilai rata-rata dari deret berkala (Soewarno, 1995, p.98):

1. Uji T menguji dua set sampel data apakah berasal dari populasi yang sama atau tidak digunakan apabila standar deviasi tidak diketahui dan n ≤ 30.

$$t = \frac{|\overline{X}_1 - \overline{X}_2|}{\sigma \left|\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right|^{\frac{1}{2}}} \quad \text{..... (2-13)}$$

$$\sigma = \left|\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\right|^{\frac{1}{2}} \quad \text{..... (2-14)}$$

dengan:

t = variabel-t terhitung

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

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

N_1 = jumlah sampel set ke 1

N_2 = jumlah sampel set ke 2

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

$d_k = N_1 + N_2 - 2$ = derajat kebebasan

2. Uji Z digunakan apabila standar deviasi diketahui dan n > 30, sebagai berikut:

$$Z_{hitung} = \frac{\overline{X} - \mu_o}{\left(\frac{\sigma}{\sqrt{N}}\right)} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}15)$$

Dengan:

Z_{hitung} = harga yang dihitung dan menunjukkan nilai standar deviasi pada distribusi normal (tabel z)

$\overline{X}$ = rata-rata nilai yang diperoleh dari hasil pengumpulan data

μ_o = rata-rata nilai yang dihipotesiskan

σ = standar deviasi populasi

N = jumlah populasi penelitian

2.3.5 Uji Persistensi

Persistensi merupakan ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Uji Persistensi itu sendiri bertujuan untuk membuktikan bahwa data berasal dari sampel acak atau tidak (Soewarno, 1995, p.98).

Koefisien korelasi serial metode Spearman dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$KS = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{m}(di)^2}{m^3 - m} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}16)$$

$$t = KS\left[\frac{m-2}{1-KS^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}17)$$

Keterangan:

KS = koefisien korelasi serial

m = N – 1

N = jumlah data

di = perbedaan nilai antara peringkat data ke X_i dan ke X_i +1.

t = nilai dari distribusi-t pada derajat kebebasan m-2 dan derajat kepercayaan

tertentu (umumnya 5 % ditolak, atau 95 % diterima) dapat dilihat pada tabel t yang disediakan

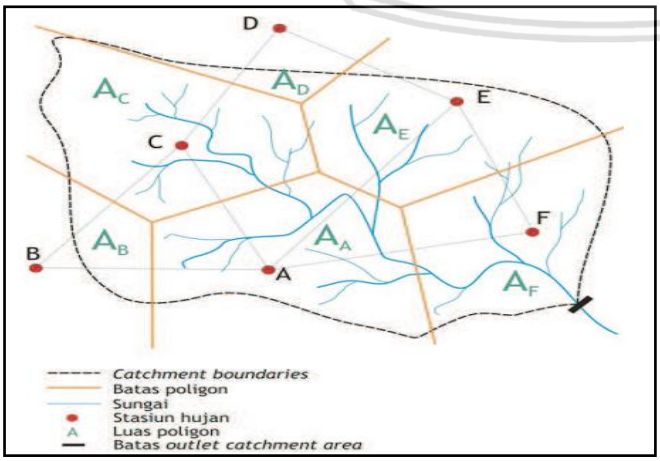
2.3.6 Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

Dalam kajian ini untuk menghitung luas daerah tangkapan hujan dari setiap stasiun hujan yang ada digunakan metode Poligon Thiessen. Metode ini digunakan apabila dalam suatu wilayah stasiun pengamatan, stasiun curah hujannya tidak tersebar merata.

Cara menggambar daerah tangkapan hujan menggunakan metode Poligon thiessen, Langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Penggambaran dilakukan dengan cara meletakkan titik-titik stasiun pada peta.
2. Selanjutnya menghubungkan titik tiap stasiun sehingga membentuk jaringan segitiga-segitiga.
3. Pada setiap segitiga dibentuk garis-garis bagi tegak lurus sehingga membentuk poligon-poligon di sekitar masing-masing stasiun.
4. Sisi-sisi setiap poligon merupakan batas luas efektif yang diasumsikan untuk stasiun tersebut. Hal ini dapat ditunjukkan seperti terlihat pada Gambar 2.3 contoh penggambaran metode *thissen*.
5. Luas masing-masing poligon dapat ditentukan dengan planimetri dan dinyatakan sebagai persentase dari luas total. Hasil metode *thiessen* biasanya lebih teliti daripada hasil-hasil yang diperoleh dari metode aritmatik sederhana.

Kendala terbesar dari metode ini adalah ketidakluwesannya. Suatu diagram *thiessen* baru selalu diperlukan setiap kali terdapat suatu perubahan dalam jaringan alat ukurnya. Selain itu, dalam metode ini tidak boleh ada pengaruh-pengaruh topografi karena ada pengaruh orografis terjadinya hujan.



Gambar 2. 3 Contoh penggambaran metode *thissen*.

Tinggi curah hujan maksimum daerah metode *thiessen* dihitung rumus yang telah disederhanakan sebagai berikut (Triatmodjo, 2008):

$$P\max = P_A.K_A + P_B.K_B + P_C.K_C + ... + P_n.K_n \quad \text{.....(2-18)}$$

Dengan, $K_i = \frac{A_i}{A_{Total}}$ .....(2-19)

Dimana:

P	= tinggi curah hujan maksimum daerah (mm)
$P_A + P_B + P_C + P_n$	= tinggi curah hujan pada pos penakar A,B,C,....,*n* (mm)
$K_A, K_B, K_c, ... K_n$	= Koefisien luas daerah pada pos penakar A,B,C,....,*n* (km^2)
A_i	= Luas Stasiun Hujan tertentu (km^2)

2.4 Kerapatan Jaringan dan Pola Penyebaran

2.4.1 Kerapatan Jaringan dan Pola penyebaran Jaringan Pos Hidrometri (AWLR)

Pos duga air sungai (*gauging station*), sering juga disebut sebagai pos hidrometri, pengumpulan data secara langsung dari pos duga air disebut dengan pengukuran aliran sungai (*streaming-gauging*), antara lain meliputi kegiatan (soewarno, 2000):

(a) Pengukuran tinggi muka air;
(b) Pengukuran debit;
(c) Pengukuran sedimen,

Kadang-kadang masih dapat dilakukan kegiatan tambahan seperti pengukuran temperatur air dan kualitas air. Secara umum penempatan pos hidrometri perlu mempertimbangkan alur sungai yang dipandang perubahan debitnya cukupbesar, misalnya di lokasi:

(a) Sebelah hilir pertemuan anak sungai;
(b) Keluaran (outlet) dan masukan (inlet) danau, rawa;
(c) Pengambilan air misal intake irigasi, PLTA;
(d) Pergantian fisiografi (misal perubahan, dari daerah pegunungan ke daerah pedataran).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan rencana lokasi pos hidrometri:

(a) Mempelajari jaringa pos hidrometri (apabila telah ada);
(b) Mempelajari fisiografi dan tataguna lahan DAS
(c) Mempelajari kondisi distribusi curah hujan;
(d) Kemungkinan pembangunan penampang kendali buatan (*artificial control*)
(e) Kemungkinan pemasangan peralatan telemetri;
(f) Kemungkinan pembangunan sarana pengukuran debit (jembatan ukur debit, kereta gantung);
(g) Rencana anggaran biaya;

(h) Latar belakang budaya masyarakat.

Di lapangan, lokasi pos hidrometri dipilih dengan mempertimbangkan ketentuan:

(a) Ditemukan penampang kendali alam (*natural control*) yang stabil, untuk memudahkan pembuatan dan analisis lengkung debit (*discharge rating curve*),

(b) Lokasi mudah dicapai dalam segala kondisi;

(c) Alur sungai lurus, bagian yang lurus minimal 4 kali lebar sungai;

(d) Aliran mendekati seragam;

(e) Aliran tidak terpengaruh arus balik (*back water*)

(f) Aliran tidak melimpah saat banjir;

(g) Kecepatan aliran berkisar antara 0,1-0,3 $\leq V \leq$ 3,0 – 5,0 m/det;

(h) Mudah ditemui pengamat yang jujur dan bertanggung jawab;

(i) Sungai yang berbatu-batu harus dihindari;

(j) Kemungkinan untuk membangun penampang kendali buatan untuk sungai yang kurang atau tidak stabil;

(k) Alur sungai yang bervegetasi air harus dihindari.

Lokasi yang ideal memang sulit dijumpai di lapangan, oleh karena itupengalaman hidrologiawan dalam survei lokasi pos hidrometri sangat menentukan ketelitian data yang akan diperoleh. Pelaksanaan survei harus dilakukan pada musim kemarau. Setidaknya sampai tahun 1997, di Indonesia belum ditentukan SNI tentang: **Metode menentukan Jaringan Pos Hidrometri.** Pembangunan pos hidrometri masih berdasarkan pada kebutuhan data debit dalam melaksanakan pembangunan nasional. Umumnya pos hidrometri dari suatu DAS dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis:

(a) Pos duga air utama (pos duga air primer)

Pos ini dioperasikan secara permanen dalam jangka waktu tidak terbatas agar dapat dipelajari karakteristik aliran sungai DAS yang bersangkutan, oleh karena itu pendataannya harus lengkap dan teliti. Data yang diperoleh umumnya diperuntukkan sebagai data dasar penyusunan buku publikasi debit

(b) Pos duga air pembantu (pos duga air sekunder)

Pos ini dioperasikan dalam jangka waktu terbatas untuk mengetahui sifat aliran dari suatu sub DAS dan berfungsi sebagai pembantu pos duga air utama. Jangka waktu pengoperasiannya bergantung dari hasil analisis datanya setelah dikorelasikan dengan data dari pos duga air utama. Umumnya 25-30 tahun telah cukup.

(c) Pos duga air kajian khusus (pos duga air spesial)

Pos ini dibangun umumnya untuk keperluan khusus, misal untuk pemanfaat sumber air.

Dapat berfungsi sebagai pos duga air utama atau pembantu dan dapat dioperasikan dalam waktu tidak terbatas atau terbatas bergantung dari kebutuhan data. Dalam merencanakan jaringan pos duga air utama atau pembantu dan pos duga air kajian khusus harus dipandang secara keseluruhan, karena pos duga air utama atau sekunder kadang-kadang juga dapat berfungsi sebagai pos duga air kajian khusus.

Sampai tahun 1997 dalam membuat rancangan jaringan hidrometri di Indonesia masih sulit untuk dirumuskan secara matematis, karena disebabkan keragaman kondisi fisiografi,vegetasi, curah hujan, geologi setiap DAS. Pedoman yang dikeluarkan oleh WMO, menyebabkan bahwa untuk daerah tropis, seperti Indonesia diperlukan kerapatan minimum sebesar 300-1000 km^2 setiap pos untuk keadaan normal, dan 1000-5000 km^2 setiap pos untuk keadaan sulit.

Dari WMO, selain menyampaikan kriteria kerpatan pos hidrometri seperti yang telah disebutkan di muka, WMO juga menyampaikan suatu kriteria, dari suatu jaringan hidrologi, jumlah minimum pos hidrometri paling sedikit satu pos duga air utama (primer) dan satu pos klimatologi dalam satu unit fisiografi, dengan dasar bahwa perbedaan fisiografi akan berbeda pula kondisi iklim (curah hujan), vegetasi, topografi dan geologi dari DAS yang bersangkutan. Misalnya saja alur sungai yang melewati daerah pegunungan kemudian masuk dataran aluvial, maka sifat alirannya akan berbeda, dan perbedaan tersebut dapat dikaji berdasarkan data dari pos hidrometri.

2.4.2 Kerapatan Jaringan dan Pola penyebaran Jaringan Pos Hujan

Merencanakan jaringan pos stasiun hujan merupakan pekerjaan yang utama dalam hidrologi operasional, karena curah hujan merupakan input untuk aliran sungai dari suatu DAS. Input curah hujan menjadi aliran sungai mempunyai distribusi yang tidak merata baik menurut tempat dan waktu dari setiap DAS (Soewarno, 2000, p.34).

Banyak faktor yang berpengaruh dalam menentukan jaringan pos stasiun hujan diantaranya:

1. Kondisi iklim DAS, homogen atau tidak;
2. Topografi daerah, daerah pegunungan umumnya mempunyai sifat hujan yang cepat berubah walaupun jaraknya relatif dekat;
3. Ketersediaan tenaga sebagai pengamat pos hujan;
4. Dana yang tersedia;
5. Tujuan dari penelitian dan perekayasaan hidrologi.

Perencenaan kerapatan jaringan sasiun hujan dapat ditentukan menggunakan beberapa metode. Berikut metode yang dapat digunakan, antara lain:

2.4.2.1 Metode WMO

WMO memiliki ketetapan atau standar dalam menentukan kerapatan jaringan stasiun hujan pada suatu daerah. Apabila mengacu pada pedoman yang dikeluarkan WMO, menyebutkan bahwa untuk daerah tropis seperti Indonesia, diperlukan kerapatan minimum 600 – 900 km^2/pos untuk daerah dataran dan untuk daerah pegunungan sebesar 100 – 250 km^2/pos (Linsley,1986, p. 67).

Kemudian pola penyebaran stasiun hujan, mempengaruhi perwakilan sifat hujan dari setiap DAS dan kualitas data dari seluruh pos secara historis. Dalam kajian ini pola penyebaran pos stasiun hujan, cenderung melihat keefektifan pola penyebaran pos stasiun hujan yang sudah ada tanpa merubah posisi stasiun hujan yang telah disebar di DAS Rejoso, namun memungkinkan untuk mengurangi atau menambah jumlah pos stasiun hujannya.

2.4.2.2 Metode Bleasdale

Metode ini juga akan digunakan sebagai pembanding dari hasil metode WMO dalam melakukan analisis lanjutan setelah analisis hidrologi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh *Blasedale* (Wilson, 1974, p.16), jumlah stasiun penakar hujan minimal yang digunakan dipengaruhi oleh luas DAS. Semakin luas DAS yang ditinjau, semakin rendah kerapatan jaringan stasiun penakar hujan yang ada. Hal ini dapat dilihat pada tabel yang menyajikan tentang hubungan jumlah stasiun hujan optimal yang dibutuhkan berdasarkan luas DAS yang ditinjau sebagai berikut:

Tabel 2. 5
Jumlah Stasiun hujan optimal berdasarkan luas DAS berdasarkan cara Blasedale

Luas DAS (Km^2)	Jumlah Stasiun Optimal	Kerapatan (Km^2/stasiun)
26	2	13
260	6	43
1300	12	108
2600	15	173
5200	20	260
7800	24	325

Sumber: Wilson, 1974:16

2.4.2.3 Metode Sugawara

Menurut Sugawara (Harto, 1993, p.28), suatu DAS pada daerah tropis dengan luasan lebih kecil dari 100 Km^2 maupun lebih besar dari 100 Km^2, pemakaian 10 buah stasiun hujan dipandang sudah mencukupi. Sugawara juga menyarankan untuk keperluan analisis hidrologi di daerah tropis, penggunaan 15 stasiun hujan dalam suatu DAS sudah mencukupi

tanpa perlu memperhatikan luasannya.

2.4.2.4 Metode Varshney

Cara yang dikemukakan oleh Varshney juga menggunakan pendekatan statistik dalam menentukan jumlah stasiun hujan yang optimal. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Hitung jumlah curah hujan total (P_t)

$$P_t = P_1 + P_2 + \ldots + P_n \quad (2\text{-}20)$$

dimana :

P_1 = curah hujan di stasiun 1

P_2 = curah hujan di stasiun 2

P_n = curah hujan di stasiun n

P_t = jumlah hujan total

2. Hitung hujan rerata DAS (P_m)

$$P_m = \frac{P_t}{n} \quad (2\text{-}21)$$

3. Hitung jumlah kuadrat curah hujan semua stasiun (Ss)

$$Ss = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \ldots + P_n^2 \quad (2\text{-}22)$$

4. Hitung varian (S^2)

$$S^2 = \left(\sqrt{\frac{Ss}{n-1}}\right) - Pm \quad (2\text{-}23)$$

5. Hitung koefisien variasi (Cv)

$$Cv = \left(\sqrt{\frac{S^2}{P_m}}\right) \times 100\% \quad (2\text{-}24)$$

6. Hitung jumlah stasiun penakar hujan optimal (N) dengan prosentase kesalahan yang dikehendaki sebesar P.

$$N = \left[\frac{Cv}{P}\right]^2 \quad (2\text{-}25)$$

7. Stasiun penakar hujan yang harus dipasang lagi adalah sebesar N - n, dimana n merupakan stasiun penakar hujan yang telah ada.

2.5 JST (Jaringan Saraf Tiruan)

Dalam mengkaji penelitian tentang rasionalisasi pos stasiun hujan ini, digunakan metode yang disebut dengan Jaringan Saraf Tiruan. Dimana JST termasuk dalam kategori *Soft Computing* atau aplikasi komputer yang diaplikasikan pada Microsoft Excel.

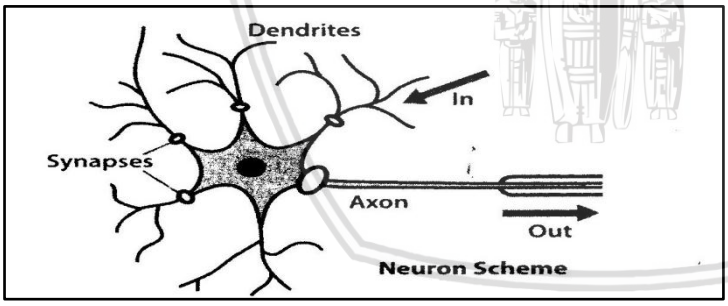
2.5.1 Pengertian

Artificial Neural Network atau Jaringan Saraf Tiruan merupakan sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut (Hermawan, 2006, p.37). JST mampu memberikan stimulasi/rangsangan, melakukan proses, dan memberikan output. Output diperoleh dari variasi stimulasi dan proses yang terjadi di dalam otak manusia. Fungsi dari JST sebagai berikut (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.168) :

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

2.5.2 Konsep dan Struktur JST

Di dalam otak manusia terdapat banyak sekali jaringan sel saraf, satu sel saraf disebut neuron. Neuron berfungsi memproses setiap informasi yang masuk (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.171). Bagian – bagian dari neuron, sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Struktur Neuron pada otak manusia
Sumber: Budiharto dan Suhartono (2014, p.171)

Dari gambar diatas, dapat dilihat ada beberapa bagian dari neuron, yaitu (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.171):

- Dendrit (*Dendrites*)

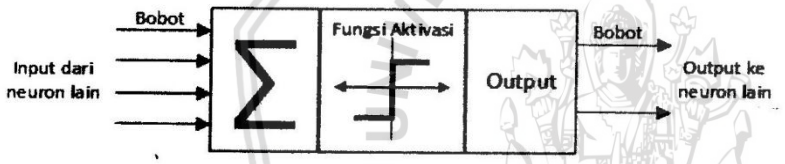
  Berfungsi untuk mengirimkan impuls yang diterima ke badan sel syaraf.
- Akson (*Axon*)

  Berfungsi untuk mengirimkan impuls dari badan sel ke jaringan lain.
- Sinapsis

Berfungsi sebagai unit fungsional di antara dua sel syaraf. Sinapsis memiliki peran penting sebagai penyalur informasi dari sel satu ke sel lain.

Proses pada otak manusia (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.172). Sebuah neuron menerima impuls dari neuron lain melalui dendrit dan mengirimkan sinyal yang dihasilkan oleh badan sel melalui akson. Akson dari sel saraf bercabang-cabang dan berhubungan dengan dendrit dari sel saraf lain dengan cara mengirimkan impuls melalui sinapsis. Sinapsis adalah unit fungsional antara buah sel saraf, misalnya A dan B, dimana yang satu adalah serabut akson dari neuron A dan satunya lagi adalah dendrit dari neuron B. Kekuatan sinapsis bisa menurun/meningkat tergantung seberapa besar tingkat propagasi (penyiaran) sinyal yang diterimanya. Impuls – impuls sinyal (informasi) akan diterima oleh neuron lain jika memenuhi batasan tertentu, yang sering disebut dengan nilai ambang (*threshold*).

Penjelasan struktur neuron dan cara kerja pada otak manusia diatas, yang mendasari terbentuknya aplikasi JST. Dengan mengadopsi mekanisme berpikir sebuah sistem yang menyerupai otak manusia.



Gambar 2. 5 Struktur JST
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014 : 172

Karakteristik dari JST dilihat dari pola hubungan antar neuron, metode penentuan bobot dari tiap koneksi, dan fungsi aktivasinya. Gambar diatas menjelaskan struktur JST secara mendasar, yang dalam kenyataannya tidak sederhana seperti itu (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.172).

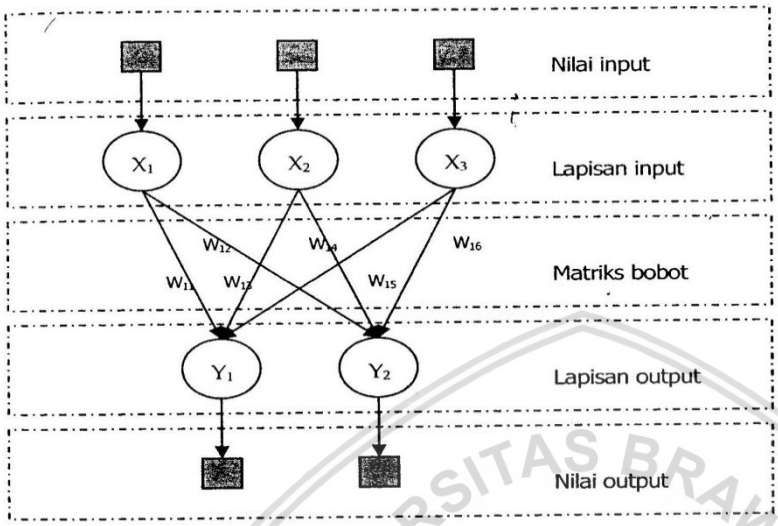
1. Input, berfungsi seperti dendrit.
2. Output, berfungsi seperti akson.
3. Fungsi Aktivasi, berfungsi seperti sinapsis.

2.5.3 Arsitektur Jaringan

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

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

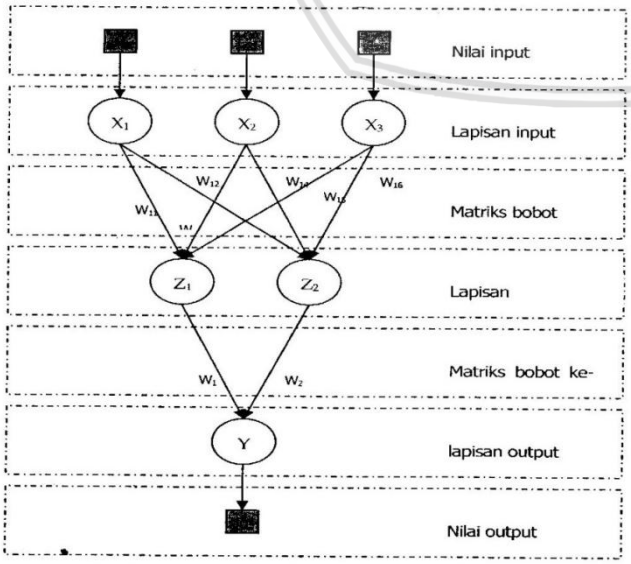
Jaringan dengan lapisan tunggal hanya memiliki satu lapisan dengan bobot terhubung. Jaringan ini hanya menerima input kemudian secara langsung mengolahnya menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi (Hermawan, 2006, p.39).



Gambar 2. 6 Jaringan Saraf dengan Lapisan Tunggal
Sumber: Hermawan (2006, p.39)

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

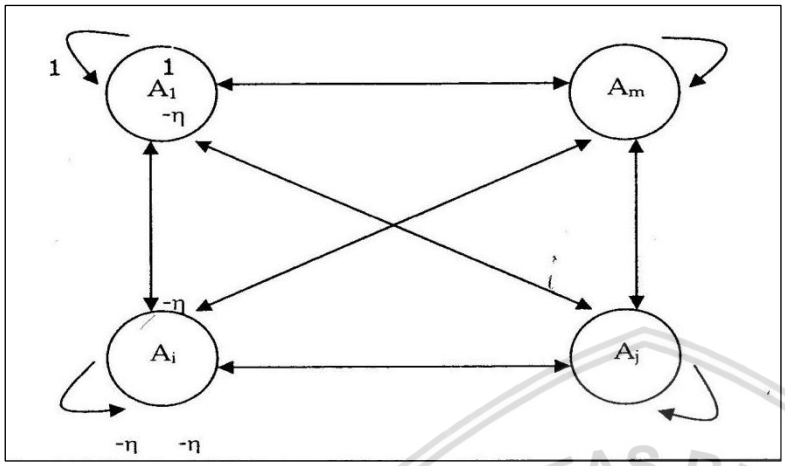
Jaringan dengan banyak lapisan memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak di antara lapisan input dan lapisan output seperti terlihat pada gambar di bawah. Umumnya terdapat lapisan bobot-bobot yang terletak antara 2 lapisan yang bersebelahan. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih sulit daripada lapisan tunggal, dengan pembelajaran yang lebih rumit (Hermawan, 2006, p.39 - 40).



Gambar 2. 7 Jaringan Saraf dengan Banyak Lapisan
Sumber: Hermawan (2006, p.40)

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

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



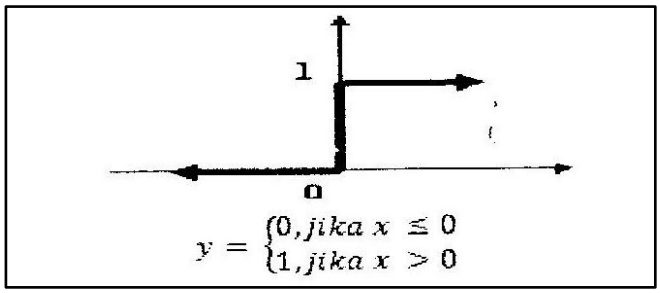
Gambar 2. 8 Jaringan Saraf dengan Kompetitif
Sumber: Hermawan, 2006, p.41

2.5.4 Fungsi Aktivasi JST

Fungsi Aktivasi (μ) mendefinisikan nilai output dari sebuah neuron pada level aktivasi tertentu berdasarkan nilai output dari pengombinasi linier. Seperti pada sinapsis di sel saraf, fungsi ini digunakan untuk menentukan keluaran suatu neuron berdasarkan proses yang dilakukan terhadap input yang dimasukkan pada JST. Ada berbagai jenis fungsi aktivasi pada jaringan saraf, yaitu (Budiharto dan Suhartono, 2014, p.177-179):

1. *Hard Limit Function*

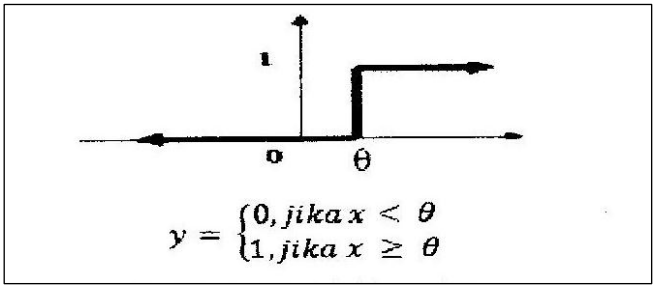
Hard Limit function merupakan *Network* dengan *single layer* yang sering menggunakan *step function* untuk mengkonversikan suatu variabel yang nilainya kontinu ke suatu output biner (0 atau 1)



Gambar 2. 9 Hard Limit Function
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014, p.177

2. *Treshold Function*

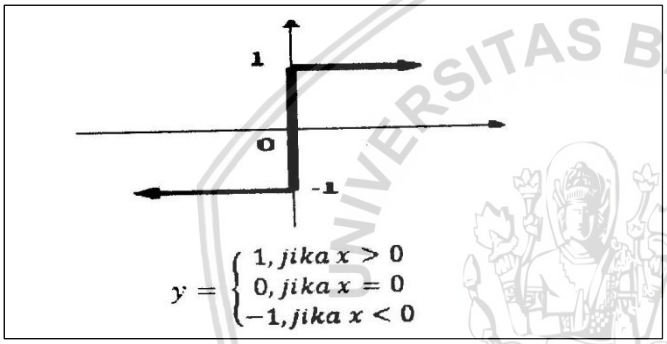
Treshold Function adalah *Hard Limit Function* dengan menggunakan nilai ambang. Sering disebut dengan nama fungsi *Heaviside*.



Gambar 2. 10 Treshold Function
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014, p.177

3. *Bipolar Function*

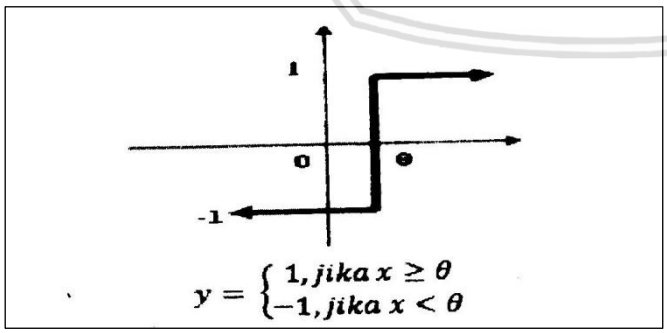
Bipolar Function merupakan *Network* dengan *single layer* yang sering menggunakan *step function* untuk mengkonversikan suatu variabel yang nilainya adalah berupa 1, 0, atau -1



Gambar 2. 11 Bipolar Function
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014, p.178

4. *Bipolar with Threshold Function*

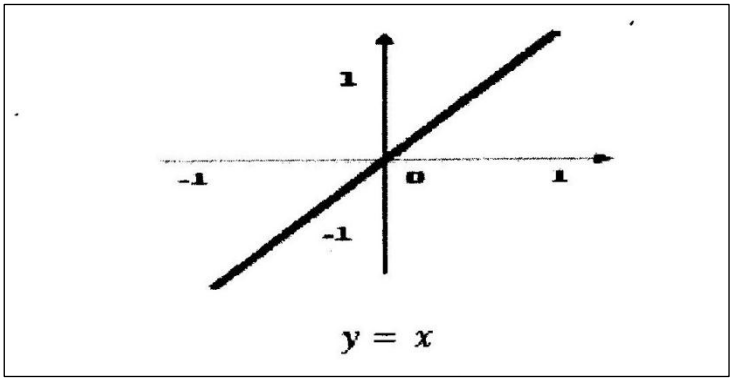
Fungsi bipolar hampir sama dengan *threshold function*, hanya saja output yang dihasilkan berupa 1, 0, atau -1. Fungsi ini diukur sebagai nilai.



Gambar 2. 12 Bipolar Threshold Function
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014, p.178

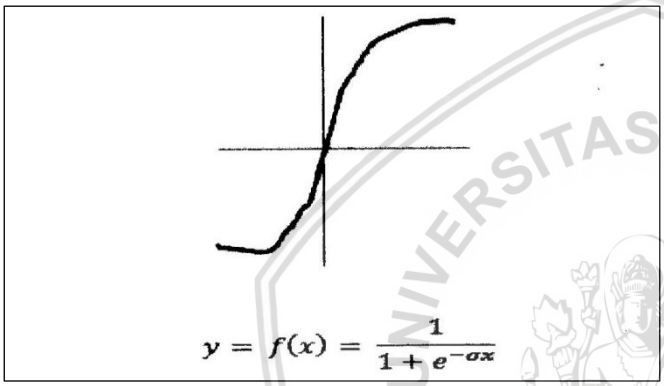
5. *Linear Function*

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



Gambar 2. 13 Linear Function
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014, p.179

6. *Binary Sigmoid Function*



Gambar 2. 14 Binary Sigmoid Function
Sumber: Budiharto dan Suhartono, 2014, p.179

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

2.5.5 Jenis Pelatihan JST

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

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

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

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

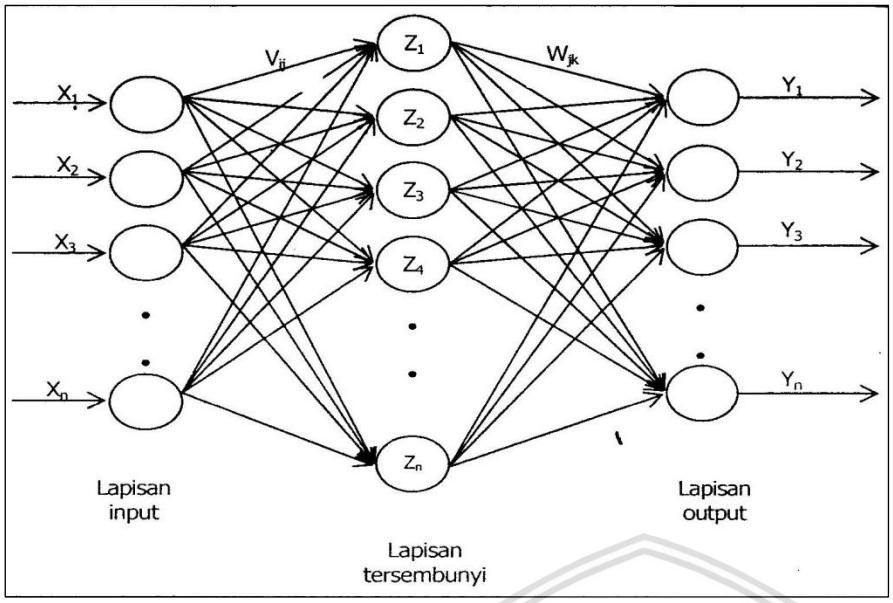
Pelatihan tak terbimbing mengacu pada bagaimana jaingan saraf memodifikasi parameter-parameter dengan cara yang masuk akal. Dalam model pelatihan ini, jaringan saraf tidak memanfaatkan keanggotaan kelas dari contoh pelatihan, akan tetapi memanfaatkan informasi dalam sekelompok neuron untuk memodifikasi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

2.6 Model Jaringan perambatan galat mundur *(backpropagation)*

Jaringan perambatan galat mundur (*backpropagation*) merupakan salah satu algoritma yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah yang rumit, karena dilatih dengan menggunakan metode belajar terbimbing (Hermawan, 2006, p.49).

2.6.1 Arsitektur Jaringan *Backpropagation*

Jaringan perambatan galat mundur terdiri atas tiga lapisan atau lebih unit pengolah. Gambar dibawah menunjukkan jaringan *backpropagation* dengan tiga lapisan pengolah, bagian kiri sebagai masukan, bagian tengah disebut lapisan tersembunyi (*Black Box*) dan bagian kanan disebut lapisan keluaran, ketiga lapisan ini terhubung secara penuh (Hermawan, 2006, p.49).



Gambar 2. 15 Tiga Lapis Jaringan *backpropagation*
Sumber: Hermawan, 2006, p.54

Input yaitu X_1, X_2, X_3, ... Xn

Lapisan tersembunyi diisi dengan unit Z_1, Z_2, Z_3, ... Zn

Output yaitu Y_1, Y_2, Y_3, ... Yn

2.6.2 Fungsi Aktivasi *Backpropagation*

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

1. Menghitung nilai penjumlahan berbobot digunakan rumus:

   $$S_j = \sum_{i=1}^{n} a_i w_{ji} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}26)$$

   Dengan:

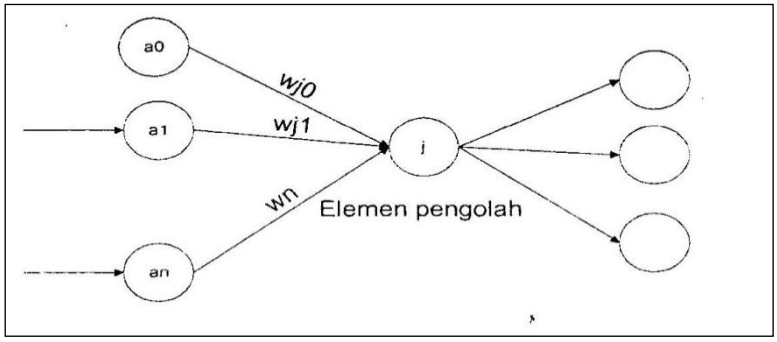
   a_i = masukan yang berasal unit i

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

2. Setelah nilai S_j dihitung, fungsi sigmoid diterapkan pada S_j untuk membentuk $f(S_j)$. Fungsi sigmoid ini mempunyai persamaan:

   $$f(S_j) = \frac{1}{1+e^{-Sj}} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}27)$$

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



Gambar 2. 16 Langkah Perambatan Maju
Sumber: Hermawan, 2006, p.51

2.6.3 Algoritma *Backpropagation*

Algoritma selengkapnya pelatihan jaringan *backpropagation* adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi bobot-bobot (tetapkan dalam nilai acak kecil)
2. Bila syarat berhenti adalah salah, kerjakan langkah 3 sampai 10

   Syarat berhenti 'benar' ditunjukkan dengan nilai RMS/SSE di bawah 0,1 maka jaringan sudah boleh dikatakan terlatih.
3. Untuk setiap pasangan pelatihan, kerjakan langkah 4 – 9.

A. Tahap Perambatan Maju (*forward propagation*)

4. Tiap unit masukan (x_i, i = 1,..., n) menerima isyarat masukan x_i dan diteruskan ke unit-unit tersembunyi.
5. Tiap unit tersembunyi (z_j, j = 1,..., p) menjumlahkan isyarat masukan berbobot,

   $z\_in_{jk} = v_{oj} + \sum_{i=1}^{p} x_i v_{ij}$ ..... (2-28)

   dengan menerapkan fungsi aktivasi hitung:

   $z_j = f(z\text{-}in_j)$ ..... (2-29)

   Dan kirim isyarat ini ke unit-unit keluaran
6. Tiap unit keluaran (y_k, k = 1,..., m) menjumlahkan isyarat masukan berbobot,

   $y\_in_{jk} = w_{ok} + \sum_{k=1}^{p} z_j v_{jk}$ ..... (2-30)

   dengan menerapkan fungsi aktivasi hitung,

   $y_j = f(y\_ in_k)$ ..... (2-31)

B. Tahap Perambatan Balik Galat

7. Tiap unit keluaran (y_k, k = 1,..., m) menerima pola sasaran berkaitan dengan pola pelatihan masukJSTya. Hitung galat informasi:

   $\delta_k = (t_k - y_k) f'(y\_in_k)$ ..... (2-32)

   Hitung koreksi bobot dan biasnya:

   $\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k x_j$ ..... (2-33)

$\Delta w_{ok}=\alpha\delta k$ ..... (2-34)

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

   $\delta\_in_j = \sum_{k=1}^{m} \delta_k w_{jk}$ ..... (2-35)

   Hitung galat informasinya:

   $\delta_j=\delta\_in_j f(x\_in_j)$ ..... (2-36)

   Hitung koreksi bobot dan biasnya:

   $\Delta v_{ij}=\alpha\delta_j x_i$ ..... (2-37)

C. Tahap Perubahan atau pembaharuan Bobot dan Bias

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

   w_{jk} (baru) = w_{jk} (lama)+Δw_{jk} ..... (2-38)

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

   v_{ij} (baru) = v_{ij} (lama)+Δv_{ij} ..... (2-39)

10. Uji syarat berhenti.

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

Rumus pembaharuan bobotnya adalah sebagai berikut:

$w_{ij}(t + 1) = w_{jk}(t) + \alpha\delta_k z_j + \mu\lfloor w_{jk}(t) - w_{jk}(t-1)\rfloor$ ..... (2-40)

atau,

$\Delta w_{ij}(t + 1) = \alpha\delta_k z_j + \mu\Delta w_{ij}(t)$ ..... (2-41)

dan,

$v_{ij}(t + 1)= v_{ij}(t) + \alpha\delta_j z_i + \mu\lfloor v_{jk}(t)-v_{jk}(t-1)\rfloor$ ..... (2-42)

atau,

$\Delta v_{ij}(t+1)= \alpha\delta_j x_i + \mu\Delta v_{ij}(t)$ ..... (2-43)

Dengan:

$X_1 \ldots Xn$ = Masukan

$Y_1 \ldots Yn$ = Keluaran

$Z_1 \ldots Zn$ = Nilai lapisan tersembunyi

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

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

δ = Galat informasi

α = Konstanta berkelanjutan

μ = Momentum

2.6.3.1 Pemilihan Bobot Awal

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

1. Pembaharuan bobot antara dua unit tergantung pada:
   a. Derivatif fungsi aktivasi unit yang lebih atas (dekat lapisan keluaran).
   b. Aktivasi unit yang lebih bawah (dekat lapisan masukan).

   Maka perlu dihindari pemilihan bobot awal yang membuat aktivasi atau derivatif menjadi nol.
2. Bobot awal tidak boleh terlalu besar, karena fungsi aktivasi sigmoid bisa jatuh ke daerah jenuh, sehingga derivatifnya sangat kecil.
3. Bobot awal tidak boleh terlalu kecil, karena masukan neto ke unit tersembunyi atau unit keluaran bisa menjadi nol, yang mengakibatkan pelatihan sangat lambat.
4. Prosedur umum adalah inisialisasi bobot dan bias ke nilai acak antara -0,5 dan 0,5 (atau antara -1 dan 1).

2.6.3.2 Inisialisasi Bobot Awal menurut Nguyen Widrow

Berdasarkan fungsi aktivasi (Widodo, 2005, p.62-63):

$$\tanh(x) = \frac{e^{x} - e^{-x}}{e^{x} + e^{-x}} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}44)$$

Nguyen dan Widrow memberikan prosedur inisialisasi bobot awal sebagai berikut.

Untuk setiap unit tersembunyi (j = 1, ... , p)

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

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

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

c. Reinisialisasi bobot dari unit masukan ke unit tersembunyi.

$$V_{ij} = \frac{\beta\, v_{ij}\,(\text{lama})}{\| v_{ij}\,(\text{lama}) \|} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}45)$$

   dengan :

   β = faktor skala = 0,7 (p) $^{1/n}$

   n = cacah unit masukan

d. Tentukan bias (unit yang bernilai 1)

v_{oj} = bilangan acak antara –β dan β

2.6.4 Data Set pada Algoritma *Classifier*

Ada tiga data *set* pada algoritma *classifier* yaitu *Training Set, Cross Validation Set* dan *Testing Set*, berikut penjelasannya :

a. *Traning Set*

Merupakan kumpulan data untuk dipelajari atau dikenali polanya oleh algoritma jaringan.

b. *Cross Validation Set*

Merupakan kumpulan data yang digunakan untuk mencari parameter yang paling baik. Parameter yang dimaksudkan adalah jumlah *hidden layer* dan *learning rate* pada jaringan saraf.

c. *Testing Set*

Merupakan kumpulan data yang digunakan untuk mengukur sejauh mana algoritma jaringan melakukan klasifikasi dengan benar. Oleh karena itu. data yang digunakan harus berbeda dengan *Training Set*, sehingga dapat diketahui apakah model jaringan sudah "pintar" dalam melakukan klasifikasi.

2.6.5 Parameter Jaringan Saraf Tiruan

Beberapa parameter yang digunakan sebagai batas kesalahan dalam melakukan pembelajaran, batas minimum dari sebuah fungsi aktivasi, serta kontrol ukuran pada bobot. Parameter yang digunakan pada metode JST adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Epoch

Epoch merupakan perulangan atau iterasi dari proses yang dilakukan untuk mencapai target yang telah ditentukan. Jumlah epoch merupakan iterasi maksimum yang boleh dilakukan selama proses pelatihan. Iterasi akan dihentikan pada saat jumlah epoch tercapai.

2. *Learning rate*

Learning rate merupakan laju pembelajaran yang berupa perkalian negatif dari *gradient* untuk menentukan perubahan pada nilai bobot dan bias. Semakin besar nilai *learning rate*, maka akan berdampak pada langkah pembelajaran yang semakin besar. Apabila *learning rate* diatur terlalu besar, akibatnya algoritma akan menjadi tidak stabil. Namun, apabila *learning rate* diatur terlalu kecil, maka algoritma akan mencapai target dalam waktu yang lama.

3. Perhitungan *error*

Perhitungan *error* bertujuan untuk mengukur akurasi jaringan dalam mengenali pola yang diberikan. Ada empat macam perhitungan *error* yang digunakan, yaitu:

a. *Mean Square Error* (MSE)

MSE merupakan error rerata kuadrat dari selisih antara *output* jaringan dengan *output* target (nilai aktual). Tujuannya adalah memperoleh nilai *error* sekecil mungkin lewat iterasi dengan mengganti dan mencoba-coba nilai bobot yang terhubung pada semua neuron dalam jaringan. Untuk mengetahui seberapa banyak bobot yang diganti, setiap iterasi memerlukan perhitungan *error* yang berasosiasi dengan setiap neuron pada *output* dan hidden layer. Nilai MSE yang baik adalah yang mendekati 0 (MSE ≈ 0). Rumus perhitungan MSE adalah sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} (t_k - y_k)^2 \quad \text{(2-46)}$$

b. *Mean Absolute Error*

MAE merupakan perhitungan *error* rerata absolut dari selisih antara nilai *output* jaringan dengan *output* target (nilai aktual). Nilai MAE yang baik adalah yang mendekati 0 (MAE ≈ 0). Rumus perhitungan MAE adalah sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} |t_k - y_k| \quad \text{(2-47)}$$

c. *Mean Absolute Percentage Error*

Mape merupakan perhitungan *error* rerata absolut dari selisih antara nilai *output* jaringan dengan *output* target (nilai aktual) dalam bentuk persen. Umumnya, suatu pemodelan jaringan dikatakan memiliki performa yang sangat baik apabila nilai MAPE-nya berada di bawah 10% dan baik apabila nilai MAPE-nya berada di kisaran 10% hingga 20%. Rumus perhitungan MAPE adalah sebagai berikut:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} |t_k - y_k| \times 100\% \quad \text{(2-48)}$$

Keterangan :

t_k = nilai *output* target

y_k = nilai *output* jaringan

N = jumlah *output* dari neuron

d. *Sum Square Error dan Root Mean Square Error*

Perhitungan kesalahan merupakan pengukuran bagaimana jaringan dapat belajar dengan baik sehingga jika dibandingkan dengan pola yang baru akan dengan mudah dikenali. Kesalahan pada keluaran jaringan merupakan selisih antara keluaran sebenarnya

(*current output*) dan keluaran yang diinginkan (*desired output*). Selisih tersebut dapat dihitung dengan menggunakan suatu persamaan (Hermawan, 2006, p.12-13).

Sum Square Error (SSE) dihitung sebagai berikut:

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

Adapun rumusnya adalah:

$$SSE = \sum_p \sum_j \left(T_{jp} - X_{jp}\right)^2 \quad \text{(2-49)}$$

Dengan:

T_{jp} = nilai keluaran jaringan saraf

X_{jp} = nilai target/yang diinginkan untuk setiap keluaran

Root Mean Square Error (RMS Error)

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

Rumus:

$$\text{RMS Error} = \sqrt{\frac{\sum_p \sum_j \left(T_{jp} - X_{jp}\right)^2}{n_p n_o}} \quad \text{(2-50)}$$

Dengan:

T_{jp} = nilai keluaran jaringan saraf

X_{jp} = nilai target/yang diinginkan untuk setiap keluaran

n_p = jumlah seluruh pola

n_o = jumlah keluaran

2.6.5.1 Tambahan Parameter Perhitungan *Error*

Maka parameter perhitungan kesalahan ini tidak berada menjadi satu rangkaian perhitungan pada aplikasi *Neurosolutions*. Namun Dua parameter perhitungan kesalahan ini memiliki pengaruh inti dalam memutuskan stasiun hujan yang optimal, sehingga perlu ditambahkan dalam menganalisis kesalahan jaringan. Berikut ini parameter perhitungan kesalahan yang ditambahkan, antara lain:

a. Kesalahan Relatif

Perhitungan nilai prosentase kesalahan relatif berguna dalam membuktikan bahwa pos stasiun hujan terpilih dapat mewakili pos stasiun hujan yang ada pada DAS Rejoso(Sugiyono, 2017).

$$Kr = \left|\frac{X_a - X_b}{X_a}\right| \times 100\% \quad \text{.....} \quad (2\text{-}51)$$

Dimana:

Kr = Kesalahan relatif (%)

X_a = nilai asli

X_b = aproksimasi

b. Efisiensi *Nash-Sutcliffe*

Parameter lain yang dapat digunakan dalam menghitung ketelitian pemodelan adalah efisiensi *Nash-Sutcliffe*. Efisiensi *Nash-Sutcliffe* digunakan untuk mengetahui sejauh mana kemiripan dari pemodelan data yang diuji terhadap aslinya. Persamaan yang diberikan adalah (Croke, et al, 2005):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_o - Q_m)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_o - \bar{Q}_o)^2} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}52)$$

dengan:

NSE = efisiensi *Nash-Sutcliffe*

Q_o = nilai observasi

Q_m = nilai simulasi model

$\bar{Q}_o$ = nilai rata-rata data observasi

Penelitian yang telah dilakukan oleh Motovilov *et al* (1999) menyajikan beberapa kriteria NSE seperti yang disajikan pada Tabel 2.6.

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)

2.7 Parameter Topografi yang Digunakan

Untuk melihat hubungan topografi lokasi stasiun-stasiun hujan yang terpilih terhadap

acuan AWLR digunakan parameter yang meliputi kemiringan, beda tinggi elevasi dan jarak. Berikut rumus untuk parameter slope dan beda tinggi:

a. *Slope*

$$S\ (\%) = \left(\frac{\Delta h}{L}\right) \times \% \quad \text{.....} \quad (2\text{-}53)$$

Dimana:

S = Kemiringan lereng dalam persen (%)

Δh = Beda tinggi antara dua titik tinjau (m)

L = Jarak antara dua titik tinjau (m)

α = Kemiringan lereng dalam derajat (°)

b. Beda Tinggi

Δh = Elevasi Stasiun Hujan – Elevasi AWLR ..... (2-54)

2.8 Curah Hujan Rancangan dengan Metode Log Pearson III

Untuk menghitung banjir perencanaan dalam praktek, *The Hidrology Commite of the Water Resources Council, USA*, menganjurkan, pertama kali mentransformasi data ke nilai-nilai logaritmanya, kemudian menghitung parameter-parameter statistiknya. Karena transformasi tersebut, maka cara ini disebut Log Pearson III.

Garis besar cara tersebut adalah sebagai berikut:

- ✓ Ubah data curah hujan tahunan sebanyak n buah X_1, X_2, X_3,…., dan X_n menjadi log X_1, log X_2, log X_3,…, dan log X_n.
- ✓ Hitung nilai standar deviasinya dengan rumus berikut ini:

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left|(\log x - \log \bar{x})\right|^3}{(n-1)}} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}55)$$

- ✓ Hitung koefisien kemencengannya dengan rumus:

$$Cs = \frac{n.\sum(\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1).(n-2).Sd^3} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}56)$$

- ✓ Hitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus:

$$\text{Log X} = \text{Log } \bar{X} + K.Sd \quad \text{.....} \quad (2\text{-}57)$$

- ✓ Cari antilog dari log X untuk mendapatkan curah hujan rancangan.

2.9 Uji Kesesuaian Data

A. Uji Smirnov – Kolmogorof

Uji Smirnov – Kolmogorof adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke

arah horizontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih atau tidak. Uji Smirnof-Kolmogorof sering juga disebut uji kecocokan non – parametrik karena pengujianya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam Δ. Harga Δ terbesar (Δmax) dibandingkan dengan Δkritis (dari Table Smirnof Kolmogorof) dengan tingkat ketakinan (α) tertentu. Distribusi dianggap sesuai juka Δmax < Δkritis.

$D_{max} < D_{kritis}$ ..... (2-58)

Dengan:

D_{max} = simpangan maksimum dari data

D_{kritis} = simpangan yang diperoleh dari tabel dengan selang keyakinan (α) tertentu

- **Rumus yang digunakan:**

1. $k = \frac{\text{Log } X - \text{Log } \bar{X}}{Sd}$ ..... (2-59)
2. $Pr(X) = 1 - \frac{Pr}{100}$ ..... (2-60)
3. $Sn(X) = \frac{Pr(X)}{n+1}$ ..... (2-61)
4. $\Delta x = | Pr(X) - Sn(X) |$ ..... (2-62)

Tabel 2. 7
Uji Sminorv Kolmogorof

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

catatan: α = derajat kepercayaan

B. Uji (Chi Square)

Uji Chi Square digunakan untuk uji kesesuaian distribusi secara vertikal dari data. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis atau frekuensi harapan dengan ordinat empiris. yang dinyatakan dengan rumus (Kamiana, 2011, p.36):

$$X^2 = \sum \frac{(OF - EF)^2}{EF} \quad \text{.....} (2\text{-}63)$$

dimana : X^2 = harga Chi – Square

EF = Frekuensi teoritis kelas j

OF = Frekuensi pengamatan kelas j

Jumlah kelas distribusi dan batas kelas dihitung menggunakan rumus :

$$K = 1 + 3.322 \log n \quad \text{.....} (2\text{-}64)$$

dimana : K = jumlah kelas distribusi

n = banyaknya data

Distribusi frekuensi diterima jika nilai $X_{hitung} < X_{tabel}$, dan distribusi dianggap sesuai bila $x^2_{hit} < x^2_{kritis}$.

Tabel 2. 8
Uji Chi Square

Derajat Bebas (dk)	20%	10%	5%	1%	0,10%
1	1,642	2,706	3,841	6,635	10,827
2	3,219	4,605	5,991	9,210	13,815
3	4,642	6,251	7,815	11,345	16,268
4	5,989	7,779	9,488	13,277	18,465
5	7,289	9,236	11,070	15,086	20,517
6	8,558	10,645	12,592	16,812	22,457
7	9,803	12,017	14,067	18,475	24,322
8	11,030	13,362	15,507	20,090	26,125
9	12,242	14,987	16,919	21,666	27,877
10	13,442	15,987	18,307	23,209	29,588
11	14,631	17,275	19,675	24,725	31,264
12	15,812	18,549	21,026	26,217	32,909
13	16,985	19,812	22,362	27,688	34,528
14	18,151	21,064	23,685	29,141	36,123
15	19,311	22,307	24,996	30,578	37,697
16	20,465	23,542	26,296	32,000	39,252
17	21,615	24,769	27,587	33,409	40,790

2.10 Curah Hujan Jam-Jaman dengan Rumus Mononobe

Distribusi hujan jam-jaman dari hujan terpusat selama 6 jam. Rumus adalah sebagai berikut:

$Rt = R_{24}/t \cdot (t/T)^{(2/3)}$ ..... (2-65)

dimana :

Rt = intensitas hujan rata-rata dalam T jam

R_{24} = Curah Hujan efektif dalam satu hari

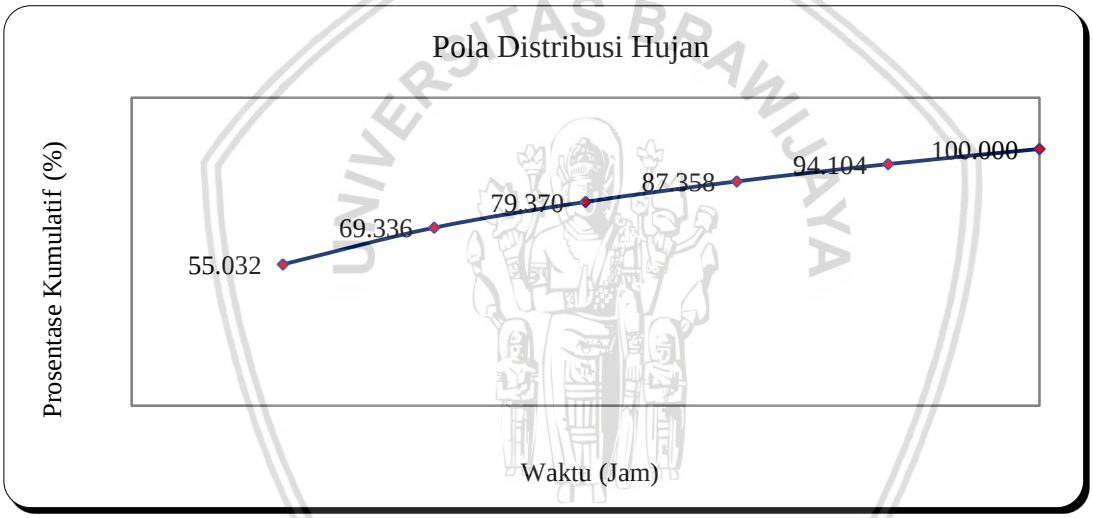
t = Waktu mulai hujan

T = Waktu konsentrasi hujan

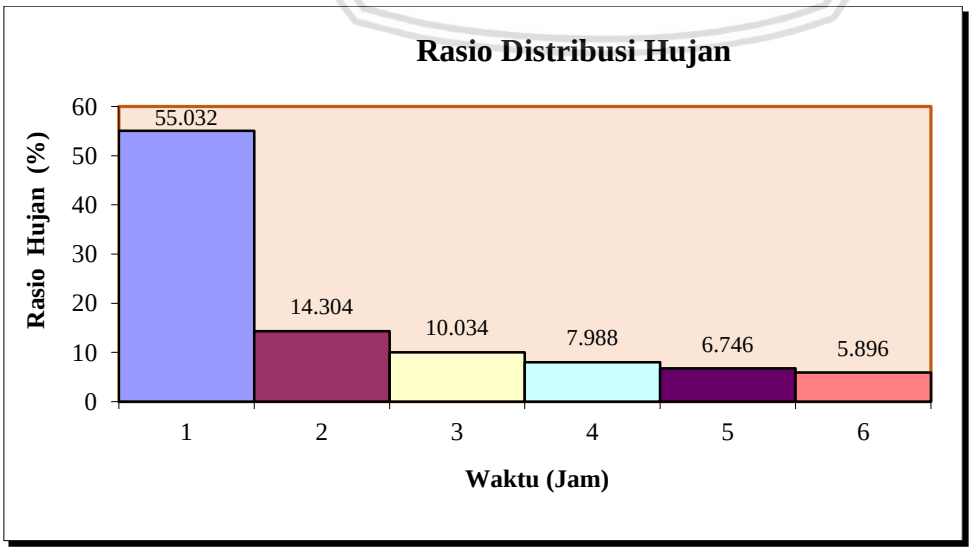
Besarnya intensitas hujan rata-rata dalam 1 hari (R_{24})

$R_{24} = (t \cdot R_t) - ((t - 1) \cdot R_{(t-1)})$ ..... (2-66)

dengan R_{24} = prosentase intensitas



Gambar 2. 17 Pola Distribusi Hujan (Mononobe)



Gambar 2. 18 Rasio Distribusi Hujan (Mononobe)

Sedangkan koefisien pengaliran didapatkan dengan menjumlahkan harga C dari masing-masing faktor berdasarkan karakteristik DAS, yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. 9
Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Jenis / Tipe Kawasan	Nilai C
Daerah Pegunungan yang Curam	0,75 – 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Daerah bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Daerah dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Persawahan yang diairi	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di daerah dataran	0,45 – 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

Sumber : Asdak, C 2007

2.11 HSS Nakayasu

Penggunaan metode ini, memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya (Kamiana, 2011, p.124) :

a) Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
b) Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
c) Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
d) Luas daerah aliran sungai
e) Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)
f) Koefisien pengaliran

Nakayasu dari Jepang telah menyelidiki hidrograf satuan pada beberapa sungai di Jepang. Ia membuat rumusan hidrograf satuan sintetik dari hasil penyelidikannya tersebut, yaitu sebagai berikut:

Rumus dari hidrograf satuan Nakayasu adalah:

$$Qp = \frac{A.Ro}{3{,}6(0{,}3Tp + T_{0,3})} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}67)$$

dengan :

Qp = debit puncak banjir (m^3/dt)

Ro = hujan satuan (mm)

Tp = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$ = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

A = luas daerah pengaliran sampai outlet (km^2)

Untuk menentukan Tp dan $T_{0,3}$ digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

Tp = tg + 0,8 tr ..... (2-68)

$T_{0,3}$ = α tg ..... (2-69)

tr = 0,5 tg sampai tg ..... (2-70)

tg adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam). tg dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

- sungai dengan panjang alur L > 15 km : tg =0,4 + 0,058 L ..... (2-71)
- sungai dengan panjang alur L < 15 km : tg = 0,21 $L^{0,7}$ ..... (2-72)

Perhitungan $T_{0,3}$ menggunakan ketentuan:

α = 2 pada daerah pengaliran biasa

α = 1,5 pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

α = 3 pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat

Kurva Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu

1. Pada waku naik : 0 < t < Tp

   $Qa = (t/Tp)^{2,4}$ ..... (2-73)

   dimana Qa adalah limpasan sebelum mencapai debit puncak (m^3/dt)

2. Pada kurva turun (*decreasing limb*)

   a. selang nilai : $0 \leq t \leq (Tp + T_{0,3})$

   $$Qd_1 = Qp.0,3^{\frac{(t-Tp)}{T_{0,3}}}$$ ..... (2-74)

   b. selang nilai : $(Tp + T_{0,3}) \leq t \leq (Tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3})$

   $$Qd_2 = Qp.0,3^{\frac{(t-Tp+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}}$$ ..... (2-75)

   c. selang nilai : $t > (Tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3})$

   $$Qd_3 = Qp.0,3^{\frac{(t-Tp+1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}}$$ ..... (2-76)

Hidrograf satuan sintetik Nakayasu ini banyak dipakai dalam perencanaan bendungan-bendungan dan perbaikan sungai di proyek Brantas (Jawa – Timur), antara lain untuk menetukan debit perencanaan bendungan-bendungan Lahor, Wlingi, Widas, Kesamben, Sengguruh, Wonorejo, dan perbaikan Sungai Brantas bagian tengah.

2.12 Pembagian DAS

Secara biogeofisik, daerah hulu, tengah dan hilir dicirikan oleh hal-hal sebagai berikut (Asdak, 2002):

1. Daerah hulu dicirikan sebagai daerah konservasi, memiliki kerapatan drainase tinggi, kemiringan lereng besar (>15%), bukan merupakan daerah banjir, pemakaian air ditentukan oleh pola drainase dan jenis vegetasi umumnya merupakan tegakan hutan.
2. Daerah hilir dicirikan sebagai daerah pemanfaatan, memiliki kerapatan drainase kecil, kemiringan lereng sangat kecil (<8%), di beberapa tempat merupakan daerah banjir (genangan), pemakaian air ditentukan oleh bangunan irigasi, jenis vegetasi didominasi oleh tanaman pertanian kecuali daerah estuaria yang didominasi oleh hutan bakau atau gambut.
3. Daerah tengah merupakan daerah transisi dari kedua karakteristik biogeofisik DAS yang berbeda antara hulu dan hilir.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Lokasi Studi

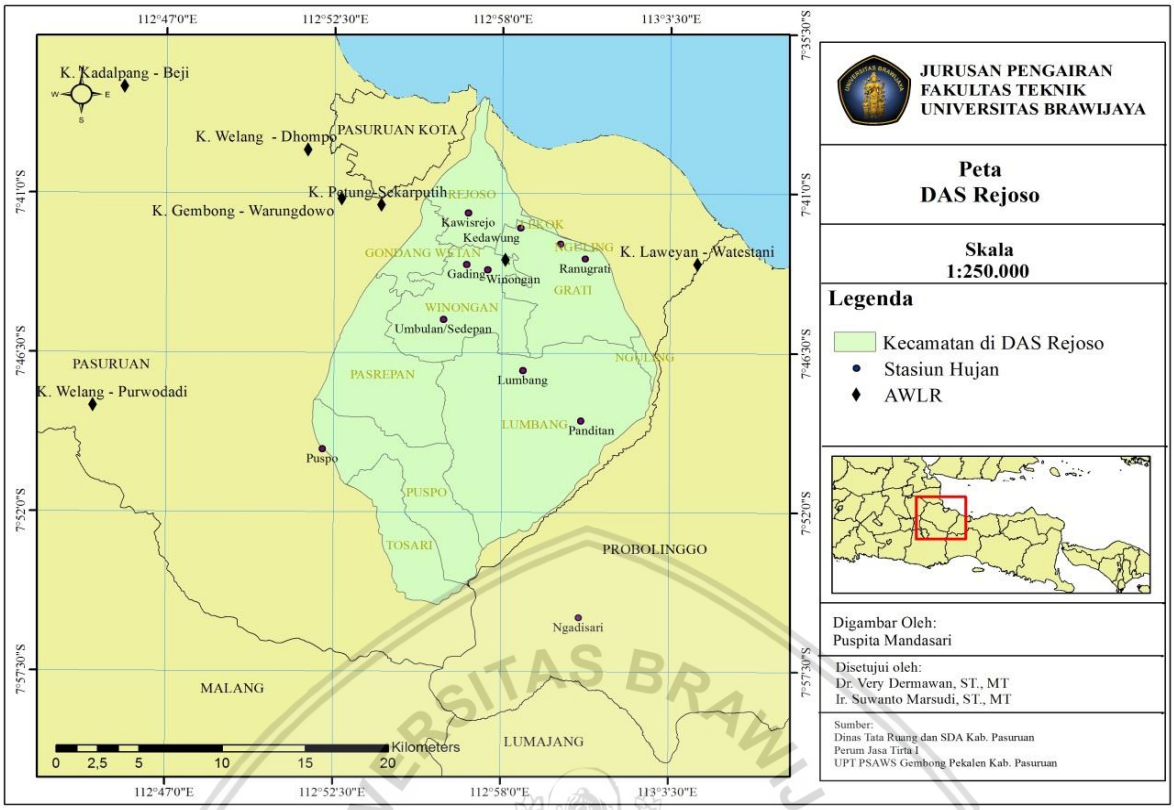
Sungai Rejoso terletak di Kecamatan Rejoso bagian tengah, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur. Sungai Rejoso memiliki Daerah Aliran Sungai seluas 361,62 km^2 dengan panjang sungai utama 15,72 km. Daerah hulu berupa perbukitan yang terletak di daerah Gunung Bromo dan daerah hilir yang bermuara di Selat Madura.

Kondisi badan Sungai Rejoso antara lain curam pada bagian hulu dengan elevasi 600-3000 m di atas permukaan laut yang memiliki kemiringan lebih dari 25%, bagian tengah dengan elevasi 10-600 m di atas permukaan laut yang memiliki kemiringan 10-25% dan bagian hilir dengan elevasi 0-10 m di atas permukaan laut yang memiliki kemiringan 0-10%. DAS Rejoso memiliki 10 stasiun hujan yang tersebar di beberapa daerah yang terletak pada, sebagai berikut:

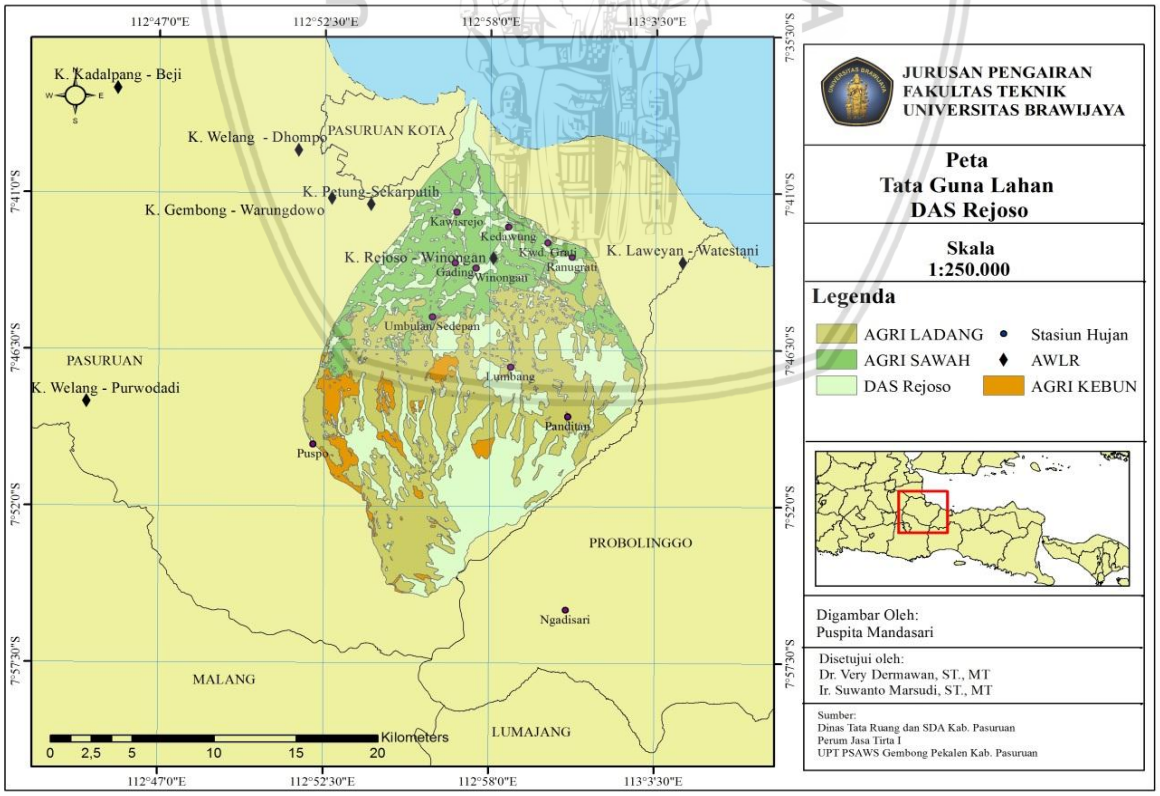
Tabel 3. 1
Letak koordinat dan lokasi stasiun hujan dan AWLR di DAS Rejoso

No	Stasiun Hujan/AWLR	Letak Koordinat B. Timur (E)	L. Selatan(S)	Lokasi Desa	Kecamatan	Kabupaten
1	Kawisrejo	112" 59" 11	-7" 41" 52	Kawisrejo	Rejoso	Pasuruan
2	Kedawung	112" 58" 35	-7" 42" 38	Kedawung	Grati	Pasuruan
3	Kwd. Grati	112" 59" 55	-7" 43" 26	Grati	Grati	Pasuruan
4	Ranugrati	113" 00" 43	-7" 43" 45	Bandilan	Grati	Pasuruan
5	Gading	112" 94" 72	-7" 72" 43	Gading	Winongan	Pasuruan
6	Winongan	112" 57" 31	-7" 44" 33	Winongan	Winongan	Pasuruan
7	Umbulan	112" 47" 10	-7" 36" 50	Sedepan	Winongan	Pasuruan
8	Lumbang	113" 01" 45	-7" 50" 30	Cukurguling	Lumbang	Pasuruan
9	Panditan	112" 02" 26	-7" 49"50	Panditan	Lumbang	Pasuruan
10	Puspo	112" 53"53	-7" 50" 17	Puspo	Puspo	Pasuruan
11	Ngadisari	113" 0"33	-7" 55" 38	Ngadisari	Sukapura	Probolinggo
12	AWLR Hilir Winongan	112” 58” 11	07” 43” 17	Winongan Lor	Winongan	Pasuruan

Sumber: UPT PSA Wilayah Sungai Gembong Pekalen

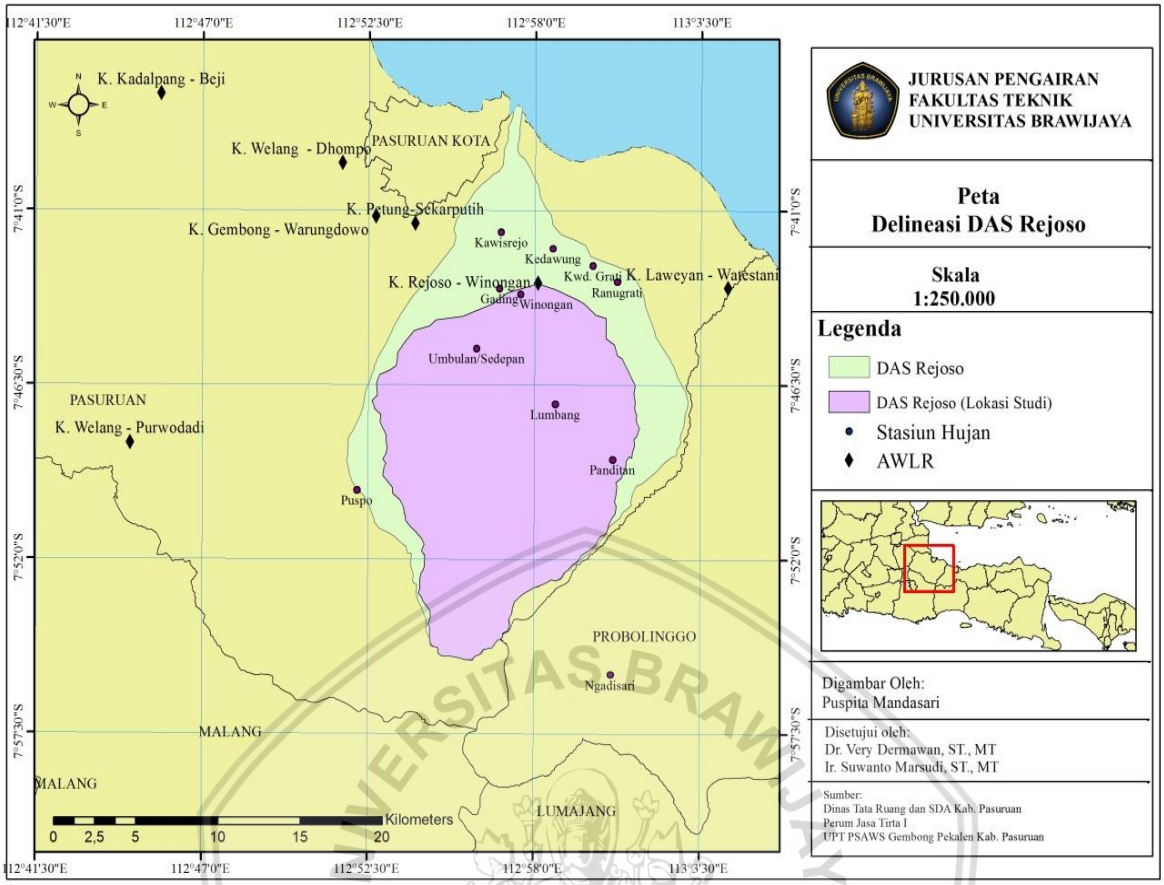


Gambar 3. 3 Peta Stasiun Hujan dan AWLR DAS Rejoso

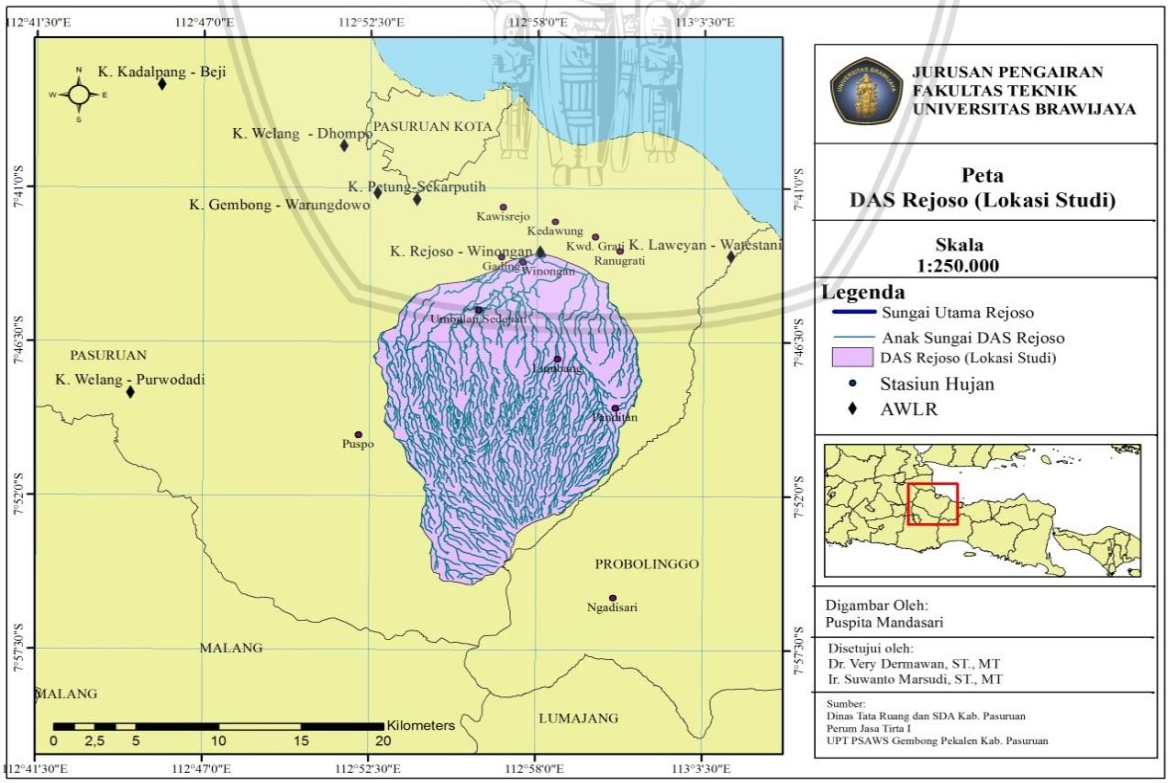


Gambar 3. 4 Peta Tata Guna Lahan DAS Rejoso

Berikut gambaran kondisi beberapa stasiun hujan di lapangan, terdapat pada *Gambar 3.5 – 3.10*

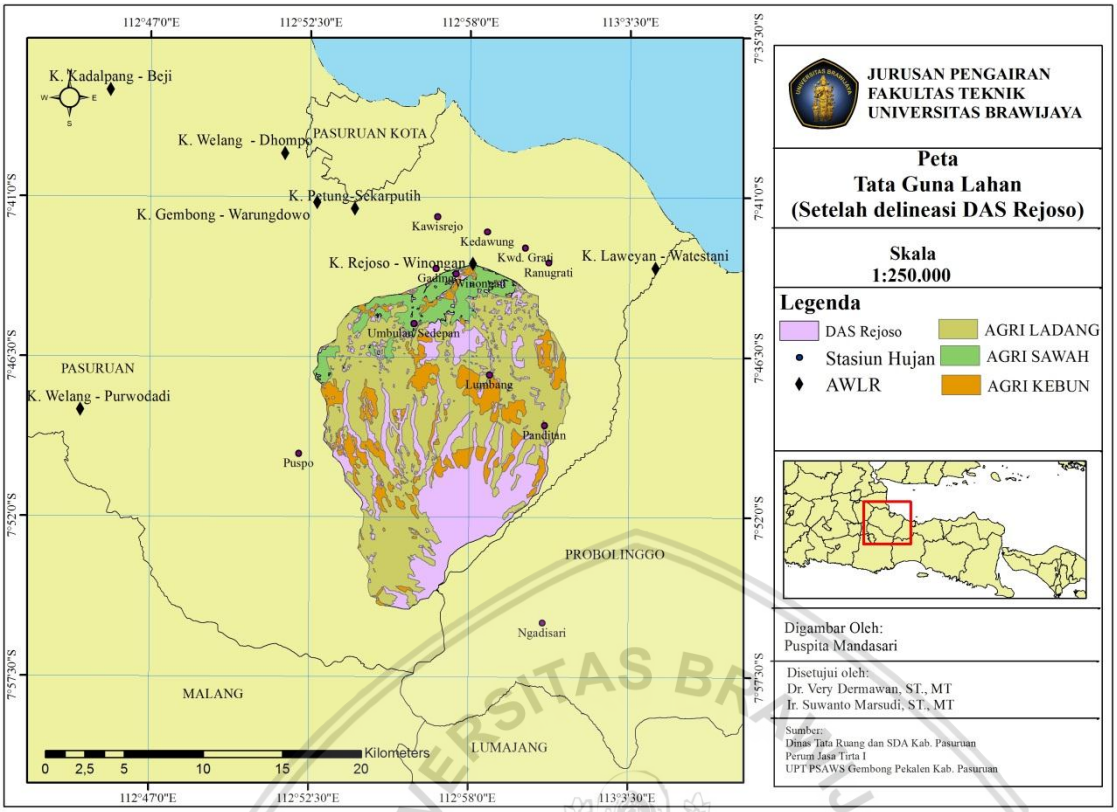


Gambar 3. 11 Peta DAS Rejoso yang di Delineasi



Gambar 3. 12 Peta Stasiun Hujan dan AWLR DAS Rejoso setelah di Delineasi (Lokasi Studi)

Maka Luas DAS menjadi 234,257 km^2 dan Luas Sungai Utama sepanjang 0,140 km



Gambar 3. 13 Peta Tata Guna Lahan DAS Rejoso (Lokasi Studi)

3.2 Data-data yang Diperlukan

Dalam menganalisis penelitian dibutuhkan pengumpulan data ada dua macam data yaitu data primer yang didapatkan melalui pengukuran di lapangan secara langsung dan data sekunder yang diperoleh dari instansi-instansi terkait, dalam studi ini hanya dibutuhkan beberapa data sekunder, sebagai berikut:

1. Peta Topografi, untuk menentukan ketinggian DAS Rejoso yang mana dapat menunjukkan potensi suhu dan curah hujan serta informasi kemiringan lerengnya. Didapatkan dari Unit Pelaksana Teknis PSA Wilayah Sungai Gembong Pekalen.
2. Peta DAS Rejoso, memberikan informasi batas DAS Rejoso.
3. Peta stasiun hujan dan AWLR digunakan untuk menandai dimana stasiun-stasiun hujan dan AWLR di letakkan pada wilayah DAS Rejoso.
4. Data Curah Hujan Harian 10 tahun terakhir dari 10 pos stasiun hujan di DAS Rejoso, digunakan dalam analisis data sebagai input untuk ANN. Didapatkan dari UPT PSAWS Gembong Pekalen, Dinas Pengairan dan Pertambangan Kabupaten Pasuruan.
5. Data Debit AWLR Harian, memberikan informasi debit sungai

3.3 Sistematika Pengolahan Data

Diperlukan adanya urutan pengolahan data untuk mendapatkan pola pikir dalam memahami analisis data pada studi ini, sebagai berikut sistematikanya:

Tabel 3. 2
Tahapan Pengerjaan Studi

No	Tahapan Studi	Metode	Data	Tujuan atau Hasil
1.	Pengumpulan data dan Survey Lokasi	-	1. Data Curah Hujan 2. Data Debit 3. Peta Kontur 4. Peta Topografi 5. Peta Stasiun Hujan dan AWLR	Memperoleh data yang dibutuhkan serta dapat mengetahui kondisi eksisting stasiun hujan dan AWLR di DAS Rejoso
2.	Analisis Data Curah Hujan	1. Uji Konsistensi 2. Uji Outlier 3. Uji Ketidakadaan Trend 4. Uji Stasioner 5. Uji Persistensi	Data Curah Hujan Harian 9 stasiun yang ada di DAS Rejoso selama 12 tahun (2007-2016)	Memastikan data historis curah hujan memenuhi persyaratan statistik dengan baik untuk digunakan sebagai data input pada JST
3.	Analisis Data Debit	1. Uji Konsistensi 2. Uji Outlier 3. Uji Ketidakadaan Trend 4. Uji Stasioner 5. Uji Persistensi	Data Debit Harian AWLR Hilir DAS Rejoso – AWLR Winongan selama 12 tahun (2007-2016)	Memastikan data historis debit memenuhi persyaratan statistik dengan baik untuk digunakan sebagai acuan nilai output pada JST
4.	Analisis Luas Daerah Tangkapan hujan	Poligon Thiessen	Peta Stasiun Hujan DAS Rejoso	Mengetahui kerapatan jaringan kondisi eksisting DAS Rejoso
5.	Evaluasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Eksisting	1. WMO 2. Bleasdale 3. Sugawara 4. Varshney	1. Peta DAS Rejoso 2. Peta Stasiun Hujan dan AWLR	Mengetahui kerapatan jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dengan metode WMO, Blasedale, Sugawara dan Varshney
6.	Analisis Rasionalisasi Kerapatan Jaringan Stasiun	1. WMO 2. JST	1. Data Curah Hujan Harian 9 stasiun DAS Rejoso selama 12 tahun	Mengetahui Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan dengan metode JST

Lanjutan Tabel 3.2 Tahapan Pengerjaan Studi

No	Tahapan Studi	Metode	Data	Tujuan atau Hasil
	Hujan menggunakan JST		(2005-2016) 2. Data Debit Harian AWLR Winongan selama 12 tahun	
7.	Analisis Pola Penyebaran Stasiun Hujan Eksisting dan Stasiun Hujan Terpilih	-	1. Elevasi Stasiun Hujan 2. Peta DAS Rejoso 3. Penampang Memanjang Sungai Terpanjang DAS Rejoso	- Mengetahui pola penyebaran stasiun hujan kondisi eksisting dan Stasiun Hujan Terpilih serta perbandingan antara keduanya.
8.	Analisis Hubungan Topografi Jaringan Stasiun hujan Terpilih	1. Regresi Linier 2. Regresi Eksponensial 3. Regresi Logaritmik 4. Regresi Berpangkat	1. Beda Tinggi 2. Jarak Stasiun-AWLR 3. Slope	-Mengetahui hubungan topografi stasiun hujan terpilih dengan acuan AWLR -Mengetahui ada atau tidaknya hubungan topografi Jaringan Stasiun Hujan Terpilih mengenai keoptimuman pola penyebarannya.
9.	Analisis Debit Banjir Rancangan Jaringan Stasiun Hujan Kondisi Eksisting dan Hasil peramalan JST	1. Metode Log Pearson III 2. Uji Distribusi Frekuensi -Uji Smirnov Kolmogorov -Uji Chi Square 3. Curah Hujan Jam-Jaman Metode Mononobe 4. HSS Nakayasu	1. Data Curah Hujan Harian Maksimum Daerah Tahunan pada Jaringan Stasiun Hujan Eksisting dan Hasil peramalan JST 2. Luas DAS 3. Panjang Sungai Utama/terpanjang DAS Rejoso	-membandingkan debit banjir rancangan jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dan hasil peramalan JST untuk memilih Jaringan Stasiun Hujan yang efisien dan efektif

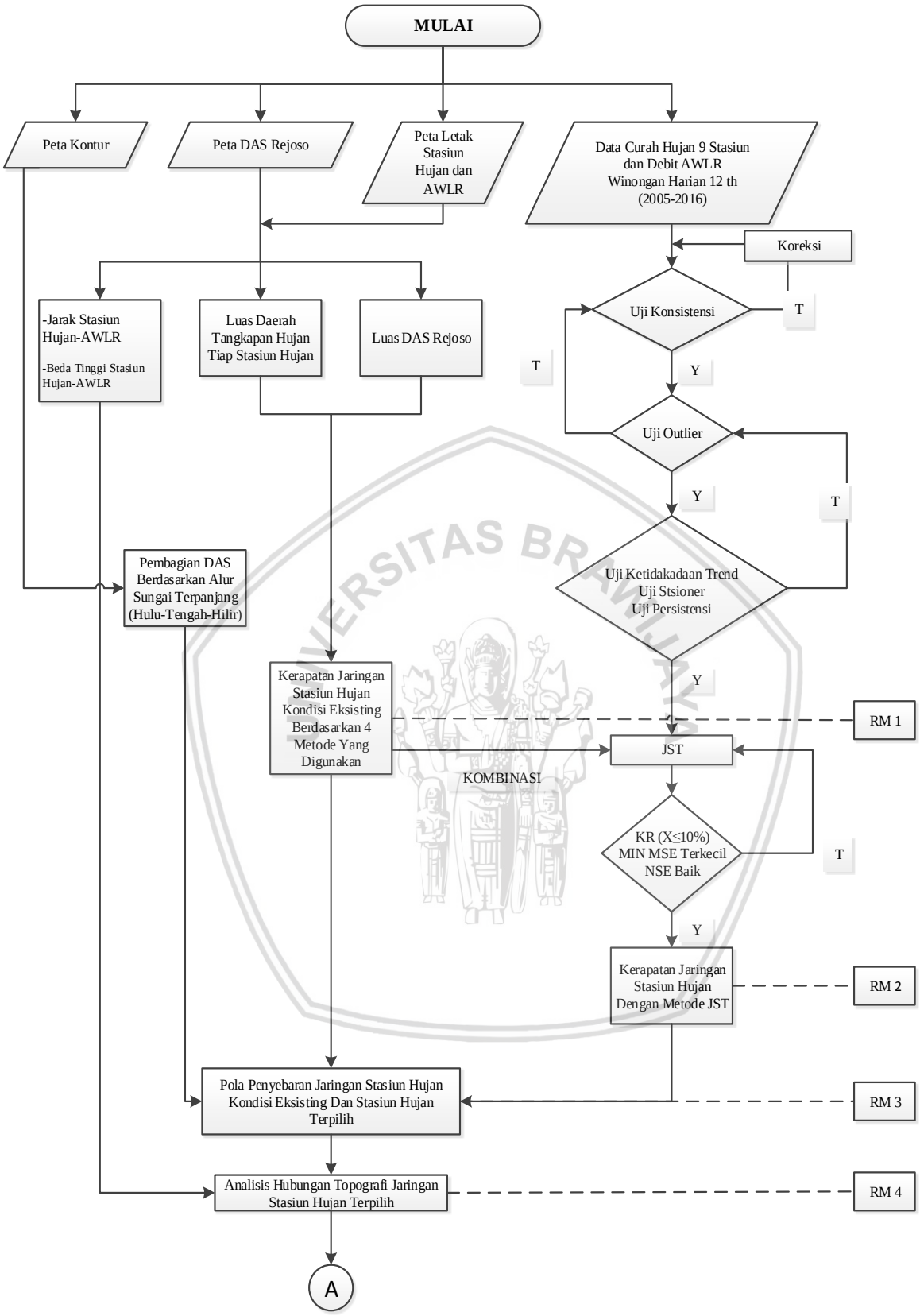
Sumber: Hasil Analisis, 2018

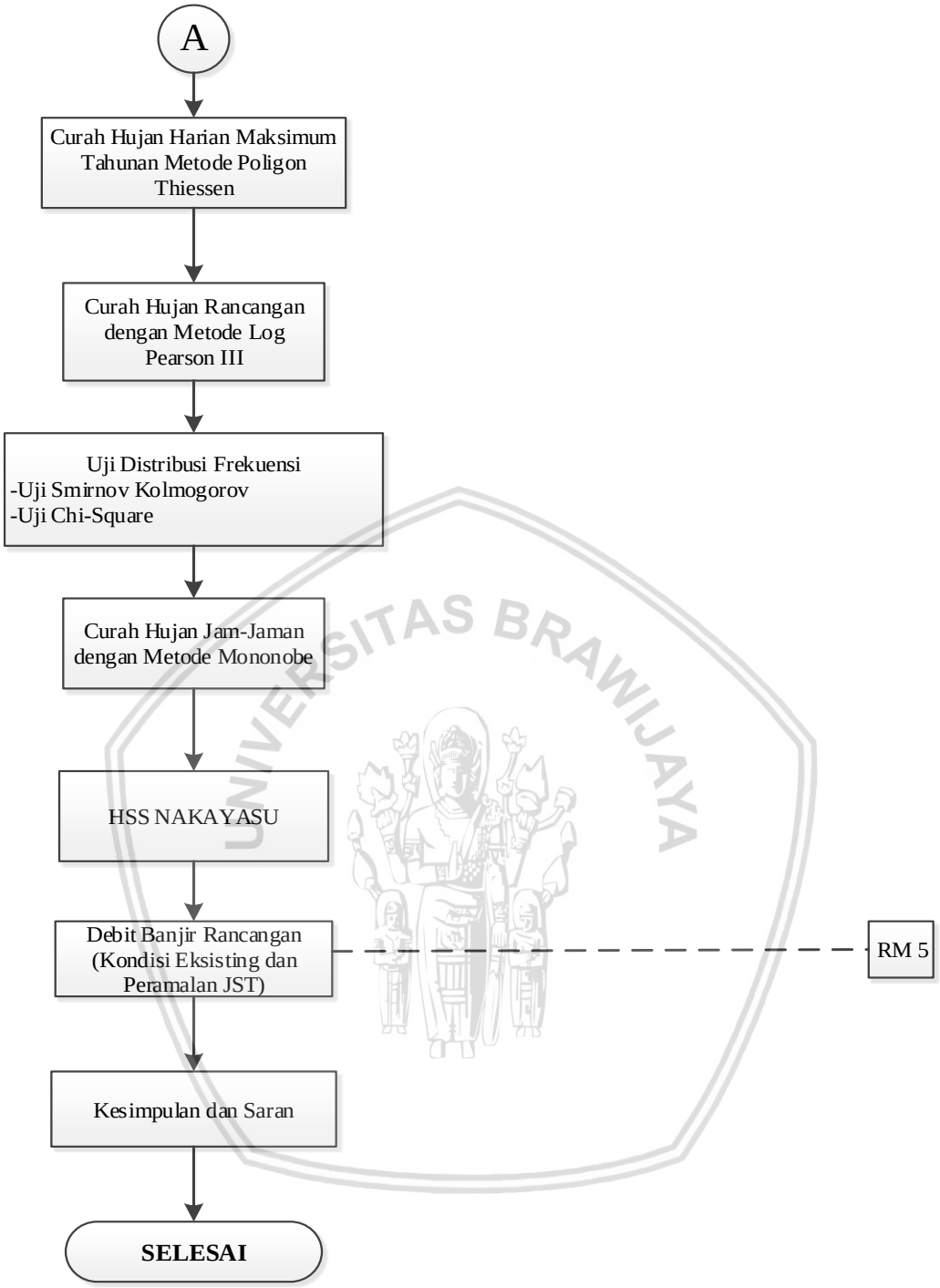
3.3.1. Sistematika Pengolahan Data pada *Neurosolutions*

1. Membagi data curah hujan dan debit sebagai *input* dan *output* jaringan.
2. Menentukan data menjadi 4 bagian yaitu *training, cross validation, Testing* dan *production*
3. Membangun arsitektur jaringan yaitu *Multi Layer Perceptron* dimana jenis pelatihan jaringan yang digunakan yaitu jenis pelatihan terbimbing.
4. Menentukan banyak iterasi sebagai sarana pelatihan jaringan yang disebut *Epochs*
5. Jaringan yang telah dilatih akan dilakukan pengujian berdasarkan data *training, cross validation* dan *Testing*.
6. Terakhir menampilkan debit *output* hasil pelatihan jaringan pada data *production.*

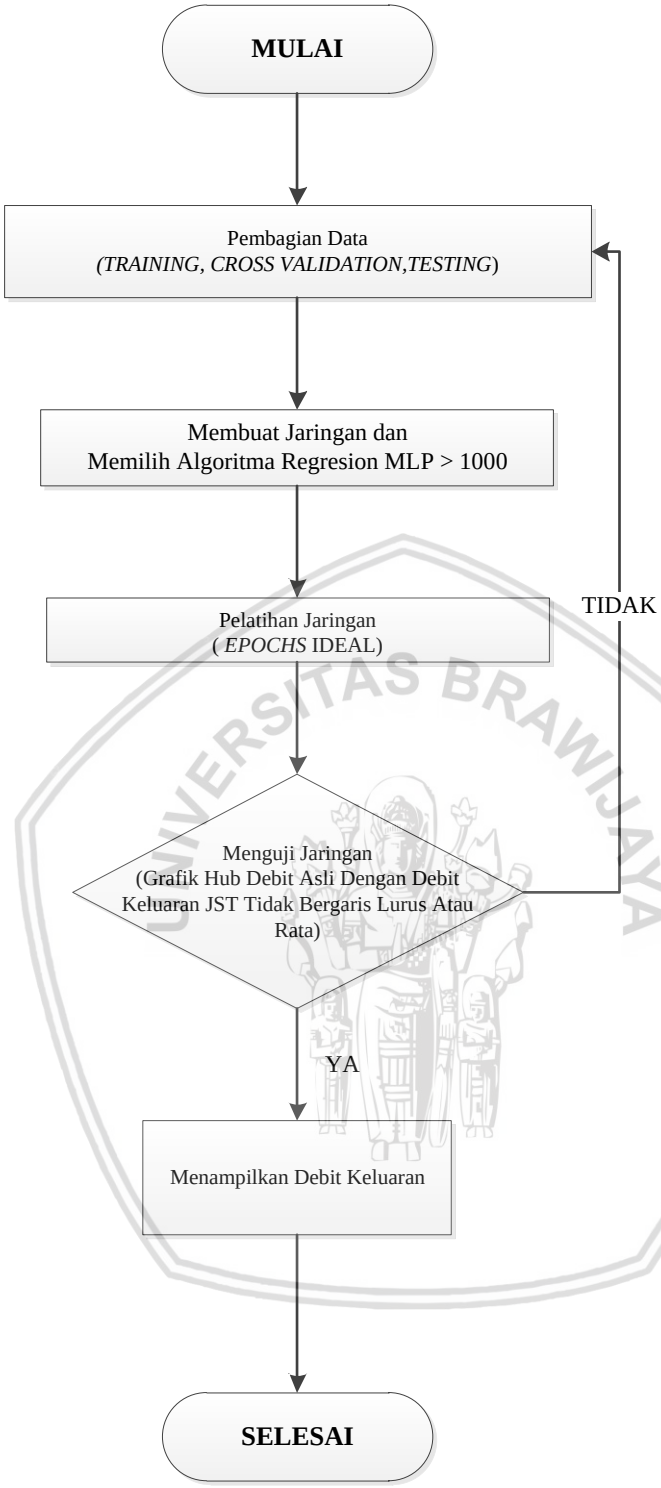
3.4 Diagram Alir

Tujuan dari kajian ini yaitu merasionalkan kerapatan jaringan dan pola penyebaran stasiun hujan di DAS Rejoso Kabupaten Pasuruan dengan menggunakan JST. Maka untuk melaksanakan tujuan tersebut, sebagai berikut kerangka pengerjaannya:





Gambar 3. 14 Diagram Alir Pengerjaan Skripsi
Sumber: Hasil Penggambaran (2017)



Gambar 3. 15 Diagram Alir Pengolahan Data pada *Neurosolutions*
Sumber: Hasil Penggambaran (2017)

BAB IV
PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hidrologi Data Curah Hujan dan Debit

Variabel data yang digunakan dalam analisis ini ada dua jenis yaitu variabel bebas berupa data curah hujan dan variabel terikat berupa data debit. Data curah hujan dan debit didapatkan dari 9 stasiun hujan serta AWLR bagian hilir, selama 12 tahun dari tahun 2005-2016 pada DAS Rejoso. Sebelum melakukan perhitungan lebih lanjut terhadap data curah hujan dan debit DAS Rejoso, perlu dilakukan analisis hidrologi terlebih dahulu supaya didapatkan kualitas dan keandalan data yang baik sehingga mampu memberikan hasil yang efektif. Data curah hujan dan debit tahunan disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4. 1
Data Curah Hujan Tahunan DAS Rejoso selama 2005-2016

Thn	Stasiun Hujan								
	Puspo (mm)	**Gading (mm)**	**Winongan (mm)**	**Lumbang (mm)**	**Ranugrati (mm)**	**Panditan (mm)**	**KWD.Grati (mm)**	**Umbulan (mm)**	**Ngadisari (mm)**
	[1]	**[2]**	**[3]**	**[4]**	**[5]**	**[6]**	**[7]**	**[8]**	**[9]**
2005	1873	1609	1570	2110	1645	2681	1541	787	473
2006	2219	1180	1495	2110	1335	2681	1328	549	638
2007	2620	1225	1243	2415	844	2147	872	606	1713
2008	2475	1205	956	1788	929	1885	986	747	1373
2009	1885	1315	1349	977	1187	1465	1399	532	830
2010	4183	2614	2666	2688	1681	2130	1901	837	171
2011	2299	1508	1403	1415	1345	1148	1202	517	1418
2012	2118	1139	730	1309	1130	1353	1117	533	1053
2013	3183	1945	1428	1799	2002	3015	1873	999	1455
2014	2164	949	538	929	704	2003	686	487	849
2015	1937	730	931	1197	1077	2168	904	613	986
2016	3021	935	1022	2293	1742	2732	1525	891	2155

Sumber: Data PSDA Gembong Pekalen Pasuruan

Tabel 4. 2
Data Debit Tahunan AWLR Hilir DAS Rejoso tahun 2005-2016

Tahun	AWLR HILIR (m^3/thn)
2005	3196
2006	3684
2007	3671
2008	3498
2009	2647
2010	3242
2011	4393
2012	5652

Lanjutan Tabel 4.2 Data Debit Tahunan AWLR Hilir DAS Rejoso tahun 2005-2016

Tahun	AWLR HILIR (m3/thn)
2013	5172
2014	4483
2015	5049
2016	6599

Sumber: Data PSDA Gembong Pekalen Pasuruan

4.1.1 Mencari Data Hilang

Pada stasiun hujan Ngadisari terdapat data yang hilang selama 11 bulan di tahun 2010, oleh karena itu dilakukan perhitungan pencarian data dengan Metode *Inversed Square Distance*. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Hitung jarak Stasiun Ngadisari dengan stasiun disekitarnya, gunakan 3 stasiun terdekat dengan stasiun Ngadisari (digunakan aplikasi ArcGis), dengan membuat garis linear yang terhubung antara stasiun Ngadisari dengan stasiun terdekatnya kemudian dihitung panjang garis linear tersebut melalui *calculate Geometry*.
2. Dikarenakan data yang dicari adalah data curah hujan harian, maka siapkan data curah hujan dari 3 stasiun hujan tersebut. Berikut data curah hujan pada bulan januari dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 4. 3
Data Jarak dan Curah Hujan 3 stasiun terdekat dengan Stasiun hujan Ngadisari tahun 2010

bulan	tgl	Curah hujan harian		
		Puspo	Panditan	Lumbang
Januari	1	81	40	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	2	0	0
	5	0	95	74
	6	3	0	43
	7	21	0	120
	8	12	6	80
	9	40	0	60
	10	0	97	50
	11	6	60	0
	12	22	0	80
	13	35	34	10
	14	0	0	0
	15	0	11	0
	16	0	10	0
	17	0	0	0

Lanjutan Tabel 4.3 Data Jarak dan Curah Hujan 3 stasiun terdekat dengan Stasiun hujan Ngadisari tahun 2010

bulan	tgl	Curah hujan harian		
		Puspo	Panditan	Lumbang
Januari	18	18	25	0
	19	8	0	45
	20	4	0	0
	21	0	120	135
	22	0	13	40
	23	0	12	0
	24	0	0	48
	25	0	70	44
	26	0	0	64
	27	0	0	6
	28	0	25	49
	29	0	30	0
	30	0	0	100
	31	0	7	0
JARAK		18,86 km	12,53 km	16,13 km

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Kemudian hitung data yang hilang dengan persamaan (2-1)

   Untuk tanggal 1 Januari 2010

$$Px = \frac{\frac{1}{(LA)^2} P_A + \frac{1}{(LB)^2} P_B + \frac{1}{(LC)^2} P_C}{\frac{1}{(LA)^2} + \frac{1}{(LB)^2} + \frac{1}{(LC)^2}}$$

$$= \frac{\frac{1}{(18,86)^2} 81 + \frac{1}{(12,53)^2} 40 + \frac{1}{(16,13)^2} 0}{\frac{1}{(18,86)^2} + \frac{1}{(12,53)^2} + \frac{1}{(16,13)^2}}$$

$$= 37 \text{ mm/hari}$$

Tabel 4. 4
Data Hilang Stasiun Ngadisari Tahun 2010

tgl	**Curah Hujan Harian (mm/hari)**										
	Jan	**Mar**	**Apr**	**Mei**	**Jun**	**Jul**	**Agust**	**Sep**	**Okt**	**Nop**	**Des**
1	37	26	7	5	0	0	0	0	0	0	1
2	0	4	7	22	1	0	4	0	0	0	0
3	0	13	4	0	0	0	5	0	3	0	7
4	0	13	19	8	2	2	0	0	0	9	0
5	68	9	7	4	3	2	0	0	2	1	18
6	13	17	2	0	1	0	0	13	0	42	3
7	40	6	2	0	12	0	0	0	0	0	29
8	29	2	4	0	2	0	0	0	21	63	3
9	26	0	0	8	8	6	0	0	1	18	12

Lanjutan Tabel 4.4 Data Hilang Stasiun Ngadisari Tahun 2010

tgl	Curah Hujan Harian (mm/hari)										
	Jan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agust	Sep	Okt	Nop	Des
10	62	17	23	0	21	0	0	2	6	36	2
11	31	10	7	2	0	5	0	20	3	0	5
12	28	0	6	51	0	0	0	33	0	0	0
13	27	1	0	14	19	0	1	13	5	0	0
14	0	12	23	12	1	0	6	0	0	0	7
15	5	17	4	4	2	0	0	0	13	0	42
16	5	0	7	4	1	0	0	5	9	0	20
17	0	15	30	0	4	0	0	9	13	0	0
18	16	39	14	0	8	0	0	0	6	0	0
19	15	48	11	1	21	0	0	1	11	0	3
20	1	19	0	0	0	0	2	4	5	0	1
21	99	0	12	5	0	0	0	5	11	5	31
22	18	0	8	2	2	0	5	6	32	0	0
23	6	0	3	4	9	0	0	0	0	0	5
24	14	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
25	47	6	5	7	0	5	15	5	2	0	0
26	19	4	21	2	0	17	0	0	2	1	6
27	2	0	15	0	0	30	0	0	8	0	18
28	27	0	25	0	0	42	0	0	10	14	0
29	15	0	0	8	0	0	4	0	1	1	0
30	30	14	0	0	0	0	0	0	1	2	0
31	3	1	0	13	0	0	0	0	0	0	2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan Tabel diatas telah didapatkan data hilang stasiun Ngadisari tahun 2010, dengan demikian data yang dibutuhkan telah lengkap dan dapat melanjutkan ke tahapan pengolahan data yang selanjutnya.

4.1.2 Uji Konsistensi Data Curah Hujan dan Debit

Uji konsistensi digunakan untuk menguji kebenaran data. Data hujan disebut konsisten berarti data yang terukur dan dihitung dari pengukuran adalah teliti dan benar sesuai dengan fenomena saat hujan itu terjadi. Berikut perhitungan uji konsistensi curah hujan dan debit DAS Rejoso.

A. Uji Konsistensi data curah hujan dengan kurva massa ganda

Contoh langkah-langkah perhitungan uji konsistensi data hujan dengan kurva massa ganda menggunakan data stasiun hujan Puspo tahun 2005. Berikut ini langkah perhitungannya:

1. Stasiun hujan yang diuji adalah stasiun hujan Puspo, kemudian dipilih Stasiun hujan Lumbang, Panditan dan Umbulan yang merupakan stasiun hujan yang paling dekat disekitarnya (min 3 stasiun hujan) sebagai pembanding.

2. Menghitung rerata hujan, stasiun hujan disekitar stasiun hujan Puspo

$$\bar{X}_{St.sekitar} = \frac{2110+2681+787}{3} = 1859 \text{ mm/thn}$$

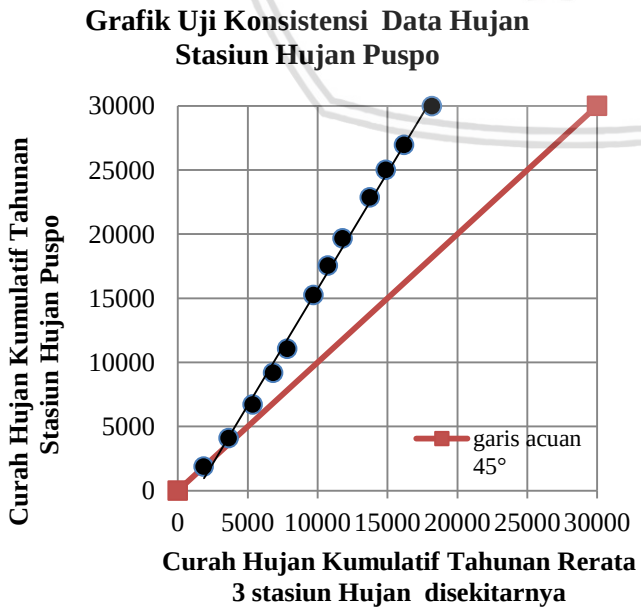
3. Kumulatifkan Rerata hujan tahunan stasiun hujan sekitar
4. Kumulatifkan hujan tahunan stasiun Puspo
5. Kemudian plotkan pada grafik.

(Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.5)

Tabel 4. 5
Uji Konsistensi Data Curah Hujan Pos Stasiun Hujan Puspo

No	Tahun	Stasiun Hujan **Puspo** (mm)	Lumbang (mm)	Panditan (mm)	Umbulan (mm)	Rerata [3,4,5] (mm)	Kumulatif Rerata (mm)	Kumulatif **Puspo** (mm)
	[1]	**[2]**	**[3]**	**[4]**	**[5]**	**[6]**	**[7]**	**[8]**
1	2005	1873	2110	2681	787	1859	1859	1873
2	2006	2219	2110	2681	549	1780	3639	4092
3	2007	2620	2415	2147	606	1723	5362	6712
4	2008	2475	1788	1885	747	1473	6835	9187
5	2009	1885	977	1465	532	991	7827	11072
6	2010	4183	2688	2130	837	1885	9712	15255
7	2011	2299	1415	1148	517	1027	10738	17554
8	2012	2118	1309	1353	533	1065	11803	19672
9	2013	3183	1799	3015	999	1938	13741	22855
10	2014	2164	929	2003	487	1140	14881	25019
11	2015	1937	1197	2168	613	1326	16207	26956
12	2016	3021	2293	2732	891	1972	18179	29977

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4. 1 Grafik Uji Konsistensi Data Hujan Stasiun Hujan Puspo
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Garis linier yang baik untuk uji konsistensi memiliki kemiringan 45º. Pada garis hasil analisis menunjukkan terjadi penyimpangan yang sangat jauh dari garis 45º kira-kira 5º maka jauh melebihi persyaratan yang telah ditetapkan sehingga perlu dilakukan koreksi data, berikut merupakan contoh langkah perhitungan koreksi data:

6. Menghitung nilai Faktor Koreksi (FK)

   Yaitu membagi kemirangan sebelum perubahan dengan kemiringan setelah terjadi perubahan.

   $$FK = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{\tan 45°}{\tan 63°} = \frac{1}{1{,}96} = 0{,}510$$

7. Kalikan Data yang mengalami perubahan atau yang perlu diperbaiki dengan FK, data yang dipilih untuk dikoreksi yaitu data hujan tahunan stasiun Puspo tahun 2008-2016

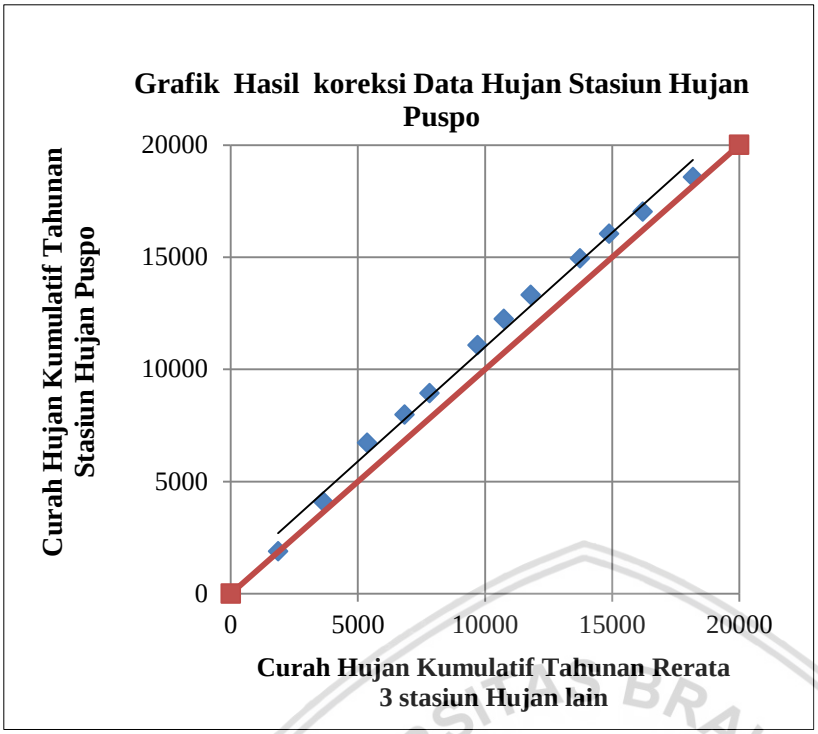
   Tahun 2008 = 2475 X 0,510 = 1261
   2009 = 1885 X 0,510 = 960
   2010 = 4183 X 0,510 = 2131
   2011 = 2299 X 0,510 = 1171
   2012 = 2118 X 0,510 = 1079
   2013 = 3183 X 0,510 = 1622
   2014 = 2164 X 0,510 = 1103
   2015 = 1937 X 0,510 = 987
   2016 = 3021 X 0,510 = 1539

Hasil Perhitungan koreksi data hujan tahunan Stasiun Puspo selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4. 6
Hasil koreksi Data Curah Hujan Pos Stasiun Hujan Puspo

No	Tahun	Nama Stasiun Hujan **Puspo** (mm)	Lumbang (mm)	Panditan (mm)	Umbulan (mm)	Rerata [3,4,5] (mm)	Kumulatif Rerata (mm)	Kumulatif **Puspo** (mm)
	[1]	**[2]**	**[3]**	**[4]**	**[5]**	**[6]**	**[7]**	**[8]**
1	2005	1873	2110	2681	787	1859	1859	1873
2	2006	2219	2110	2681	549	1780	3639	4092
3	2007	2620	2415	2147	606	1723	5362	6712
4	2008	1261	1788	1885	747	1473	6835	7973
5	2009	960	977	1465	532	991	7827	8933
6	2010	2131	2688	2130	837	1885	9712	11065
7	2011	1171	1415	1148	517	1027	10738	12236
8	2012	1079	1309	1353	533	1065	11803	13315
9	2013	1622	1799	3015	999	1938	13741	14937
10	2014	1103	929	2003	487	1140	14881	16040
11	2015	987	1197	2168	613	1326	16207	17027
12	2016	1539	2293	2732	891	1972	18179	18566

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Koreksi Data Hujan Stasiun Hujan Puspo
Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Data yang telah dikoreksi menghasilkan kemiringan grafik yang hampir berhimpit dengan garis 45º, maka data pada stasiun Puspo dikatakan sudah konsisten.

B. Uji Konsistensi Data Debit Menggunakan RAPS

Menghitung uji konsistensi data debit AWLR Hilir DAS Rejoso dari tahun 2005-2016 dengan menggunakan RAPS. Berikut ini langkah perhitungannya:

1. Menghitung rata-rata dan standart deviasi 12 data debit AWLR

$$\overline{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_{12}}{n} = \frac{3196 + 3684 + \ldots + 6599}{12} = 4274$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{(3196-4274)^2 + \ldots + (6599-4274)^2}{(12-1)}} = 1116{,}48$$

2. Kemudian hitung Sk *

   Sk * = Yi - $\overline{Y}$ = Y_1 - $\overline{Y}$ = 3196 – 4274 = -1078 (2006, 2007,... 2016)

3. Selanjutnya hitung Sk**

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{Sd} = \frac{-1078}{1116{,}48} = -0{,}92, \text{ (2006, 2007... 2016)}$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 7
Uji Konsistensi data debit menggunakan RAPS

No	Tahun	Debit	Sk*	Sk**	|Sk**|
1	2005	3196	-1078	-0,965	0,965
2	2006	3684	-590	-0,529	0,529
3	2007	3671	-603	-0,540	0,540
4	2008	3498	-776	-0,695	0,695
5	2009	2647	-1627	-1,457	1,457
6	2010	3242	-1032	-0,924	0,924
7	2011	4393	119	0,107	0,107
8	2012	5652	1378	1,234	1,234
9	2013	5172	898	0,804	0,804
10	2014	4483	209	0,187	0,187
11	2015	5049	775	0,694	0,694
12	2016	6599	2326	2,083	2,083
	Rata rata		4274		
	St.dev		1116,481		
	Q		2,083		
	R		3,540		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

1. Menghitung nilai Q/√n dan R/√n

$$\frac{Q}{\sqrt{n}} = \frac{\text{maks}\left|Sk^{**}\right|}{\sqrt{n}} = \frac{2,083}{\sqrt{12}} = 0,601$$

$$\frac{R}{\sqrt{n}} = \frac{\text{maks } Sk^{**} - \text{min } Sk^{**}}{\sqrt{n}} = \frac{2,083-(-1,457)}{\sqrt{12}} = 1,022$$

2. Bandingkan nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ hitung dengan $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ kritis

Hasil Perhitungan di dapatkan nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ = 0,601 dan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ = 1,022 kemudian untuk derajat kepercayaan 1 % , maka dari Tabel 2.1 dengan jumlah n = 12 maka dilakukan interpolasi sehingga diperoleh nilai $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ kritis = 1,316 sedangkan $\frac{R}{\sqrt{n}}$ kritis = 1,424. Maka dapat diketahui bahwa nilai:

$\frac{Q}{\sqrt{n}}$ hitung < $\frac{Q}{\sqrt{n}}$ kritis (0,601 < 1,316) dan

$\frac{R}{\sqrt{n}}$ hitung < $\frac{R}{\sqrt{n}}$ kritis (1,022 < 1,424)

dengan demikian dapat dikatakan 99% data debit konsisten.

Tabel 4. 8
Rekapitulasi hasil uji konsistensi data curah hujan dan debit DAS rejoso

Thn	Stasiun hujan									AWLR Hilir
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Puspo	**Gading**	**Winongan**	**Lumbang**	**Ranugrati**	**Panditan**	**KWD. Grati**	**Umbulan**	**Ngadisari**	
	(mm)	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(mm)**	**(m^3)**
2005	1873	1609	1570	2110	1645	2681	1541	**1688**	**1014**	3196
2006	2219	1180	1495	**1771**	1335	**1741**	1328	**1177**	**1368**	3684
2007	2620	1225	1243	**2026**	844	**1394**	872	**1300**	**3674**	3671
2008	**1261**	**941**	956	**1500**	929	**1224**	986	**1602**	**2944**	3498
2009	**960**	**1027**	1349	**820**	1187	**951**	1399	**1141**	**1780**	2647
2010	**2131**	**2042**	2666	**2255**	1681	**1383**	1901	**1795**	**5474**	3242
2011	**1171**	**1178**	1403	**1187**	1345	**746**	1202	**1109**	**3041**	4393
2012	**1079**	**890**	730	**1098**	1130	**879**	1117	**1143**	**2258**	5652
2013	**1622**	**1520**	1428	**1510**	2002	**1958**	1873	999	**3120**	5172
2014	**1103**	**741**	538	**780**	704	**1301**	686	**1044**	**1821**	4483
2015	**987**	**570**	931	**1004**	1077	**1408**	904	**1315**	**2114**	5049
2016	**1539**	**731**	1022	**1924**	1742	**1774**	1525	**1911**	**4621**	6599

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

Rekapitulasi hasil uji konsistensi untuk data curah hujan dan debit pada DAS Rejoso telah direvisi dan semuanya telah konsisten. Oleh karena itu dapat dilanjutkan tahapan pengujian data yang selanjutnya.

4.1.3 Uji Outlier Data Curah Hujan dan Debit

Apabila data telah diuji kebenarannya dan diperbaiki, maka selanjutnya perlu untuk melakukan seleksi data dengan menghilangkan data yang menyimpang terlalu jauh dari data yang ada dengan melakukan uji outlier. Sebagai contoh perhitungan digunakan data stasiun hujan Puspo, berikut perhitungannya:

1. Urutkan data curah hujan dari yang terkecil hingga terbesar lalu ubah ke bentuk log
2. Menghitung rerata (dalam bentuk log)

$$\overline{\text{Log Y}} = \frac{\text{Log Y}_1 + \text{Log Y}_2 + \ldots + \text{Log Y}_{12}}{n} = \frac{2{,}982 + 2{,}994 + \ldots + 3{,}418}{12} = 3{,}165$$

3. Menghitung standart deviasi dan kepencengan (dalam bentuk log)

$$\text{S log} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\text{Log Y}_i - \overline{\text{Log Y}}\right)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{(2{,}982-3{,}165)^2 + \ldots + (3{,}418-3{,}165)^2}{(12-1)}}$$

$$= 0{,}150$$

4. Menentukan Kn. Dimana, n = 12

Dengan interpolasi didapatkan Kn = 2,134, dari Tabel 2.2

5. Menghitung Batas atas dengan persamaan (2-8)

   Log YH = $\overline{\text{Log Y}}$ + Kn . S log = 3,165 + 2,134.0,150 = 3052, 139

6. Menghitung Batas bawah dengan persamaan (2-9)

   Log YL = $\overline{\text{Log Y}}$ - Kn . S log = 3,165 - 2,134 . 0,150 = 701,729

7. Mengeliminasi data yang melewati batas atas dan bawah

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 9
Uji Outlier Stasiun Puspo

No	Tahun	**Y (mm)**	Log Y	Ket
1	2009	960	2,982	memenuhi
2	2015	987	2,994	memenuhi
3	2012	1079	3,033	memenuhi
4	2014	1103	3,042	memenuhi
5	2011	1171	3,069	memenuhi
6	2008	1261	3,101	memenuhi
7	2016	1539	3,187	memenuhi
8	2013	1622	3,210	memenuhi
9	2005	1873	3,273	memenuhi
10	2010	2131	3,329	memenuhi
11	2006	2219	3,346	memenuhi
12	2007	2620	3,418	memenuhi
	jumlah	18566	37,985	
	rerata Log Y		3,165	
	S log		0,150	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hasil uji outlier untuk stasiun puspo seluruh datanya tidak ada yang melewati batas atas dan bawah atau tidak ada yang outlier, terbukti dengan perhitungan di atas. Untuk rekapitulasi hasil perhitungan uji outlier stasiun hujan dan AWLR secara keseluruhan terdapat dalam tabel berikut ini.

Tabel 4. 10
Rekapitulasi Uji Outlier data curah hujan dan debit DAS Rejoso

No	Stasiun hujan	Batas Bawah	Data terkecil	Data terbesar	Batas Atas	Ket
1	Puspo	702	960	2620	3052	memenuhi
2	Gading	490	570	2042	2337	memenuhi
3	Winongan	492	538	2666	2843	memenuhi
4	Lumbang	638	780	2255	3122	memenuhi
5	Ranugrati	632	704	2002	2452	memenuhi
6	Panditan	636	746	2681	2949	memenuhi

Lanjutan Tabel 4.10 Rekapitulasi Uji Outlier data curah hujan dan debit DAS Rejoso

No	Stasiun hujan	Batas Bawah	Data terkecil	Data terbesar	Batas Atas	Ket
7	KWD.Grati	623	686	1901	2399	memenuhi
8	Umbulan	820	999	1911	2126	memenuhi
9	Ngadisari	866	1014	5474	7135	memenuhi
10	AWLR	2328	2647	6599	7340	memenuhi

Sumber: Data Hasil Perhitungan, 2018

4.1.4 Uji Ketidakadaan Trend Data Curah Hujan dan Debit

Setelah diuji konsistensi dan outlier, data siap untuk masuk pada tahapan uji ketidakadaan trend. Banyak cara yang dapat digunakan untuk menghitung uji ketidakadaan trend dalam kajian ini digunakan uji korelasi peringkat metode spearman, digunakan data dari Stasiun hujan Puspo untuk contoh perhitungannya sebagai berikut:

1. Mengurutkan data dari tahun 2005-2016
2. Memberi peringkat data berdasarkan waktu (Tt) secara urut
3. Memberi peringkat data (Rt) berdasarkan nilainya, dimulai dari nilai data tertinggi hingga terendah
4. Menghitung nilai dt dan dt^2

   Untuk tahun = 2005

   dt = Rt – Tt = 4 – 1 = 3

   $dt^2 = 3^2 = 9$
5. Menghitung KP

$$KP = 1- \frac{6 \sum_{i=1}^{n}(dt)^2}{n^3-n} = 1- \frac{6\,(9^2+\ldots+n)}{12^3-12} = 0{,}549$$

6. Menghitung nilai distribusi t pada dk (derajat kebebasan) = n-2 = 10 - 2 = 8, untuk derajat kepercayaan (umumnya 5%) namun pada perhitungan ini digunakan 0,5 %

$$t = KP \left[\frac{n-2}{1-KP^2}\right]^{\frac{1}{2}} = 0{,}549 \left[\frac{12-2}{1-0{,}55^2}\right]^{\frac{1}{2}} = 2{,}077$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 11
Hasil Perhitungan Uji Ketidakadaan Trend (dua sisi untuk derajat kepercayaan 0,5%) Stasiun Puspo

No	Tahun	Peringkat Tt	Hujan (mm)	Peringkat Rt	dt	dt^2
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6=5-3**	**7=6x6**
1	2005	1	1873	4	3	9

Lanjutan Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Uji Ketidakadaan Trend (dua sisi untuk derajat kepercayaan 0,5%) Stasiun Puspo

No	Tahun	Peringkat Tt	Hujan (mm)	Peringkat Rt	dt	dt^2
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6=5-3**	**7=6x6**
2	2006	2	2219	2	0	0
3	2007	3	2620	1	-2	4
4	2008	4	1261	7	3	9
5	2009	5	960	12	7	49
6	2010	6	2131	3	-3	9
7	2011	7	1171	8	1	1
8	2012	8	1079	10	2	4
9	2013	9	1622	5	-4	16
10	2014	10	1103	9	-1	1
11	2015	11	987	11	0	0
12	2016	12	1539	6	-6	36
Jumlah						129
KP			0,549			
t_{hitung}			2,077			
dk			10			

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

7. Bandingkan nilai t hitung dengan t cr

Hasil perhitungan uji ketidakadaan trend stasiun Puspo, nilai t_{hitung} = 2,077 dengan derajat kepercayaan 0,5 % dan dk = 10 dari Tabel 2.3, maka diperoleh nilai $\pm t_{0,995}$ = ±3,169, sehingga $-t_{0,995} < t_{hitung} < t_{0,995}$ (-3,169 < 2,077 < 3,169) oleh karena itu kesimpulannya data pada stasiun Puspo tidak ada trend.

Tabel 4. 12
Rekapitulasi Uji Ketiadakadaan Trend

No	Stasiun hujan	t	tcr	kesimpulan
1	Puspo	2,077	± 3,169	tidak ada
2	Gading	3,094		tidak ada
3	Winongan	2,134		tidak ada
4	Lumbang	1,709		tidak ada
5	Ranugrati	-0,033		tidak ada
6	panditan	0,244		tidak ada
7	KWD Grati	0,608		tidak ada
8	Umbulan	0,596		tidak ada
9	Ngadisari	1,074		tidak ada
10	AWLR	-1,140		tidak ada

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari hasil rekapitulasi perhitungan Uji Ketidakadaan Trend stasiun hujan dan AWLR pada DAS Rejoso, seluruh data yang ada tidak ada trend. Sehingga data siap untuk melakukan

uji statistik pada tahapan selanjutnya.

4.1.5 Uji Stasioner Data Curah Hujan dan Debit

Uji Stasioner digunakan untuk menguji kestabilan atau mengetahui homogen atau tidaknya nilai parameter statistik (rata-rata dan varian) dari deret berkala. Contoh Perhitungan digunakan data Stasiun Hujan Puspo.

4.1.5.1 Uji F

Uji F digunakan untuk menguji kestabilan varian variabel hidrologi. Langkah-langkah perhitungan yaitu sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi dua kelompok
2. Menghitung Standart deviasi (S)

$$S_1^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{(n)}} = \sqrt{\frac{(1873\text{-}1844)^2 + \ldots + (2131\text{-}1844)^2}{(6)}} = 389373{,}370$$

$$S_2^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{(n)}} = \sqrt{\frac{(1171\text{-}1250)^2 + \ldots + (1539\text{-}1250)^2}{(6)}} = 69641{,}487$$

3. Menghitung nilai F

$$F = \frac{n_1\, S_1^2 (n_2 - 1)}{n_2\, S_2^2 (n_1 - 1)} = \frac{6\ .\ 389373{,}370^2\ (6 - 1)}{6\ .\ 69641{,}487^2 (6 - 1)} = 5{,}591$$

Perhitungan selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 13
Uji F Data Stasiun Hujan Puspo

No	Tahun	Kelompok 1	Tahun	Kelompok 2
1	2005	1873	2011	1171
2	2006	2219	2012	1079
3	2007	2620	2013	1622
4	2008	1261	2014	1103
5	2009	960	2015	987
6	2010	2131	2016	1539
Jumlah		11065	Jumlah	7501
N_1		6	N_2	6
S_1^2		389373	S_2^2	69641,487
dk_1		5	dk_2	5

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

4. Menentukan F_{cr}

Dengan $dk_1 = n_1 – 1 = 6 – 1 = 5$; $dk_2 = n_2 – 1 = 6 – 1 = 5$, didapatkan nilai $F_{cr} = 10{,}970$ dengan $\alpha = 0{,}01$

5. Membandingkan nilai F_{hitung} dan F_{cr}

   Diperoleh nilai F_{hitung} = 5,591, kemudian F_{cr} = 10,970, maka $F_{hitung} < F_{cr}$ (5,591< 10,970) sehingga nilai varian kelompok 1 dan 2 tidak ada beda nyata pada derajat kepercayaan 0,01 %

   Tabel 4. 14
   Rekapitulasi Uji F (Dua Sisi)

No	Stasiun hujan	Kel	Fhitung	Fcr	kesimpulan
1	Puspo	I II	5,591		diterima
2	Gading	I II	1,399		diterima
3	Winongan	I II	2,727		diterima
4	Lumbang	I II	1,674		diterima
5	Ranugrati	I II	0,553	10,970	diterima
6	Panditan	I II	1,603		diterima
7	KWD Grati	I II	0,768		diterima
8	Umbulan	I II	0,677		diterima
9	Ngadisari	I II	2,726		diterima
10	AWLR	I II	0,227		diterima

   Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

   Dari rekapitulasi uji F untuk data curah hujan dan debit DAS Rejoso nilai variannya adalah stabil. Maka dapat dilanjutkan pengujian selanjutnya.

4.1.5.2 Uji T

Uji T digunakan untuk menguji nilai rata-rata variabel hidrologi. Langkah-langkah perhitungannya yaitu sebagai berikut:

1. Membagi data menjadi dua kelompok
2. Menghitung rata-rata ($\bar{X}$) dan Standart deviasi (S) dari kedua kelompok

   <u>Kelompok 1</u>

$$\bar{X}_1 = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + X_{12}}{n} = \frac{1873 + 2219 + \ldots + 2131}{6} = 1844$$

$$S_1^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(1873-1844)^2 + \ldots + (2131-1844)^2}{6}} = 389373{,}370$$

Kelompok 2

$$\bar{X}_2 = \frac{X_1 + X_2 + \ldots + X_{12}}{n} = \frac{1171 + 1079 + \ldots + 1539}{6} = 1250$$

$$S_2^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{(n)}} = \sqrt{\frac{(1171-1250)^2 + \ldots + (1539-1250)^2}{(6)}} = 69641{,}487$$

3. Menghitung Standar deviasi populasi (σ)

$$\sigma = \left|\frac{N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2}{N_1 + N_2 - 2}\right|^{\frac{1}{2}} = \left|\frac{6.389373{,}37^2 + 6.69641{,}49^2}{6 + 6 - 2}\right|^{\frac{1}{2}} = 524{,}794$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 15
Uji T Data Curah Hujan Stasiun Puspo

No	Tahun	Kelompok 1	Tahun	Kelompok 2
1	2005	1873	2011	1171
2	2006	2219	2012	1079
3	2007	2620	2013	1622
4	2008	1261	2014	1103
5	2009	960	2015	987
6	2010	2131	2016	1539
	n_1	6	n_2	6
	$1/n_1$	0,167	$1/n_2$	0,167
	S_1^2	389373,37	S_2^2	69641,487
	$\bar{X}_1$	1844	$\bar{X}_2$	1250
	dk	10	dk	10

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

4. Menghitung nilai t

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sigma \left|\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}\right|^{\frac{1}{2}}} = \frac{|1844-1250|}{524{,}794 \left|\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\right|^{\frac{1}{2}}} = 1{,}960$$

5. Menentukan nilai t cr

Dengan dk = N1 + N2 – 2 = 6 + 6 – 2 =10, didapatkan nilai t cr = 3,169 dengan derajat kepercayaan 0,5 %

6. Membandingkan nilai t_{hitung} dengan t_{cr}

Diperoleh nilai t_{hitung} = 1,960, kemudian t_{cr} = 3,169, maka $t_{hitung} < t_{cr}$ (1,960 < 3,169) sehingga nilai rata-rata kelompok 1 dan 2 tidak ada beda nyata pada derajat kepercayaan 0,5 %, dengan kesimpulan **diterima.**

Tabel 4. 16
Rekapitulasi Uji T (Satu Sisi)

No	Stasiun hujan	Kel	t hitung	t cr	kesimpulan
1	Puspo	I II	1,960		Diterima
2	Gading	I II	1,643		Diterima
3	Winongan	I II	1,746		Diterima
4	Lumbang	I II	1,666		Diterima
5	Ranugrati	I II	0,240	3,169	Diterima
6	Panditan	I II	0,633		Diterima
7	KWD Grati	I II	0,471		Diterima
8	Umbulan	I II	1,001		Diterima
9	Ngadisari	I II	0,137		Diterima
10	AWLR	I II	4,691		Ditolak

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari rekapitulasi uji T diatas maka nilai rata-rata untuk data curah hujan adalah stabil dan Debit tahunan DAS Rejoso adalah tidak stabil. Maka dengan memperhatikan Uji F dan uji T tersebut maka deret berkala untuk data curah hujan tahunan adalah stationer, nilai varian dan rata-rata adalah stabil. Namun untuk deret berkala data debit tahunan AWLR Winongan tidak stationer, karena nilai varian adalah stabil untuk nilai rata-rata adalah tidak stabil. Setelah melakukan Uji Stationer selanjutnya dapat dilakukan uji Persistensi. Hasil ini berdasarkan keadaan data yang sesungguhnya, maka dianggap sebagai hal yang wajar.

4.1.6 Uji Persistensi Data Curah Hujan dan Debit

Persistensi merupakan ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Uji Persistensi itu sendiri bertujuan untuk membuktikan bahwa data berasal dari sampel acak atau tidak. Contoh perhitungan menggunakan data stasiun hujan Puspo, langkah-langkah perhitungan yaitu sebagai berikut:

1. Memberi peringkat pada data curah hujan dari nilai tertinggi ke rendah
2. Menghitung (di)

   di adalah perbedaaan nilai antara peringkat data ke Xi dan ke Xi + 1

Pada data pertama tidak ada, dimulai dari data ke dua

di = 4-2 = 2

3. Menghitung (di^2)

   di = di^2 = 2^2 = 4

4. Menghitung koefisien korelasi serial metode Spearman (KS)

$$KS = 1- \frac{6 \sum_{i=1}^{m}(di)^2}{m^3-m} = 1- \frac{6\,(2^2+\ldots+m)}{11^3-11} = -0{,}118$$

5. Menghitung nilai t

$$t = KS \left[\frac{m-2}{1-KS^2}\right]^{\frac{1}{2}} = -0{,}12\left[\frac{11-2}{1-(-0{,}12)^2}\right]^{\frac{1}{2}} = -0{,}357$$

Perhitungan selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 17
Uji Persistensi Data Hujan Stasiun Puspo

No	Hujan (mm)	Peringkat	di	di^2
1	**2**	**3**	**4**	**5=4x4**
1	1873	4	-	-
2	2219	2	2	4
3	2620	1	1	1
4	1261	7	-6	36
5	960	12	-5	25
6	2131	3	9	81
7	1171	8	-5	25
8	1079	10	-2	4
9	1622	5	5	25
10	1103	9	-4	16
11	987	11	-2	4
12	1539	6	5	25
Jumlah		-	-	246
m		11		
KS		-0,118		
t		-0,357		

Sumber : Hasil Perhitungan, 2018

6. Menentukan t_{cr}

   Dengan dk = m-2 = 11-2 = 9, didapatkan t_{cr} = ±3,250 untuk distribusi dua sisi dengan derajat kepercayaan 0,5 %

7. Membandingkan nilai t hitung dan t cr

   Diperoleh nilai t_{hitung} = -0,357, kemudian t_{cr} = ±3,250, maka $-t_{cr} < t_{hitung} < +t_{cr}$

(-3,250 < -0,357 < 3,250) sehingga 99,5% data curah hujan stasiun Puspo merupakan data yang bersifat acak.

Tabel 4. 18
Rekapitulasi Uji Persistensi

No	Stasiun hujan	Thitung	Tcr	kesimpulan
1	Puspo	-0,357	± 3,250	acak
2	Gading	0,455		acak
3	Winongan	-0,109		acak
4	Lumbang	-0,850		acak
5	Ranugrati	-1,104		acak
6	Panditan	0,441		acak
7	KWD Grati	-0,897		acak
8	Umbulan	-0,671		acak
9	Ngadisari	-0,583		acak
10	AWLR	2,535		acak

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan pada tabel rekapitulasi uji persistensi data curah hujan dan debit tahunan DAS Rejoso memiliki kesimpulan bahwa data deret berkala seluruh stasiun hujan acak atau independen.

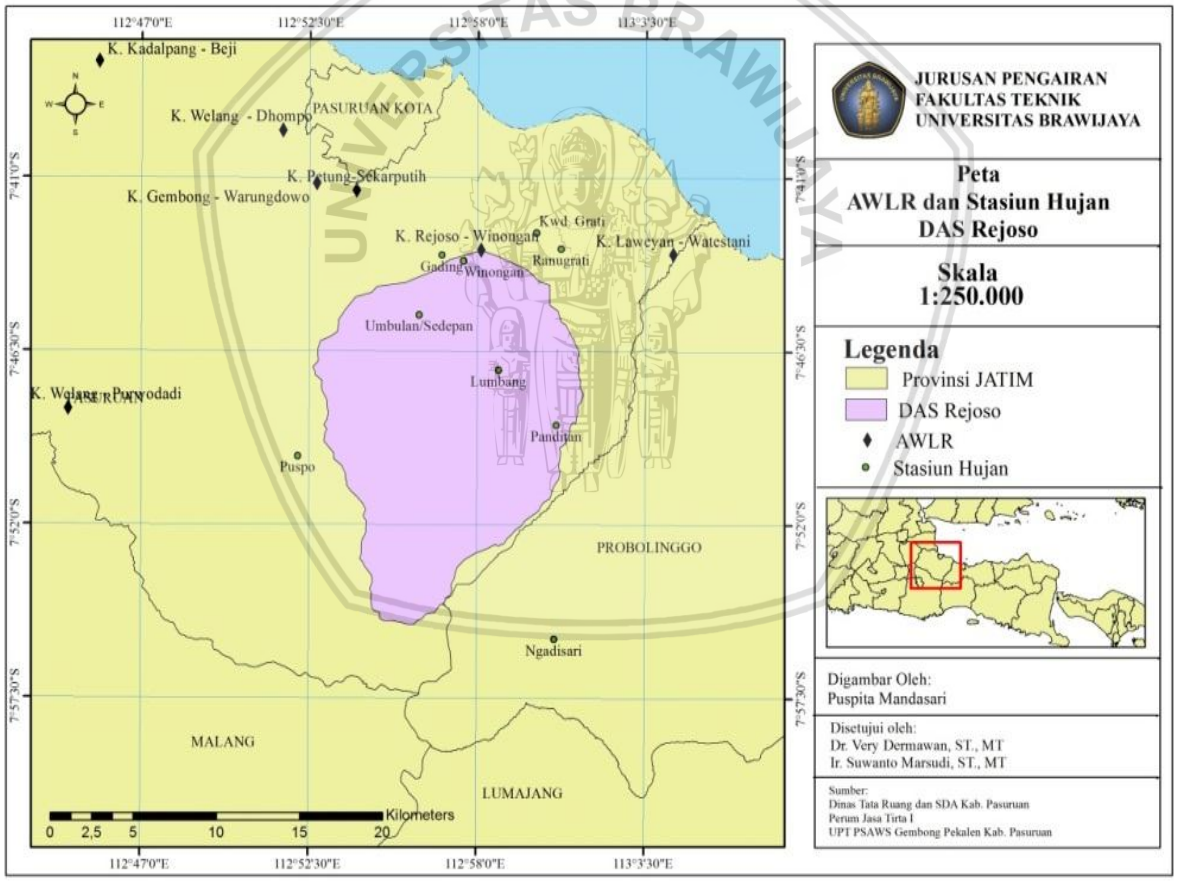
Dengan demikian hasil analisis hidrologi khususnya dalam uji statistik, untuk data curah hujan dari 9 stasiun hujan yaitu stasiun hujan Winongan, Umbulan, Lumbang, Panditan, Gading, KWD. Grati, Puspo, Ngadisari, dan Ranugrati adalah data sudah konsisten atau telah diperbaiki, tidak ada data yang *Outlier*, pada deret berkala tidak ada trend, memiliki nilai varian dan rata-rata yang stasioner, dan data bersifat acak. Sedangkan pada data debit AWLR Hilir DAS Rejoso hampir seluruhnya memiliki hasil analisis yang sama dengan data curah hujan namun nilai rata-rata tidak stabil sehingga nilai varian dan rata-ratanya tidak stasioner, hasil tersebut merupakan hasil dari pengujian statistik data historis yang ada pada DAS Rejoso. Dengan melakukan uji statistik (nilai rata-rata dan varian) terhadap data deret berkala, kesiapan data sudah dianggap lebih baik dari kondisi sebelum dilakukan rangkaian uji statistik data maka data curah hujan sebagai masukan (*input*) dan data debit sebagai *output* siap digunakan pada aplikasi *neurosolutions*. Sebelum itu perlu dilakukan evaluasi kerapatan jaringan kondisi eksisting di DAS Rejoso.

4.2 Analisis Rasionalisasi Jaringan Stasiun Hujan DAS Rejoso

Pada studi ini evaluasi kerapatan jaringan stasiun hujan eksisting DAS Rejoso akan dinilai dengan standar yang dimiliki oleh beberapa metode antara lain metode WMO, Bleasdale, Varshney, dan Sugawara yang kemudian akan dirasionalisasi dengan metode JST sedangkan untuk pola penyebaran akan langsung membahas persebaran lokasi stasiun hujan pada DAS Rejoso selanjutnya jaringan stasiun hujan yang telah terpilih dengan metode JST akan dihubungkan dengan kondisi topografi serta dilakukan perhitungan debit banjir rancangan untuk memilih jaringan yang efisien dan efektif.

4.2.1 Evaluasi Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan Eksisting DAS Rejoso

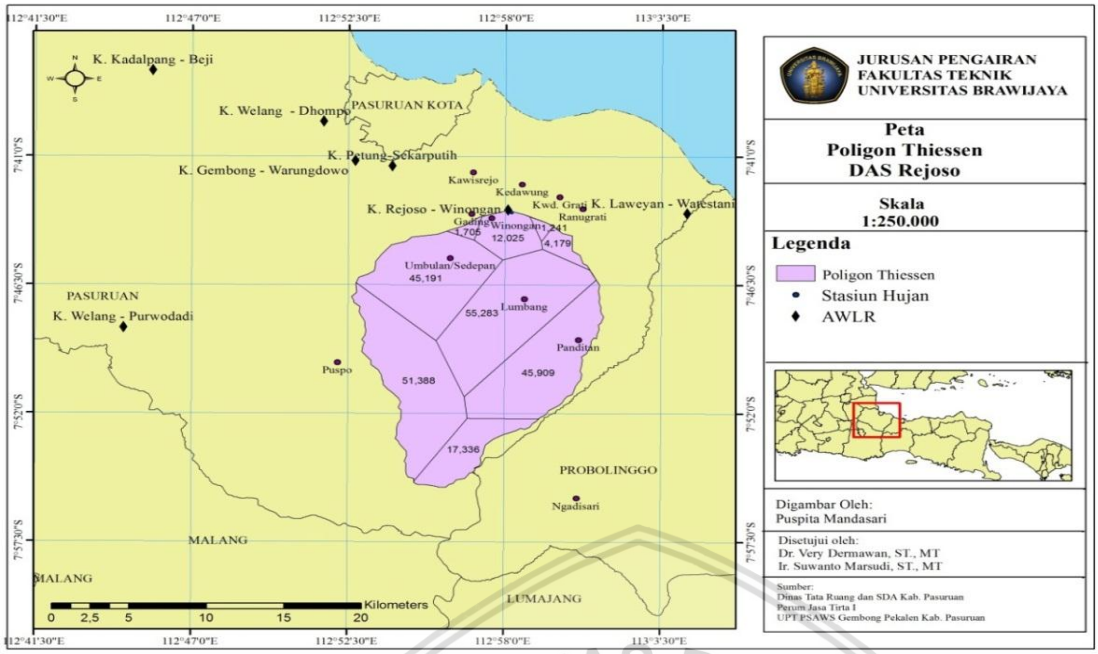
Berdasarkan peta dibawah ini dapat diketahui perletakan stasiun hujan di dalam dan di sekitar DAS Rejoso. Berikut ini analisis kerapatan jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dengan beberapa metode.



Gambar 4. 3 Peta AWLR dan Stasiun Hujan DAS Rejoso

4.2.1.1 Metode WMO

Metode yang dimiliki WMO, menggunakan luas daerah tangkapan hujan setiap stasiun hujan dalam menganalisis kerapatan jaringan. Oleh karena itu, digunakan metode Poligon *Thiessen* untuk mengetahui luas daerah tangkapan hujan tiap stasiun hujan kondisi eksisting. Supaya lebih jelas dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4. 4 Peta Poligon Thiessen DAS Rejoso Kondisi Eksisting

Tabel 4. 19
Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan DAS Rejoso Kondisi Eksisiting

No	Nama Stasiun	Luas Thiessen/kerapatan jaringan (km^2)	Koefisisen
1	Puspo	51,388	21,937%
2	Ngadisari	17,336	7,400%
3	Umbulan	45,191	19,291%
4	Winongan	12,025	5,133%
5	Ranugrati	4,179	1,784%
6	Panditan	45,909	19,598%
7	Lumbang	55,283	23,599%
8	KWD.Grati	1,241	0,530%
9	Gading	1,705	0,728%
	TOTAL	234,257	100,000%

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan pada gambar dan tabel diatas maka, terdapat 9 stasiun hujan yang berpengaruh di DAS Rejoso pada kondisi eksisting. Dimana 4 stasiun berada di dalam DAS sedangkan 5 diantaranya terletak di sekitar DAS Rejoso, maka dengan 9 stasiun hujan yang ada kerapatan jaringan tersebut dianggap ideal namun belum tentu optimum.

Apabila dinilai menurut standar WMO DAS rejoso yang terletak pada daerah pegunungan tropis, diperlukan kerapatan minimum sebesar 100 – 250 km^2 setiap 1 pos, maka dihitung n (banyaknya stasiun hujan) pada suatu DAS. Maka perhitungannya adalah membagi luas DAS Rejoso dengan nilai rasio luasan WMO yang telah ditentukan. Dengan coba-coba, daerah tangkapan hujan DAS Rejoso memiliki n sama dengan 234,257 km^2 dibagi 250 km^2 sehingga n = 0,94 ≈ 1 stasiun hujan atau 2 stasiun hujan apabila 234,257

km^2 dibagi dengan 100 km^2.

4.2.1.2 Metode Bleasdale

Sedangkan standar untuk metode Bleasdale digunakan prinsip semakin luas DAS yang ditinjau, semakin rendah kerapatan jaringan stasiun penakar hujan yang ada. Maka dengan luas DAS 234,257 km^2, dilakukan interpolasi pada kriteria jumlah stasiun hujan metode Bleasdale pada tabel 2.4 (BAB II) untuk mengetahui kerapatan jaringan dengan metode ini, dengan demikian diperoleh jumlah stasiun hujan sebanyak 5,56 ≈ 6 stasiun hujan yang dianggap optimum.

4.2.1.3 Metode Varshney

Selanjutnya untuk metode yang dikemukakan oleh Varshney menggunakan pendekatan statistik dalam menentukan kerapatan stasiun hujan yang optimal. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. $P_1 = \dfrac{P_{2005} + P_{2006} + P_{2007} + \ldots + P_{2016}}{\text{n(banyak tahun)}}$

   $= \dfrac{1873 + 2219 + 2620 + \ldots + 1539}{12} = \dfrac{18566}{12} = 1547$

2. $P_t = P_1 + P_2 + \ldots + P_n$

   $= 1547 + 1138 + 1278 + 1499 + 1302 + 1453 + 1278 + 1352 + 2769$

   $= 13615$

3. $P_m = \dfrac{P_t}{\text{n(banyak stasiun hujan)}} = \dfrac{13615}{9} = 1513$

4. $Ss = P_1^2 + P_2^2 + P_3^2 + \ldots + P_n^2$

   $= 1547^2 + 1138^2 + 1278^2 + 1499^2 + 1302^2 + 1453^2 + 1278^2 + 1352^2 + 2769^2$

   $= 22.502.525$

5. $S^2 = \left(\sqrt{\dfrac{Ss}{n-1}}\right) - P_m = \left(\sqrt{\dfrac{22.502.525}{9-1}}\right) - 1513 = 164,328$

6. $Cv = \left(\dfrac{100\sqrt{S^2}}{Pm}\right) = \left(\dfrac{100\sqrt{164,328}}{1513}\right) = 0,847$

7. $N = \left[\dfrac{Cv}{P}\right]^2 = \left[\dfrac{0,847}{0,10}\right]^2 = 7,18 = 7$ buah stasiun, dengan P = 10%

8. $N - n = 9 - 7 = 2$ buah

4.2.1.4 Metode Sugawara

Kemudian untuk metode Sugawara, suatu DAS pada daerah tropis dengan luasan

lebih kecil dari 100 km^2 maupun lebih besar dari 100 km^2, pemakaian 10 buah stasiun hujan atau 15 stasiun hujan untuk analisis hidrologi dipandang sudah mencukupi. Maka untuk DAS Rejoso dengan daerah tangkapan hujan seluas 234, 257 km^2 untuk standar ini disarankan 10 buah stasiun hujan atau 15 stasiun hujan.

4.2.2 Rekapitulasi Analisis Kerapatan Stasiun Hujan Eksisting

Berikut hasil rekapitulasi kerapatan jaringan stasiun hujan berdasarkan 4 metode tersebut, sebelumnya dengan poligon Thiessen terdapat 9 stasiun yang memiliki pengaruh luas daerah tangkapan hujan pada DAS Rejoso dimana luas DAS yaitu 234,257 km^2. Hasil evaluasi kerapatan jaringan kondisi eksisting telah dirangkum pada Tabel di bawah ini.

Tabel 4. 20
Rekapitulasi Evaluasi Kerapatan Jaringan Kondisi Eksisting

Metode	Jumlah Stasiun Hujan Rekomendasi
WMO	1 atau 2
Bleasdale	6
Varshney	2
Sugawara	10 atau 15

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Hasil evaluasi tersebut akan dihubungkan dengan analisis kerapatan jaringan menggunakan metode JST. Metode ini bukanlah metode yang khusus membahas tentang kerapatan jaringan stasiun hujan, metode JST juga dapat digunakan untuk banyak analisis lain di luar hidrologi, artinya tidak ada parameter-parameter batasan jumlah stasiun hujan minimum atau maksimum dan kriteria luasan atau kriteria khusus lain yang diberikan metode ini untuk menentukan kerapatan jaringan stasiun hujan suatu DAS seperti 4 metode yang digunakan dalam analisis sebelumnya. Oleh karena itu, perlu ditentukan suatu batas analisis jumlah stasiun hujan minimum atau kerapatan jaringan maksimum untuk analisis dengan metode JST, yang dapat ditentukan melalui 4 metode yang telah dianalisis sebelumnya. Maka berikut pertimbangannya metode Sugawara tidak digunakan karena harus menambah stasiun hujan yang akan membuat biaya OP semakin mahal karena harus menambah beberapa stasiun hujan. Maka terdapat 3 metode yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan yaitu Bleasdale, Varshney dan WMO. Dikarenakan WMO memiliki jumlah stasiun hujan paling kecil diantara metode lainnya, maka metode ini dapat dijadikan acuan sebagai batas jumlah stasiun hujan minimum untuk analisis pada metode JST. Dengan demikian dapat dilanjutkan untuk analisis kerapatan jaringan DAS Rejoso dengan menggunakan metode JST. Dengan pertimbangan biaya OP yang murah dan optimalnya peramalan stasiun hujan pada metode JST dari 4 metode tersebut dipilih metode yang

memiliki kerapatan jaringan paling kecil yaitu metode WMO dengan rekomendasi jumlah stasiun yaitu 1 stasiun hujan untuk dijadikan acuan (kerapatan jaringan minimum).

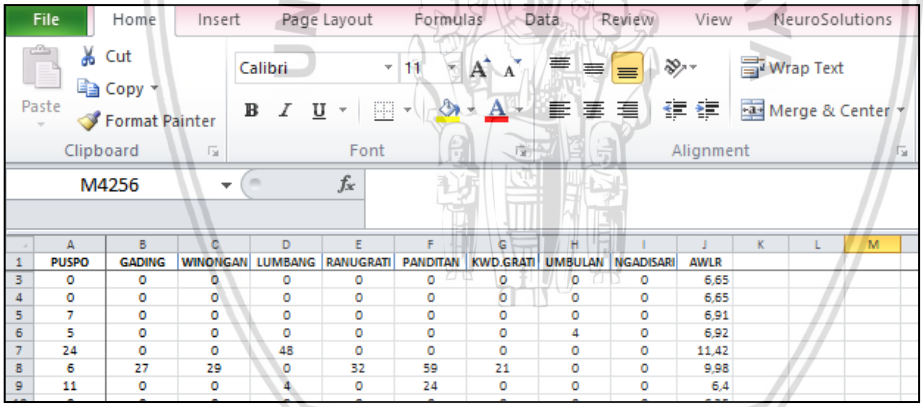
4.2.3 Analisis Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan dengan menggunakan Metode JST

Pada studi ini pengolahan data dengan metode JST, menggunakan aplikasi *Neurosolutions* versi 7.1.1. pada aplikasi ini data curah hujan merupakan *input* dan kemudian data debit sebagai *output* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, dari data tersebut perlu dibangun sebuah jaringan saraf tiruan yang harus melalui rangkaian pelatihan, dimana jenis pelatihan jaringan yang digunakan yaitu pelatihan terbimbing. Pelatihan terbimbing ini menggunakan jenis algoritma *Backpropagation*.

4.2.3.1 Pengolahan Data pada Aplikasi Neurosolutions

Berikut ini adalah langkah-langkah pengolahan data dengan aplikasi *neurosolutions* adalah sebagai berikut:

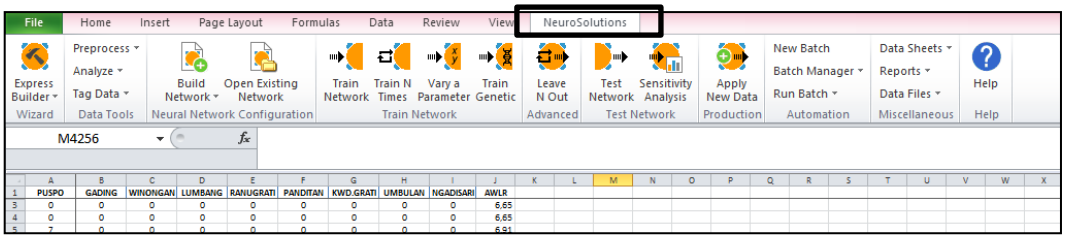
1. Persiapkan data curah hujan seluruh stasiun hujan dan data debit yang digunakan,atur menurun ke bawah urut berdasarkan waktu dari tahun 2005-2016. Hilangkan data stasiun yang tidak digunakan dengan *delete* 1 set kolom stasiun tersebut.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	PUSPO	GADING	WINONGAN	LUMBANG	RANUGRATI	PANDITAN	KWD.GRATI	UMBULAN	NGADISARI	AWLR
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,65
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,65
5	7	0	0	0	0	0	0	0	0	6,91
6	5	0	0	0	0	0	0	4	0	6,92
7	24	0	0	48	0	0	0	0	0	11,42
8	6	27	29	0	32	59	21	0	0	9,98
9	11	0	0	4	0	24	0	0	0	6,4

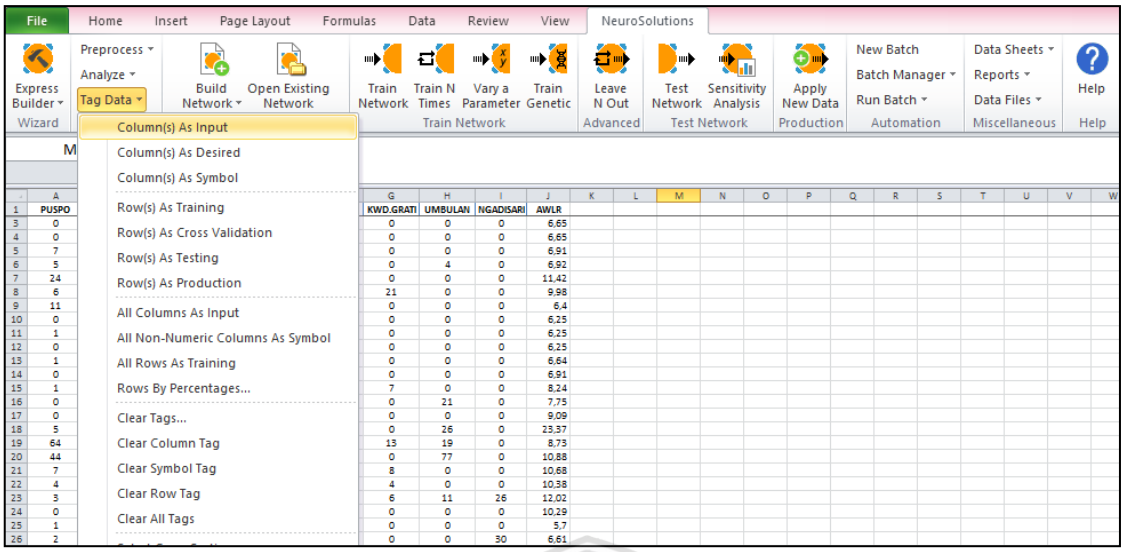
Gambar 4.5 Tampilan data curah hujan yang dipersiapkan untuk menjadi *input* pada *neurosolutions*

2. Kemudian pilih Neurosolutions pada Tab menu bar excel, maka menu bar nya akan menyesuaikan seperti gambar di bawah ini



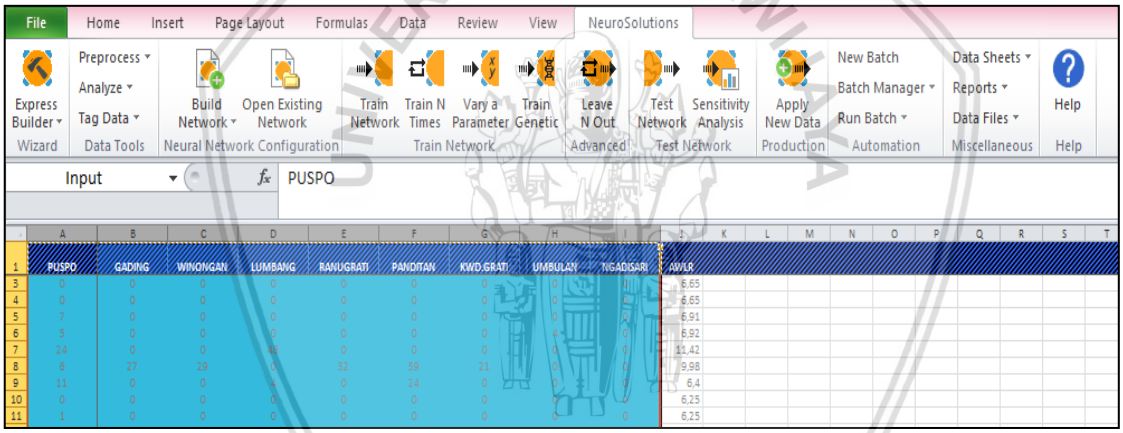
Gambar 4.6 Tampilan *neurosolutions* pada Menubar Excel

3. Bagi data berdasarkan *Rows* dan *Columns*, Klik *Tag Data* – Pilih *Column(s) As Input* - blok kolom data curah hujan



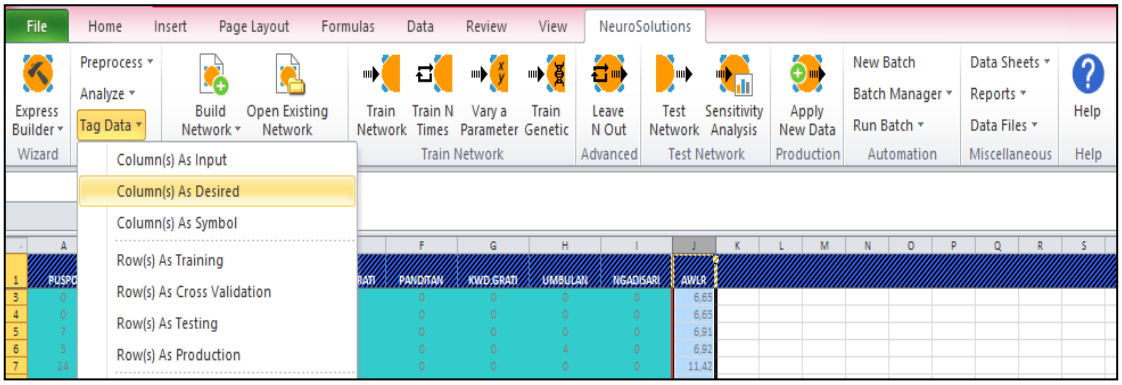
Gambar 4.7 Pemilihan data *Input* berdasarkan kolom

Maka tampilan akan menjadi seperti di bawah ini, *Column* yang dipilih terblok warna biru



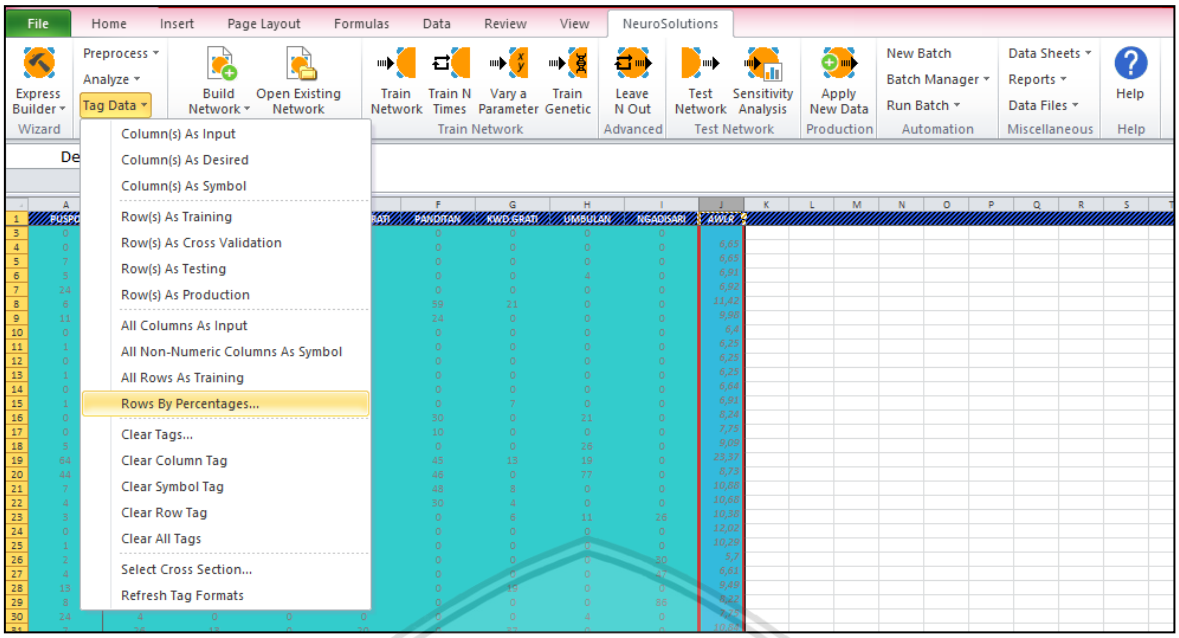
Gambar 4.8 Tampilan data curah hujan setelah masuk menjadi *data input* pada *neurosolutions*

4. Selanjutnya, klik *Tag Data* – pilih *Column(s) As Desired* – pilih data debit AWLR, data debit akan dijadikan sebagai parameter hasil (*Output*)



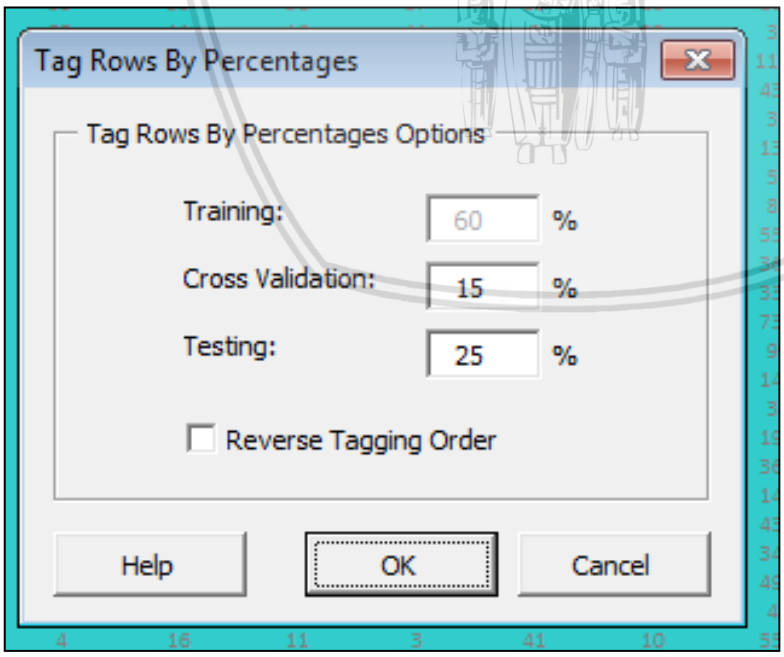
Gambar 4.9 Pemilihan data parameter untuk hasil *(Output) Neurosolutions*

5. Kemudian *Tag Data* pada *Rows*, klik *Tag Data – Rows by Percentage*



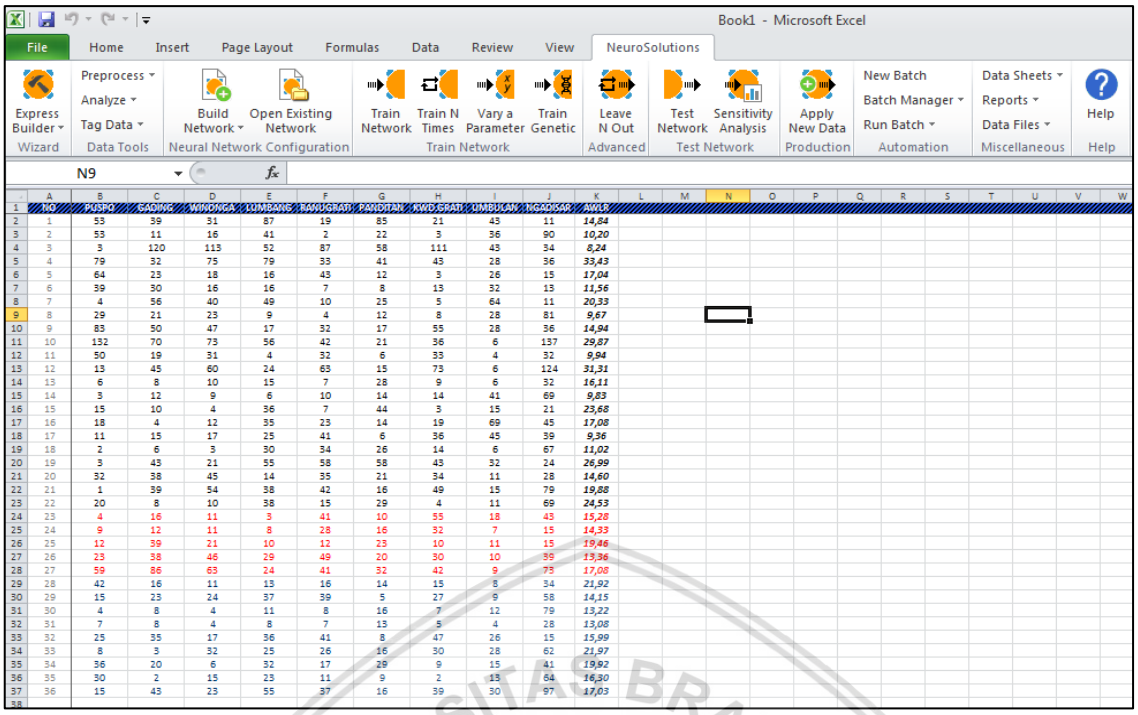
Gambar 4.10 Pemilihan data berdasarkan baris dengan *Rows by percentage*

6. Maka akan muncul tampilan kotak *Tag Rows By Percentages* - Kemudian isi persentase data untuk *cross validation* dan *testing* maka data *Training* akan menyesuaikan namun sudah disediakan komposisi data pada *default* dengan susunan 60% untuk data *Training* - 15% untuk data *cross validation* - 25% untuk data *testing*. Apabila sudah menentukan komposisi data maka klik *ok*.



Gambar 4.11 Pembagian data dengan *Rows by percentages*

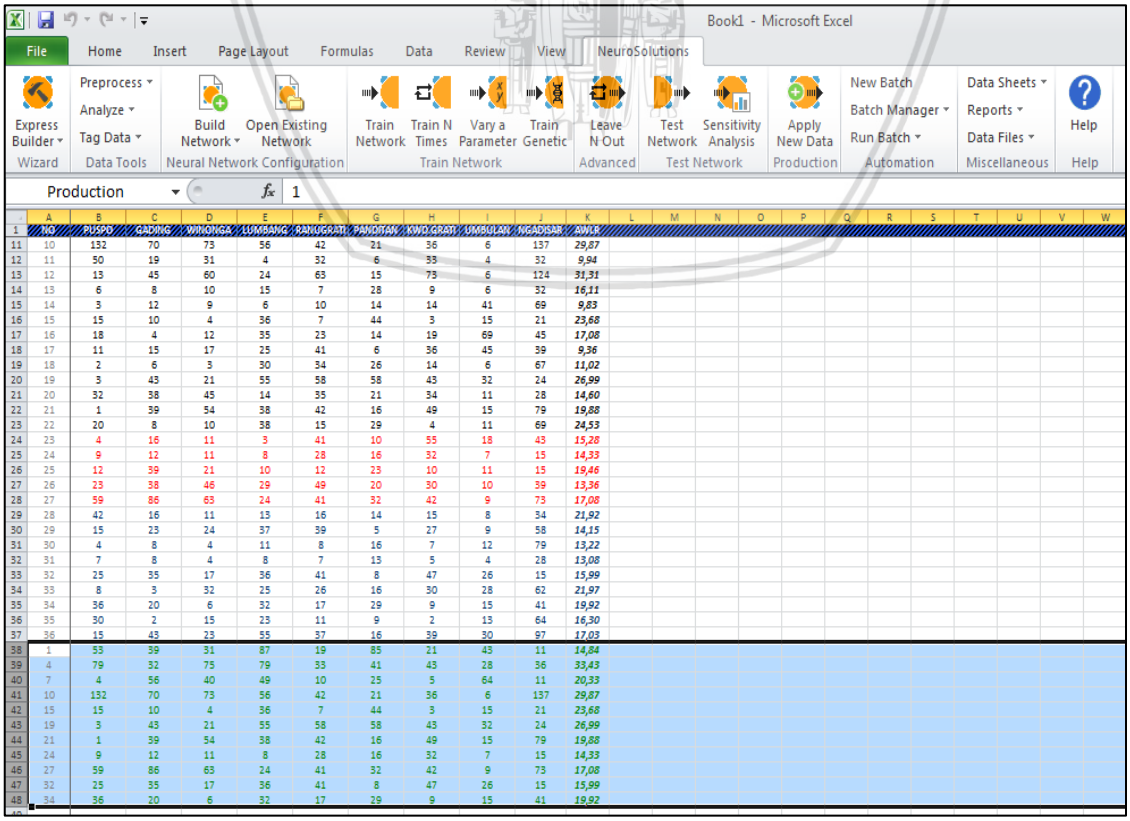
7. Tampilan data akan menjadi seperti ini, dimana data berwarna hitam yaitu data *training*, data berwarna merah yaitu data *cross validation*, data berwarna biru yaitu data *Testing*.



NO	PUSPO	GADING	WINONGA	LUMBANG	RANUGRAH	PANDITAN	KWD.GRAH	UMBULAN	NGADISAR	AWLR
1	53	39	31	87	19	85	21	43	11	14,84
2	53	11	16	41	2	22	3	36	90	10,20
3	3	120	113	52	87	58	111	45	34	8,24
4	79	32	75	79	33	41	43	28	36	33,43
5	64	23	18	16	43	12	3	26	15	17,04
6	39	30	16	16	7	8	13	32	13	11,56
7	4	56	40	49	10	25	5	64	11	20,33
8	29	21	23	9	4	12	8	28	81	9,67
9	83	50	47	17	32	17	55	28	36	14,94
10	132	70	73	56	42	21	36	6	137	29,87
11	50	19	31	4	32	6	33	4	32	9,94
12	13	45	60	24	63	15	73	6	124	31,31
13	6	8	10	15	7	28	9	6	32	16,11
14	3	12	9	6	10	14	14	41	69	9,83
15	15	10	4	36	7	44	3	15	21	23,68
16	18	4	12	35	23	14	19	69	45	17,08
17	11	15	17	25	41	6	36	45	39	9,36
18	2	6	3	30	34	26	14	6	67	11,02
19	3	43	21	55	58	58	43	32	24	26,99
20	32	38	45	14	35	21	34	11	28	14,60
21	1	39	54	38	42	16	49	15	79	19,88
22	20	8	10	38	15	29	4	11	69	24,53
23	4	16	11	3	41	10	55	18	43	15,28
24	9	12	11	8	28	16	32	7	15	14,33
25	12	39	21	10	12	23	10	11	15	19,46
26	23	38	46	29	49	20	30	10	39	13,36
27	59	86	63	24	41	32	42	9	73	17,08
28	42	16	11	13	16	14	15	8	34	21,92
29	15	23	24	37	39	5	27	9	58	14,15
30	4	8	4	11	8	16	7	12	79	13,22
31	7	8	4	8	7	13	5	4	28	13,08
32	25	35	17	36	41	8	47	26	15	15,99
33	8	3	32	25	26	16	30	28	62	21,97
34	36	20	6	32	17	29	9	15	41	19,92
35	30	2	15	23	11	9	2	13	64	16,30
36	15	43	23	55	37	16	39	30	97	17,03

Gambar 4.12 Tampilan data setelah pembagian dengan *Rows by percentages*

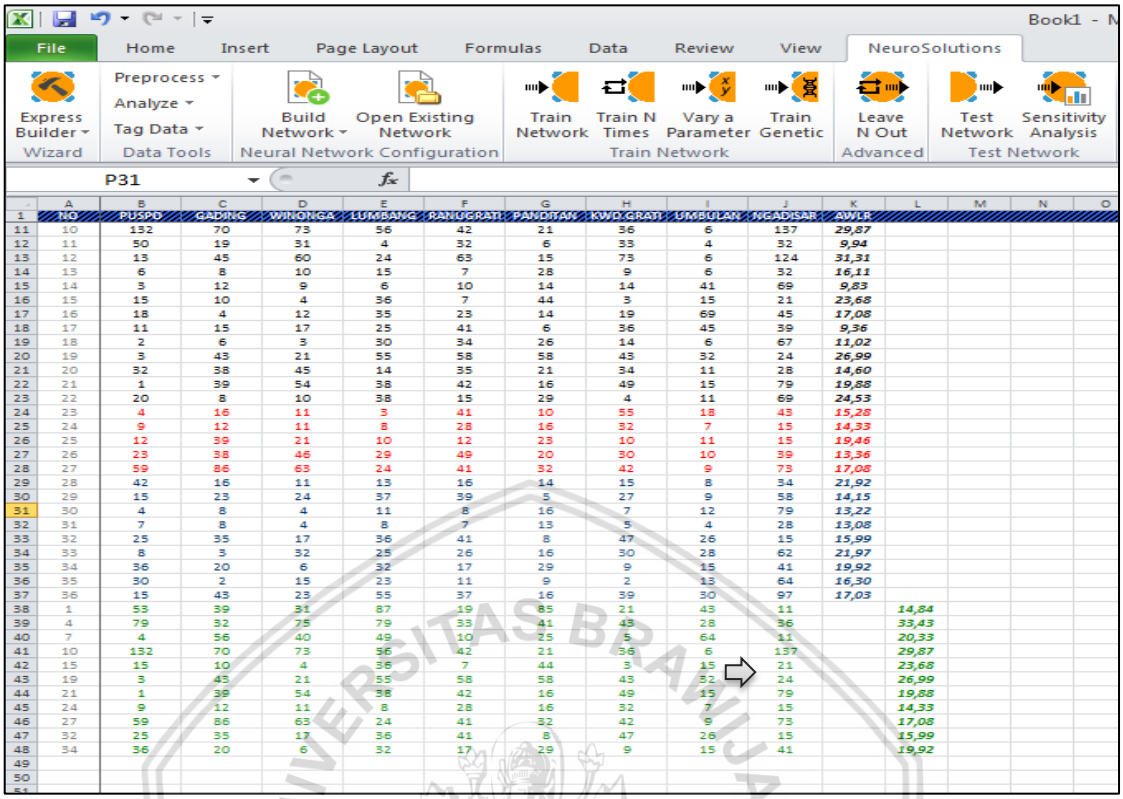
8. Selanjutnya pilih data *Production* secara acak dari data *Training, cross validaton, dan Testing* – letakkan pada bagian paling bawah setelah data *Testing* dengan melakukan *copy paste* - blok data yang telah dipilih - klik *Tag Data* - pilih *Rows by Production* – maka data akan berwarna hijau



NO	PUSPO	GADING	WINONGA	LUMBANG	RANUGRAH	PANDITAN	KWD.GRAH	UMBULAN	NGADISAR	AWLR
10	132	70	73	56	42	21	36	6	137	29,87
11	50	19	31	4	32	6	33	4	32	9,94
12	13	45	60	24	63	15	73	6	124	31,31
13	6	8	10	15	7	28	9	6	32	16,11
14	3	12	9	6	10	14	14	41	69	9,83
15	15	10	4	36	7	44	3	15	21	23,68
16	18	4	12	35	23	14	19	69	45	17,08
17	11	15	17	25	41	6	36	45	39	9,36
18	2	6	3	30	34	26	14	6	67	11,02
19	3	43	21	55	58	58	43	32	24	26,99
20	32	38	45	14	35	21	34	11	28	14,60
21	1	39	54	38	42	16	49	15	79	19,88
22	20	8	10	38	15	29	4	11	69	24,53
23	4	16	11	3	41	10	55	18	43	15,28
24	9	12	11	8	28	16	32	7	15	14,33
25	12	39	21	10	12	23	10	11	15	19,46
26	23	38	46	29	49	20	30	10	39	13,36
27	59	86	63	24	41	32	42	9	73	17,08
28	42	16	11	13	16	14	15	8	34	21,92
29	15	23	24	37	39	5	27	9	58	14,15
30	4	8	4	11	8	16	7	12	79	13,22
31	7	8	4	8	7	13	5	4	28	13,08
32	25	35	17	36	41	8	47	26	15	15,99
33	8	3	32	25	26	16	30	28	62	21,97
34	36	20	6	32	17	29	9	15	41	19,92
35	30	2	15	23	11	9	2	13	64	16,30
36	15	43	23	55	37	16	39	30	97	17,03
1	53	39	31	87	19	85	21	43	11	14,84
4	79	32	75	79	33	41	43	28	36	33,43
7	4	56	40	49	10	25	5	64	11	20,33
10	132	70	73	56	42	21	36	6	137	29,87
15	15	10	4	36	7	44	3	15	21	23,68
19	3	43	21	55	58	58	43	32	24	26,99
21	1	39	54	38	42	16	49	15	79	19,88
24	9	12	11	8	28	16	32	7	15	14,33
27	59	86	63	24	41	32	42	9	73	17,08
32	25	35	17	36	41	8	47	26	15	15,99
34	36	20	6	32	17	29	9	15	41	19,92

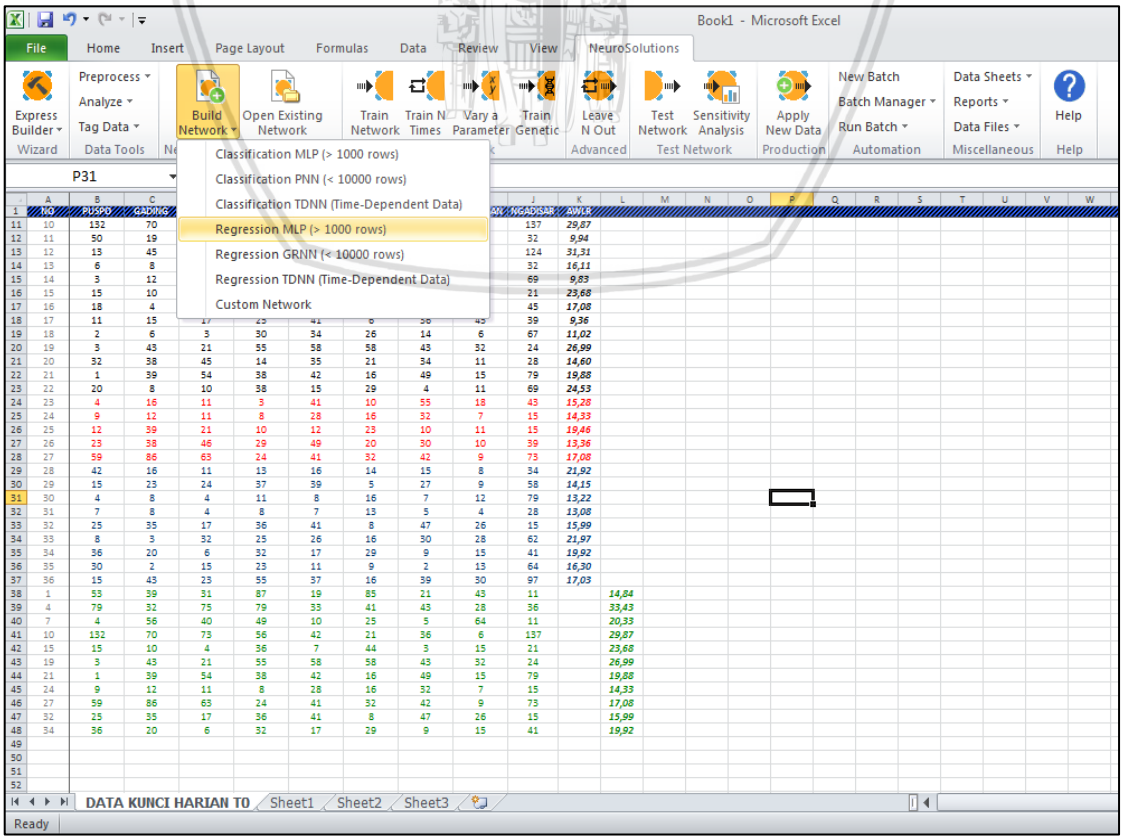
Gambar 4.13 Pembagian data *production*

9. Pindahkan data debit pada baris *Production* ke kolom disebelahnya



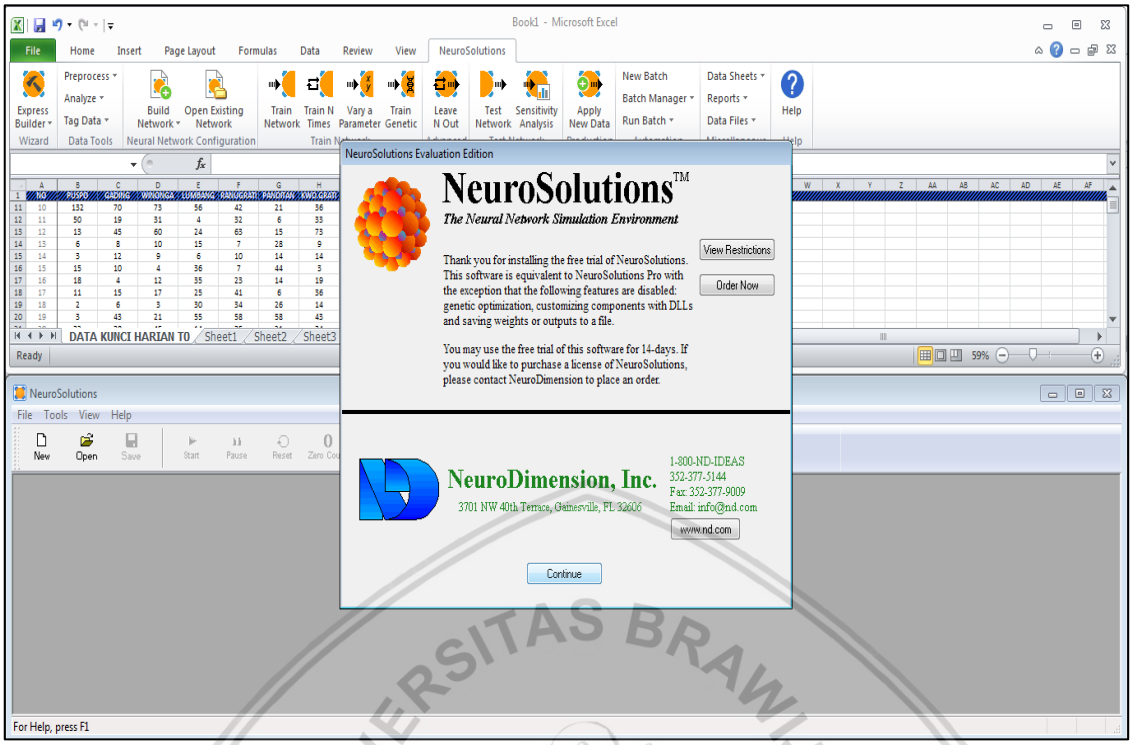
Gambar 4.14 Menyiapkan ruang untuk nilai hasil

10. Selanjutnya membuat jaringan saraf tiruan dari data yang ada, klik *Build network* – pilih model jaringan Regression MLP > 1000



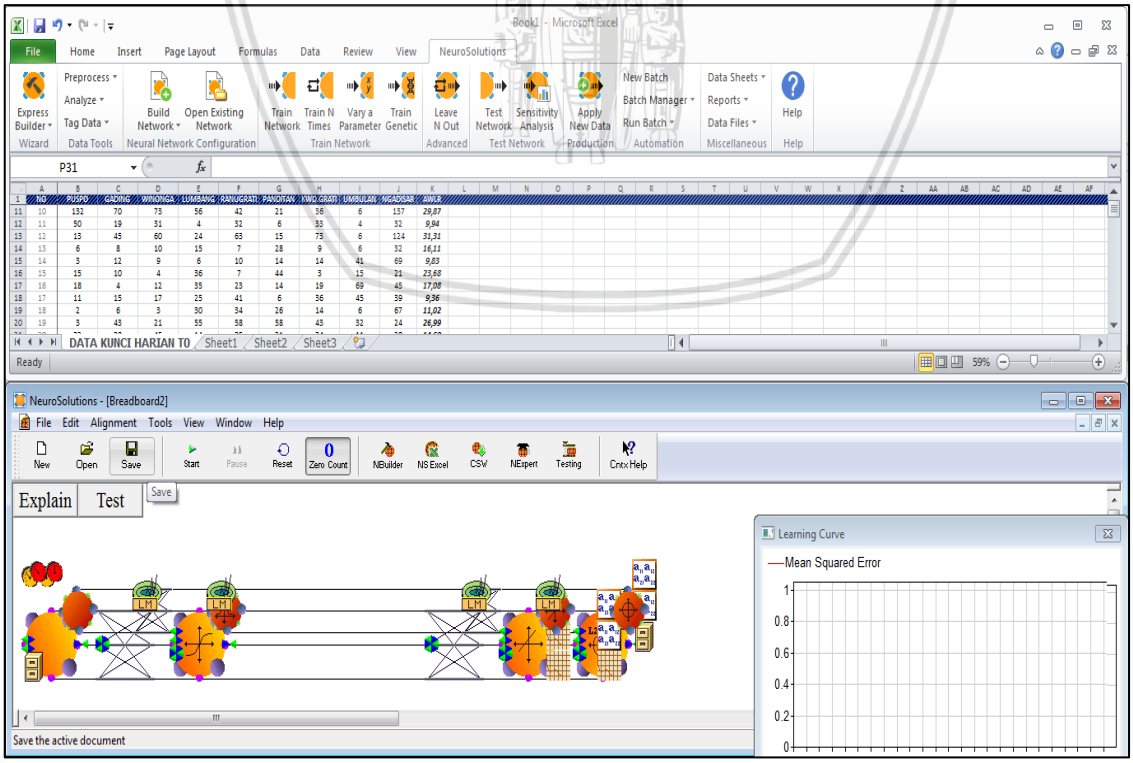
Gambar 4.15 Membuat jaringan saraf tiruan dengan Regression MLP > 1000

Jika muncul tampilan seperti ini klik *Continue*



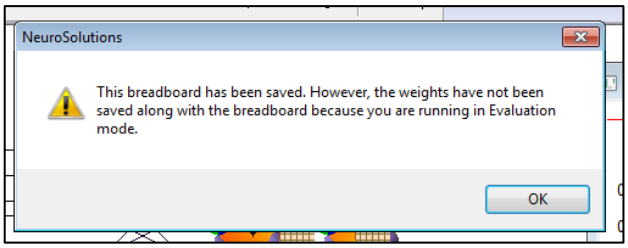
Gambar 4.16 Tampilan kotak penawaran apikasi dari *neurosolutions*

11. Akan muncul tampilan jaringan yang telah terbentuk, namun jaringan tersebut harus di simpan terlebih dahulu



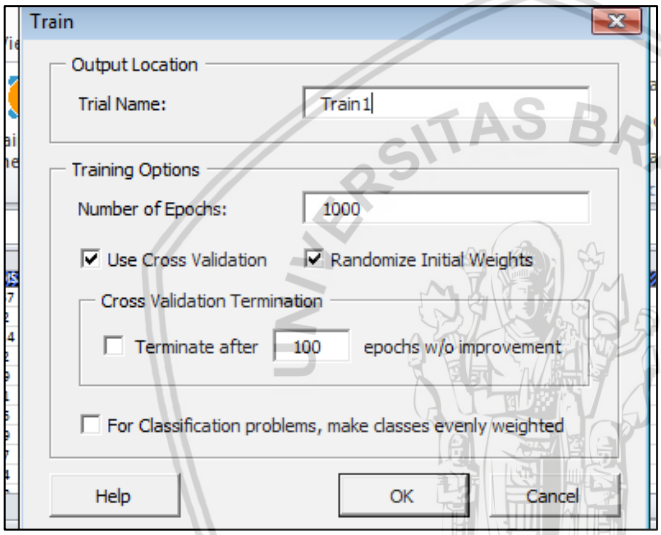
Gambar 4.17 Tampilan jaringan yang telah terbentuk dengan Regression MLP > 1000

Apabila muncul kotak peringatan seperti dibawah ini klik *ok*



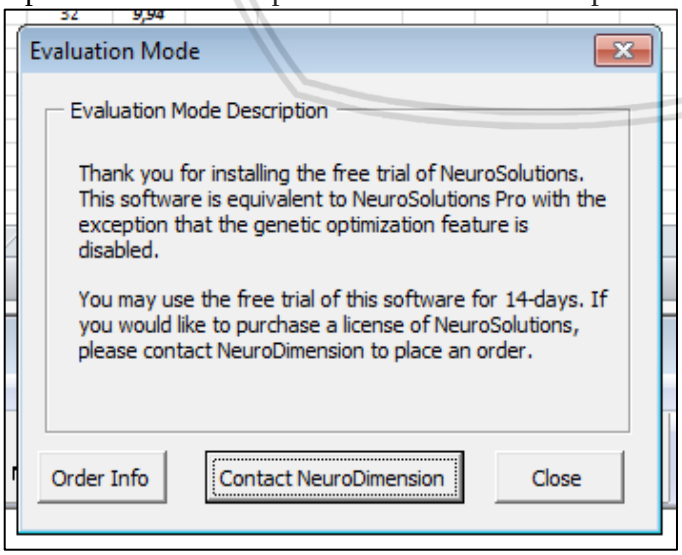
Gambar 4.18 Tampilan kotak peringatan penyimpanan jaringan yang terbentuk

12. Selanjutnya klik *Train Network*, maka akan muncul kotak *Train*. Kemudian isi *Number of Epochs*, pada *default* disediakan *Epochs* sebesar 1000. Lalu apabila sudah menentukan nilai *Epochs* klik *ok*. Pada proses ini jaringan yang telah terbentuk akan melakukan pelatihan sehingga menghasilkan keluaran yang diinginkan.



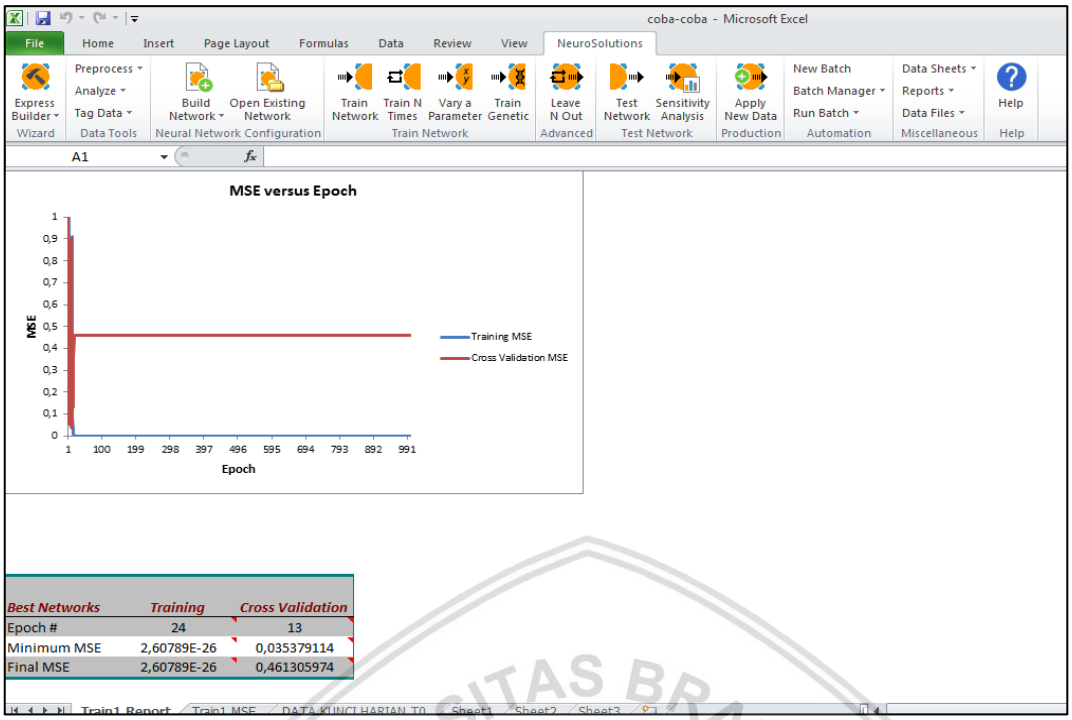
Gambar 4.19 Tampilan kotak pelatihan jaringan (*Train*)

Apabila bertemu tampilan *evaluation mode* seperti ini klik *close*



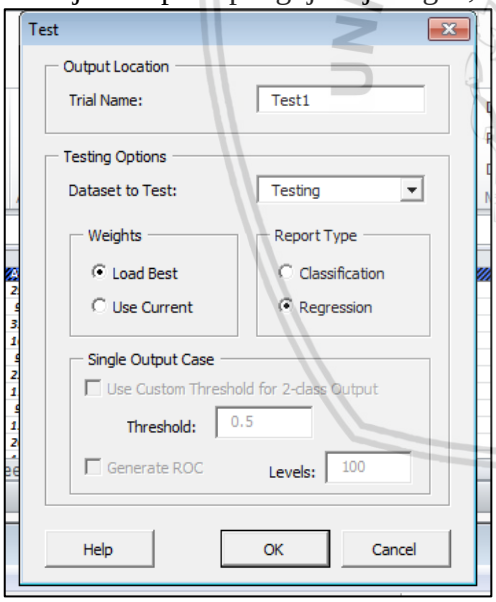
Gambar 4.20 kotak *evaluation mode*

13. Setelah pelatihan jaringan selesai maka akan muncul grafik hubungan antara MSE dengan *Epochs*



Gambar 4.21 Tampilan grafik *hubungan antara MSE dengan Epochs*

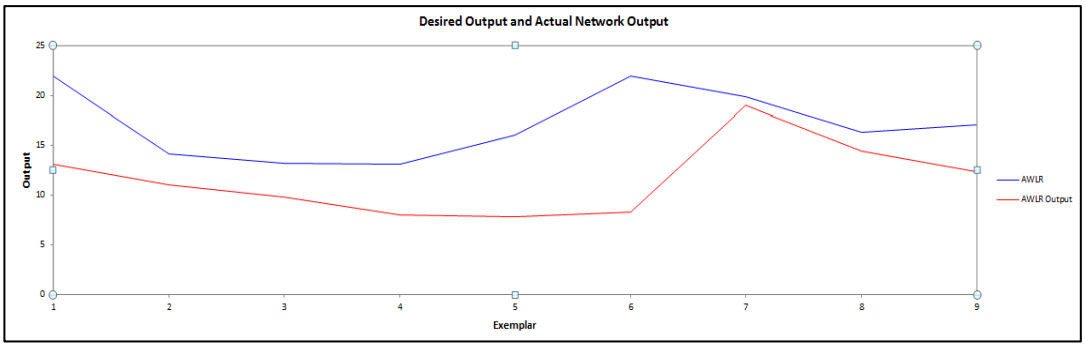
14. Dilanjutkan pada pengujian jaringan, klik *test network* akan muncul kotak *Test*



Gambar 4.22 tampila kotak uji jaringan (*test network)* yang telah terbentuk

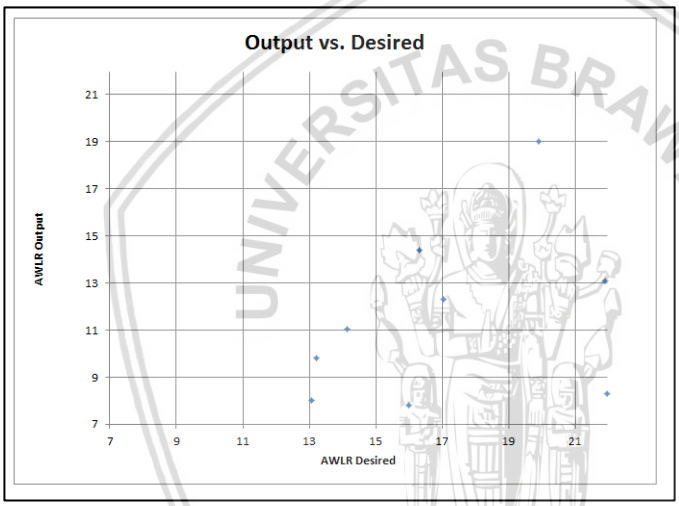
Kemudian pilih *dataset to test* – data *Training* – klik *ok*, maka akan di dapatkan hasil antara lain:

a. Grafik antara *Output* sebenarnya (Debit awal) dan *Output* yang diinginkan (Debit keluaran JST) dengan banyaknya data (*Exemplar)*, bila garis biru dengan merah berhimpit maka artinya nilai *Output* yang diinginkan (Debit keluaran JST) mendekati atau hampir sama dengan *Output* sebenarnya (Debit awal) dimana hal ini sangat positif.



Gambar 4.23 grafik yang terbetuk antara *Output* sebenarnya dengan *Output* yang diinginkan berdasarkan banyaknya data *Output*

b. Grafik hubungan antara *Output* sebenarnya (Debit awal) dan *Output* yang diinginkan (Debit keluaran JST) dengan regresi linier, apabila sebaran titik semakin linier maka semakin baik.



Gambar 4.24 Grafik hubungan antara *Output* sebenarnya (Debit awal) dan *Output* yang diinginkan (Debit keluaran JST) dengan regresi linier

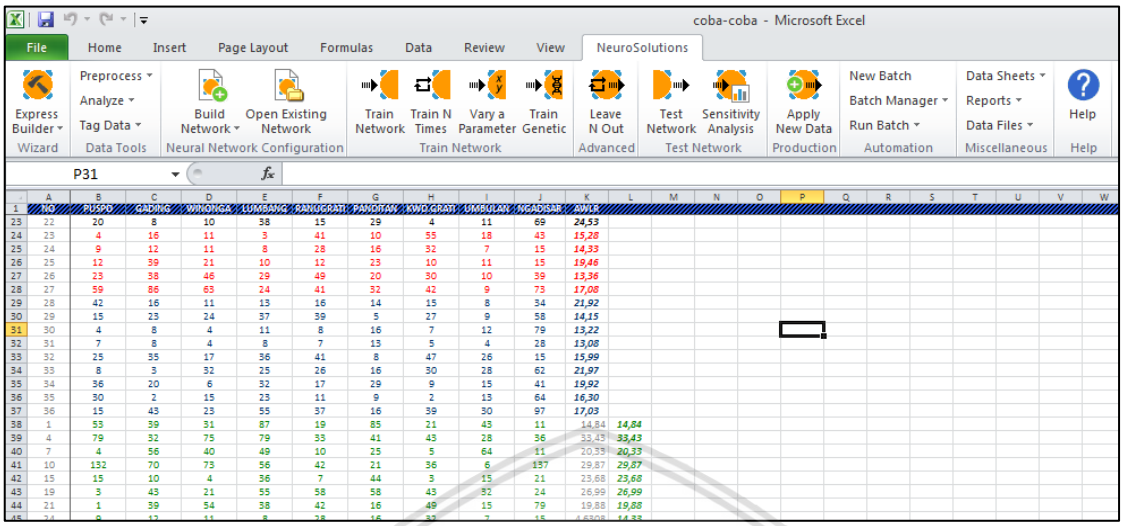
c. Perhitungan Kesalahan antara *Output* sebenarnya (Debit awal) dan *Output* yang diinginkan (Debit keluaran JST)

Performance	*AWLR*
RMSE	6,713168599
NRMSE	0,266501334
MAE	5,532749621
NMAE	0,219640715
Min Abs Error	0,895127098
Max Abs Error	13,67158713
r	0,362942166
Score	60,68433364

Gambar 4.25 Perhitungan kesalahan data antara *Output* sebenarnya dan *Output* yang diinginkan

Ulangi tahapan nomor 14 untuk data *cross validation* dan *Testing*

15. Terakhir klik *Apply New Data* untuk mengetahui Nilai *Output* yang diinginkan pada area data *Production* yang menghasilkan debit keluaran dari hasil pelatihan jaringan.



Gambar 4.26 Tampilan data hasil keluaran dari JST

Setelah didapatkan *Output* dari pelatihan jaringan tersebut, maka hasil tersebut perlu dinilai kesalahan jaringannya.

4.2.3.2 Penilaian Kesalahan Jaringan

Studi ini menggunakan 3 parameter untuk menilai kesalahan pada jaringan yaitu Kesalahan Relatif, Efisiensi *Nash-Sutcliffe* dan MSE. Penilaian kesalahan jaringan yang telah terbentuk memiliki tujuan untuk memastikan dan memantapkan penilaian jaringan yang telah terbentuk merupakan jaringan yang baik atau tidak sehingga memberikan *output* yang *valid*. Langkah-langkah perhitungan untuk 3 parameter tersebut adalah :

A. Menghitung Kesalahan Relatif

Langkah-langkah perhitungannya yaitu:

Tabel 4. 21
Perhitungan Kesalahan Relatif

No Data	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Debit out	Debit real	KR %
1	53	39	31	87	19	85	21	43	11	14,84	***14,84***	0
4	79	32	75	79	33	41	43	28	36	33,43	***33,43***	0
7	4	56	40	49	10	25	5	64	11	20,33	***20,33***	0
10	132	70	73	56	42	21	36	6	137	29,87	***29,87***	0
15	15	10	4	36	7	44	3	15	21	23,68	***23,68***	0
19	3	43	21	55	58	58	43	32	24	26,99	***26,99***	0
21	1	39	54	38	42	16	49	15	79	19,88	***19,88***	0
24	9	12	11	8	28	16	32	7	15	4,63	***14,33***	209
27	59	86	63	24	41	32	42	9	73	37,66	***17,08***	55
32	25	35	17	36	41	8	47	26	15	7,80	***15,99***	105
34	36	20	6	32	17	29	9	15	41	19,02	***19,92***	5
											Rata-rata	34

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

$$Kr = \left|\frac{X_r - X_o}{X_r}\right| \times 100\%$$

$$= \left|\frac{14{,}84 - 14{,}84}{14{,}84}\right| \times 100\%$$

$$= 0$$

Dimana, Xr = Debit sesungguhnya

Xo = Debit keluaran

B. Perhitungan Efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NSE)

Berikut langkah-langkah perhitungan Efisiensi *Nash-Sutcliffe*, antara lain:

Tabel 4. 22
Perhitungan Efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NSE)

No Data	Q_{real}	Q_{out}	$Q_o - Q_r$	$Q_o - \bar{Q}_o$	$(Q_o - Q_r)^2$	$(Q_o - \bar{Q}_o)^2$
1	14,84	14,84	0,00	-21,65	0,00	468,63
4	33,43	33,43	0,00	-21,65	0,00	468,63
7	20,33	20,33	0,00	-21,65	0,00	468,63
10	29,87	29,87	0,00	-21,65	0,00	468,63
15	23,68	23,68	0,00	-21,65	0,00	468,63
19	26,99	26,99	0,00	-21,65	0,00	468,63
21	19,88	19,88	0,00	-21,65	0,00	468,63
24	14,33	4,63	-9,70	-31,35	94,07	982,63
27	17,08	37,66	20,58	-1,07	423,34	1,15
32	15,99	7,80	-8,19	-29,84	67,14	890,54
34	19,92	19,02	-0,90	-22,54	0,80	508,18
Rerata		21,65				
Total					585,36	5662,88

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Q_o - Q_r)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Q_o - \bar{Q}_o)^2}$$

$$= 1 - \frac{585{,}36}{5662{,}88}$$

$$= 1 - 0{,}103$$

$$= 0{,}90$$

Dimana, Qo = Debit keluaran JST

Qr = Debit sesungguhnya

$\overline{Qo}$ = Rerata debit keluaran JST

C. Menghitung MSE

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut,

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

Dimana, t_k = data input yang telah di normalisasi

y_k = data output jaringan

N = banyaknya data yang masuk pada jaringan

Dikarenakan pembobotan terjadi pada *hidden layer*, maka untuk perhitungan MSE telah dihitung secara otomatis pada *Neurosolutions*. Jaringan yang optimum merupakan jaringan dengan MSE terkecil.

4.2.3.3 Pemilihan jenis data, *Epochs* dan komposisi data

Kesalahan relatif yang kecil merupakan parameter inti untuk memilih stasiun hujan yang memiliki ketelitian perhitungan yang optimum. Apabila langsung melakukan pelatihan jaringan tanpa mempertimbangkan atau menentukan 3 parameter penting ini pada data masukan(*input*) dalam pemodelan JST dengan baik, maka hasilnya akan kurang maksimal dalam mendapatkan kesalahan relatif yang kecil. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan jenis data, *Epochs* dan komposisi data pelatihan jaringan dengan cara coba-coba.

Pada beberapa skripsi yang membahas tentang JST dengan konteks penilaian parameter kesalahan relatif terkecil sebagai pertimbangan optimalisasi terhadap suatu hal salah satunya ditulis oleh Yahya Muchaimin Aji (2018) dalam pemilihan 3 parameter ini, dengan cara coba-coba disarankan *Epochs* yang paling ideal yaitu 1000 seperti yang tertera pada *default Epochs* aplikasi *neurosolutions* kemudian untuk komposisi data pelatihan jaringan yang ideal juga disarankan dengan komposisi 60 % data *Training*, 25% data *Cross Validation* dan 15% data *Testing* seperti yang tertera pada *default* Komposisi aplikasi *neurosolutions* . Namun akan dilakukan percobaan pelatihan jaringan, terhadap data curah hujan dan debit DAS Rejoso kondisi eksisting dengan jenis data, *epochs*, dan komposisi data yang berbeda-beda untuk memastikan apakah nilai *default* mampu memberikan KR<10% untuk pelatihan jaringan yang sesungguhnya. Maka sebagai pertimbangan dalam pemilihan 3 parameter tersebut, digunakan nilai Kesalahan Relatif terkecil. Maka didapatkan hasil yang telah dirangkum pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 23
Rekapitulasi pelatihan jaringan coba- coba pemilihan jenis data, *epochs* dan Komposisi data

Jenis Data	EPOH	Komposisi data	KR	Min KR
Harian	500	90 - 5 - 5	69,25	11,4
		80 - 10 - 10	40,77	
		70 - 15 - 15	33,95	
		60 - 20 - 20	34,83	
		60 - 15 - 25	40,31	
		50 - 25 - 25	46,11	

Lanjutan Tabel 4.23 Rekapitulasi pelatihan jaringan coba- coba pemilihan jenis data, epochs dan Komposisi data

Jenis Data	EPOH	Komposisi data	KR	Min KR
Harian	1000	90 - 5 - 5	54,99	
		80 - 10 - 10	40,68	
		70 - 15 - 15	35,42	
		60 - 20 - 20	49,62	
		60 - 15 - 25	11,7	
		50 - 25 - 25	37,6	
	1500	90 - 5 - 5	70,12	
		80 - 10 - 10	40,77	
		70 - 15 - 15	39	
		60 - 20 - 20	52,44	
		60 - 15 - 25	45,51	
		50 - 25 - 25	61,07	
Harian tanpa 0	500	90 - 5 - 5	36,07	
		80 - 10 - 10	27,39	
		70 - 15 - 15	17,1	
		60 - 20 - 20	17,77	
		60 - 15 - 25	20,97	
		50 - 25 - 25	20,78	
	1000	90 - 5 - 5	49,25	
		80 - 10 - 10	11,4	11,4
		70 - 15 - 15	18,5	
		60 - 20 - 20	17,77	
		60 - 15 - 25	31,45	
		50 - 25 - 25	32,94	
	1500	90 - 5 - 5	49,3	
		80 - 10 - 10	11,5	
		70 - 15 - 15	25,04	
		60 - 20 - 20	15,4	
		60 - 15 - 25	27,72	
		50 - 25 - 25	16,28	
Bulanan	500	90 - 5 - 5	27,89	
		80 - 10 - 10	33,97	
		70 - 15 - 15	41,15	
		60 - 20 - 20	29,7	
		60 - 15 - 25	30,37	
		50 - 25 - 25	21,46	
	1000	90 - 5 - 5	27,95	
		80 - 10 - 10	45,97	
		70 - 15 - 15	39,03	

Lanjutan Tabel 4.23 Rekapitulasi pelatihan jaringan coba- coba pemilihan jenis data, epochs dan Komposisi data

Jenis Data	EPOH	Komposisi data	KR	Min KR
Bulanan	1500	60 - 20 - 20	26,96	
		60 - 15 - 25	23,12	
		50 - 25 - 25	25,49	
		90 - 5 - 5	41,56	
		80 - 10 - 10	127,55	
		70 - 15 - 15	31,92	
		60 - 20 - 20	43,14	
		60 - 15 - 25	42,15	
		50 - 25 - 25	24,14	
Bulanan tanpa 0	500	90 - 5 - 5	28,53	
		80 - 10 - 10	20,45	
		70 - 15 - 15	17,89	
		60 - 20 - 20	21,19	
		60 - 15 - 25	22,24	17,09
		50 - 25 - 25	17,09	
	1000	90 - 5 - 5	72,57	
		80 - 10 - 10	24,28	
		70 - 15 - 15	20,27	
		60 - 20 - 20	31,36	
		60 - 15 - 25	35,13	
		50 - 25 - 25	55,75	
	1500	90 - 5 - 5	49,01	
		80 - 10 - 10	21,66	
		70 - 15 - 15	28,77	
		60 - 20 - 20	34,31	
		60 - 15 - 25	42,79	
		50 - 25 - 25	18,54	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Berdasarkan tabel diatas didapatkan KR terkecil yaitu 11,4 % dengan jenis data yaitu harian tanpa 0, kemudian *Epochs* yaitu 1000 maka nilai *default Epochs* terbukti merupakan nilai yang paling ideal digunakan untuk berbagai masukan data, sedangkan komposisi data yang baik antara lain data *Training* sebanyak 80%, data *Cross Validation* sebesar 10 % dan data *Production* sebesar 10 % artinya dalam menentukan komposisi data pelatihan masih perlu dilakukan coba-coba kembali sehingga mendapatkan jaringan yang paling baik, karena nilai *default* belum tentu memberikan hasil yang optimum. Hasil untuk penentuan parameter dari pelatihan jaringan coba-coba ini akan menjadi patokan yang digunakan dalam pelatihan jaringan pada seluruh kombinasi yang akan dibuat untuk rasionalisasi

kerapatan jaringan stasiun hujan DAS Rejoso guna mendapatkan nilai KR<10 %.

4.2.3.4 Kombinasi Stasiun Hujan

Kombinasi ini dibuat untuk memaksimalkan pemilihan jumlah stasiun yang paling optimal dengan metode JST. Dengan menghilangkan stasiun hujan satu persatu secara bertahap hingga jumlah stasiun hanya tersisa 1 buah berdasarkan hasil analisis metode WMO yang telah dipilih sebagai batas jumlah stasiun minimum. Jumlah seluruh kombinasi dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini.

Tabel 4. 24
Jumlah Kombinasi dengan Kerapatan Minimum Metode WMO

Jumlah Stasiun dihilangkan	Banyak Stasiun Hujan	Rumus Kombinasi	Jumlah Kombinasi	Komulatif jumlah kombinasi
1	8	C_1^9	9	9
2	7	C_2^9	36	45
3	6	C_3^9	84	129
4	5	C_4^9	126	255
5	4	C_5^9	126	381
6	3	C_6^9	84	465
7	2	C_7^9	36	501
8	1	C_8^9	9	510
Jumlah			510	

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Berdasarkan tabel diatas jumlah seluruh kombinasi stasiun hujan yang akan dibuat sebesar 510 kombinasi. Untuk lebih jelas mengetahui kombinasinya dapat dilihat pada Tabel berikut ini.

Tabel 4. 25
Kombinasi 8 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
1	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[1]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
2	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[2]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
3	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[3]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
4	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[4]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
5	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[5]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
6	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[6]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
7	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[7]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
8	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[8]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
9	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[9]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Tabel 4. 26
Kombinasi 7 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
10	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[10]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
11	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[11]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
12	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[12]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
13	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[13]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd
14	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[14]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd
15	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[15]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd
16	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[16]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
17	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[17]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd
18	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[18]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
19	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[19]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
20	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[20]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
21	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[21]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd
22	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[22]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd
23	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[23]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd
24	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[24]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um
25	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[25]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
26	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[26]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
27	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[27]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
28	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[28]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd
29	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[29]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
30	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[30]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um
31	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[31]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
32	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[32]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
33	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[33]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
34	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[34]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
35	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[35]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um
36	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[36]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
37	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[37]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
38	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[38]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
39	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[39]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um
40	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[40]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
41	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[41]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
42	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[42]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um
43	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[43]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
44	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[44]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um
45	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[45]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Tabel 4. 27
Kombinasi 6 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
46	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[46]Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
47	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[47]Ps-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd

Lanjutan Tabel 4. 27 Kombinasi 6 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
48	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[48]Ps-Gd-Pdt-Kwd-Um-Ngd
49	Ps	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[49]Ps-Gd-Wn-Kwd-Um-Ngd
50	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[50]Ps-Gd-Wn-Lbg-Um-Ngd
51	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[51]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Ngd
52	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[52]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt
53	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[53]Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
54	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[54]Ps-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
55	Ps	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[55]Ps-Gd-Rg-Kwd-Um-Ngd
56	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[56]Ps-Gd-Wn-Pdt-Um-Ngd
57	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[57]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd-Ngd
58	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[58]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Um
59	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[59]Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
60	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[60]Ps-Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd
61	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[61]Ps-Gd-Lbg-Kwd-Um-Ngd
62	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[62]Ps-Gd-Wn-Rg-Um-Ngd
63	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[63]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Ngd
64	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[64]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd
65	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[65]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
66	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[66]Ps-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
67	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[67]Ps-Gd-Rg-Pdt-Um-Ngd
68	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[68]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd-Ngd
69	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[69]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um
70	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[70]Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
71	Ps	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[71]Ps-Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd
72	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[72]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Um-Ngd
73	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[73]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd-Ngd
74	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[74]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um
75	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[75]Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd
76	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[76]Ps-Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd
77	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[77]Ps-Gd-Lbg-Rg-Um-Ngd
78	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[78]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Ngd
79	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[79]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd
80	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[80]Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
81	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[81]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
82	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[82]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
83	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[83]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um
84	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[84]Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
85	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[85]Ps-Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd
86	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[86]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
87	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[87]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd-Um
88	-	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[88]Gd-Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd
89	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[89]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd
90	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[90]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd-Ngd

Lanjutan Tabel 4. 27 Kombinasi 6 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
91	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[91]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Um
92	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[92]Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd
93	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[93]Ps-Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd
94	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[94]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
95	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[95]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd
96	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[96]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
97	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[97]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
98	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[98]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um
99	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[99]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
100	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[100]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
101	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[101]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um
102	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[102]Gd-Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd
103	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[103]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
104	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[104]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um
105	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[105]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd
106	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[106]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd
107	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[107]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um
108	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[108]Gd-Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd
109	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[109]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
110	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[110]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd
111	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[111]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
112	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[112]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um
113	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[113]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
114	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[114]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um
115	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[115]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
116	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[116]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um
117	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[117]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
118	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[118]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um
119	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[119]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd
120	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[120]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um
121	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[121]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
122	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[122]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd
123	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[123]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um
124	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[124]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um
125	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[125]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um
126	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[126]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um
127	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[127]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um
128	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[128]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um
129	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[129]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Tabel 4. 28
Kombinasi 5 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
130	-	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[130]Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
131	Ps	-	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[131]Ps-Pdt-Kwd-Um-Ngd
132	Ps	Gd	-	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[132]Ps-Gd-Kwd-Um-Ngd
133	Ps	Gd	Wn	-	-	-	-	Um	Ngd	[133]Ps-Gd-Wn-Um-Ngd
134	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[134]Ps-Gd-Wn-Lbg-Ngd
135	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	-	[135]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg
136	-	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[136]Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd
137	Ps	-	-	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[137]Ps-Rg-Kwd-Um-Ngd
138	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[138]Ps-Gd-Pdt-Um-Ngd
139	Ps	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[139]Ps-Gd-Wn-Kwd-Ngd
140	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	Um	-	[140]Ps-Gd-Wn-Lbg-Um
141	-	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[141]Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd
142	Ps	-	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[142]Ps-Lbg-Kwd-Um-Ngd
143	Ps	Gd	-	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[143]Ps-Gd-Rg-Um-Ngd
144	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[144]Ps-Gd-Wn-Pdt-Ngd
145	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[145]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd
146	-	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[146]Gd-Pdt-Kwd-Um-Ngd
147	Ps	-	Wn	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[147]Ps-Wn-Kwd-Um-Ngd
148	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[148]Ps-Gd-Lbg-Um-Ngd
149	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	-	-	Ngd	[149]Ps-Gd-Wn-Rg-Ngd
150	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[150]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt
151	-	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[151]Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd
152	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[152]Ps-Rg-Pdt-Um-Ngd
153	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[153]Ps-Gd-Pdt-Kwd-Ngd
154	Ps	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	Um	-	[154]Ps-Gd-Wn-Kwd-Um
155	-	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[155]Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd
156	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[156]Ps-Lbg-Pdt-Um-Ngd
157	Ps	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[157]Ps-Gd-Rg-Kwd-Ngd
158	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	Um	-	[158]Ps-Gd-Wn-Pdt-Um
159	-	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[159]Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd
160	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[160]Ps-Lbg-Rg-Ngd
161	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[161]Ps-Gd-Rg-Pdt-Ngd
162	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[162]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd
163	-	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[163]Gd-Rg-Kwd-Um-Ngd
164	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[164]Ps-Wn-Pdt-Um-Ngd
165	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[165]Ps-Gd-Lbg-Kwd-Ngd
166	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	-	Um	-	[166]Ps-Gd-Wn-Rg-Um
167	-	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[167]Gd-Lbg-Kwd-Um-Ngd
168	Ps	-	Wn	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[168]Ps-Wn-Rg-Um-Ngd
169	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[169]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Ngd
170	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	-	[170]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd

Lanjutan Tabel 4. 28 Kombinasi 5 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
171	-	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[171]Gd-Wn-Kwd-Um-Ngd
172	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[172]Ps-Wn-Lbg-Um-Ngd
173	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[173]Ps-Gd-Lbg-Rg-Ngd
174	Ps	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	-	[174]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt
175	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[175]Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd
176	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[176]Ps-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
177	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[177]Ps-Gd-Pdt-Kwd-Um
178	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[178]Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd
179	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[179]Ps-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
180	Ps	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[180]Ps-Gd-Rg-Kwd-Um
181	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[181]Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd
182	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[182]Ps-Lbg-Rg-Kwd-Ngd
183	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[183]Ps-Gd-Rg-Pdt-Um
184	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[184]Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd
185	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[185]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
186	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[186]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd
187	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[187]Gd--Rg-Pdt-Um-Ngd
188	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[188]Ps-Wn-Pdt-Kwd-Ngd
189	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[189]Ps-Gd-Lbg-Kwd-Um
190	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[190]Gd-Lbg-Pdt-Um-Ngd
191	Ps	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[191]Ps-Wn-Rg-Kwd-Ngd
192	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[192]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Um
193	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[193]Gd-Lbg-Rg-Um-Ngd
194	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[194]Ps-Wn-Rg-Pdt-Ngd
195	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[195]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd
196	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[196]Gd-Wn-Pdt-Um-Ngd
197	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[197]Ps-Wn-Lbg-Kwd-Ngd
198	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[198]Ps-Gd-Lbg-Rg-Um
199	-	Gd	Wn	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[199]Gd-Wn-Rg-Um-Ngd
200	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[200]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Ngd
201	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[201]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd
202	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[202]Gd-Wn-Lbg-Um-Ngd
203	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[203]Ps-Wn-Lbg-Rg-Ngd
204	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[204]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt
205	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[205]Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
206	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[206]Ps-Rg-Pdt-Kwd-Um
207	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[207]Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
208	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[208]Ps-Lbg-Pdt-Kwd-Um
209	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[209]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
210	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[210]Ps-Lbg-Rg-Kwd-Um
211	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[211]Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd
212	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[212]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Um
213	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[213]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
214	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[214]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd

Lanjutan Tabel 4. 28 Kombinasi 5 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
215	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[215]Gd-Rg-Pdt-Kwd-Ngd
216	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[216]Ps-Wn-Pdt-Kwd-Um
217	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[217]Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
218	Ps	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[218]Ps-Wn-Rg-Kwd-Um
219	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[219]Gd-Lbg-Rg-Kwd-Ngd
220	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[220]Ps-Wn-Rg-Pdt-Um
221	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[221]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Ngd
222	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[222]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd
223	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[223]Gd-Wn-Pdt-Kwd-Ngd
224	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[224]Ps-Wn-Lbg-Kwd-Um
225	-	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[225]Gd-Wn-Rg-Kwd-Ngd
226	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[226]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Um
227	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[227]Gd-Wn-Rg-Pdt-Ngd
228	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[228]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd
229	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[229]Gd-Wn-Lbg-Kwd-Ngd
230	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[230]Ps-Wn-Lbg-Rg-Um
231	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[231]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Ngd
232	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[232]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd
233	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[233]Gd-Wn-Lbg-Rg-Ngd
234	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[234]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt
235	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[235]Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um
236	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[236]Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um
237	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[237]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um
238	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[238]Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um
239	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[239]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um
240	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[240]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd
241	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[241]Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um
242	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[242]Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um
243	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[243]Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um
244	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[244]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um
245	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[245]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd
246	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[246]Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um
247	-	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[247]Gd-Wn-Rg-Kwd-Um
248	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[248]Gd-Wn-Rg-Pdt-Um
249	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[249]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd
250	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[250]Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um
251	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[251]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um
252	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[252]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd
253	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[253]Gd-Wn-Lbg-Rg-Um
254	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[254]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd
255	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[255]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Tabel 4.29
Kombinasi 4 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
256	Ps	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	-	-	[256]Ps-Gd-Wn-Lbg
257	-	Gd	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	-	[257]Gd-Wn-Lbg-Rg
258	-	-	Wn	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[258]Wn-Lbg-Rg-Pdt
259	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[259]Lbg-Rg-Pdt-Kwd
260	-	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	Um	-	[260]Rg-Pdt-Kwd-Um
261	-	-	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	Ngd	[261]Pdt-Kwd-Um-Ngd
262	Ps	Gd	Wn	-	Rg	-	-	-	-	[262]Ps-Gd-Wn-Rg
263	-	Gd	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[263]Gd-Wn-Lbg-Pdt
264	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[264]Wn-Lbg-Rg-Kwd
265	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	Um	-	[265]Lbg-Rg-Pdt-Um
266	-	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	Ngd	[266]Rg-Pdt-Kwd-Ngd
267	Ps	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	-	-	[267]Ps-Gd-Lbg-Rg
268	-	Gd	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	-	[268]Gd-Wn-Rg-Pdt
269	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[269]Wn-Lbg-Pdt-Kwd
270	-	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	Um	-	[270]Lbg-Rg-Kwd-Um
271	-	-	-	-	Rg	Pdt	-	Um	Ngd	[271]Rg-Pdt-Um-Ngd
272	Ps	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	-	[272]Ps-Wn-Lbg-Rg
273	-	Gd	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[273]Gd-Lbg-Rg-Pdt
274	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[274]Wn-Rg-Pdt-Kwd
275	-	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	Um	-	[275]Lbg-Pdt-Kwd-Um
276	-	-	-	-	Rg	-	Kwd	Um	Ngd	[276]Rg-Kwd-Um-Ngd
277	Ps	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	-	-	[277]Ps-Gd-Wn-Pdt
278	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[278]Gd-Wn-Lbg-Kwd
279	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[279]Wn-Lbg-Rg-Um
280	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[280]Lbg-Rg-Pdt-Ngd
281	Ps	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[281]Ps-Gd-Lbg-Pdt
282	-	Gd	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	-	[282]Gd-Wn-Rg-Kwd
283	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[283]Wn-Lbg-Pdt-Um
284	-	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[284]Lbg-Rg-Kwd-Ngd
285	Ps	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	-	-	[285]Ps-Gd-Rg-Pdt
286	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[286]Gd-Wn-Pdt-Kwd
287	-	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[287]Wn-Lbg-Kwd-Um
288	-	-	-	Lbg	Rg	-	-	Um	Ngd	[288]Lbg-Rg-Um-Ngd
289	Ps	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[289]Ps-Wn-Lbg-Pdt
290	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[290]Gd-Lbg-Rg-Kwd
291	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[291]Wn-Rg-Pdt-Um
292	-	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[292]Lbg-Pdt-Kwd-Ngd
293	Ps	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	-	[293]Ps-Wn-Rg-Pdt
294	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[294]Gd-Lbg-Pdt-Kwd
295	-	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[295]Wn-Rg-Kwd-Um
296	-	-	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	Ngd	[296]Lbg-Pdt-Um-Ngd
297	Ps	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[297]Ps-Lbg-Rg-Pdt
298	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[298]Gd-Rg-Pdt-Kwd

Lanjutan Tabel 4. 29 Kombinasi 4 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
299	-	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[299]Wn-Pdt-Kwd-Um
300	-	-	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	Ngd	[300]Lbg-Kwd-Um-Ngd
301	Ps	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	-	-	[301]Ps-Gd-Wn-Kwd
302	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	Um	-	[302]Gd-Wn-Lbg-Um
303	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[303]Wn-Lbg-Rg-Ngd
304	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[304]Ps-Gd-Lbg-Kwd
305	-	Gd	Wn	-	Rg	-	-	Um	-	[305]Gd-Wn-Rg-Um
306	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[306]Wn-Lbg-Pdt-Ngd
307	Ps	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	-	-	[307]Ps-Gd-Rg-Kwd
308	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	Um	-	[308]Gd-Wn-Pdt-Um
309	-	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[309]Wn-Lbg-Kwd-Ngd
310	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[310]Ps-Gd-Pdt-Kwd
311	-	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	Um	-	[311]Gd-Wn-Kwd-Um
312	-	-	Wn	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[312]Wn-Lbg-Um-Ngd
313	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[313]Ps-Wn-Lbg-Kwd
314	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[314]Gd-Lbg-Rg-Um
315	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[315]Wn-Rg-Pdt-Ngd
316	Ps	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	-	[316]Ps-Wn-Rg-Kwd
317	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[317]Gd-Lbg-Pdt-Um
318	-	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[318]Wn-Rg-Kwd-Ngd
319	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[319]Ps-Wn-Pdt-Kwd
320	-	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[320]Gd-Lbg-Kwd-Um
321	-	-	Wn	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[321]Wn-Rg-Um-Ngd
322	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[322]Ps-Lbg-Rg-Kwd
323	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[323]Gd-Rg-Pdt-Um
324	-	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[324]Wn-Pdt-Kwd-Ngd
325	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[325]Ps-Lbg-Pdt-Kwd--
326	-	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[326]Gd-Rg-Kwd-Um
327	-	-	Wn	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[327]Wn-Pdt-Um-Ngd
328	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[328]Ps-Rg-Pdt-Kwd
329	-	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[329]Gd-Pdt-Kwd-Um
330	-	-	Wn	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[330]Wn-Kwd-Um-Ngd
331	Ps	Gd	Wn	-	-	-	-	Um	-	[331]Ps-Gd-Wn-Um
332	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[332]Gd-Wn-Lbg-Ngd
333	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	-	Um	-	[333]Ps-Gd-Lbg-Um
334	-	Gd	Wn	-	Rg	-	-	-	Ngd	[334]Gd-Wn-Rg-Ngd
335	Ps	Gd	-	-	Rg	-	-	Um	-	[335]Ps-Gd-Rg-Um
336	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[336]Gd-Wn-Pdt-Ngd
337	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	-	Um	-	[337]Ps-Gd-Pdt-Um
338	-	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[338]Gd-Wn-Kwd-Ngd
339	Ps	Gd	-	-	-	-	Kwd	Um	-	[339]Ps-Gd-Kwd-Um
340	-	Gd	Wn	-	-	-	-	Um	Ngd	[340]Gd-Wn-Um-Ngd
341	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	-	Um	-	[341]Ps-Wn-Lbg-Um

Lanjutan Tabel 4. 29 Kombinasi 4 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
342	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[342]Gd-Lbg-Rg-Ngd
343	Ps	-	Wn	-	Rg	-	-	Um	-	[343]Ps-Wn-Rg-Um
344	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[344]Gd-Lbg-Pdt-Ngd
345	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	-	Um	-	[345]Ps-Wn-Pdt-Um
346	-	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[346]Gd-Lbg-Kwd-Ngd
347	Ps	-	Wn	-	-	-	Kwd	Um	-	[347]Ps-Wn-Kwd-Um
348	-	Gd	-	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[348]Gd-Lbg-Um-Ngd
349	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[349]Ps-Lbg-Rg-Um
350	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[350]Gd-Rg-Pdt-Ngd
351	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[351]Ps-Lbg-Pdt-Um
352	-	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[352]Gd-Rg-Kwd-Ngd
353	Ps	-	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[353]Ps-Lbg-Kwd-Um
354	-	Gd	-	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[354]Gd-Rg-Um-Ngd
355	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[355]Ps-Rg-Pdt-Um
356	-	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[356]Gd-Pdt-Kwd-Ngd
357	Ps	-	-	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[357]Ps-Rg-Kwd-Um
358	-	Gd	-	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[358]Gd-Pdt-Um-Ngd
359	Ps	-	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[359]Ps-Pdt-Kwd-Um
360	-	Gd	-	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[360]Gd-Kwd-Um-Ngd
361	Ps	Gd	Wn	-	-	-	-	-	Ngd	[361]Ps-Gd-Wn-Ngd
362	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[362]Ps-Gd-Lbg-Ngd
363	Ps	Gd	-	-	Rg	-	-	-	Ngd	[363]Ps-Gd-Rg-Ngd
364	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[364]Ps-Gd-Pdt-Ngd
365	Ps	Gd	-	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[365]Ps-Gd-Kwd-Ngd
366	Ps	Gd	-	-	-	-	-	Um	Ngd	[366]Ps-Gd-Um-Ngd
367	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[367]Ps-Wn-Lbg-Ngd
368	Ps	-	Wn	-	Rg	-	-	-	Ngd	[368]Ps-Wn-Rg-Ngd
369	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[369]Ps-Wn-Pdt-Ngd
370	Ps	-	Wn	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[370]Ps-Wn-Kwd-Ngd
371	Ps	-	Wn	-	-	-	-	Um	Ngd	[371]Ps-Wn-Um-Ngd
372	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[372]Ps-Lbg-Rg-Ngd
373	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[373]Ps-Lbg-Pdt-Ngd
374	Ps	-	-	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[374]Ps-Lbg--Ngd
375	Ps	-	-	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[375]Ps-Lbg-Um-Ngd
376	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[376]Ps-Rg-Pdt-Ngd
377	Ps	-	-	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[377]Ps-Rg-Kwd-Ngd
378	Ps	-	-	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[378]Ps-Rg-Um-Ngd
379	Ps	-	-	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[379]Ps-Pdt-Kwd-Ngd
380	Ps	-	-	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[380]Ps-Pdt-Um-Ngd
381	Ps	-	-	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[381]Ps-Kwd-Um-Ngd

Sumber:Pengolahan Data, 2018

Tabel 4. 30
Kombinasi 3 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
382	Ps	Gd	Wn	-	-	-	-	-	-	[382]Ps-Gd-Wn
383	-	Gd	Wn	Lbg	-	-	-	-	-	[383]Gd-Wn-Lbg
384	-	-	Wn	Lbg	Rg	-	-	-	-	[384]Wn-Lbg-Rg
385	-	-	-	Lbg	Rg	Pdt	-	-	-	[385]Lbg-Rg-Pdt
386	-	-	-	-	Rg	Pdt	Kwd	-	-	[386]Rg-Pdt-Kwd
387	-	-	-	-	-	Pdt	Kwd	Um	-	[387]Pdt-Kwd-Um
388	-	-	-	-	-	-	Kwd	Um	Ngd	[388]Kwd-Um-Ngd
389	Ps	Gd	-	Lbg	-	-	-	-	-	[389]Ps-Gd-Lbg
390	-	Gd	Wn	-	Rg	-	-	-	-	[390]Gd-Wn-Rg
391	-	-	Wn	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[391]Wn-Lbg-Pdt
392	-	-	-	Lbg	Rg	-	Kwd	-	-	[392]Lbg-Rg-Kwd
393	-	-	-	-	Rg	Pdt	-	Um	-	[393]Rg-Pdt-Um
394	-	-	-	-	-	Pdt	Kwd	-	Ngd	[394]Pdt-Kwd-Ngd
395	Ps	-	Wn	Lbg	-	-	-	-	-	[395]Ps-Wn-Lbg
396	-	Gd	-	Lbg	Rg	-	-	-	-	[396]Gd-Lbg-Rg
397	-	-	Wn	-	Rg	Pdt	-	-	-	[397]Wn-Rg-Pdt
398	-	-	-	Lbg	-	Pdt	Kwd	-	-	[398]Lbg-Pdt-Kwd
399	-	-	-	-	Rg	-	Kwd	Um	-	[399]Rg-Kwd-Um
400	-	-	-	-	-	Pdt	-	Um	Ngd	[400]Pdt-Um-Ngd
401	Ps	Gd	-	-	Rg	-	-	-	-	[401]Ps-Gd-Rg
402	-	Gd	Wn	-	-	Pdt	-	-	-	[402]Gd-Wn-Pdt
403	-	-	Wn	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[403]Wn-Lbg-Kwd
404	-	-	-	Lbg	Rg	-	-	Um	-	[404]Lbg-Rg-Um
405	-	-	-	-	Rg	Pdt	-	-	Ngd	[405]Rg-Pdt-Ngd
406	Ps	-	Wn	-	Rg	-	-	-	-	[406]Ps-Wn-Rg
407	-	Gd	-	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[407]Gd-Lbg-Pdt
408	-	-	Wn	-	Rg	-	Kwd	-	-	[408]Wn-Rg-Kwd
409	-	-	-	Lbg	-	Pdt	-	Um	-	[409]Lbg-Pdt-Um
410	-	-	-	-	Rg	-	Kwd	-	Ngd	[410]Rg-Kwd-Ngd
411	Ps	-	-	Lbg	Rg	-	-	-	-	[411]Ps-Lbg-Rg
412	-	Gd	-	-	Rg	Pdt	-	-	-	[412]Gd-Rg-Pdt
413	-	-	Wn	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[413]Wn-Pdt-Kwd
414	-	-	-	Lbg	-	-	Kwd	Um	-	[414]Lbg-Kwd-Um
415	-	-	-	-	Rg	-	-	Um	Ngd	[415]Rg-Um-Ngd
416	Ps	Gd	-	-	-	Pdt	-	-	-	[416]Ps-Gd-Pdt
417	-	Gd	Wn	-	-	-	Kwd	-	-	[417]Gd-Wn-Kwd
418	-	-	Wn	Lbg	-	-	-	Um	-	[418]Wn-Lbg-Um
419	-	-	-	Lbg	Rg	-	-	-	Ngd	[419]Lbg-Rg-Ngd
420	Ps	-	Wn	-	-	Pdt	-	-	-	[420]Ps-Wn-Pdt
421	-	Gd	-	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[421]Gd-Lbg-Kwd
422	-	-	Wn	-	Rg	-	-	Um	-	[422]Wn-Rg-Um
423	-	-	-	Lbg	-	Pdt	-	-	Ngd	[423]Lbg-Pdt-Ngd

Lanjutan Tabel 4. 30 Kombinasi 3 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
424	Ps	-	-	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[424]Ps-Lbg-Pdt
425	-	Gd	-	-	Rg	-	Kwd	-	-	[425]Gd-Rg-Kwd
426	-	-	Wn	-	-	Pdt	-	Um	-	[426]Wn-Pdt-Um
427	-	-	-	Lbg	-	-	Kwd	-	Ngd	[427]Lbg-Kwd-Ngd
428	Ps	-	-	-	Rg	Pdt	-	-	-	[428]Ps-Rg-Pdt
429	-	Gd	-	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[429]Gd-Pdt-Kwd
430	-	-	Wn	-	-	-	Kwd	Um	-	[430]Wn-Kwd-Um
431	-	-	-	Lbg	-	-	-	Um	Ngd	[431]Lbg-Um-Ngd
432	Ps	Gd	-	-	-	-	Kwd	-	-	[432]Ps-Gd-Kwd
433	-	Gd	Wn	-	-	-	-	Um	-	[433]Gd-Wn-Um
434	-	-	Wn	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[434]Wn-Lbg-Ngd
435	Ps	-	Wn	-	-	-	Kwd	-	-	[435]Ps-Wn-Kwd
436	-	Gd	-	Lbg	-	-	-	Um	-	[436]Gd-Lbg-Um
437	-	-	Wn	-	Rg	-	-	-	Ngd	[437]Wn-Rg-Ngd
438	Ps	-	-	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[438]Ps-Lbg-Kwd
439	-	Gd	-	-	Rg	-	-	Um	-	[439]Gd-Rg-Um
440	-	-	Wn	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[440]Wn-Pdt-Ngd
441	Ps	-	-	-	Rg	-	Kwd	-	-	[441]Ps-Rg-Kwd
442	-	Gd	-	-	-	Pdt	-	Um	-	[442]Gd-Pdt-Um
443	-	-	Wn	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[443]Wn-Kwd-Ngd
444	Ps	-	-	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[444]Ps-Pdt-Kwd
445	-	Gd	-	-	-	-	Kwd	Um	-	[445]Gd-Kwd-Um
446	-	-	Wn	-	-	-	-	Um	Ngd	[446]Wn-Um-Ngd
447	Ps	Gd	-	-	-	-	-	Um	-	[447]Ps-Gd-Um
448	-	Gd	Wn	-	-	-	-	-	Ngd	[448]Gd-Wn-Ngd
449	Ps	-	Wn	-	-	-	-	Um	-	[449]Ps-Wn-Um
450	-	Gd	-	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[450]Gd-Lbg-Ngd
451	Ps	-	-	Lbg	-	-	-	Um	-	[451]Ps-Lbg-Um
452	-	Gd	-	-	Rg	-	-	-	Ngd	[452]Gd-Rg-Ngd
453	Ps	-	-	-	Rg	-	-	Um	-	[453]Ps-Rg-Um
454	-	Gd	-	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[454]Gd-Pdt-Ngd
455	Ps	-	-	-	-	Pdt	-	Um	-	[455]Ps-Pdt-Um
456	-	Gd	-	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[456]Gd-Kwd-Ngd
457	Ps	-	-	-	-	-	Kwd	Um	-	[457]Ps-Kwd-Um
458	-	Gd	-	-	-	-	-	Um	Ngd	[458]Gd-Um-Ngd
459	Ps	Gd	-	-	-	-	-	-	Ngd	[459]Ps-Gd-Ngd
460	Ps	-	Wn	-	-	-	-	-	Ngd	[460]Ps-Wn-Ngd
461	Ps	-	-	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[461]Ps-Lbg-Ngd
462	Ps	-	-	-	Rg	-	-	-	Ngd	[462]Ps-Rg-Ngd
463	Ps	-	-	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[463]Ps-Pdt-Ngd
464	Ps	-	-	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[464]Ps-Kwd-Ngd
465	Ps	-	-	-	-	-	-	Um	Ngd	[465]Ps-Um-Ngd

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Tabel 4. 31
Kombinasi 2 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
466	Ps	Gd	-	-	-	-	-	-	-	[466]Ps-Gd
467	-	Gd	Wn	-	-	-	-	-	-	[467]Gd-Wn
468	-	-	Wn	Lbg	-	-	-	-	-	[468]Wn-Lbg
469	-	-	-	Lbg	Rg	-	-	-	-	[469]Lbg-Rg
470	-	-	-	-	Rg	Pdt	-	-	-	[470]Rg-Pdt
471	-	-	-	-	-	Pdt	Kwd	-	-	[471]Pdt-Kwd
472	-	-	-	-	-	-	Kwd	Um	-	[472]Kwd-Um
473	-	-	-	-	-	-	-	Um	Ngd	[473]Um-Ngd
474	Ps	-	Wn	-	-	-	-	-	-	[474]Ps-Wn
475	-	Gd	-	Lbg	-	-	-	-	-	[475]Gd-Lbg
476	-	-	Wn	-	Rg	-	-	-	-	[476]Wn-Rg
477	-	-	-	Lbg	-	Pdt	-	-	-	[477]Lbg-Pdt
478	-	-	-	-	Rg	-	Kwd	-	-	[478]Rg-Kwd
479	-	-	-	-	-	Pdt	-	Um	-	[479]Pdt-Um
480	-	-	-	-	-	-	Kwd	-	Ngd	[480]Kwd-Ngd
481	Ps	-	-	Lbg	-	-	-	-	-	[481]Ps-Lbg
482	-	Gd	-	-	Rg	-	-	-	-	[482]Gd-Rg
483	-	-	Wn	-	-	Pdt	-	-	-	[483]Wn-Pdt
484	-	-	-	Lbg	-	-	Kwd	-	-	[484]Lbg-Kwd
485	-	-	-	-	Rg	-	-	Um	-	[485]Rg-Um
486	-	-	-	-	-	Pdt	-	-	Ngd	[486]PdtNgd
487	Ps	-	-	-	Rg	-	-	-	-	[487]Ps-Rg
488	-	Gd	-	-	-	Pdt	-	-	-	[488]Gd-Pdt
489	-	-	Wn	-	-	-	Kwd	-	-	[489]Wn-Kwd
490	-	-	-	Lbg	-	-	-	Um	-	[490]Lbg-Um
491	-	-	-	-	Rg	-	-	-	Ngd	[491]Rg-Ngd
492	Ps	-	-	-	-	Pdt	-	-	-	[492]Ps-Pdt
493	-	Gd	-	-	-	-	Kwd	-	-	[493]Gd-Kwd
494	-	-	Wn	-	-	-	-	Um	-	[494]Wn-Um
495	-	-	-	Lbg	-	-	-	-	Ngd	[495]Lbg-Ngd
496	Ps	-	-	-	-	-	Kwd	-	-	[496]Ps-Kwd
497	-	Gd	-	-	-	-	-	Um	-	[497]Gd-Um
498	-	-	Wn	-	-	-	-	-	Ngd	[498]Wn-Ngd
499	Ps	-	-	-	-	-	-	Um	-	[499]Ps-Um
500	-	Gd	-	-	-	-	-	-	Ngd	[500]Gd-Ngd
501	Ps	-	-	-	-	-	-	-	Ngd	[501]Ps-Ngd

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Tabel 4. 32
Kombinasi 1 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
502	Ps	-	-	-	-	-	-	-	-	[502]Ps
503	-	Gd	-	-	-	-	-	-	-	[503]Gd
504	-	-	Wn	-	-	-	-	-	-	[504]Wn

Lanjutan Tabel 4. 32 Kombinasi 1 Stasiun Hujan

No	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Kombinasi
505	-	-	-	Lbg	-	-	-	-	-	[505]Lbg
506	-	-	-	-	Rg	-	-	-	-	[506]Rg
507	-	-	-	-	-	Pdt	-	-	-	[507]Pdt
508	-	-	-	-	-	-	Kwd	-	-	[508]Kwd
509	-	-	-	-	-	-	-	Um	-	[509]Um
510	-	-	-	-	-	-	-	-	Ngd	[510]Ngd

Sumber: Pengolahan Data, 2018

4.2.3.5 Hasil Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan untuk Seluruh Kombinasi

Setelah kombinasi telah terbentuk seluruhnya dan melalui tahapan pelatihan jaringan. Maka dilakukan perhitungan KR, Min MSE dan NSE. Dimana hasilnya terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 33
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 8 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[1]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	14,427	0	0,065	0,678	memenuhi	8
[2]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	9,247	0	0,016	0,852	baik	8
[3]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	5,067	0	0,014	0,948	baik	8
[4]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	20,556	0	0,013	-0,494	tidak memenuhi	8
[5]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	9,035	0	0,013	0,886	baik	8
[6]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	17,374	0	0,002	0,502	memenuhi	8
[7]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	3,225	0	0,002	0,978	baik	8
[8]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	18,83	0,012	0,005	0,173	tidak memenuhi	8
[9]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	9,907	0	0,004	0,839	baik	8

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4.34
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 7 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[10]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	10,017	0	0,005	0,778	baik	7
[11]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	14,625	0,001	0,004	0,587	memenuhi	7
[12]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	23,629	0	0,021	-0,082	tidak memenuhi	7
[13]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd	6,85	0	0,012	0,939	baik	7
[14]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd	14,253	0	0,01	0,493	memenuhi	7
[15]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd	24,634	0,003	0,006	-0,506	tidak memenuhi	7
[16]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	14,954	0	0,005	0,628	memenuhi	7
[17]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	16,409	0	0,001	0,178	tidak memenuhi	7
[18]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	4,185	0	0,003	0,962	baik	7

Lanjutan Tabel 4. 34 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 7 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[19]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	52,805	0	0,004	-22,006	tidak memenuhi	7
[20]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	14,753	0,003	0,001	0,505	memenuhi	7
[21]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd	28,646	0,002	0,004	-1,149	tidak memenuhi	7
[22]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd	10,031	0,002	0,011	0,861	baik	7
[23]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	21,041	0	0,002	-0,32	tidak memenuhi	7
[24]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um	13,547	0	0,039	0,749	memenuhi	7
[25]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	5,198	0,011	0,016	0,94	baik	7
[26]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	8,71	0,007	0,036	0,878	baik	7
[27]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	10,514	0,007	0,004	0,67	memenuhi	7
[28]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd	8,576	0,003	0,002	0,845	baik	7
[29]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	10,848	0	0,007	0,88	baik	7
[30]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um	40,938	0	0,016	-2,771	tidak memenuhi	7
[31]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	5,497	0,003	0,007	0,965	baik	7
[32]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	21,441	0,003	0,027	0,144	tidak memenuhi	7
[33]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	12,743	0,001	0,009	0,683	memenuhi	7
[34]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	13,946	0	0,005	0,661	memenuhi	7
[35]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um	6,098	0,001	0,013	0,944	baik	7
[36]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	28,026	0	0,009	-0,333	tidak memenuhi	7
[37]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	4,362	0,003	0,007	0,944	baik	7
[38]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	26,433	0,003	0,003	-0,16	tidak memenuhi	7
[39]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um	55,308	0,001	0,003	-37,061	tidak memenuhi	7
[40]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	13,096	0,003	0,003	0,658	memenuhi	7
[41]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	4,742	0,003	0,004	0,949	baik	7
[42]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	4,29	0,003	0,003	0,968	baik	7
[43]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	19,137	0,007	0,003	0,47	memenuhi	7
[44]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	60,266	0	0,003	-11,743	tidak memenuhi	7
[45]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	8,263	0	0,012	0,929	baik	7

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 35
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 6 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[46]Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	9,075	0,012	0,018	0,84	baik	6
[47]Ps-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	48,705	0,005	0,012	-3,154	tidak memenuhi	6
[48]Ps-Gd-Pdt-Kwd-Um-Ngd	7,361	0,004	0,016	0,897	baik	6
[49]Ps-Gd-Wn-Kwd-Um-Ngd	14,598	0,013	0,005	0,588	memenuhi	6
[50]Ps-Gd-Wn-Lbg-Um-Ngd	12,932	0,006	0,008	0,665	memenuhi	6
[51]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Ngd	36,211	0,015	0,004	-2,06	tidak memenuhi	6
[52]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt	22,861	0,007	0,001	0,308	tidak memenuhi	6

Lanjutan Tabel 4. 35 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 6 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[53]Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	29,463	0,004	0,003	-8,357	tidak memenuhi	6
[54]Ps-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	9,091	0,003	0,027	0,853	baik	6
[55]Ps-Gd-Rg-Kwd-Um-Ngd	30,951	0,005	0,005	-0,622	tidak memenuhi	6
[56]Ps-Gd-Wn-Pdt-Um-Ngd	8,108	0,01	0,003	0,877	baik	6
[57]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd-Ngd	7,308	0,008	0,005	0,769	baik	6
[58]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Um	12,538	0	0,011	0,704	memenuhi	6
[59]Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	12,552	0,001	0,01	0,777	baik	6
[60]Ps-Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd	23,554	0,002	0,004	0,039	tidak memenuhi	6
[61]Ps-Gd-Lbg-Kwd-Um-Ngd	43,198	0,005	0,004	-2,442	tidak memenuhi	6
[62]Ps-Gd-Wn-Rg-Um-Ngd	14,344	0,002	0,001	0,474	memenuhi	6
[63]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Ngd	16,805	0,017	0,004	0,554	memenuhi	6
[64]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd	17,813	0,002	0,004	0,531	memenuhi	6
[65]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	3,598	0,012	0,003	0,964	baik	6
[66]Ps-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	26,351	0,002	0,016	-0,956	tidak memenuhi	6
[67]Ps-Gd-Rg-Pdt-Um-Ngd	20,689	0,006	0,01	-0,672	tidak memenuhi	6
[68]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd-Ngd	14,375	0,004	0,017	0,699	memenuhi	6
[69]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um	22,603	0,006	0,041	0,299	tidak memenuhi	6
[70]Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	30,487	0,006	0,004	-0,992	tidak memenuhi	6
[71]Ps-Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd	23,043	0,004	0,005	-0,496	tidak memenuhi	6
[72]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Um-Ngd	20,9	0,001	0,004	-0,271	tidak memenuhi	6
[73]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd-Ngd	33,103	0,001	0,004	-1,436	tidak memenuhi	6
[74]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um	4,566	0,005	0,001	0,969	baik	6
[75]Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd	12,413	0,002	0,012	0,812	baik	6
[76]Ps-Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd	23,228	0,003	0,027	-0,404	tidak memenuhi	6
[77]Ps-Gd-Lbg-Rg-Um-Ngd	16,489	0,003	0,004	0,388	memenuhi	6
[78]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Ngd	30,383	0	0,004	-1,491	tidak memenuhi	6
[79]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd	7,429	0,002	0,005	0,928	baik	6
[80]Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	29,37	0,005	0,009	-0,16	tidak memenuhi	6
[81]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	13,694	0,006	0,01	0,47	memenuhi	6
[82]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	11,404	0,003	0,008	0,769	baik	6
[83]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um	29,069	0,018	0,005	-1,148	tidak memenuhi	6
[84]Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	24,963	0,003	0,019	-0,529	tidak memenuhi	6
[85]Ps-Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd	8,133	0,004	0,001	0,842	baik	6
[86]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	9,641	0,007	0,005	0,765	baik	6
[87]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd-Um	10,54	0,002	0,007	0,72	memenuhi	6
[88]Gd-Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd	24,366	0,004	0,006	-0,878	tidak memenuhi	6
[89]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd	7,315	0,003	0,008	0,866	baik	6
[90]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	21,085	0,004	0,008	0,369	memenuhi	6
[91]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Um	13,185	0,001	0,002	0,352	tidak memenuhi	6
[92]Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd	17,9	0,005	0,001	0,366	memenuhi	6
[93]Ps-Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd	21,971	0,004	0,004	0,081	tidak memenuhi	6
[94]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	15,675	0,006	0,008	0,554	memenuhi	6

Lanjutan Tabel 4. 35 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 6 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[95]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd	4,439	0,007	0,005	0,972	baik	6
[96]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	13,655	0,005	0,004	0,596	memenuhi	6
[97]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	16,935	0,005	0,008	0,336	tidak memenuhi	6
[98]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um	8,838	0,005	0,002	0,859	baik	6
[99]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	3,864	0,002	0,003	0,975	baik	6
[100]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	21,985	0,001	0,014	0,109	tidak memenuhi	6
[101]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um	10,696	0,002	0,015	0,765	baik	6
[102]Gd-Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd	31,289	0,004	0,005	-1,467	tidak memenuhi	6
[103]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	38,594	0,003	0,005	-6,071	tidak memenuhi	6
[104]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um	6,45	0,003	0,005	0,918	baik	6
[105]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd	10,021	0,006	0,007	0,795	baik	6
[106]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	10,97	0,007	0,006	0,774	baik	6
[107]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um	134,78	0,015	0,004	-70,69	tidak memenuhi	6
[108]Gd-Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd	21,53	0,007	0,02	-0,276	tidak memenuhi	6
[109]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	7,042	0,003	0,003	0,924	baik	6
[110]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	13,476	0,005	0,002	0,729	memenuhi	6
[111]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	53,236	0,005	0,009	-6,028	tidak memenuhi	6
[112]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	3,967	0,004	0,001	0,98	baik	6
[113]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	14,119	0,015	0,008	0,743	memenuhi	6
[114]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um	21,437	0,002	0,015	0,11	tidak memenuhi	6
[115]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	29,151	0,007	0,007	-0,909	tidak memenuhi	6
[116]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um	15,935	0,004	0,005	0,536	memenuhi	6
[117]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	17,107	0,005	0,005	0,584	memenuhi	6
[118]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um	20,68	0,002	0,01	0,163	tidak memenuhi	6
[119]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	16,47	0,008	0,003	0,503	memenuhi	6
[120]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um	29,071	0,013	0,01	-0,517	tidak memenuhi	6
[121]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	19,416	0,014	0,006	0,011	tidak memenuhi	6
[122]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	5,428	0,012	0	0,883	baik	6
[123]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	6,528	0,008	0,001	0,931	baik	6
[124]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	8,655	0,005	0,002	0,911	baik	6
[125]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um	6,12	0,012	0,004	0,886	baik	6
[126]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um	3,968	0,014	0,003	0,981	baik	6
[127]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um	12,358	0,001	0,007	0,59	memenuhi	6
[128]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um	5,548	0,012	0,014	0,952	baik	6
[129]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	41,507	0,012	0,009	-2,562	tidak memenuhi	6

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 36
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 5 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[130]Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	24,115	0,005	0,026	-0,001	tidak memenuhi	5
[131]Ps-Pdt-Kwd-Um-Ngd	13,545	0,007	0,02	0,717	memenuhi	5
[132]Ps-Gd-Kwd-Um-Ngd	15,676	0,016	0,004	0,006	tidak memenuhi	5
[133]Ps-Gd-Wn-Um-Ngd	13,954	0,007	0,005	0,544	memenuhi	5
[134]Ps-Gd-Wn-Lbg-Ngd	17,222	0,009	0,002	0,332	tidak memenuhi	5
[135]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg	118,77	0,02	0,004	-36,768	tidak memenuhi	5
[136]Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	16,109	0,012	0,004	0,463	memenuhi	5
[137]Ps-Rg-Kwd-Um-Ngd	18,612	0,012	0,004	0,051	tidak memenuhi	5
[138]Ps-Gd-Pdt-Um-Ngd	21,595	0,006	0,004	0,199	tidak memenuhi	5
[139]Ps-Gd-Wn-Kwd-Ngd	13,675	0,007	0,006	0,462	memenuhi	5
[140]Ps-Gd-Wn-Lbg-Um	90,616	0,007	0,005	-75,428	tidak memenuhi	5
[141]Wn-Pdt-Kwd-Um-Ngd	20,799	0,009	0,02	0,064	tidak memenuhi	5
[142]Ps-Lbg-Kwd-Um-Ngd	16,601	0,009	0,012	-0,217	tidak memenuhi	5
[143]Ps-Gd-Rg-Um-Ngd	18,833	0,018	0,003	-0,039	tidak memenuhi	5
[144]Ps-Gd-Wn-Pdt-Ngd	11,569	0,018	0,006	0,697	memenuhi	5
[145]Ps-Gd-Wn-Lbg-Kwd	15,409	0,03	0,005	0,363	memenuhi	5
[146]Gd-Pdt-Kwd-Um-Ngd	14,776	0,004	0,007	0,503	memenuhi	5
[147]Ps-Wn-Kwd-Um-Ngd	15,697	0,016	0,005	0,466	memenuhi	5
[148]Ps-Gd-Lbg-Um-Ngd	233,54	0,013	0,011	-292,545	tidak memenuhi	5
[149]Ps-Gd-Wn-Rg-Ngd	14,09	0,008	0,007	0,595	memenuhi	5
[150]Ps-Gd-Wn-Lbg-Pdt	7,769	0,008	0,004	0,923	baik	5
[151]Lbg-Rg-Kwd-Um-Ngd	10,456	0,003	0,012	0,848	baik	5
[152]Ps-Rg-Pdt-Um-Ngd	22,209	0,008	0,012	-0,025	tidak memenuhi	5
[153]Ps-Gd-Pdt-Kwd-Ngd	17,181	0,01	0,01	0,499	memenuhi	5
[154]Ps-Gd-Wn-Kwd-Um	16,82	0,013	0,007	0,392	memenuhi	5
[155]Wn-Rg-Kwd-Um-Ngd	22,485	0,012	0,004	-0,108	tidak memenuhi	5
[156]Ps-Lbg-Pdt-Um-Ngd	22,028	0,009	0,002	-0,112	tidak memenuhi	5
[157]Ps-Gd-Rg-Kwd-Ngd	19,569	0,01	0,007	0,16	tidak memenuhi	5
[158]Ps-Gd-Wn-Pdt-Um	6,074	0,003	0,002	0,919	baik	5
[159]Wn-Lbg-Kwd-Um-Ngd	24,978	0,015	0,019	-0,231	tidak memenuhi	5
[160]Ps-Lbg-Rg-Ngd	23,522	0,006	0,004	-0,204	tidak memenuhi	5
[161]Ps-Gd-Rg-Pdt-Ngd	23,083	0,01	0,011	0,048	tidak memenuhi	5
[162]Ps-Gd-Wn-Pdt-Kwd	4,021	0,007	0,002	0,976	baik	5
[163]Gd-Rg-Kwd-Um-Ngd	23,367	0,009	0,004	-0,359	tidak memenuhi	5
[164]Ps-Wn-Pdt-Um-Ngd	28,055	0,012	0,002	-0,806	tidak memenuhi	5
[165]Ps-Gd-Lbg-Kwd-Ngd	16,163	0,015	0,007	0,447	memenuhi	5
[166]Ps-Gd-Wn-Rg-Um	18,268	0,013	0,007	0,335	tidak memenuhi	5
[167]Gd-Lbg-Kwd-Um-Ngd	31,152	0,012	0,006	-0,548	tidak memenuhi	5
[168]Ps-Wn-Rg-Um-Ngd	19,459	0,006	0,005	-0,008	tidak memenuhi	5
[169]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Ngd	10,52	0,012	0,003	0,806	baik	5

Lanjutan Tabel 4. 36 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 5 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[170]Ps-Gd-Wn-Rg-Kwd	23,819	0,031	0,002	0,123	tidak memenuhi	5
[171]Gd-Wn-Kwd-Um-Ngd	18,192	0,008	0,005	0,252	tidak memenuhi	5
[172]Ps-Wn-Lbg-Um-Ngd	19,416	0,01	0,017	0,468	memenuhi	5
[173]Ps-Gd-Lbg-Rg-Ngd	20,569	0,009	0,006	-0,081	tidak memenuhi	5
[174]Ps-Gd-Wn-Rg-Pdt	3,762	0,006	0,001	0,979	baik	5
[175]Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	3,896	0,012	0,003	0,967	baik	5
[176]Ps-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	19,053	0,005	0,009	0,028	tidak memenuhi	5
[177]Ps-Gd-Pdt-Kwd-Um	24,66	0,013	0,002	-1,07	tidak memenuhi	5
[178]Wn-Rg-Pdt-Um-Ngd	15,55	0,013	0,004	0,705	memenuhi	5
[179]Ps-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	7,784	0,015	0,004	0,924	baik	5
[180]Ps-Gd-Rg-Kwd-Um	12,038	0,016	0,001	0,588	memenuhi	5
[181]Wn-Lbg-Pdt-Um-Ngd	11,8	0,007	0,007	0,851	baik	5
[182]Ps-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	25,906	0,006	0,008	-0,601	tidak memenuhi	5
[183]Ps-Gd-Rg-Pdt-Um	3,029	0,014	0,001	0,984	baik	5
[184]Wn-Lbg-Rg-Um-Ngd	9,743	0,005	0,006	0,754	baik	5
[185]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	8,745	0,006	0,002	0,779	baik	5
[186]Ps-Gd-Rg-Pdt-Kwd	6,195	0,006	0	0,937	baik	5
[187]Gd--Rg-Pdt-Um-Ngd	30,187	0,003	0,017	-1,109	tidak memenuhi	5
[188]Ps-Wn-Pdt-Kwd-Ngd	10,853	0,005	0,013	0,77	baik	5
[189]Ps-Gd-Lbg-Kwd-Um	22,663	0,004	0,003	-0,479	tidak memenuhi	5
[190]Gd-Lbg-Pdt-Um-Ngd	5,747	0,012	0,007	0,952	baik	5
[191]Ps-Wn-Rg-Kwd-Ngd	27,898	0,004	0,003	-0,683	tidak memenuhi	5
[192]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Um	17,051	0,015	0,001	-1,405	tidak memenuhi	5
[193]Gd-Lbg-Rg-Um-Ngd	31,438	0,012	0	-2,124	tidak memenuhi	5
[194]Ps-Wn-Rg-Pdt-Ngd	20,278	0,014	0,009	0,31	tidak memenuhi	5
[195]Ps-Gd-Lbg-Pdt-Kwd	40,034	0,011	0,008	-1,924	tidak memenuhi	5
[196]Gd-Wn-Pdt-Um-Ngd	9,276	0,007	0,007	0,894	baik	5
[197]Ps-Wn-Lbg-Kwd-Ngd	6,82	0,011	0	0,744	memenuhi	5
[198]Ps-Gd-Lbg-Rg-Um	15,403	0,008	0,007	0,258	tidak memenuhi	5
[199]Gd-Wn-Rg-Um-Ngd	18,282	0,005	0,011	0,37	memenuhi	5
[200]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Ngd	8,806	0,005	0,001	0,824	baik	5
[201]Ps-Gd-Lbg-Rg-Kwd	4,186	0,014	0	0,915	baik	5
[202]Gd-Wn-Lbg-Um-Ngd	17,455	0,008	0,025	0,591	memenuhi	5
[203]Ps-Wn-Lbg-Rg-Ngd	23,452	0,007	0,004	-0,641	tidak memenuhi	5
[204]Ps-Gd-Lbg-Rg-Pdt	3,668	0,014	0,001	0,977	baik	5
[205]Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	4,451	0,005	0,003	0,977	baik	5
[206]Ps-Rg-Pdt-Kwd-Um	13,315	0,016	0,002	0,582	memenuhi	5
[207]Wn-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	13,262	0,003	0,016	0,513	memenuhi	5
[208]Ps-Lbg-Pdt-Kwd-Um	11,014	0,023	0,002	0,585	memenuhi	5
[209]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	15,109	0,007	0,006	0,538	memenuhi	5
[210]Ps-Lbg-Rg-Kwd-Um	8,79	0,006	0,012	0,845	baik	5
[211]Wn-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	16,001	0,007	0,01	0,652	memenuhi	5

Lanjutan Tabel 4. 36 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 5 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[212]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Um	103,2	0,019	0,003	-37,329	tidak memenuhi	5
[213]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	15,849	0,009	0,006	0,58	memenuhi	5
[214]Ps-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	21,674	0,009	0,003	-1,542	tidak memenuhi	5
[215]Gd-Rg-Pdt-Kwd-Ngd	22,719	0,007	0,005	0,193	tidak memenuhi	5
[216]Ps-Wn-Pdt-Kwd-Um	13,555	0,013	0,005	0,736	memenuhi	5
[217]Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	14,701	0,007	0,006	0,523	memenuhi	5
[218]Ps-Wn-Rg-Kwd-Um	18,424	0,016	0,012	0,343	tidak memenuhi	5
[219]Gd-Lbg-Rg-Kwd-Ngd	17,236	0,005	0,012	0,569	memenuhi	5
[220]Ps-Wn-Rg-Pdt-Um	10,725	0,007	0,009	0,868	baik	5
[221]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Ngd	5,029	0,01	0,003	0,954	baik	5
[222]Ps-Wn-Rg-Pdt-Kwd	21,102	0,015	0,003	0,072	tidak memenuhi	5
[223]Gd-Wn-Pdt-Kwd-Ngd	14,499	0,004	0,007	0,493	memenuhi	5
[224]Ps-Wn-Lbg-Kwd-Um	23,896	0,008	0,045	0,256	tidak memenuhi	5
[225]Gd-Wn-Rg-Kwd-Ngd	16,938	0,012	0,006	0,247	tidak memenuhi	5
[226]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Um	7,535	0,015	0,005	0,9	baik	5
[227]Gd-Wn-Rg-Pdt-Ngd	40,182	0,01	0,008	-7,085	tidak memenuhi	5
[228]Ps-Wn-Lbg-Pdt-Kwd	5,147	0,002	0,001	0,94	baik	5
[229]Gd-Wn-Lbg-Kwd-Ngd	21,793	0,012	0,004	0,204	tidak memenuhi	5
[230]Ps-Wn-Lbg-Rg-Um	8,688	0,003	0,004	0,744	memenuhi	5
[231]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Ngd	5,321	0,018	0,004	0,933	baik	5
[232]Ps-Wn-Lbg-Rg-Kwd	20,384	0,011	0,008	0,262	tidak memenuhi	5
[233]Gd-Wn-Lbg-Rg-Ngd	14,427	0,007	0,012	0,712	memenuhi	5
[234]Ps-Wn-Lbg-Rg-Pdt	14,828	0,018	0,02	0,752	baik	5
[235]Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um	17,201	0,01	0,012	0,599	memenuhi	5
[236]Wn-Rg-Pdt-Kwd-Um	26,914	0,003	0,017	-0,072	tidak memenuhi	5
[237]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um	12,452	0,019	0,01	0,765	baik	5
[238]Wn-Lbg-Rg-Kwd-Um	11,955	0,003	0,01	0,805	baik	5
[239]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um	14,813	0,003	0,004	0,663	memenuhi	5
[240]Wn-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	5,56	0,013	0	0,848	baik	5
[241]Gd-Rg-Pdt-Kwd-Um	17,761	0,003	0,004	0,207	tidak memenuhi	5
[242]Gd-Lbg-Pdt-Kwd-Um	12,978	0,015	0	0,567	memenuhi	5
[243]Gd-Lbg-Rg-Kwd-Um	14,811	0,008	0,005	0,639	memenuhi	5
[244]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Um	44,137	0,012	0,009	-8,813	tidak memenuhi	5
[245]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd	3,424	0,013	0	0,936	baik	5
[246]Gd-Wn-Pdt-Kwd-Um	18,281	0,01	0,001	0,345	tidak memenuhi	5
[247]Gd-Wn-Rg-Kwd-Um	18,816	0,008	0,003	0,302	tidak memenuhi	5
[248]Gd-Wn-Rg-Pdt-Um	14,221	0,012	0,002	0,458	memenuhi	5
[249]Gd-Wn-Rg-Pdt-Kwd	2,888	0,021	0,002	0,989	baik	5
[250]Gd-Wn-Lbg-Kwd-Um	2,986	0,016	0,004	0,975	baik	5
[251]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um	1,896	0,01	0,001	0,993	baik	5

Lanjutan Tabel 4. 36 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 5 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[252]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Kwd	5,308	0,014	0,002	0,96	baik	5
[253]Gd-Wn-Lbg-Rg-Um	19,966	0,006	0,01	0,407	memenuhi	5
[254]Gd-Wn-Lbg-Rg-Kwd	9,872	0,016	0,002	0,733	memenuhi	5
[255]Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt	14,184	0,012	0,001	0,51	memenuhi	5

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 37
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 4 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[256]Ps-Gd-Wn-Lbg	17,375	0,027	0,003	0,449	memenuhi	4
[257]Gd-Wn-Lbg-Rg	18,97	0,028	0,001	0,237	tidak memenuhi	4
[258]Wn-Lbg-Rg-Pdt	8,612	0,026	0,003	0,835	baik	4
[259]Lbg-Rg-Pdt-Kwd	8,392	0,016	0,001	0,855	baik	4
[260]Rg-Pdt-Kwd-Um	24,897	0,034	0,025	-0,216	tidak memenuhi	4
[261]Pdt-Kwd-Um-Ngd	8,944	0,024	0,009	0,819	baik	4
[262]Ps-Gd-Wn-Rg	20,772	0,025	0,003	0,006	tidak memenuhi	4
[263]Gd-Wn-Lbg-Pdt	8,115	0,015	0,002	0,92	baik	4
[264]Wn-Lbg-Rg-Kwd	9,183	0,031	0,006	0,776	baik	4
[265]Lbg-Rg-Pdt-Um	6,905	0,02	0,019	0,904	baik	4
[266]Rg-Pdt-Kwd-Ngd	17,996	0,023	0,013	0,002	tidak memenuhi	4
[267]Ps-Gd-Lbg-Rg	12,875	0,014	0,001	0,75	memenuhi	4
[268]Gd-Wn-Rg-Pdt	2,875	0,021	0,002	0,99	baik	4
[269]Wn-Lbg-Pdt-Kwd	12,739	0,033	0,028	0,743	memenuhi	4
[270]Lbg-Rg-Kwd-Um	29,828	0,013	0,007	-0,539	tidak memenuhi	4
[271]Rg-Pdt-Um-Ngd	18,795	0,01	0,009	0,042	tidak memenuhi	4
[272]Ps-Wn-Lbg-Rg	13,626	0,032	0,002	0,578	memenuhi	4
[273]Gd-Lbg-Rg-Pdt	15,555	0,024	0,015	0,385	memenuhi	4
[274]Wn-Rg-Pdt-Kwd	10,14	0,009	0,011	0,83	baik	4
[275]Lbg-Pdt-Kwd-Um	6,583	0,016	0,001	0,94	baik	4
[276]Rg-Kwd-Um-Ngd	31,263	0,021	0,006	-1,492	tidak memenuhi	4
[277]Ps-Gd-Wn-Pdt	5,848	0,017	0,007	0,947	baik	4
[278]Gd-Wn-Lbg-Kwd	21,388	0,031	0,013	0,249	tidak memenuhi	4
[279]Wn-Lbg-Rg-Um	10,447	0,008	0,006	0,759	baik	4
[280]Lbg-Rg-Pdt-Ngd	9,86	0,014	0,02	0,832	baik	4
[281]Ps-Gd-Lbg-Pdt	4,959	0,013	0	0,946	baik	4
[282]Gd-Wn-Rg-Kwd	17,767	0,016	0,002	0,517	memenuhi	4
[283]Wn-Lbg-Pdt-Um	13,306	0,012	0,01	0,571	memenuhi	4
[284]Lbg-Rg-Kwd-Ngd	19,131	0,011	0,008	0,292	tidak memenuhi	4
[285]Ps-Gd-Rg-Pdt	10,407	0,017	0,002	0,856	baik	4

Lanjutan Tabel 4. 37 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 4 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[286]Gd-Wn-Pdt-Kwd	11,212	0,016	0,004	0,764	baik	4
[287]Wn-Lbg-Kwd-Um	35,649	0,021	0,009	-1,104	tidak memenuhi	4
[288]Lbg-Rg-Um-Ngd	25,813	0,017	0,007	-0,125	tidak memenuhi	4
[289]Ps-Wn-Lbg-Pdt	5,015	0,015	0,004	0,953	baik	4
[290]Gd-Lbg-Rg-Kwd	17,043	0,018	0,006	0,532	memenuhi	4
[291]Wn-Rg-Pdt-Um	24,517	0,007	0,006	0,053	tidak memenuhi	4
[292]Lbg-Pdt-Kwd-Ngd	10,245	0,019	0,001	0,69	memenuhi	4
[293]Ps-Wn-Rg-Pdt	21,123	0,021	0,001	0,175	tidak memenuhi	4
[294]Gd-Lbg-Pdt-Kwd	19,212	0,025	0,045	0,529	memenuhi	4
[295]Wn-Rg-Kwd-Um	22,443	0,016	0,011	-0,02	tidak memenuhi	4
[296]Lbg-Pdt-Um-Ngd	10,71	0,011	0,012	0,794	baik	4
[297]Ps-Lbg-Rg-Pdt	2,389	0,014	0,001	0,984	baik	4
[298]Gd-Rg-Pdt-Kwd	20,198	0,015	0,002	0,235	tidak memenuhi	4
[299]Wn-Pdt-Kwd-Um	8,053	0,016	0,003	0,902	baik	4
[300]Lbg-Kwd-Um-Ngd	10,287	0,009	0,006	0,676	memenuhi	4
[301]Ps-Gd-Wn-Kwd	13,361	0,014	0,013	0,538	memenuhi	4
[302]Gd-Wn-Lbg-Um	25,735	0,015	0,002	-0,114	tidak memenuhi	4
[303]Wn-Lbg-Rg-Ngd	12,473	0,011	0,018	0,795	baik	4
[304]Ps-Gd-Lbg-Kwd	25,403	0,024	0,004	-0,492	tidak memenuhi	4
[305]Gd-Wn-Rg-Um	14,137	0,031	0,005	0,509	memenuhi	4
[306]Wn-Lbg-Pdt-Ngd	6,627	0,018	0,005	0,941	baik	4
[307]Ps-Gd-Rg-Kwd	22,361	0,019	0,012	0,037	tidak memenuhi	4
[308]Gd-Wn-Pdt-Um	29,542	0,017	0,003	-1,575	tidak memenuhi	4
[309]Wn-Lbg-Kwd-Ngd	7,496	0,02	0,002	0,924	baik	4
[310]Ps-Gd-Pdt-Kwd	55,35	0,017	0,001	-7,825	tidak memenuhi	4
[311]Gd-Wn-Kwd-Um	0,574	0,023	0,004	0,574	memenuhi	4
[312]Wn-Lbg-Um-Ngd	21,542	0,008	0,005	-0,181	tidak memenuhi	4
[313]Ps-Wn-Lbg-Kwd	17,965	0,021	0,002	0,283	tidak memenuhi	4
[314]Gd-Lbg-Rg-Um	36,052	0,005	0,003	-1,585	tidak memenuhi	4
[315]Wn-Rg-Pdt-Ngd	19,277	0,023	0,003	0,202	tidak memenuhi	4
[316]Ps-Wn-Rg-Kwd	20,58	0,032	0,009	0,105	tidak memenuhi	4
[317]Gd-Lbg-Pdt-Um	4,171	0,018	0,001	0,974	baik	4
[318]Wn-Rg-Kwd-Ngd	20,252	0,02	0,009	0,122	tidak memenuhi	4
[319]Ps-Wn-Pdt-Kwd	10,498	0,023	0,003	0,786	baik	4
[320]Gd-Lbg-Kwd-Um	12,41	0,016	0,001	0,505	memenuhi	4
[321]Wn-Rg-Um-Ngd	22,297	0,014	0,01	-0,198	tidak memenuhi	4
[322]Ps-Lbg-Rg-Kwd	6,681	0,016	0,001	0,861	baik	4
[323]Gd-Rg-Pdt-Um	13,41	0,011	0,002	0,59	memenuhi	4
[324]Wn-Pdt-Kwd-Ngd	20,051	0,023	0,009	0,217	tidak memenuhi	4
[325]Ps-Lbg-Pdt-Kwd--	8,45	0,023	0,009	0,877	baik	4
[326]Gd-Rg-Kwd-Um	26,5	0,022	0,026	-0,195	tidak memenuhi	4

Lanjutan Tabel 4. 37 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 4 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[327]Wn-Pdt-Um-Ngd	28,484	0,026	0,004	-0,219	tidak memenuhi	4
[328]Ps-Rg-Pdt-Kwd	21,716	0,016	0,001	0,129	tidak memenuhi	4
[329]Gd-Pdt-Kwd-Um	5,152	0,014	0	0,962	baik	4
[330]Wn-Kwd-Um-Ngd	21,145	0,015	0,006	-0,185	tidak memenuhi	4
[331]Ps-Gd-Wn-Um	17,933	0,015	0,002	0,255	tidak memenuhi	4
[332]Gd-Wn-Lbg-Ngd	23,75	0,015	0,003	-0,114	tidak memenuhi	4
[333]Ps-Gd-Lbg-Um	20,431	0,025	0,015	0,144	tidak memenuhi	4
[334]Gd-Wn-Rg-Ngd	13,017	0,016	0,002	0,597	memenuhi	4
[335]Ps-Gd-Rg-Um	18,891	0,012	0,014	0,083	tidak memenuhi	4
[336]Gd-Wn-Pdt-Ngd	13,279	0,016	0,015	0,745	memenuhi	4
[337]Ps-Gd-Pdt-Um	10,675	0,024	0,001	0,732	memenuhi	4
[338]Gd-Wn-Kwd-Ngd	25,926	0,008	0,008	-0,331	tidak memenuhi	4
[339]Ps-Gd-Kwd-Um	31,838	0,01	0,002	-1,045	tidak memenuhi	4
[340]Gd-Wn-Um-Ngd	16,18	0,011	0,015	0,588	memenuhi	4
[341]Ps-Wn-Lbg-Um	8,93	0,013	0,01	0,824	baik	4
[342]Gd-Lbg-Rg-Ngd	11,715	0,021	0,007	0,825	baik	4
[343]Ps-Wn-Rg-Um	23,051	0,035	0,005	-0,019	tidak memenuhi	4
[344]Gd-Lbg-Pdt-Ngd	22,901	0,01	0,01	-0,153	tidak memenuhi	4
[345]Ps-Wn-Pdt-Um	19,556	0,016	0,003	0,339	tidak memenuhi	4
[346]Gd-Lbg-Kwd-Ngd	19,387	0,016	0,013	0,325	tidak memenuhi	4
[347]Ps-Wn-Kwd-Um	17,758	0,037	0,01	0,36	tidak memenuhi	4
[348]Gd-Lbg-Um-Ngd	22,107	0,016	0,003	-0,401	tidak memenuhi	4
[349]Ps-Lbg-Rg-Um	20,48	0,011	0,003	-0,194	tidak memenuhi	4
[350]Gd-Rg-Pdt-Ngd	18,623	0,01	0,007	0,213	tidak memenuhi	4
[351]Ps-Lbg-Pdt-Um	36,968	0,025	0,008	-1,795	tidak memenuhi	4
[352]Gd-Rg-Kwd-Ngd	19,658	0,016	0,006	-0,275	tidak memenuhi	4
[353]Ps-Lbg-Kwd-Um	6,532	0,014	0,012	0,943	baik	4
[354]Gd-Rg-Um-Ngd	21,591	0,033	0,019	-0,268	tidak memenuhi	4
[355]Ps-Rg-Pdt-Um	18,231	0,013	0,002	0,134	tidak memenuhi	4
[356]Gd-Pdt-Kwd-Ngd	20,72	0,025	0,004	-0,227	tidak memenuhi	4
[357]Ps-Rg-Kwd-Um	20,678	0,007	0,017	0,044	tidak memenuhi	4
[358]Gd-Pdt-Um-Ngd	15,929	0,021	0,004	0,522	memenuhi	4
[359]Ps-Pdt-Kwd-Um	23,805	0,015	0,005	0,021	tidak memenuhi	4
[360]Gd-Kwd-Um-Ngd	19,308	0,01	0,012	-0,297	tidak memenuhi	4
[361]Ps-Gd-Wn-Ngd	26,02	0,024	0,012	-1,303	tidak memenuhi	4
[362]Ps-Gd-Lbg-Ngd	19,37	0,027	0,002	-0,018	tidak memenuhi	4
[363]Ps-Gd-Rg-Ngd	29,516	0,03	0,002	-0,414	tidak memenuhi	4
[364]Ps-Gd-Pdt-Ngd	13,259	0,013	0,01	0,7	memenuhi	4
[365]Ps-Gd-Kwd-Ngd	27,168	0,018	0,007	-1,769	tidak memenuhi	4
[366]Ps-Gd-Um-Ngd	20,645	0,018	0,02	-0,519	tidak memenuhi	4

Lanjutan Tabel 4. 37 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 4 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	cross validation	NSE Nilai	Ket	Jumlah Stasiun hujan
[367]Ps-Wn-Lbg-Ngd	38,507	0,015	0,003	-4,288	tidak memenuhi	4
[368]Ps-Wn-Rg-Ngd	19,867	0,036	0,01	-0,027	tidak memenuhi	4
[369]Ps-Wn-Pdt-Ngd	14,52	0,016	0,003	0,631	memenuhi	4
[370]Ps-Wn-Kwd-Ngd	17,38	0,021	0,005	0,275	tidak memenuhi	4
[371]Ps-Wn-Um-Ngd	19,612	0,02	0,013	-0,388	tidak memenuhi	4
[372]Ps-Lbg-Rg-Ngd	19,452	0,026	0,007	0,209	tidak memenuhi	4
[373]Ps-Lbg-Pdt-Ngd	21,338	0,011	0,002	-0,378	tidak memenuhi	4
[374]Ps-Lbg--Ngd	25,87	0,026	0,003	-0,266	tidak memenuhi	4
[375]Ps-Lbg-Um-Ngd	27,563	0,012	0,003	-1,04	tidak memenuhi	4
[376]Ps-Rg-Pdt-Ngd	45,106	0,021	0,009	-3,224	tidak memenuhi	4
[377]Ps-Rg-Kwd-Ngd	18,478	0,008	0,005	-0,195	tidak memenuhi	4
[378]Ps-Rg-Um-Ngd	21,134	0,035	0,01	-0,643	tidak memenuhi	4
[379]Ps-Pdt-Kwd-Ngd	15,192	0,018	0,01	0,34	tidak memenuhi	4
[380]Ps-Pdt-Um-Ngd	20,154	0,022	0,01	0,057	tidak memenuhi	4
[381]Ps-Kwd-Um-Ngd	20,813	0,021	0,006	-0,378	tidak memenuhi	4

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 38
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 3 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	cross validation	NSE Nilai	Ket	Jumlah Stasiun hujan
[382]Ps-Gd-Wn	26,1	0,03	0,001	-1,171	tidak memenuhi	3
[383]Gd-Wn-Lbg	21,755	0,031	0,003	0,118	tidak memenuhi	3
[384]Wn-Lbg-Rg	10,548	0,021	0,002	0,749	memenuhi	3
[385]Lbg-Rg-Pdt	13,91	0,026	0,002	0,411	memenuhi	3
[386]Rg-Pdt-Kwd	18,509	0,026	0,001	0,263	tidak memenuhi	3
[387]Pdt-Kwd-Um	37,467	0,038	0,002	-1,999	tidak memenuhi	3
[388]Kwd-Um-Ngd	26,083	0,028	0,007	-0,455	tidak memenuhi	3
[389]Ps-Gd-Lbg	8,746	0,015	0,001	0,807	baik	3
[390]Gd-Wn-Rg	17,338	0,025	0,007	0,217	tidak memenuhi	3
[391]Wn-Lbg-Pdt	7,336	0,024	0,007	0,926	baik	3
[392]Lbg-Rg-Kwd	20,978	0,014	0,011	0,431	memenuhi	3
[393]Rg-Pdt-Um	20,417	0,036	0,008	-0,024	tidak memenuhi	3
[394]Pdt-Kwd-Ngd	8,896	0,027	0,007	0,709	memenuhi	3
[395]Ps-Wn-Lbg	20,753	0,025	0,01	0,277	tidak memenuhi	3
[396]Gd-Lbg-Rg	38,952	0,033	0,002	-1,733	tidak memenuhi	3
[397]Wn-Rg-Pdt	21,159	0,028	0,001	0,194	tidak memenuhi	3
[398]Lbg-Pdt-Kwd	20,938	0,02	0	-0,356	tidak memenuhi	3
[399]Rg-Kwd-Um	23,604	0,06	0,009	-0,464	tidak memenuhi	3
[400]Pdt-Um-Ngd	19,069	0,025	0,025	0,105	tidak memenuhi	3

Lanjutan Tabel 4. 38 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 3 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[401]Ps-Gd-Rg	17,48	0,033	0,001	0,086	tidak memenuhi	3
[402]Gd-Wn-Pdt	2,853	0,021	0,001	0,987	baik	3
[403]Wn-Lbg-Kwd	11,398	0,023	0,002	0,627	memenuhi	3
[404]Lbg-Rg-Um	23,785	0,016	0,042	0,249	tidak memenuhi	3
[405]Rg-Pdt-Ngd	12,429	0,015	0,007	0,79	baik	3
[406]Ps-Wn-Rg	19,372	0,032	0,003	-0,121	tidak memenuhi	3
[407]Gd-Lbg-Pdt	15,587	0,044	0,001	-1,406	tidak memenuhi	3
[408]Wn-Rg-Kwd	20,293	0,021	0,007	0,174	tidak memenuhi	3
[409]Lbg-Pdt-Um	7,409	0,036	0,014	0,906	baik	3
[410]Rg-Kwd-Ngd	20,147	0,048	0,011	-0,073	tidak memenuhi	3
[411]Ps-Lbg-Rg	21,257	0,019	0,002	-0,034	tidak memenuhi	3
[412]Gd-Rg-Pdt	5,692	0,025	0,001	0,903	baik	3
[413]Wn-Pdt-Kwd	21,132	0,02	0,002	0,463	memenuhi	3
[414]Lbg-Kwd-Um	15,13	0,019	0,041	0,685	memenuhi	3
[415]Rg-Um-Ngd	20,446	0,034	0,021	-0,25	tidak memenuhi	3
[416]Ps-Gd-Pdt	8,747	0,038	0,001	0,837	baik	3
[417]Gd-Wn-Kwd	6,468	0,036	0,003	0,761	baik	3
[418]Wn-Lbg-Um	15,844	0,015	0,003	0,488	memenuhi	3
[419]Lbg-Rg-Ngd	17,159	0,018	0,002	0,395	memenuhi	3
[420]Ps-Wn-Pdt	13,67	0,029	0,002	0,619	memenuhi	3
[421]Gd-Lbg-Kwd	16,468	0,032	0,008	0,588	memenuhi	3
[422]Wn-Rg-Um	23,664	0,009	0,017	-0,248	tidak memenuhi	3
[423]Lbg-Pdt-Ngd	39,943	0,04	0,009	-16,081	tidak memenuhi	3
[424]Ps-Lbg-Pdt	10,243	0,031	0,001	0,68	memenuhi	3
[425]Gd-Rg-Kwd	23,866	0,014	0,001	-0,408	tidak memenuhi	3
[426]Wn-Pdt-Um	26,289	0,044	0,003	-0,611	tidak memenuhi	3
[427]Lbg-Kwd-Ngd	19,703	0,014	0,009	0,28	tidak memenuhi	3
[428]Ps-Rg-Pdt	21,584	0,043	0	0,078	tidak memenuhi	3
[429]Gd-Pdt-Kwd	11,903	0,032	0,001	0,648	memenuhi	3
[430]Wn-Kwd-Um	16,56	0,046	0,002	0,28	tidak memenuhi	3
[431]Lbg-Um-Ngd	18,597	0,015	0,012	0,626	memenuhi	3
[432]Ps-Gd-Kwd	13,036	0,036	0,004	0,627	memenuhi	3
[433]Gd-Wn-Um	25,79	0,029	0,003	-0,421	tidak memenuhi	3
[434]Wn-Lbg-Ngd	18,948	0,019	0,008	0,507	memenuhi	3
[435]Ps-Wn-Kwd	20,72	0,033	0,007	0,04	tidak memenuhi	3
[436]Gd-Lbg-Um	22,215	0,036	0,005	0,049	tidak memenuhi	3
[437]Wn-Rg-Ngd	31,876	0,03	0,004	-1,838	tidak memenuhi	3
[438]Ps-Lbg-Kwd	33,533	0,02	0,008	-1,433	tidak memenuhi	3
[439]Gd-Rg-Um	27,393	0,031	0,023	-0,385	tidak memenuhi	3
[440]Wn-Pdt-Ngd	11,344	0,019	0,005	0,628	memenuhi	3
[441]Ps-Rg-Kwd	19,3	0,032	0,002	-0,208	tidak memenuhi	3
[442]Gd-Pdt-Um	12,298	0,03	0,006	0,706	memenuhi	3
[443]Wn-Kwd-Ngd	15,846	0,026	0,005	0,342	tidak memenuhi	3

Lanjutan Tabel 4. 38 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 3 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[444]Ps-Pdt-Kwd	20,603	0,023	0,001	0,182	tidak memenuhi	3
[445]Gd-Kwd-Um	27,337	0,03	0,023	-0,444	tidak memenuhi	3
[446]Wn-Um-Ngd	18,472	0,05	0,005	-0,276	tidak memenuhi	3
[447]Ps-Gd-Um	27,232	0,026	0,002	-0,89	tidak memenuhi	3
[448]Gd-Wn-Ngd	22,346	0,03	0,003	0,015	tidak memenuhi	3
[449]Ps-Wn-Um	25,552	0,037	0,006	-2,888	tidak memenuhi	3
[450]Gd-Lbg-Ngd	20,042	0,026	0,003	0,42	memenuhi	3
[451]Ps-Lbg-Um	21,019	0,035	0,016	0,253	tidak memenuhi	3
[452]Gd-Rg-Ngd	29,32	0,022	0,004	-0,994	tidak memenuhi	3
[453]Ps-Rg-Um	21,792	0,043	0,013	0,163	tidak memenuhi	3
[454]Gd-Pdt-Ngd	24,22	0,024	0,003	-0,65	tidak memenuhi	3
[455]Ps-Pdt-Um	19,544	0,022	0,012	0,133	tidak memenuhi	3
[456]Gd-Kwd-Ngd	18,855	0,026	0,007	-0,044	tidak memenuhi	3
[457]Ps-Kwd-Um	23,053	0,033	0,008	-0,255	tidak memenuhi	3
[458]Gd-Um-Ngd	31,857	0,016	0,01	-1,326	tidak memenuhi	3
[459]Ps-Gd-Ngd	20,279	0,02	0,004	-0,26	tidak memenuhi	3
[460]Ps-Wn-Ngd	21,272	0,04	0,013	-0,053	tidak memenuhi	3
[461]Ps-Lbg-Ngd	21,326	0,028	0,006	0,123	tidak memenuhi	3
[462]Ps-Rg-Ngd	24,91	0,052	0,005	-0,33	tidak memenuhi	3
[463]Ps-Pdt-Ngd	13,24	0,04	0,005	0,455	memenuhi	3
[464]Ps-Kwd-Ngd	27,769	0,044	0,006	-0,734	tidak memenuhi	3
[465]Ps-Um-Ngd	20,505	0,058	0,018	0,286	tidak memenuhi	3

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 39
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 2 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE Training	Min MSE cross validation	NSE Nilai	NSE Ket	Jumlah Stasiun hujan
[466]Ps-Gd	16,314	0,035	0,001	0,139	tidak memenuhi	2
[467]Gd-Wn	18,1	0,032	0,004	0,1	tidak memenuhi	2
[468]Wn-Lbg	15,47	0,049	0,002	0,523	memenuhi	2
[469]Lbg-Rg	23,629	0,03	0,004	0,038	tidak memenuhi	2
[470]Rg-Pdt	24,507	0,049	0	-0,095	tidak memenuhi	2
[471]Pdt-Kwd	17,498	0,041	0,002	0,393	memenuhi	2
[472]Kwd-Um	30,713	0,075	0,003	-1,418	tidak memenuhi	2
[473]Um-Ngd	19,577	0,06	0,023	-0,202	tidak memenuhi	2
[474]Ps-Wn	17,695	0,047	0,004	0,233	tidak memenuhi	2
[475]Gd-Lbg	22,715	0,051	0,002	0,198	tidak memenuhi	2
[476]Wn-Rg	30,368	0,036	0,004	-1,767	tidak memenuhi	2
[477]Lbg-Pdt	24,487	0,042	0,023	-0,823	tidak memenuhi	2

Lanjutan Tabel 4. 39 Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 2 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[478]Rg-Kwd	25,302	0,037	0,011	-0,438	tidak memenuhi	2
[479]Pdt-Um	61,3	0,054	0,002	-8,321	tidak memenuhi	2
[480]Kwd-Ngd	18,526	0,025	0,01	-0,034	tidak memenuhi	2
[481]Ps-Lbg	23,439	0,063	0,003	0,071	tidak memenuhi	2
[482]Gd-Rg	22,185	0,059	0,002	-0,524	tidak memenuhi	2
[483]Wn-Pdt	22,52	0,035	0,002	0,138	tidak memenuhi	2
[484]Lbg-Kwd	10,063	0,032	0,001	0,678	memenuhi	2
[485]Rg-Um	22,862	0,064	0,014	-0,58	tidak memenuhi	2
[486]PdtNgd	8,399	0,033	0,003	0,844	baik	2
[487]Ps-Rg	29,975	0,064	0,003	-1,11	tidak memenuhi	2
[488]Gd-Pdt	9,147	0,051	0,002	0,837	baik	2
[489]Wn-Kwd	20,852	0,046	0,001	-0,109	tidak memenuhi	2
[490]Lbg-Um	39,741	0,036	0,021	-2,21	tidak memenuhi	2
[491]Rg-Ngd	19,939	0,054	0,005	-0,211	tidak memenuhi	2
[492]Ps-Pdt	21,386	0,059	0,006	0,113	tidak memenuhi	2
[493]Gd-Kwd	11,874	0,034	0,017	0,669	memenuhi	2
[494]Wn-Um	20,66	0,036	0,001	-0,433	tidak memenuhi	2
[495]Lbg-Ngd	18,803	0,023	0,002	0,349	tidak memenuhi	2
[496]Ps-Kwd	19,632	0,07	0,001	0,003	tidak memenuhi	2
[497]Gd-Um	23,534	0,052	0,004	-0,307	tidak memenuhi	2
[498]Wn-Ngd	14,822	0,041	0,006	0,837	baik	2
[499]Ps-Um	23,091	0,078	0,002	0,183	tidak memenuhi	2
[500]Gd-Ngd	18,297	0,054	0,001	-0,336	tidak memenuhi	2
[501]Ps-Ngd	20,346	0,06	0,005	-0,155	tidak memenuhi	2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 40
Hasil Pelatihan Jaringan untuk Kombinasi 1 Stasiun Hujan

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[502]Ps	21,232	0,059	0,002	-0,143	tidak memenuhi	1
[503]Gd	19,531	0,081	0,003	-0,249	tidak memenuhi	1
[504]Wn	24,420	0,051	0,008	-0,099	tidak memenuhi	1
[505]Lbg	26,831	0,061	0,001	-0,182	tidak memenuhi	1
[506]Rg	22,596	0,071	0,071	-0,670	tidak memenuhi	1
[507]Pdt	40,233	0,060	0,060	-2,626	tidak memenuhi	1
[508]Kwd	24,516	0,063	0,063	-0,435	tidak memenuhi	1
[509]Um	24,417	0,083	0,083	-0,565	tidak memenuhi	1
[510]Ngd	21,539	0,061	0,061	-0,331	tidak memenuhi	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.2.3.6 Rekapitulasi Kesalahan Relatif Terkecil

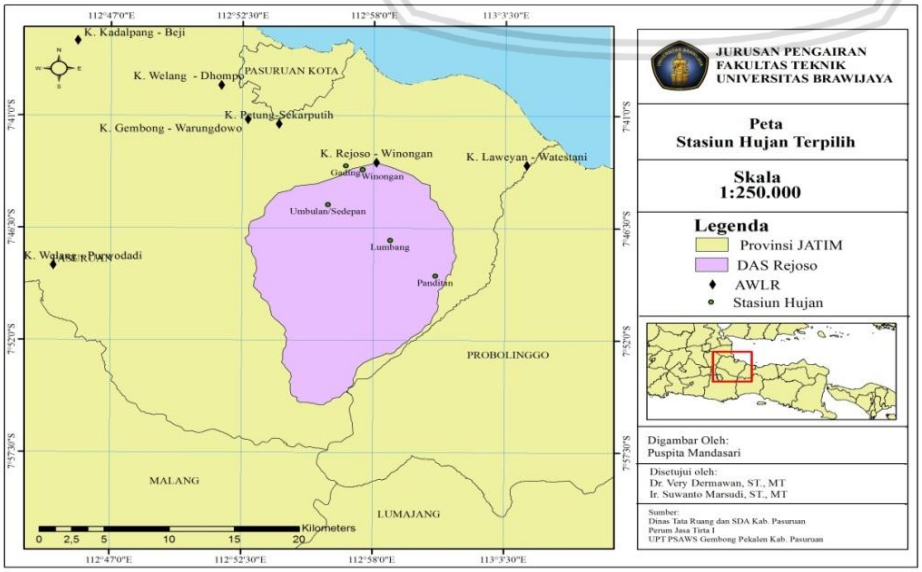
Setelah melakukan perhitungan 3 parameter untuk seluruh kombinasi, dengan parameter inti yaitu KR dalam memilih kombinasi yang memiliki kerapatan jaringan yang optimum. Maka rekapitulasi dihimpun berdasarkan KR terkecil dari setiap jumlah stasiun hujan yang ditinjau, selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 41
Rekapitulasi Kesalahan Relatif Terkecil

Kombinasi	KR (%)	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun hujan
		Training	cross validation	Nilai	Ket	
[7]Ps-Gd-Wn-Lbg-Rg-Pdt-Um-Ngd	3,225	0,000	0,002	0,978	baik	8
[18]Gd-Lbg-Rg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	4,185	0,000	0,003	0,962	baik	7
[65]Wn-Lbg-Pdt-Kwd-Um-Ngd	3,598	0,012	0,003	0,964	baik	6
[251]Gd-Wn-Lbg-Pdt-Um	1,896	0,010	0,001	0,993	baik	5
[311]Gd-Wn-Kwd-Um	0,574	0,023	0,004	0,574	memenuhi	4
[402]Gd-Wn-Pdt	2,853	0,021	0,001	0,987	baik	3
[486]PdtNgd	8,399	0,033	0,003	0,844	baik	2
[503]Gd	19,531	0,081	0,003	-0,249	tidak memenuhi	1

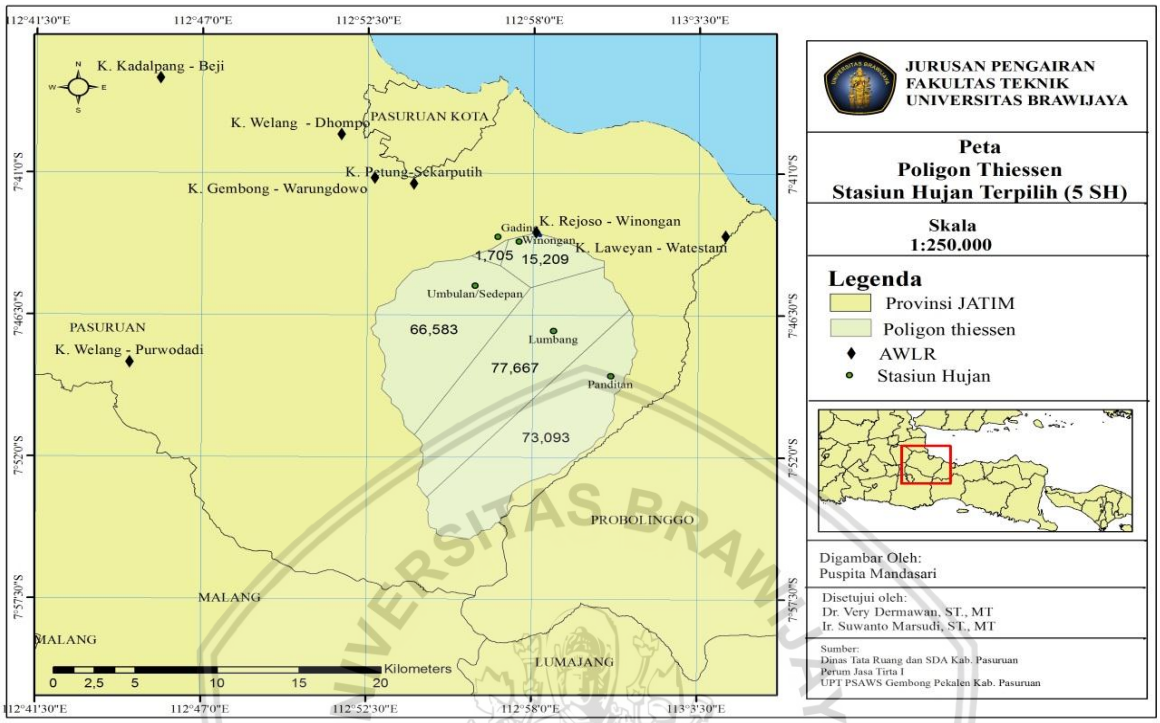
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Pada tabel tersebut dapat diketahui, hasil yang paling optimal berada pada kombinasi nomor 251 dengan jumlah 5 stasiun hujan yaitu Gading, Winongan, Lumbang, Panditan dan Umbulan dengan KR sebesar 1,896% dan NSE sebesar 0,993 sedangkan pada kombinasi nomor 311 memiliki KR sebesar 0,574 % dan NSE sebesar 0,574 namun dikarenakan NSE pada kombinasi nomor 251 lebih baik dibandingkan nomor 311 maka dipilih kombinasi nomor 251.Perletakan stasiun hujan terpilih pada DAS Rejoso, dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.27 Peta Stasiun Hujan Terpilih Hasil Peramalan JST (5 Stasiun Hujan)

Dari 9 stasiun hujan, dipilih 5 stasiun hujan diantaranya 4 stasiun hujan di dalam DAS yaitu Winongan, Umbulan/Sedepan, Lumbang dan Panditan serta 1 stasiun disekitar DAS Rejoso yaitu Gading.



Gambar 4.28 Peta Poligon Thiessen Stasiun Hujan Terpilih Hasil Peramalan JST (5 Stasiun Hujan)

Tabel 4. 42
Koordinat 5 Stasiun Hujan Terpilih Hasil JST

No	Stasiun Hujan/AWLR	Letak Koordinat B. Timur (E)	L. Selatan(S)	Lokasi Desa	Kecamatan	Kabupaten
1	Gading	112" 94" 72	-7" 72" 43	Gading	Winongan	Pasuruan
2	Winongan	112" 57" 31	-7" 44" 33	Winongan	Winongan	Pasuruan
3	Umbulan	112" 47" 10	-7" 36" 50	Sedepan	Winongan	Pasuruan
4	Lumbang	113" 01" 45	-7" 50" 30	Cukurguling	Lumbang	Pasuruan
5	Panditan	112" 02" 26	-7" 49"50	Panditan	Lumbang	Pasuruan
6	AWLR Hilir Winongan	112” 58” 11	07” 43” 17	Winongan Lor	Winongan	Pasuruan

Sumber: Data UPT PSDA Gembong Pekalen, 2018

Supaya mendapatkan perbandingan yang variatif dilakukan juga analisis kerapatan jaringan apabila hanya stasiun hujan yang berada di dalam DAS Rejoso yang dianalisis dengan metode JST. Menggunakan acuan hasil analisis sebelumnya dimana terpilih 5 stasiun hujan dengan peramalan JST yaitu 4 stasiun hujan di dalam DAS dan 1 di luar DAS. Maka dari 4 stasiun hujan di dalam DAS tersebut, kombinasi JST dibuat kembali dengan mengurangi satu persatu sehingga kombinasi stasiun hujan yang tersisa berjumlah 1 stasiun hujan saja. Hasil kombinasi tersebut di rangkum pada tabel 4.43– 4.45.

Tabel 4. 43
Kombinasi 3 Stasiun Hujan di dalam DAS Rejoso

Kombinasi	KR	Min MSE		NSE	
		Training	Cross Validation	Nilai	Ket
[1]Wn-Lbg-Pdt	7,336	0,024	0,007	0,926	baik
[2]Wn-Lbg-Um	15,844	0,015	0,003	0,488	memenuhi
[3]Wn-Pdt-Um	26,289	0,044	0,003	-0,611	tidak memenuhi
[4]Lbg-Pdt-Um	7,409	0,036	0,014	0,906	baik

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 44
Kombinasi 2 Stasiun Hujan di dalam DAS Rejoso

Kombinasi	KR	Min MSE		NSE	
		Training	Cross Validation	Nilai	Ket
[5]Wn-Lbg	15,470	0,049	0,002	0,523	memenuhi
[6]Wn-Um	20,660	0,036	0,001	-0,433	tidak memenuhi
[7]Pdt-Um	61,300	0,054	0,002	-8,321	tidak memenuhi
[8]Wn-Pdt	22,520	0,035	0,002	0,138	tidak memenuhi
[9]Lbg-Um	39,741	0,036	0,021	-2,210	tidak memenuhi
[10]Lbg-Pdt	24,487	0,042	0,023	-0,823	tidak memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 45
Kombinasi 1 Stasiun Hujan di dalam DAS Rejoso

Kombinasi	KR	Min MSE		NSE	
		Training	Cross Validation	Nilai	Ket
[11]Wn	24,420	0,051	0,008	-0,099	tidak memenuhi
[12]Lbg	26,831	0,061	0,001	-0,182	tidak memenuhi
[13]Pdt	40,233	0,060	0,060	-2,626	tidak memenuhi
[14]Um	24,417	0,083	0,083	-0,565	tidak memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

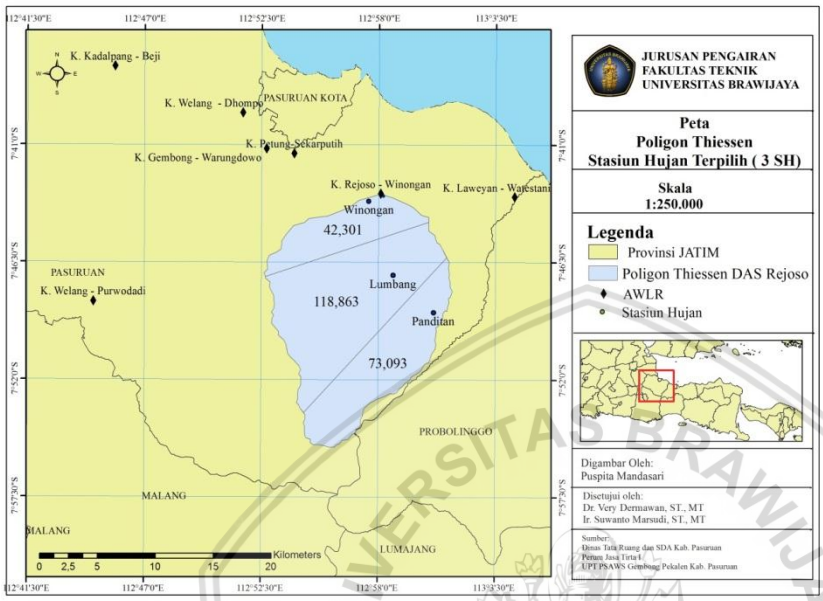
Tabel 4. 46
Rekapitulasi KR tiap jumlah stasiun hujan di dalam DAS Rejoso

Kombinasi	KR	Min MSE		NSE		Jumlah Stasiun Hujan
		Training	Cross Validation	Nilai	Ket	
[1]Wn-Lbg-Pdt	7,336	0,024	0,007	0,926	baik	3
[5]Wn-Lbg	15,470	0,049	0,002	0,523	memenuhi	2
[14]Um	24,417	0,083	0,083	-0,565	tidak memenuhi	1

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Kombinasi dari 4 stasiun yang telah dibuat ini, ternyata tidak perlu dilakukan perhitungan kembali dengan aplikasi, dikarenakan kombinasi yang dibuat untuk memilih stasiun hujan yang berada di dalam DAS, ternyata hasilnya sudah terhitung pada perhitungan seluruh kombinasi jumlah stasiun hujan sebelumnya. Parameter yang diambil KR yang terkecil, Min MSE yang terkecil dan NSE '*Baik*'. Maka dari Tabel 4.46 didapatkan

jumlah stasiun yang paling optimal sebanyak 3 buah stasiun hujan yaitu Winongan, Lumbang dan Panditan dengan KR 7,336% ,Min MSE untuk *Training Set* 0,024 sedangkan untuk *Cross Validation Set* 0,007 dan NSE baik. Untuk penggambaran stasiun hujan yang terpilih di dalam DAS terdapat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.29 Peta Poligon Thiessen Stasiun Hujan Terpilih di dalam DAS Rejoso (Hasil Peramalan JST 3 Stasiun Hujan)

Tabel 4. 47
Koordinat 3 Stasiun Hujan Terpilih di dalam DAS Rejoso

No	Stasiun Hujan/AWLR	Letak Koordinat		Lokasi		
		B. Timur (E)	L. Selatan(S)	Desa	Kecamatan	Kabupaten
1	Winongan	112" 57" 31	-7" 44" 33	Winongan	Winongan	Pasuruan
2	Lumbang	113" 01" 45	-7" 50" 30	Cukurguling	Lumbang	Pasuruan
3	Panditan	112" 02" 26	-7" 49"50	Panditan	Lumbang	Pasuruan
4	AWLR Hilir Winongan	112” 58” 11	07” 43” 17	Winongan Lor	Winongan	Pasuruan

Sumber: Data UPT PSDA Gembong Pekalen, 2018

Berikut analisis kerapatan jaringan stasiun hujan DAS Rejoso dengan metode jaringan saraf tiruan menggunakan aplikasi neurosolutions versi 7.1.1. Telah dibuat kombinasi stasiun hujan dari 9 stasiun hujan, dengan menghilangkan stasiun hujan satu persatu secara bertahap hingga batas minimun jumlah stasiun hujan dengan metode WMO yaitu 1 buah didapatkan seluruh kemungkinan kombinasi sebanyak 510 kombinasi. Dengan parameter kesalahan yaitu KR, Min MSE dan NSE maka didapatkan hasil yang optimum terdapat pada kombinasi nomor 251 dengan nilai KR sebesar 1,896% kemudian Min MSE untuk Training set yaitu 0,010 dan Min MSE untuk cross Validation Set yaitu 0,001 dan nilai NSE sebesar 0,993 dengan jumlah stasiun hujan terpilih sebanyak 5 buah yaitu Gading, Winongan, Lumbang, Panditan dan Umbulan. Stasiun hujan yang telah terpilih hanya mengurangi

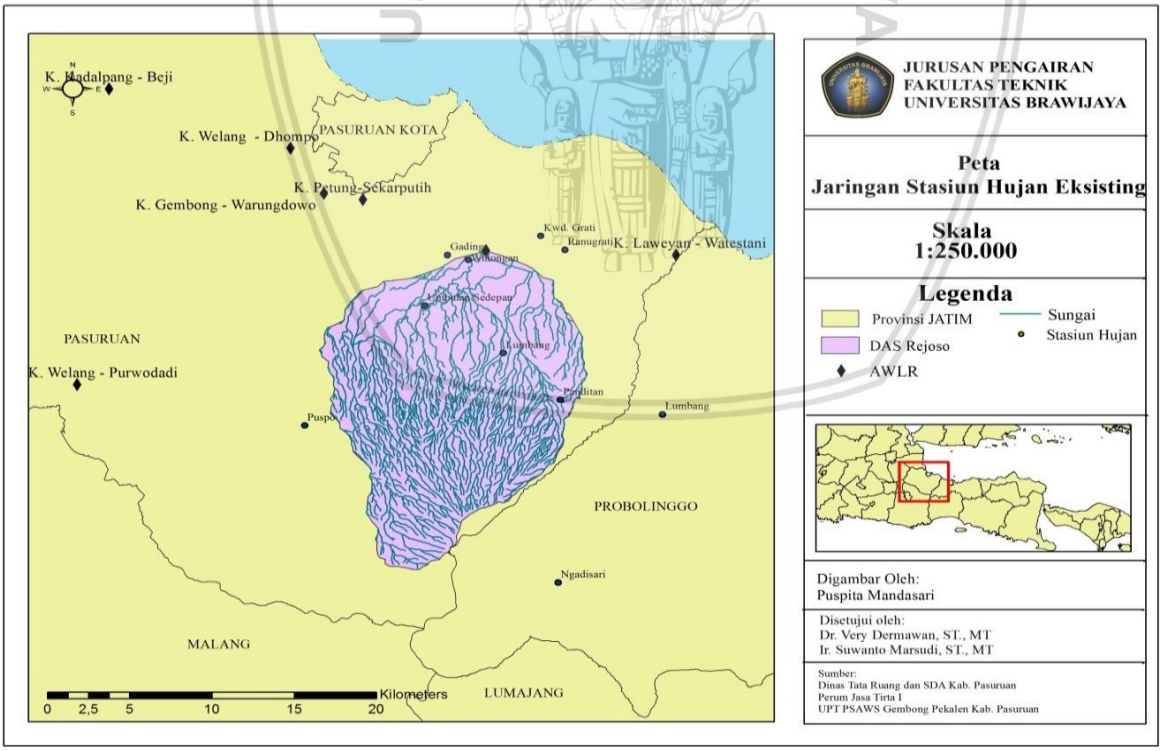
stasiun hujan di luar DAS, sedangkan stasiun hujan yang berada di dalam DAS masih sama seperti kondisi eksisting. Oleh karena itu, dibuat kembali kombinasi stasiun hujan untuk mendapatkan rasionalisasi jaringan yang berada di dalam DAS. Sehingga didapatkan 3 stasiun hujan terpilih di dalam DAS yaitu Winongan, Lumbang dan Panditan dengan KR 7,336%, Min MSE untuk Training Set 0,024 sedangkan untuk Cross Validation Set 0,007 dan NSE baik.

4.3 Analisis Pola Penyebaran Stasiun Hujan

Pola penyebaran jaringan stasiun hujan akan dibahas berdasarkan kondisi Eksisting dan stasiun hujan terpilih.

4.3.1 Pola Penyebaran Jaringan Stasiun Hujan Kondisi Eksisting

Menurut (Sri Harto,1993), bahwa jaringan stasiun hujan tidak dapat terlepas dari jaringan pengukuran sungai (Stasiun Hidrometri). Untuk itu dianjurkan, setiap satu stasiun hidrometri (AWLR) paling tidak terdapat satu stasiun hujan, satu di dekat AWLR dan lainnya di bagian hulu DAS. Jumlah stasiun hujan pada DAS Rejoso kondisi eksisting stasiun hujan yang ada di dalam maupun stasiun hujan di luar DAS yang mempengaruhi daerah tangkapan hujan DAS Rejoso sebesar 9 stasiun hujan.

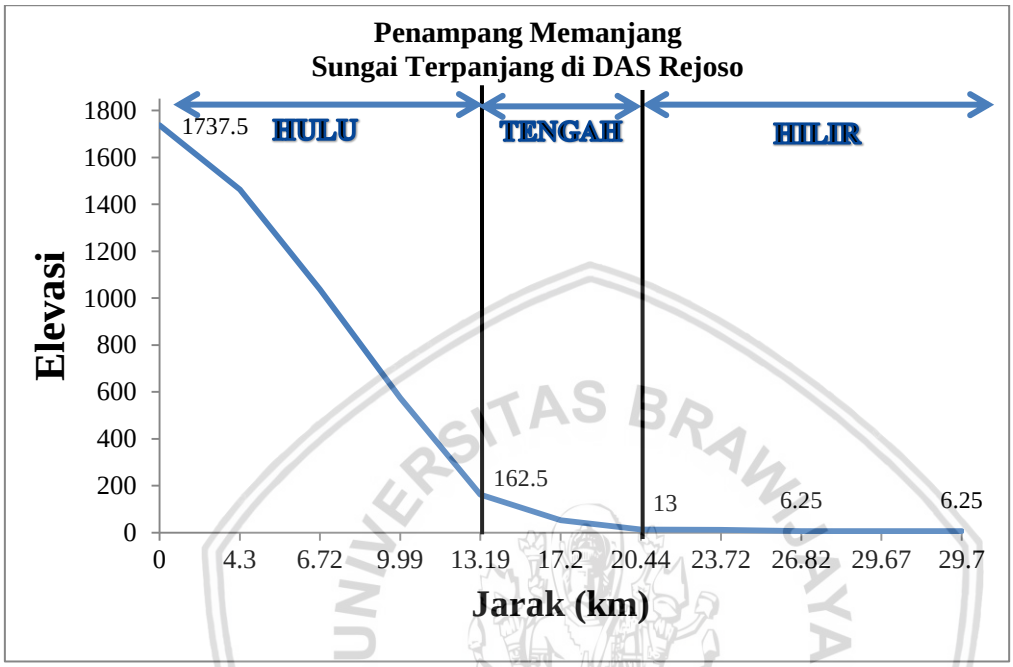


Gambar 4.30 Peta Jaringan Stasiun Hujan Eksisting

Dalam prakteknya pola penyebaran jaringan stasiun hujan kondisi eksisting sudah menempatkan stasiun Winongan berada di dalam DAS serta Gading, KWD Grati dan Ranugrati berada di luar DAS sehingga sebanyak 4 stasiun hujan yang berdekatan dengan

AWLR kemudian ada 5 stasiun hujan yaitu stasiun Umbulan, Lumbang dan Panditan berada di dalam DAS serta Puspo dan Ngadisari berada di luar DAS yang letaknya ke arah hulu.

Pada studi ini, dalam memastikan persebaran stasiun hujan pada seluruh bagian DAS di analisis melalui penampang memanjang sungai terpanjang DAS Rejoso. Penampang memanjang terdapat pada Gambar 4.31 berikut ini



Gambar 4.31 Peta Penampang Memanjang Sungai Terpanjang di DAS Rejoso

Dari gambar tersebut diketahui batas antara bagian hulu, tengah dan hilir DAS Rejoso. Oleh karena itu didapatkan sebaran stasiun hujan, selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 48
Perletakan Stasiun Hujan pada DAS Rejoso Kondisi Eksisting

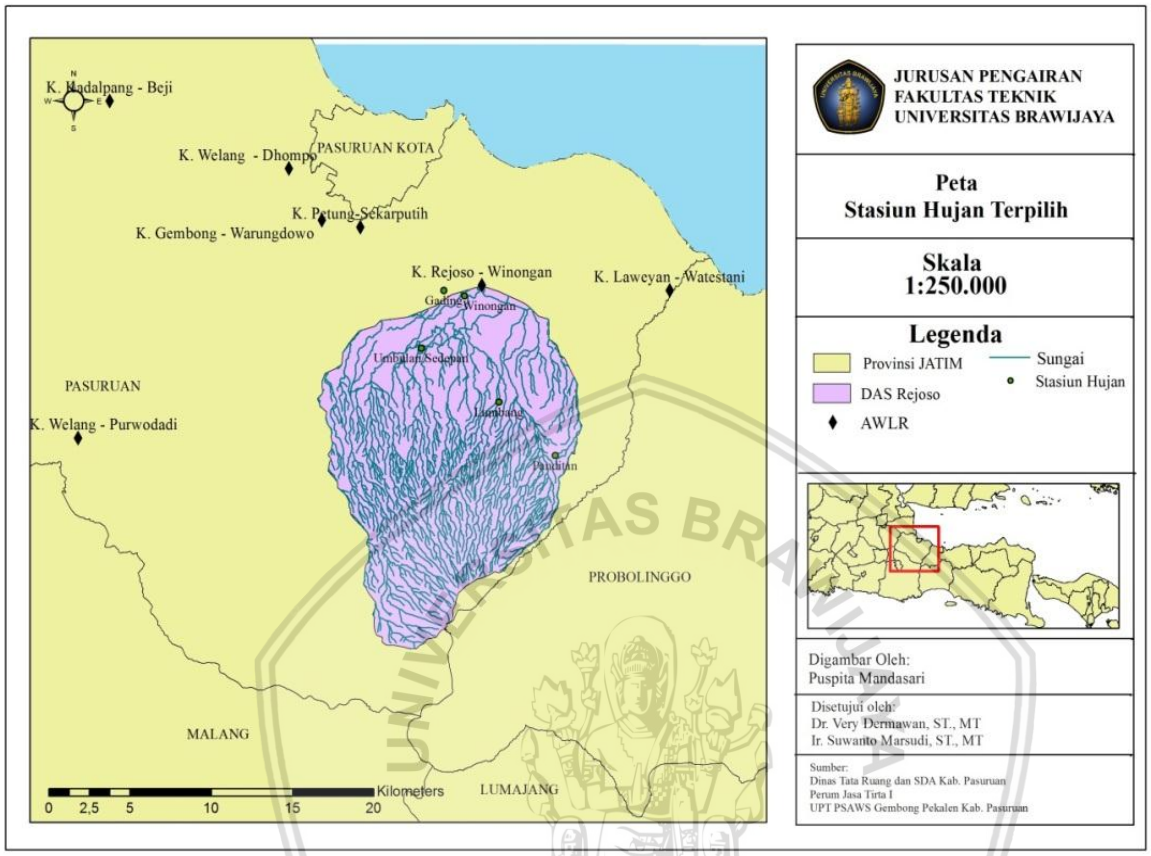
No	Stasiun hujan	Elevasi	Bagian DAS	Luas (km^2)	Ket
1	Ngadisari	1890	Hulu	17,336	diluar DAS
2	Puspo	640	Hulu	51,388	diluar DAS
3	Panditan	600	Hulu	45,909	
4	Lumbang	137	Tengah	55,283	
5	Ranugrati	14	Tengah	4,179	diluar DAS
6	Umbulan	25	Tengah	45,191	
7	Gading	10	Hilir	1,705	diluar DAS
8	Winongan	10	Hilir	12,025	
9	KWD.Grati	10	Hilir	1,241	diluar DAS

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Terdapat 3 stasiun hujan tersebar di hulu yaitu Puspo, Ngadisari dan Panditan kemudian ada 3 stasiun hujan tersebar di tengah DAS yaitu Lumbang, Ranugrati dan Umbulan pada bagian hilir tersebar 3 stasiun hujan yaitu Gading, Winongan dan KWD. Grati. Dengan demikian

untuk jaringan kondisi eksisting, stasiun hujan tersebar merata pada seluruh bagian DAS Rejoso.

4.3.2 Pola Penyebaran Jaringan Stasiun Hujan Terpilih



Gambar 4.32 Peta Jaringan 5 Stasiun Hujan Hasil JST

Berdasarkan hasil analisis metode JST, dalam hal pola penyebaran. Metode ini tidak memberikan rekomendasi lokasi lain untuk stasiun hujan yang terpilih (5 stasiun Hujan dan 3 Stasiun Hujan). Artinya lokasi stasiun hujan terpilih yaitu stasiun Gading, Winongan, Umbulan, Lumbang dan Panditan memiliki posisi sama seperti kondisi eksisting. Persebaran 5 stasiun hujan, untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.32.

Digunakan parameter yang sama dengan kondisi eksisting dalam memastikan stasiun hujan tersebar dibagian Hulu, Tengah dan Hilir DAS Rejoso menggunakan penampang memanjang sungai yang sama, didapatkan analisis pola sebaran pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 49
Perletakan Stasiun Hujan pada DAS Rejoso Hasil JST dengan 5 Stasiun Hujan

No	Stasiun hujan	Elevasi	Bagian DAS	Luas (km^2)	Ket
1	Panditan	600	Hulu	73,093	
2	Lumbang	137	Tengah	77,667	
3	Umbulan	25	Tengah	66,583	

Lanjutan Tabel 4. 51 Parameter Topografi Stasiun Hujan Terpilih

No	SH	Rerata CH Tahunan	Jarak (Km)	Elevasi (mdpl)	Beda Tinggi (m)	Beda Tinggi (Km)	Slope
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[6]/[3]
3	Lumbang	1499	7,02	137	109	0,109	0,016
4	Panditan	1453	11,25	600	572	0,572	0,051
5	Umbulan	1352	5,31	25	3	0,003	0,001

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

A. Hubungan Curah Hujan dengan Parameter Topografi

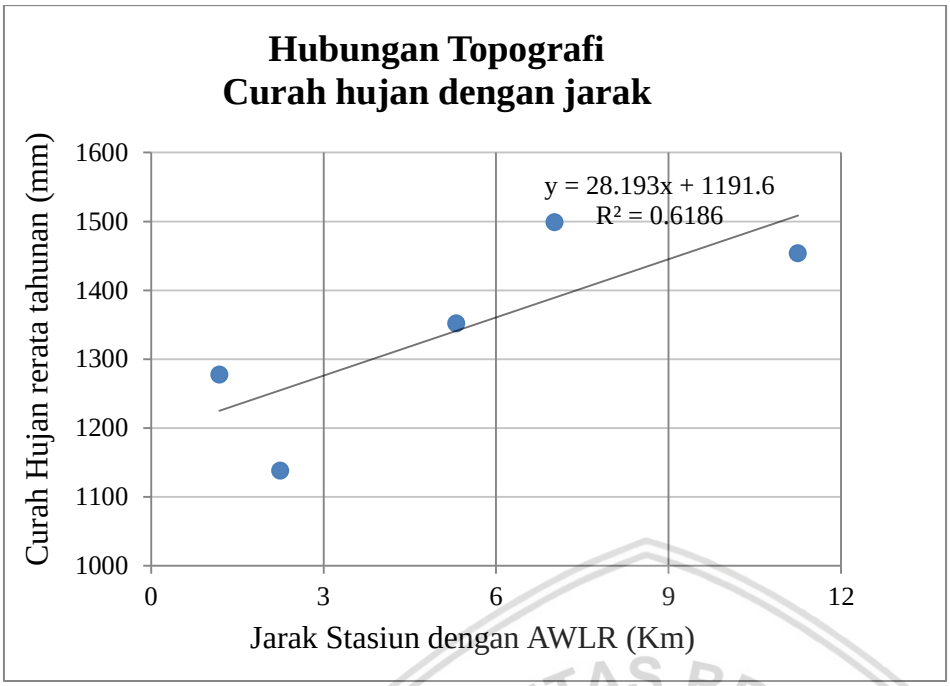
Analisis regresi hubungan curah hujan dengan parameter topografi antara lain jarak, elevasi, beda tinggi, dan *slope* stasiun hujan terpilih terhadap AWLR. Menggunakan 4 jenis pemodelan regresi yaitu linear, eksponensial, logaritmik dan berpangkat. Pada tabel berikut ini adalah rekapitulasi nilai koefisien determinasi untuk hubungan topografi Jaringan hasil JST dengan 5 stasiun hujan.

Tabel 4. 52
Rekapitulasi nilai koefisien determinasi hubungan curah hujan dengan parameter topografi

Hubungan	Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Pemodelan			
	Linear	Eksponensial	Logaritmik	berpangkat
Curah hujan vs Jarak	0,619	0,605	0,596	0,578
Curah hujan vs Elevasi	0,334	0,326	0,698	0,679
Curah hujan vs Beda Tinggi	0,285	0,278	0,312	0,291
Curah hujan vs Slope	0,228	0,223	0,063	0,054

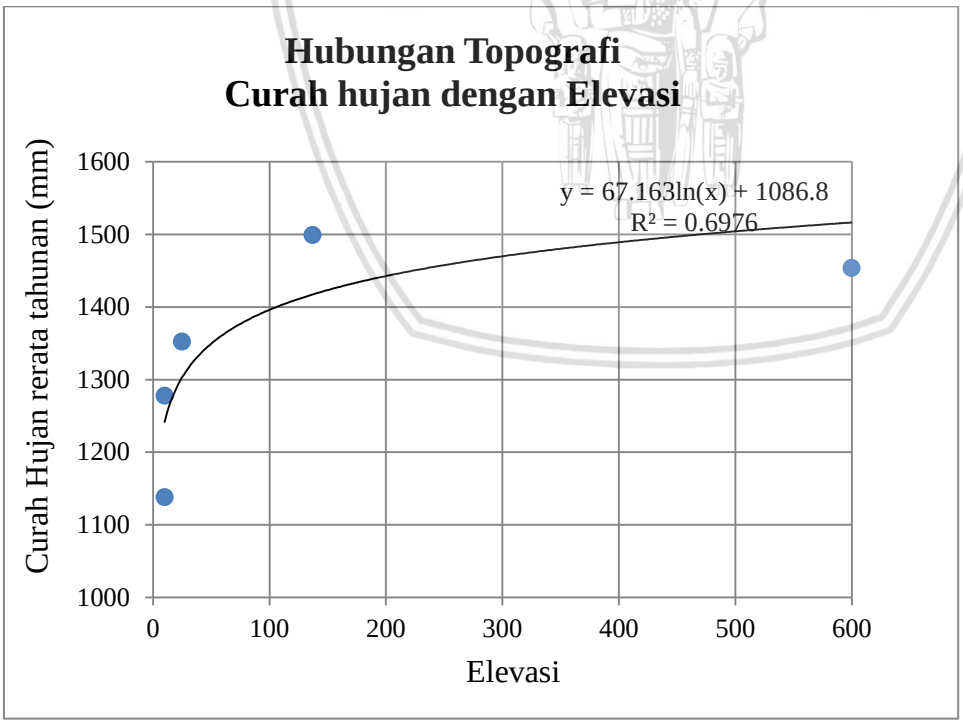
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Maka dari Tabel rekapitulasi nilai koefisien determinasi yang memiliki nilai paling tinggi untuk hubungan curah hujan dengan jarak menggunakan regresi linear dengan R^2 = 0,619, kemudian curah hujan dengan elevasi memiliki koefisien determinasi sebesar 0,698 menggunakan regresi logaritmik untuk hubungan curah hujan dengan beda tinggi memiliki koefisien determinasi sebesar 0,312 dengan regresi logaritmik selanjutnya untuk hubungan curah hujan dengan *slope* memiliki koefisien determinasi sebesar 0,228 dengan regresi linear. Sehingga hubungan dengan keterkaitan yang paling baik dimiliki hubungan curah hujan dengan elevasi.



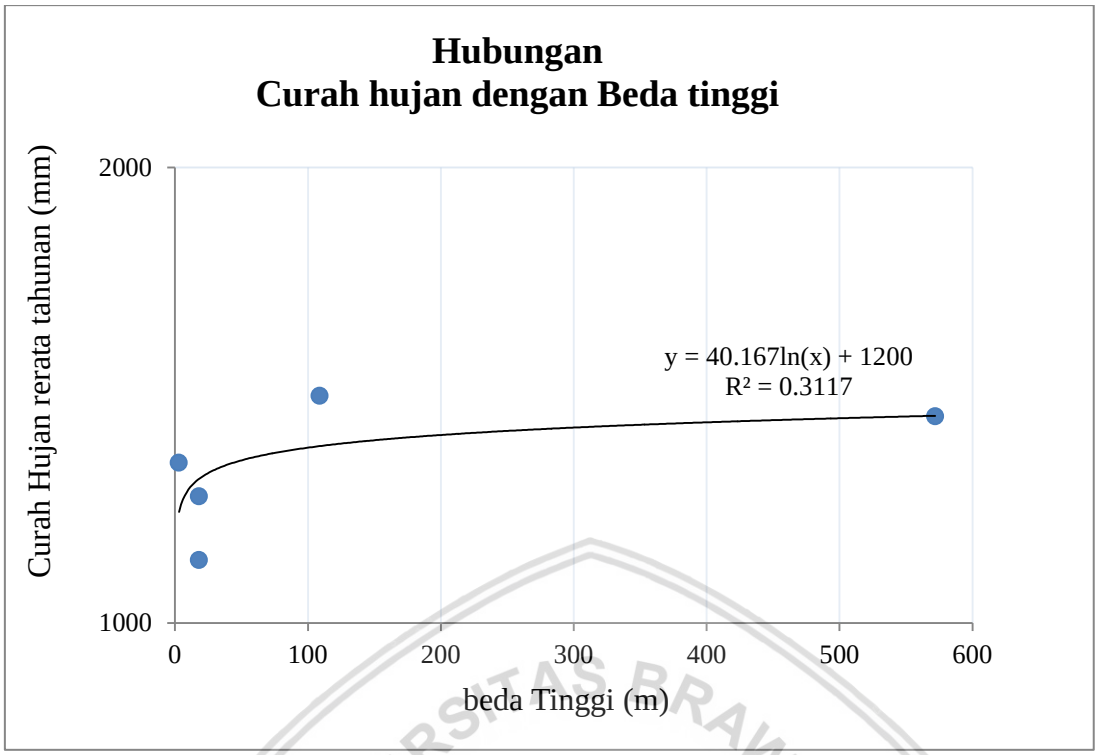
Gambar 4. 35 Hubungan Curah Hujan dengan Jarak (regresi linear)

Hubungan antara curah hujan dan jarak dengan regresi linear memiliki koefisien determinasi sebesar 0,619 mendekati 1. Sehingga semakin jauh jarak stasiun terpilih dengan AWLR maka semakin besar curah hujan.



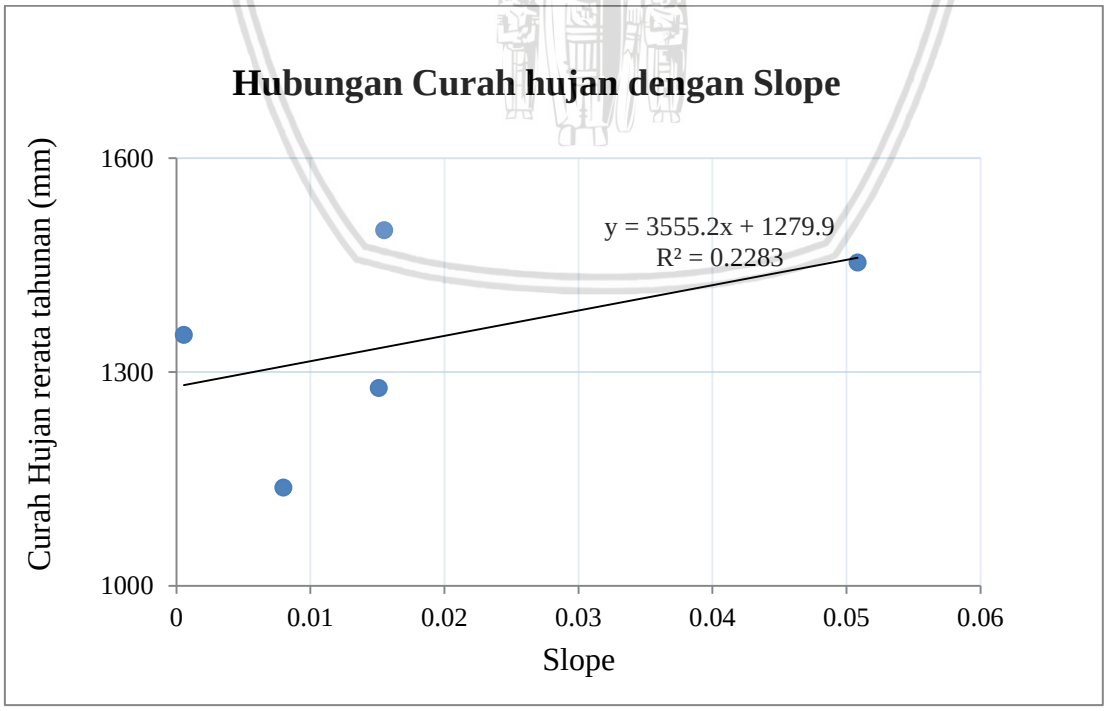
Gambar 4. 36 Hubungan Curah Hujan dengan elevasi (regresi logaritmik)

Hubungan antara curah hujan dan elevasi dengan regresi logaritmik memiliki koefisien determinasi sebesar 0,698 mendekati 1. Sehingga semakin besar elevasi stasiun hujan terpilih dengan AWLR maka semakin besar curah hujan.



Gambar 4. 37 Hubungan Curah Hujan dengan beda tinggi (regresi polinomial orde 3)

Hubungan antara curah hujan dan beda tinggi dengan regresi polinomial orde 3 memiliki koefisien determinasi sebesar 0,312 jauh dari 1. Sehingga hubungan semakin besar beda tinggi stasiun hujan terpilih dengan AWLR maka semakin besar curah hujan lemah.



Gambar 4.38 Hubungan Curah Hujan dengan *Slope* (regresi linear)

Hubungan antara curah hujan dan *Slope* dengan regresi linear memiliki koefisien determinasi sebesar 0,228 jauh dari 1. Sehingga hubungan ini hampir tidak ada keterkaitan.

B. Hubungan Antar Parameter Topografi dengan 5 stasiun hujan

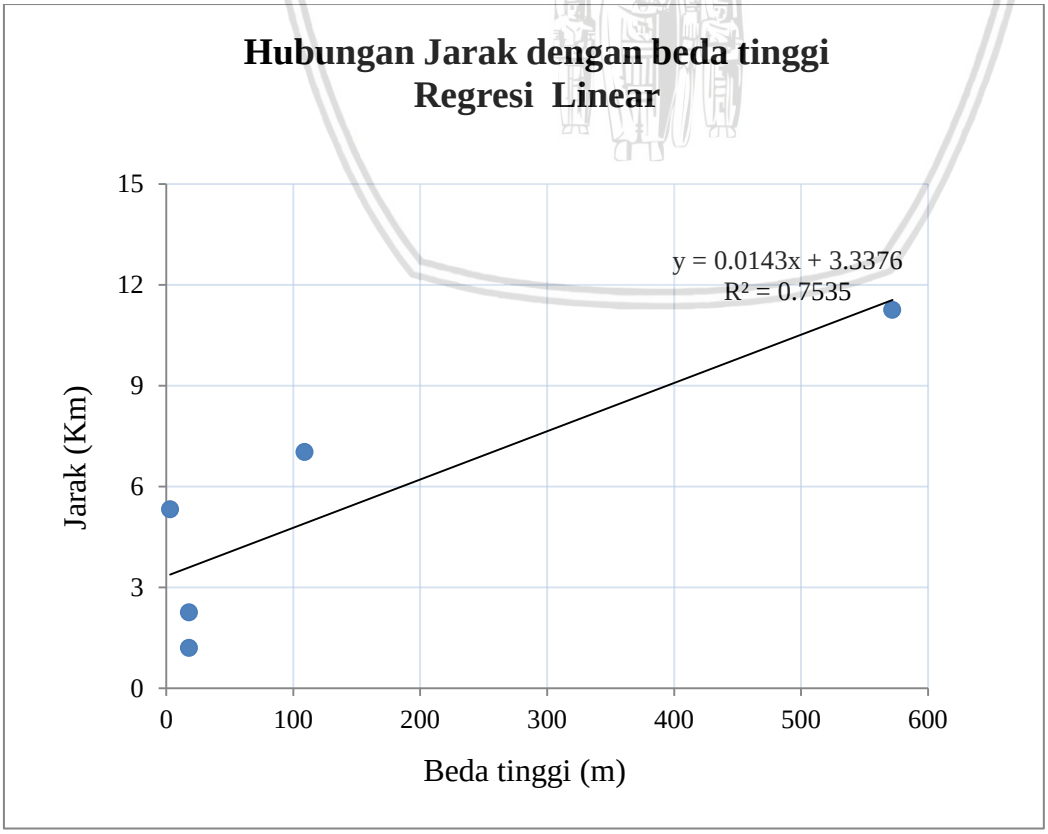
Variabel Terikat (Jarak) dan Variabel Bebas (Beda Tinggi atau *Slope*) dihubungkan menggunakan regresi linear, eksponensial, logaritmis, dan berpangkat. Rekapitulasinya terdapat pada tabel berikut ini

Tabel 4. 53
Rekapitulasi Nilai Koefisien Determinasi (R^2) hubungan antar parameter topografi dengan 5 stasiun hujan

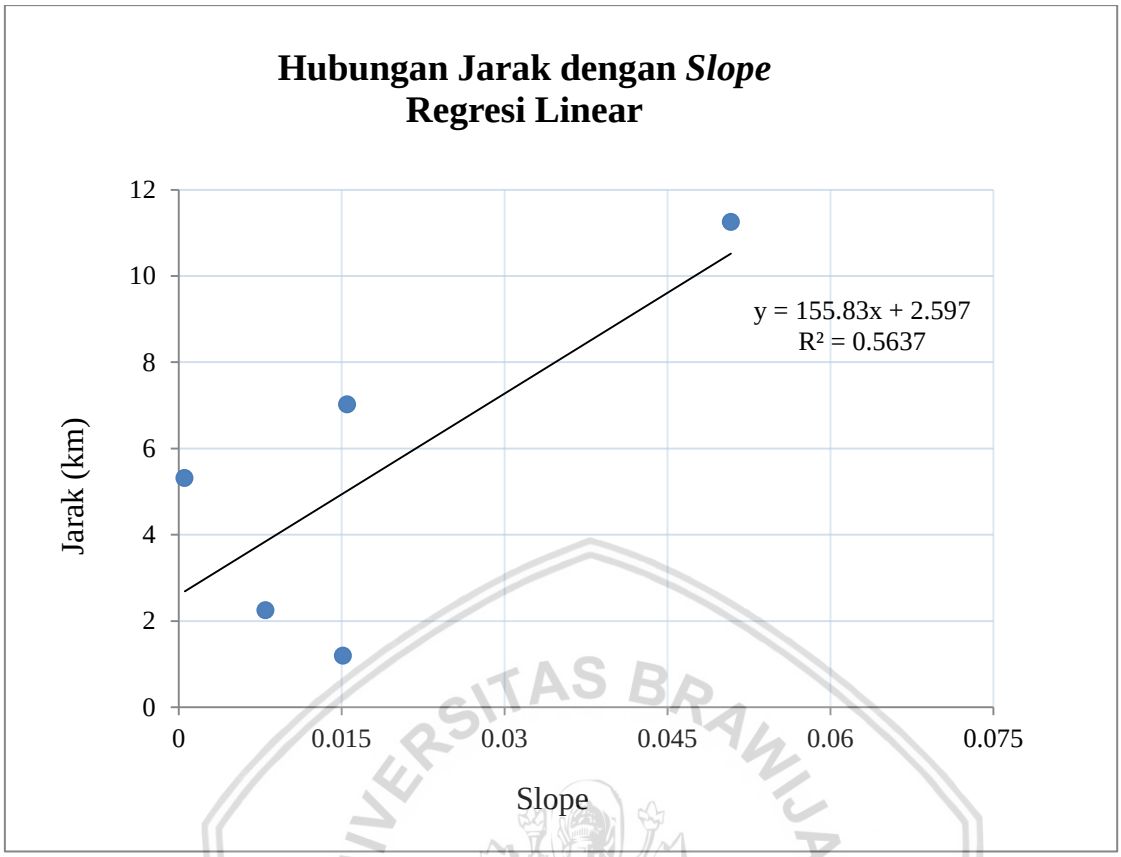
Hubungan	Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Pemodelan			
	Linear	Eksponensial	Logaritmik	berpangkat
Jarak vs beda tinggi	0,754	0,480	0,526	0,309
Jarak vs slope	0,564	0,273	0,123	0,015

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari Tabel rekapitulasi nilai koefisien determinasi dapat dibandingkan nilai R^2 pada hubungan jarak dengan beda tinggi lebih tinggi daripada jarak dengan *slope*, untuk hubungan jarak dengan beda tinggi dari 4 regresi, koefisien terbesar dimiliki regresi linear dengan $R^2 = 0,754$, kemudian hubungan antara jarak dengan *slope* koefisien terbesar dimiliki regresi linear dengan $R^2 = 0,564$ sehingga pada hubungan antar parameter yang memiliki keterkaitan yang tinggi yaitu hubungan antara jarak dengan beda tinggi, terdapat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Hubungan Jarak dengan Beda Tinggi menggunakan (Regresi Linear)



Gambar 4.40 Hubungan Jarak dengan *Slope* Menggunakan (Regresi Linear)

Maka dapat untuk hubungan antara data hujan dengan parameter topografi dipilih model regresi logaritmik kemudian hubungan antar parameter topografi dipilih model regresi linear untuk jaringan stasiun hujan terpilih sebanyak 5 stasiun hujan dengan acuan AWLR Hilir DAS Rejoso karena koefisien determinasi paling tinggi diantara regresi lainnya.

4.4.2 Hubungan Topografi 3 Stasiun Hujan Terpilih di Dalam DAS Rejoso

Tiga stasiun hujan yaitu Winongan, Lumbang dan Panditan. Didapatkan nilai Rerata curah hujan tahunan, jarak, elevasi, beda tinggi, dan *slope*, selengkapnya terdapat pada Tabel berikut ini.

Tabel 4. 54
Parameter topografi Stasiun Hujan Terpilih dengan 3 stasiun hujan

No	SH	Rerata CH Tahunan	Jarak (Km)	Elevasi (mdpl)	Beda Tinggi (m)	Beda Tinggi (Km)	*Slope*
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[6]/[3]
1	Winongan	1278	1,19	10	18	0,018	0,015
2	Lumbang	1499	7,02	137	109	0,109	0,016
3	Panditan	1453	11,25	600	572	0,572	0,051

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

A. Hubungan Curah Hujan dengan Parameter Topografi

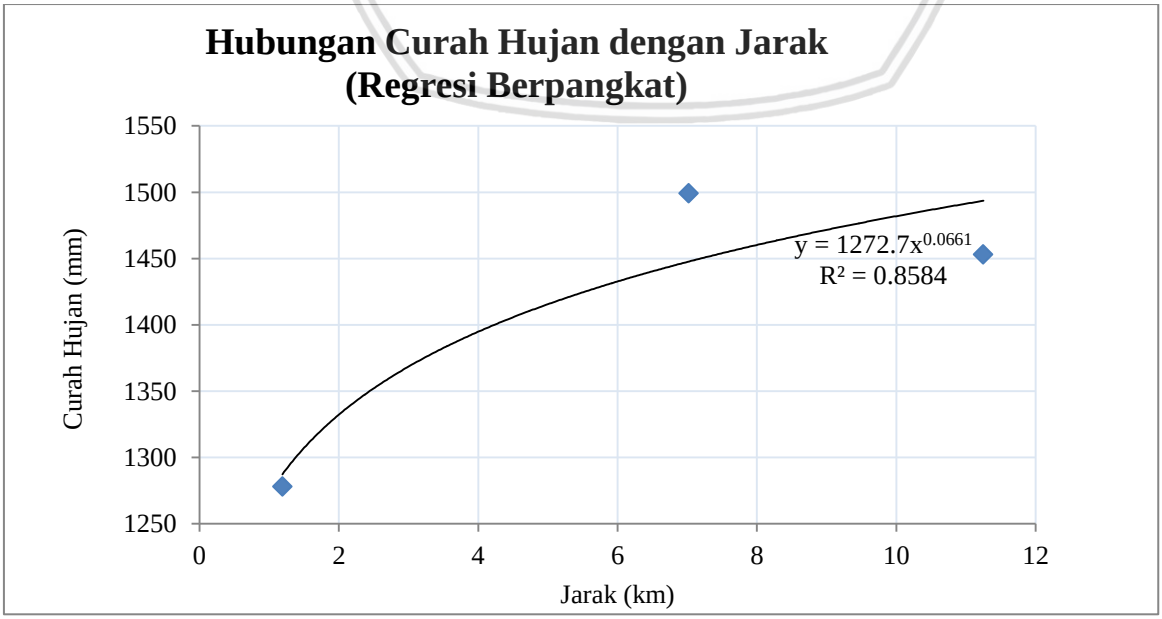
Sedangkan hasil dari pemodelan regresi untuk hubungan curah hujan dengan parameter topografi, jaringan stasiun hujan hasil JST dengan 3 stasiun hujan. Terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 55
Rekapitulasi nilai koefisien determinasi hubungan curah hujan dengan parameter topografi untuk 3 stasiun hujan

Hubungan	Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Pemodelan			
	Linear	Eksponensial	Logaritmik	berpangkat
Curah hujan vs Jarak	0,652	0,665	0,849	0,858
Curah hujan vs Elevasi	0,256	0,268	0,715	0,727
Curah hujan vs Beda Tinggi	0,212	0,223	0,587	0,600
Curah hujan vs Slope	0,102	0,110	0,102	0,110

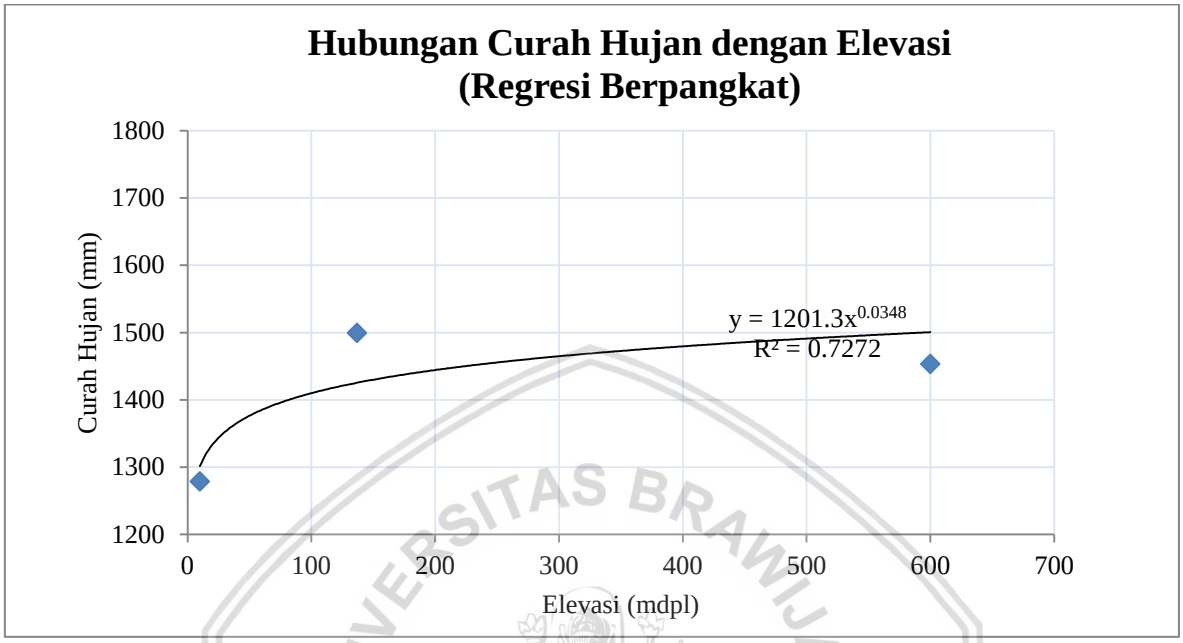
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Maka dari Tabel rekapitulasi nilai koefisien determinasi yang memiliki nilai paling tinggi untuk hubungan curah hujan dengan jarak menggunakan regresi berpangkat dengan R^2 = 0,858, kemudian curah hujan dengan elevasi memiliki koefisien determinasi sebesar 0,727 menggunakan regresi berpangkat untuk hubungan curah hujan dengan beda tinggi memiliki koefisien determinasi sebesar 0,600 dengan regresi berpangkat selanjutnya untuk hubungan curah hujan dengan *slope* memiliki koefisien determinasi sebesar 0,110 dengan regresi Eksponensial dan berpangkat. Sehingga hubungan dengan keterkaitan yang paling baik dimiliki hubungan curah hujan dengan elevasi. Maka berikut hasil analisis regresi terdapat pada grafik-grafik berikut ini.



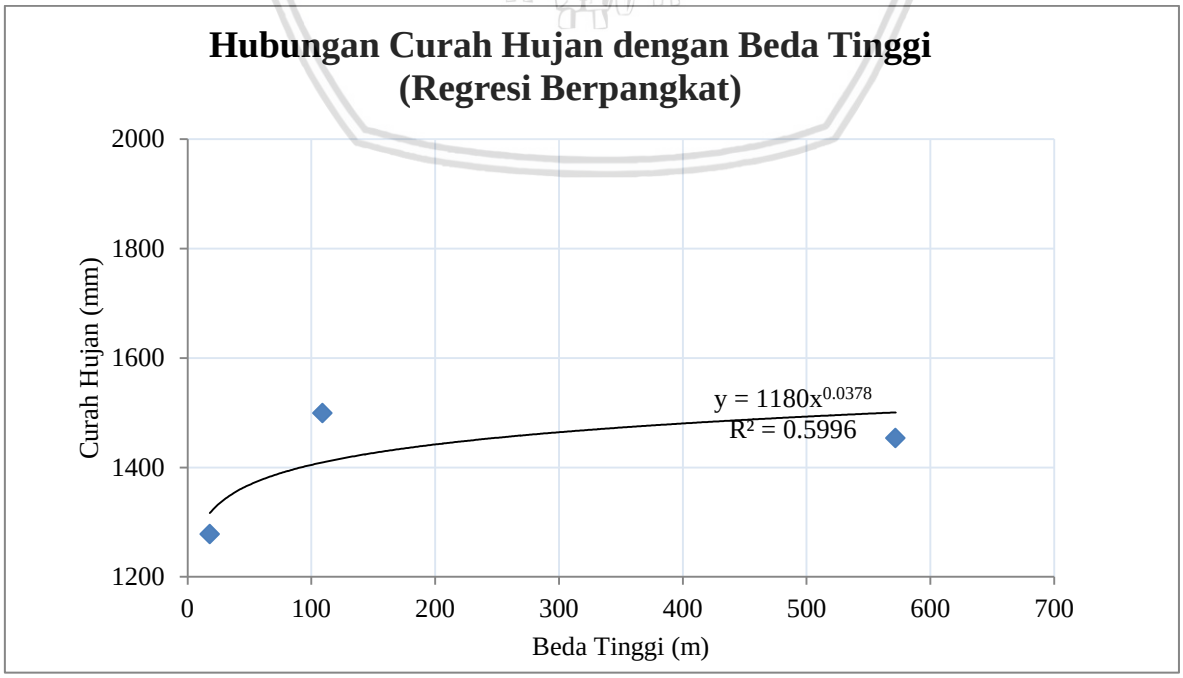
Gambar 4.41 Hubungan Curah Hujan dengan Jarak (Regresi Berpangkat) untuk 3 Stasiun Hujan Terpilih

Hubungan antara curah hujan dan jarak dengan regresi berpangkat memiliki koefisien determinasi sebesar 0,854 mendekati 1. Sehingga semakin jauh jarak stasiun terpilih dengan AWLR maka semakin besar curah hujan.



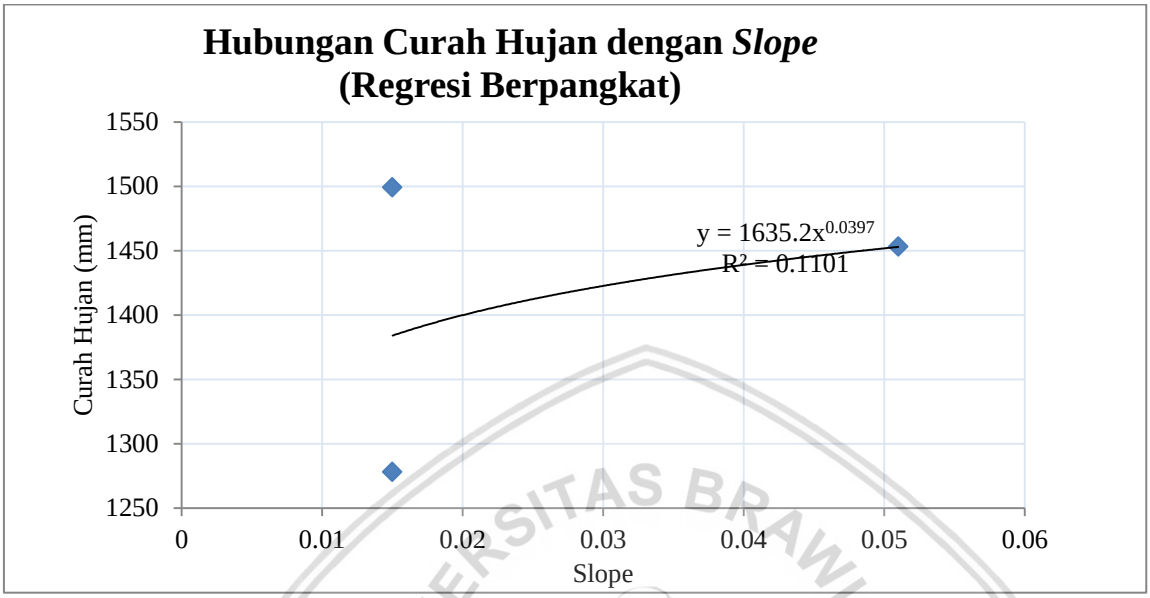
Gambar 4.42 Hubungan Curah Hujan dengan elevasi (regresi berpangkat) untuk 3 Stasiun Hujan Terpilih

Hubungan antara curah hujan dan elevasi dengan regresi berpangkat memiliki koefisien determinasi sebesar 0,727 mendekati 1. Sehingga semakin besar elevasi stasiun hujan terpilih dengan AWLR maka semakin besar curah hujan.



Gambar 4.43 Hubungan Curah Hujan dengan beda tinggi (regresi berpangkat) untuk 3 Stasiun Hujan Terpilih

Hubungan antara curah hujan dan beda tinggi dengan regresi berpangkat memiliki koefisien determinasi sebesar 0,600 mendekati 1. Sehingga semakin besar beda tinggi stasiun hujan terpilih dengan AWLR maka semakin besar curah hujan.



Gambar 4.44 Hubungan Curah Hujan dengan *Slope* (regresi berpangkat) untuk 3 Stasiun Hujan Terpilih

Hubungan antara curah hujan dan *Slope* dengan regresi berpangkat memiliki koefisien determinasi sebesar 0,110 sangat jauh dari 1 atau mendekati 0. Sehingga dikatakan tidak ada hubungan antara dua variabel tersebut.

B. Hubungan Antar Parameter Topografi

Kemudian untuk hubungan antar parametr topografi, Variabel Terikat (Jarak) dan Variabel Bebas (Beda Tinggi atau *Slope*) didapatkan hasil analisis pada tabel berikut ini.

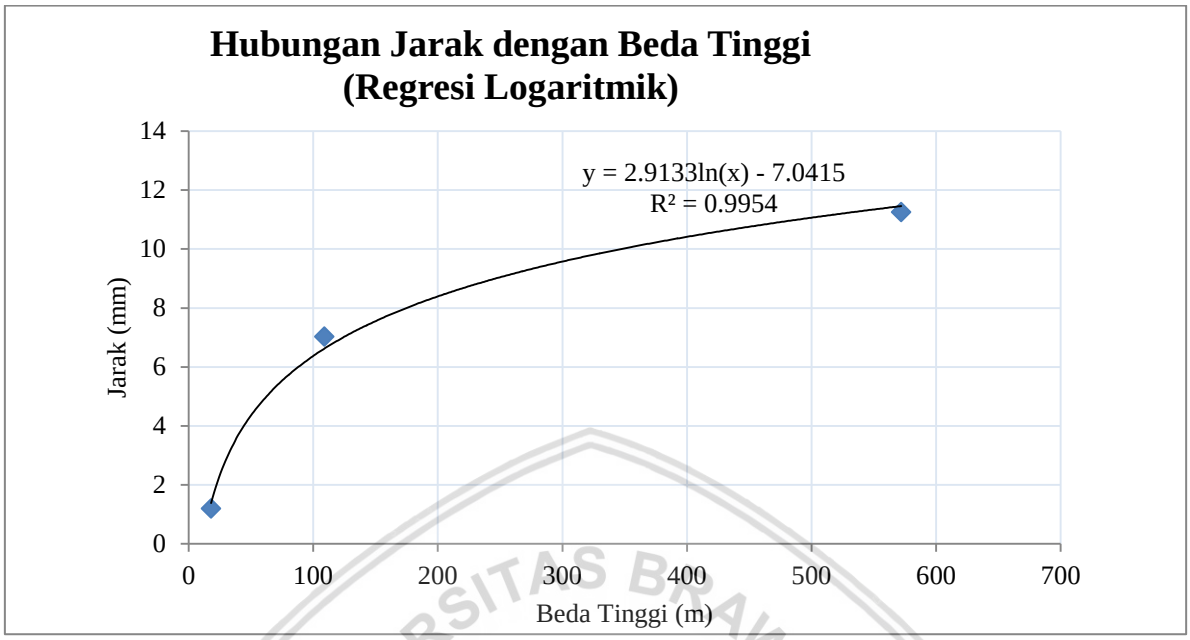
Tabel 4. 56
Rekapitulasi Nilai Koefisien Determinasi (R^2) hubungan antar parameter topografi dengan 3 stasiun hujan

	Nilai Koefisien Determinasi (R^2) Pemodelan			
Hubungan	Linear	Eksponensial	Logaritmik	Berpangkat
Jarak vs beda tinggi	0,802	0,592	0,995	0,913
Jarak vs slope	0,667	0,439	0,667	0,439

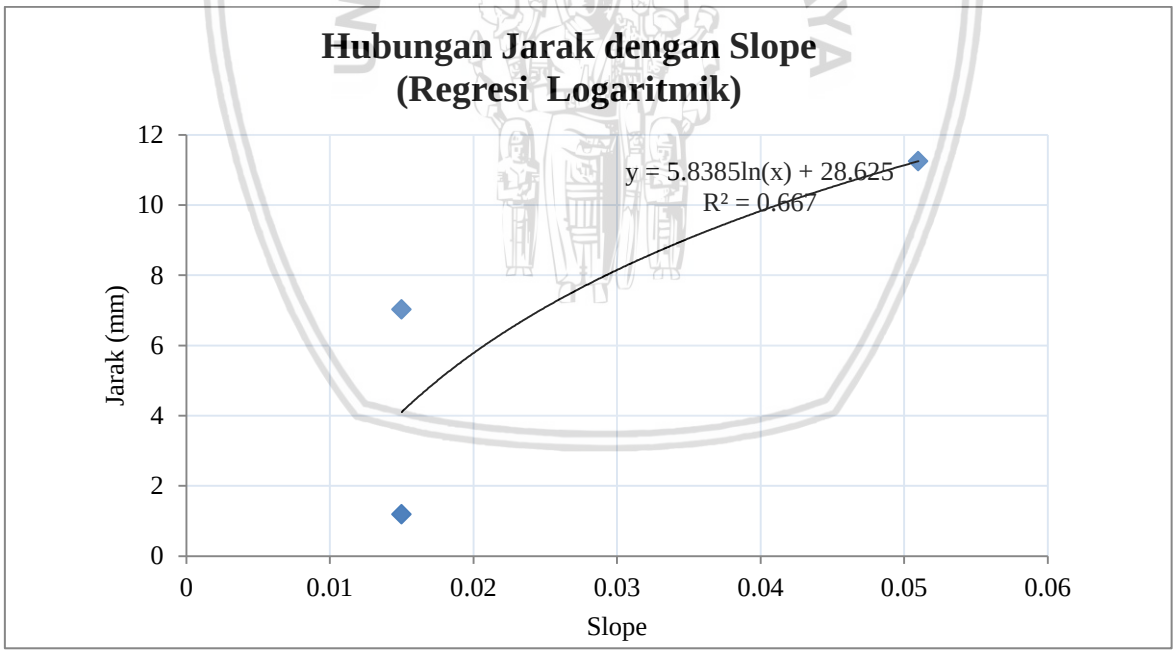
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dari Tabel rekapitulasi nilai koefisien determinasi dapat dibandingkan nilai R^2 pada hubungan jarak dengan beda tinggi lebih tinggi daripada jarak dengan *slope*, untuk hubungan jarak dengan beda tinggi dari 4 regresi, koefisien terbesar dimiliki regresi logaritmik dengan R^2 = 0,995, kemudian hubungan antara jarak dengan *slope* koefisien terbesar dimiliki regresi linear dan logaritmik dengan R^2 = 0,667 sehingga pada hubungan

antar parameter yang memiliki keterkaitan yang tinggi yaitu hubungan antara jarak dengan beda tinggi terdapat pada *Gambar 4.45 - 4.46*.



Gambar 4.45 Hubungan Jarak dengan Beda Tinggi menggunakan (regresi logaritmik) untuk 3 Stasiun Hujan Terpilih



Gambar 4.46 Hubungan Jarak dengan Slope Menggunakan (Regresi polinomial orde 3) untuk 3 Stasiun Hujan Terpilih

Maka untuk hubungan antara data hujan dengan parameter topografi dipilih model regresi berpangkat kemudian hubungan antar parameter topografi model regresi logaritmik dianggap memiliki hubungan paling kuat dikarenakan memiliki koefisien determinasi paling tinggi diantara pemodelan regresi lainnya.

4.4.3 Perbandingan Hubungan Topografi Jaringan Stasiun Terpilih Hasil JST

Didapatkan perbandingan nilai koefisien determinasi untuk dua jaringan tersebut pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 57
Perbandingan Nilai R^2 Tertinggi Jaringan Stasiun Hujan Hasil JST Hubungan Curah Hujan dengan Parameter Topografi

Hubungan	Nilai Koefisien Determinasi Tertinggi (R^2)	
	5 Stasiun Hujan	3 Stasiun Hujan
Curah hujan vs Jarak	0,619 (Linear)	0,858 (Berpangkat)
Curah hujan vs Elevasi	0,698 (Logaritmik)	0,727(Berpangkat)
Curah hujan vs Beda Tinggi	0,312 (Logaritmik)	0,600(Berpangkat)
Curah hujan vs Slope	0,228 (Linear)	0,110(Berpangkat)

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 58
Perbandingan Nilai R^2 Tertinggi Jaringan Stasiun Hujan Hasil JST Hubungan Antar Parameter Topografi

Hubungan	Nilai Koefisien Determinasi (R^2)	
	5 Stasiun Hujan	3 Stasiun Hujan
Jarak vs beda tinggi	0,754 (Linear)	0,995 (Logaritmik)
Jarak vs slope	0,564 (Linear)	0,667(Logaritmik)

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Dapat diketahui dari tabel diatas jaringan dengan 3 stasiun hujan memberikan data yang mampu menghasilkan hubungan yang paling kuat dengan nilai R^2 yang lebih tinggi dibandingkan jaringan dengan 5 stasiun hujan.

4.5 Analisis Debit Banjir Rancangan Kondisi Eksisiting dan Hasil JST

Setelah menganalisis hal penting dalam rasionalisasi jaringan yaitu kerapatan jaringan dan pola penyebaran jaringan stasiun hujan DAS Rejoso, maka diperlukan analisis tambahan dalam menilai hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya terhadap dua hal penting tersebut untuk kondisi eksisting maupun hasil JST dengan menghitung debit banjir rancangan, supaya dapat diketahui manakah jaringan yang mampu memberikan debit perencanaan bangunan pengendali banjir paling baik serta aman dengan OP jaringan stasiun hujan yang murah. Berikut langkah-langkah perhitungan debit banjir rancangan jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dan hasil JST.

4.5.1 Curah Hujan Harian Maksimum Daerah Tahunan dengan Poligon Thiessen

Sebagai contoh perhitungan digunakan data jaringan stasiun hujan kondisi eksisting, langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Data curah hujan harian maksimum tahunan yang digunakan yaitu 9 stasiun hujan kondisi eksisting dari 2005-2016.

Tabel 4.59
Curah hujan harian maksimum 9 stasiun hujan DAS Rejoso

Tgl	Th	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Rerata
13-Des	2005	**91**	3	0	0	0	0	0	21	0	13
14-Feb		3	**120**	113	52	87	58	111	43	34	69
14-Feb		3	120	**113**	52	87	58	111	43	34	69
29-Des		6	43	66	**94**	17	41	4	15	0	32
09-Feb		21	17	24	0	**99**	0	85	49	0	33
12-Feb		88	47	38	89	65	**87**	71	32	0	57
14-Feb		3	120	113	52	87	58	**111**	43	34	69
05-Feb		2	33	12	12	25	6	30	**79**	0	22
13-Feb		53	11	16	41	2	22	3	36	**90**	31
17-Feb	2006	**94**	25	0	0	0	0	0	0	0	13
27-Jan		0	**90**	94	0	75	0	53	0	0	35
27-Jan		0	90	**94**	0	75	0	53	0	0	35
29-Des		79	32	75	**79**	33	41	43	28	36	50
04-Jan		7	70	73	0	**84**	0	92	17	0	38
12-Feb		28	10	2	75	9	**87**	0	0	0	23
04-Jan		7	70	73	0	84	0	**92**	17	0	38
21-Des		20	0	0	43	0	22	0	**103**	62	28
07-Apr		9	18	19	2	6	9	8	24	**120**	24
26-Des	2007	**132**	70	73	56	42	21	36	6	137	64
26-Des		132	**70**	73	56	42	21	36	6	137	64
04-Des		0	30	**87**	29	19	0	23	0	26	24
04-Mar		1	0	0	**307**	0	0	0	0	0	34
20-Mar		39	68	66	0	**86**	89	89	0	21	51
20-Mar		39	68	66	0	86	**89**	89	0	21	51
20-Mar		39	68	66	0	86	89	**89**	0	21	51
28-Des		5	4	2	30	0	1	2	**101**	43	21
03-Mar		0	4	2	0	18	80	0	0	**193**	33
26-Okt	2008	**72**	0	0	32	0	0	0	0	0	12
9-Nov		0	**52**	46	35	36	33	38	0	0	27
02-Feb		13	45	**60**	24	63	15	73	6	124	47
31-Jan		62	51	0	**159**	57	95	60	163	0	72
02-Feb		13	45	60	24	**63**	15	73	6	124	47
31-Jan		62	51	0	159	57	**95**	60	163	0	72
02-Feb		13	45	60	24	63	15	**73**	6	124	47
20-Mar		16	5	5	4	30	0	4	**172**	43	31
24-Mar		0	11	12	20	23	17	0	0	**290**	41
27-Mei	2009	**39**	0	0	4	0	0	0	0	0	5
17-Jun		0	**74**	105	0	101	0	155	0	0	48
17-Jun		0	74	**105**	0	101	0	155	0	0	48
17-Feb		16	2	14	**60**	0	21	0	0	21	15
17-Jun		0	74	105	0	**101**	0	155	0	0	48
27-Jan		0	9	23	54	48	**100**	38	0	43	35
17-Jun		0	74	105	0	101	0	**155**	0	0	48
04-Mar		18	4	12	35	23	14	19	**69**	45	27
25-Jan		24	33	0	0	87	0	93	49	**107**	44
27-Jul	2010	**60**	47	0	13	0	0	0	0	64	20
6-Nov		19	**88**	146	59	86	18	96	0	91	67
6-Nov		19	88	**146**	59	86	18	96	0	91	67

Lanjutan Tabel 4.59 Curah hujan harian maksimum 9 stasiun hujan DAS Rejoso

Tgl	Th	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Rerata
21-Jan		0	6	13	**113**	38	78	9	0	211	52
06-Mar		3	59	84	38	**92**	3	93	0	36	45
21-Jan	2010	0	6	13	113	38	**78**	9	0	211	52
6-Nov		19	88	146	59	86	18	**96**	0	91	67
04-Feb		4	29	45	27	24	10	28	**103**	0	30
21-Jan		0	6	13	113	38	78	9	0	**211**	52
05-Mar		**65**	9	15	0	49	0	20	19	0	20
02-Mei		27	**77**	46	33	24	51	17	0	39	35
07-Jan		0	74	**115**	62	49	54	39	0	51	49
01-Apr		24	0	3	**82**	16	47	9	0	0	20
01-Feb	2011	24	22	30	32	**90**	5	59	45	0	34
17-Des		0	0	0	59	24	**68**	9	9	0	19
25-Des		6	27	10	44	48	3	**73**	0	9	24
09-Jan		1	0	0	0	0	0	0	**94**	0	11
16-Jan		1	2	7	0	0	0	7	0	**135**	17
17-Okt		**61**	0	0	0	0	0	0	0	0	7
27-Des		4	**56**	4	23	4	14	0	49	0	17
28-Des		2	30	**69**	0	8	29	0	6	0	16
07-Feb		0	12	7	**96**	17	0	7	13	0	17
04-Apr	2012	30	48	0	81	**87**	88	107	0	0	49
04-Apr		30	48	0	81	87	**88**	107	0	0	49
04-Apr		30	48	0	81	87	88	**107**	0	0	49
04-Mar		7	0	0	0	0	0	0	**69**	0	8
21-Feb		0	0	0	0	0	0	0	0	**135**	15
21-Des		**64**	0	0	6	0	6	0	0	45	13
26-Nov		59	**86**	63	24	41	32	42	9	73	48
26-Nov		59	86	**63**	24	41	32	42	9	73	48
10-Jun		6	10	5	**72**	27	56	25	0	24	25
14-Jan	2013	8	6	12	10	**105**	25	64	4	0	26
10-Jun		6	10	5	72	27	**56**	25	0	24	25
19-Apr		10	51	45	24	83	23	**99**	0	139	53
06-Apr		40	0	1	0	0	0	0	**44**	0	9
19-Apr		10	51	45	24	83	23	99	0	**139**	53
15-Des		**72**	0	0	0	0	8	0	17	19	13
28-Des		0	**62**	6	10	12	0	10	0	0	11,1
26-Feb		0	12	**77**	11	2	18	6	47	0	19,1
05-Mar		6	0	0	**81**	0	21	0	0	0	12,1
10-Mar	2014	2	8	6	0	**66**	6	83	0	0	18,9
09-Feb		2	0	4	3	0	**75**	0	19	0	11,4
10-Mar		2	8	6	0	66	6	**83**	0	0	18,9
13-Mar		6	2	14	12	0	4	0	**79**	26	15,9
04-Feb		27	2	0	0	0	34	0	0	**84**	16,3
03-Apr		**77**	0	0	0	3	5	4	51	0	16
01-Apr		0	**95**	73	80	75	35	33	0	0	43
26-Feb		5	12	**77**	11	2	18	6	32	0	18
01-Feb		5	0	29	**82**	4	47	3	32	64	30
01-Apr	2015	0	95	73	80	**75**	35	33	0	0	43
23-Apr		15	4	5	75	4	**141**	3	0	36	31
30-Mar		0	0	37	0	66	23	**62**	0	0	21
07-Apr		26	0	0	0	0	0	0	**122**	118	30
07-Apr		26	0	0	0	0	0	0	122	**118**	30
09-Jan	2016	**64**	0	0	0	0	0	0	0	15	9
30-Jun		18	**70**	107	74	116	0	86	0	97	63

Lanjutan Tabel 4.59 Curah hujan harian maksimum 9 stasiun hujan DAS Rejoso

Tgl	Th	Ps	Gd	Wn	Lbg	Rg	Pdt	Kwd	Um	Ngd	Rerata
30-Jun		18	70	**107**	74	116	0	86	0	97	63
28-Mei		0	0	22	**110**	80	94	31	19	180	60
30-Jun		18	70	107	74	**116**	0	86	0	97	63
28-Mei	2016	0	0	22	110	80	**94**	31	19	180	60
30-Jun		18	70	107	74	116	0	**86**	0	97	63
27-Des		0	0	0	0	0	0	0	**77**	0	9
8-Nov		4	0	0	0	0	0	0	28	**191**	25

Sumber: Pengolahan Data, 2018

Dari Tabel diatas dipilih hari dengan rerata tertinggi dari tahun tersebut.

Tabel 4.60
Rekapitulasi Curah hujan harian maksimum 9 stasiun hujan DAS Rejoso

No.	Tanggal	Stasiun Hujan								
		Puspo	Gading	Winongan	Lumbang	Ranugrati	Panditan	KWD. Grati	Umbulan	Ngadisari
1	14/02/2005	3	120	113	52	87	58	111	43	34
2	29/12/2006	79	32	75	79	33	41	43	28	36
3	26/12/2007	132	70	73	56	42	21	36	6	137
4	31/01/2008	62	51	0	159	57	95	60	163	0
5	17/06/2009	0	74	105	0	101	0	155	0	0
6	06/11/2010	19	88	146	59	86	18	96	0	91
7	07/01/2011	0	74	115	62	49	54	39	0	51
8	04/04/2012	30	48	0	81	87	88	107	0	0
9	19/04/2013	10	51	45	24	83	23	99	0	139
10	26/02/2014	0	12	77	11	2	18	6	47	0
11	01/04/2015	0	95	73	80	75	35	33	0	0
12	30/06/2016	18	70	107	74	116	0	86	0	97
Jumlah		353	785	929	736	818	451	871	287	586

Sumber: Pengolahan Data, 2018

2. Menghitung luas daerah tangkapan hujan tiap stasiun hujan dengan membuat poligon. Diolah dengan menggunakan ArcGis. Sehingga didapatkan hasil luas tiap stasiun hujan (kondisi eksisting) yang terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 61
Luasan Poligon Thiessen Stasiun Hujan Kondisi Eksisting

Stasiun Hujan	Luas (km^2)
Puspo	51,388
Gading	1,705
Winongan	12,025
Lumbang	55,283
Ranugrati	4,179
Panditan	45,909
KWD.Grati	1,241
Umbulan	45,191
Ngadisari	17,336
Jumlah	234,257

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Luasan ini akan berubah tergantung banyaknya stasiun hujan yang dianalisis pada DAS Rejoso.

3. Menghitung Koefisien Thiessen (Kr)

$$Kr = \frac{An}{\sum A} = \frac{A1}{\sum A} = \frac{51,388}{234,257} = 0,219 \text{ (A2, ... dst)}$$

4. Setelah itu menghitung total hujan maksimum daerah (P_{max})

$$\Sigma P_{max} = P_A.K_A + P_B.K_B + ... + P_n.K_n$$

$$= 3.\ 0,219 + 120.\ 0,007 + ... + 34,3.\ 0,074$$

$$= 43,92 \text{mm/hari (2005, 2006... dst)}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan curah hujan harian maksimum daerah tahunan selengkapnya berada pada tabel berikut ini

Tabel 4. 62
Rekapitulasi Curah Hujan Harian Maksimum Daerah Tahunan dengan Poligon Thiessen

No.	Tahun	Pmax (mm)		
		Jaringan Stasiun Hujan JST		Eksisting
		3 Stasiun Hujan	5 stasiun Hujan	9 stasiun Hujan
1	2005	106,15	78,84	43,92
2	2006	16,97	8,56	56,95
3	2007	155,83	130,42	63,02
4	2008	110,26	119,53	102,80
5	2009	62,61	64,77	8,55
6	2010	61,84	45,18	38,46
7	2011	69,09	58,17	36,55
8	2012	68,23	69,70	45,26
9	2013	54,94	30,10	27,43
10	2014	24,91	22,08	19,22
11	2015	82,77	54,82	31,63
12	2016	89,13	40,91	37,12

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Setelah menghitung curah hujan harian maksimum daerah tahunan, maka dapat dilanjutkan untuk perhitungan selanjutnya.

4.5.2 Curah Hujan Rancangan dengan Distribusi Log Pearson III

Dilakukan perhitungan curah hujan rancangan dengan distribusi Log Pearson III untuk Jaringan stasiun hujan kondisi eksisiting dan hasil JST. Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Jumlahkan data hujan dalam log selama 12 tahun (Σ Log X = 18,737)
2. Hitung rata-rata Log X

$$\text{Log } \overline{X} = \frac{\Sigma \text{ Log X}}{n} = \frac{18,737}{12} = 1,561$$

3. Hitung nilai Standar Deviasi (sd)

Sd $= \sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}\left|(\log x - \log \bar{x})\right|^2}{(n-1)}}$

$= 0{,}271$

4. Hitung nilai Koefisien Skewness (Cs)

$$Cs = \frac{n.\sum(\log x - \log \bar{x})^3}{(n-1).(n-2).Sd^3}$$

$$= \frac{12.(-0{,}159)}{(12-1).(12-2).0{,}271^3}$$

= -0,876

5. Menentukan nilai K untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 1000, dengan interpolasi nilai Cs = -0,876 dari tabel K terdapat pada **Lampiran 1.**

   Untuk Tr = 2 sehingga probabilitas (Pr) = 50 %, maka nilai K = 0,144 (Pr= 20, 10, ..., dst)

6. Selanjutnya menghitung besarnya hujan rancangan untuk masing-masing kala ulang (Tr), sebagai berikut:

   Untuk Tr = 2

   Log X $= \text{Log } \bar{X} + K.Sd$

   = 1,561 + (0,1442).(0,271)

   = 1,600

7. Antilog nilai log X untuk mendapatkan curah hujan rancangan

   Untuk Tr = 2

   $X_{rancangan} = 10^{\text{Log X}}$

   $= 10^{1{,}600}$

   = 39,85 mm/hari

Rekapitulasi perhitungan curah hujan rancangan kondisi eksisting dan hasil JST berada pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 63
Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan dengan metode Log Pearson III

Tr	Pr	Xrancangan		
		Jaringan Stasiun Hujan JST		Eksisting
		3 Stasiun Hujan	5 stasiun Hujan	9 stasiun Hujan
2	50	72,49	55,35	39,85
5	20	109,88	92,52	62,05
10	10	129,29	113,63	74,66
25	4	148,28	135,60	88,09
50	2	159,16	148,85	96,45
100	1	167,83	159,83	103,60
200	0,5	174,80	168,95	109,75
1000	0,1	186,23	184,71	121,03

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Setelah menghitung curah hujan rancangan, maka dapat dilakukan pengujian distribusi frekuensi.

4.5.3 Uji Distribusi Frekuensi

Pengujian distribusi frekuensi diuji dengan uji Smirnov Kolmogorov dan Uji Chi Square

A. Uji Smirnov-Kolmogorov

Untuk menguji diterima atau tidaknya distribusi, maka dilakukan pengujian simpangan horizontal yakni uji Smirnov Kolmogorov, Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Hitung besarnya K untuk masing-masing nilai X

$$K = \frac{\text{Log X - Log } \overline{X}}{Sd}$$

$$= \frac{1,643 - 1,561}{0,271}$$

= 0,300 (2006, 2007, ... dst)

2. Cari nilai probabilitas (Pr) untuk nilai Cs = -0,876 dan nilai K = 0,300 pada tabel nilai K untuk distribusi *Log Perason III*. Untuk data I didapatkan Pr = 39,579
3. Hitung besarnya peluang empiris Pr (X)

$$Pr\ (X) = 1 - \frac{Pr}{100}$$

Untuk data yang ke- 1

$$Pr\ (X) = 1 - \frac{39,579}{100}$$

= 0,604

4. Hitung besarnya peluang teoritis Sn (X)

$$Sn\ (X) = \frac{Pr\ (X)}{n + 1}$$

$$= \frac{0,604}{12 + 1}$$

$$= 0,046$$

5. Hitung besarnya selisih antara peluang empiris dan teoritis (Δx)

$$\Delta x = | Pr (X) - Sn (X) |$$

$$= 0,604 - 0,046$$

$$= 0,558$$

Tabel 4. 64
Uji Smirnov-Kolmogorov

No.	Tinggi Hujan	Log x	K	Pr	Pr (x)	Sn (X)	Pr (x) - Sn (x)
1	43,92	1,6427	0,300	39,579	0,604	0,046	0,558
2	56,95	1,7555	0,717	29,066	0,709	0,055	0,655
3	63,02	1,7995	0,880	24,972	0,750	0,058	0,693
4	102,80	2,0120	1,665	5,172	0,948	0,073	0,875
5	8,55	0,9321	-2,325	105,774	-0,058	-0,004	-0,053
6	38,46	1,5850	0,087	44,951	0,550	0,042	0,508
7	36,55	1,5629	0,005	47,012	0,530	0,041	0,489
8	45,26	1,6557	0,348	38,366	0,616	0,047	0,569
9	27,43	1,4383	-0,455	58,621	0,414	0,032	0,382
10	19,22	1,2837	-1,026	73,021	0,270	0,021	0,249
11	31,63	1,5001	-0,226	52,858	0,471	0,036	0,435
12	37,12	1,5696	0,030	46,385	0,536	0,041	0,495
	Jumlah	18,7371					
	Rerata	1,5614					
	Simpangan Baku	0,2706			Δ Maks		0,8753
	Koefesien Kepencengan	-0,8756					

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

6. Bandingkan $\Delta_{maksimum}$ dengan Δ_{kritis}

   Untuk n = 12 dengan α = 1% didapatkan Δ_{kritis} = 0,450. Serta Δx_{max} untuk jaringan stasiun hujan kondisi eksisiting $\Delta_{maksimum}$ = 0,875. Dengan demikian $\Delta_{kritis} < \Delta_{maksimum}$ maka simpangan horizontal **ditolak.**

Rekapitulasi Uji Smirnov-Kolmogorov untuk jaringan stasiun hujan kondisi eksisiting dan hasil JST berada pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 65
Rekapitulasi Uji Smirnov-Kolmogorov Hujan Maksimum Daerah dengan Thiessen (α = 1%)

Jumlah Stasiun Hujan	Jaringan Stasiun Hujan	$\Delta_{maksimum}$	Δ_{kritis}	Ket
3	JST	0,875	0,45	Ditolak
5		0,809		Ditolak
9	Eksisting	0,809		Ditolak

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

B. Uji Chi-Square

Setelah melakukan uji simpangan horizontal, dilakukan juga pengujian simpangan vertikal, yakni Chi Square (X^2). Langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyak kelas.

   k = 1 + 3,322 log n = 1 + 3,322 log 12 = 5 kelas

2. Menentukan batas kelas Y

   Digunakan Probabilitas 80, 60, 40 dan 20

   Log Y = k. Sd + Log $\overline{Y}$

   Y = $10^{\text{Log Y}}$

   Untuk Pr = 80

   Log Y = -0,772. 0,271 + 1,561= 1,353

   Y = $10^{1,353}$

   = 22,521 mm/hari

   Hasil yang selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini

   Tabel 4. 66
   Batas Kelas Curah Hujan Kondisis Eksisting

Probabilitas	**K**	**Log Y**	**Y**
80	-0,772	1,353	22,521
60	-0,109	1,532	34,036
40	0,379	1,664	46,124
20	0,855	1,793	62,050

   Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

3. Menentukan nilai yang diharapkan (EF)

   $$EF = \frac{n}{k} = \frac{12}{5} = 2,4$$

4. Menentukan nilai yang diobservasi (OF)

   yakni menentukan banyaknya data yang ada berdasarkan kelas yang telah ditentukan.

Tabel 4. 67
Besar OF untuk data curah hujan kondisi eksisting

NO	BATAS KELAS	JUMLAH DATA EXPECTED FREQUENCY (Ef)	OBSERVED FREQUENCY (Of)	Ef - Of	(Ef - Of)²
1	0,00 - 22,521	2,4	2	0,4	0,16
2	22,521 - 34,036	2,4	2	0,4	0,16
3	34,036-46,124	2,4	3	0,6	0,36
4	46,124- 62,050	2,4	3	0,6	0,36
5	62,050 ~	2,4	2	0,4	0,16
	JUMLAH	12	12		1,2

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

5. Menentukan besarnya $(X^2)_{hitung}$ sebagai berikut:

$$X^2 = \sum \frac{(OF - EF)^2}{EF}$$

$= 1,2 / 2,4$

$= 0,500$

Dari hasil perhitungan chi square didapatkan $X^2_{cr} = 3,841$ untuk dk = k-h-1= 5-3-1= 1 dan α = 5 %, didapatkan $X^2_{hit} = 0,50$. Karena nilai $X^2_{cr} > X^2_{hit}$, maka simpanga vertikal **diterima**.

Tabel 4. 68
Rekapitulasi Uji Chi-Square (α = 5%)

Jumlah Stasiun Hujan	Jaringan Stasiun Hujan	dk	X^2_{Hitung}	X^2_{kritis}	Ket
3	JST	2	1,33	3,84	diterima
5		2	1,33		diterima
9	Eksisting	2	0,50		diterima

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.5.4 Distribusi Hujan dan Curah Hujan Jam-Jaman

Perhitungan hujan jam-jaman digunakan metode mononobe, langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Hitung distribusi hujan jam-jaman berdasarkan rumus Mononobe berikut ini:

   $Rt = R_{24}/t \,.\, (t/T)^{(2/3)}$

   Untuk hujan pada jam ke 1, maka

   $R1 = R_{24}/6 \times (6/1)^{2/3} = 0.550 \times R_{24}$ (jam = 1, 2, ... 6)

   Asumsi untuk daerah di Indonesia rata-rata t = 6 jam

2. Hitung besarnya intensitas hujan rata-rata dalam 1 hari (R24), dengan rumus berikut ini:

   $R_{24} = (t \,.\, R_t) - ((t - 1).\, R_{(t-1)})$

   Untuk t=1 jam

   $R_{24} = (1 \times 0.550R_{24}) - ((1-1) \times R0)$

$= 0.550R_{24} - 0$

$= 0.550 \times 100\%$

$= 55{,}032\ \%$

Untuk hasil perhitungan rasio hujan jam-jaman selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 69
Perhitungan Rasio Hujan Jam-jaman

Jam ke-(t)	**Rt mm/jam**		**R24 mm**	**Rasio (%)**	**Kumulatif (%)**
1	0,550	R24	0,550	55,032	55,032
2	0,347	R24	0,143	14,304	69,336
3	0,265	R24	0,100	10,034	79,370
4	0,218	R24	0,080	7,988	87,358
5	0,188	R24	0,067	6,746	94,104
6	0,167	R24	0,059	5,896	100
	Jumlah		**1**		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

3. Menentukan nilai C, dengan Tabel Nilai Koefisien Pengaliran berikut ini:

Tabel 4. 70
Nilai Koefisien Pengaliran (C)

Jenis / Tipe Kawasan	Nilai C
Daerah Pegunungan yang Curam	0,75 – 0,90
Daerah pegunungan tersier	0,70 – 0,80
Daerah bergelombang dan hutan	0,50 – 0,75
Daerah dataran yang ditanami	0,45 – 0,60
Persawahan yang diairi	0,70 – 0,80
Sungai di daerah pegunungan	0,75 – 0,85
Sungai kecil di daerah dataran	0,45 – 0,75
Sungai yang besar dengan wilayah pengaliran yang lebih dari seperduanya terdiri dari dataran	0,50 – 0,75

Sumber : Asdak, C 2006

dikarenakan DAS Rejoso terdapat di kawasan bergelombang dan hutan maka dari interval 0,50 - 0,75 ditentukan nilai koefisien pengaliran DAS Rejoso adalah 0,60.

4. Selanjutnya menghitung distribusi hujan netto jam-jaman dihitung menggunakan rumus berikut:

$$R_{netto} = \text{Rasio} \times C \times \frac{\text{Rrancangan}}{100}$$

untuk Tr = 2 th, dengan t = 1 jam adalah:

$$R_{netto} = 55{,}032\% \times 0{,}600 \times \frac{39{,}852}{100}$$

= 13,159 mm/hari (t = 2, 3, ... 6, dst)

5. Menghitung Curah Hujan Efektif

$R_{efektif}$ = C. $R_{rancangan}$

= 0,600 . 39,852

= 23,911 mm/hari

Rekapitulasi perhitungan hujan jam-jaman dengan rumus mononobe jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dan JST, selengkapnya berada pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 71
Rekapitulasi Intensitas Hujan Jam-Jaman Rumus Mononobe Jaringan Stasiun Hujan Kondisi Eksisting

JAM KE	HUJAN JAM-JAMAN							
	2th	5th	10th	25th	50th	100th	200th	1000th
1,00	13,159	20,488	24,652	29,085	31,846	34,207	36,239	39,962
2,00	3,420	5,325	6,408	7,560	8,277	8,891	9,419	10,387
3,00	2,399	3,736	4,495	5,303	5,806	6,237	6,607	7,286
4,00	1,910	2,974	3,578	4,222	4,622	4,965	5,260	5,801
5,00	1,613	2,511	3,022	3,565	3,903	4,193	4,442	4,898
6,00	1,410	2,195	2,641	3,116	3,412	3,665	3,883	4,282
Hujan Rancangan	39,852	62,050	74,660	88,086	96,445	103,597	109,751	121,026
Koef. pengaliran	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Hujan Efektif	23,911	37,230	44,796	52,852	57,867	62,158	65,851	72,615

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 72
Rekapitulasi Intensitas Hujan Jam-Jaman Rumus Mononobe Jaringan Stasiun Hujan Terpilih dengan JST (5 stasiun hujan)

JAM KE	HUJAN JAM-JAMAN							
	2th	5th	10th	25th	50th	100th	200th	1000th
1	18,275	30,55	37,519	44,774	49,148	52,773	55,787	60,989
2	4,75	7,941	9,752	11,638	12,775	13,717	14,5	15,852
3	3,332	5,57	6,841	8,164	8,961	9,622	10,172	11,12
4	2,653	4,434	5,446	6,499	7,134	7,66	8,098	8,853
5	2,24	3,745	4,599	5,488	6,024	6,469	6,838	7,476
6	1,958	3,273	4,02	4,797	5,266	5,654	5,977	6,535
Hujan Rancangan	55,346	92,522	113,628	135,6	148,847	159,825	168,952	184,707
Koef. pengaliran	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Hujan Efektif	33,207	55,513	68,177	81,36	89,308	95,895	101,371	110,824

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Tabel 4. 73
Rekapitulasi Inten sitas Hujan Jam-Jaman Rumus Mononobe Jaringan Stasiun Hujan Terpilih dengan JST (3 stasiun hujan)

JAM KE	HUJAN JAM-JAMAN							
	2th	5th	10th	25th	50th	100th	200th	1000th
1,00	23,936	36,283	42,689	48,961	52,552	55,416	57,716	61,493
2,00	6,222	9,431	11,096	12,726	13,659	14,404	15,002	15,983
3,00	4,364	6,615	7,783	8,927	9,582	10,104	10,523	11,212
4,00	3,474	5,267	6,196	7,107	7,628	8,044	8,378	8,926
5,00	2,934	4,447	5,233	6,001	6,442	6,793	7,075	7,537
6,00	2,565	3,888	4,574	5,246	5,631	5,938	6,184	6,589
Hujan Rancangan	72,492	109,884	129,286	148,280	159,155	167,831	174,796	186,233
Koef. pengaliran	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Curah Hujan Efektif	43,495	65,930	77,571	88,968	95,493	100,698	104,877	111,740

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

4.5.5 Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dan Debit Banjir Rancangan

Berikut langkah-langkah perhitungan HSS Nakayasu dan Debit banjir rancangan:

Data yang diketahui:

Luas DAS (A) = 234,257 km^2

Panjang sungai terpanjang (L) = 29,700 km

Unit hujan effektif (Ro) = 1,000 mm

Parameter hidrograf (α) = 2,500

Untuk sungai dengan L>15 km,

tg = 0,4 + 0,058 L

= 0,4 + 0,058 (29,700)

= 2,123

tr = 0,73 tg

= 0,73 (2,123)

= 1,549

Tp = tg + 0,8 tr

= 2,123 + (0,8. 1,549)

= 3,362 jam ≈ 3 jam

$T_{0,3}$ = α tg

= 2,500 (2,123)

= 5,307 jam

$Tp + T_{0,3}$ = 3,000 + 5,307 = 8,307 jam ≈ 8 jam

$Tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3}$ = 3,000 + 5,307 + 7,960 = 16,267 jam ≈ 16 jam

Kemudian dapat dihitung Qp sebagai berikut:

$$Qp = \frac{A.Ro}{3,6(0,3Tp + T_{0,3})}$$

$$Qp = \frac{234,257.1}{3,6(0,3.(3,00) + (5,307))}$$

$= 10,484\ m^3/dt$

Perhitungan untuk waktu (t) 1 jam (0 < t < Tp)

Maka hidrograf naik, sehingga berlaku:

$Qa = Qp\ (t/Tp)^{2,4}$

$= 10,484\ (1/3,00)^{2,4}$

$= 0,751\ m^3/dt$

Pada waktu kurva turun (*decreaasing limb*)

a. selang nilai : $0 \leq t \leq (Tp + T_{0,3})$

Untuk t = 4 jam

$$Qd_1 = Qp.0,3^{\frac{(t-Tp)}{T_{0,3}}}$$

$$Qd_1 = 10,484.0,3^{\frac{(4-3)}{5,307}}$$

$Qd_1 = 8,356\ m^3/dt$

b. selang nilai : $(Tp + T_{0,3}) \leq t \leq (Tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3})$

Untuk t = 7 jam

$$Qd_2 = Qp.0,3^{\frac{(t-Tp+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}}$$

$$Qd_2 = 10,484.0,3^{\frac{(7-3+0,5.5,307)}{1,5.(5,307)}}$$

$Qd_2 = 2,435\ m^3/dt$

c. selang nilai : $t > (Tp + T_{0,3} + 1,5\ T_{0,3})$

Untuk t = 14 jam

$$Qd_3 = Qp.0,3^{\frac{(t-Tp+1,5T_{0,3})}{2T_{0,3}}}$$

$$Qd_3 = 10{,}484.0{,}3^{\frac{(14-3+1{,}5.5{,}307)}{2.(5{,}307)}}$$

$$Qd_3 = 0{,}868\ m^3/dt$$

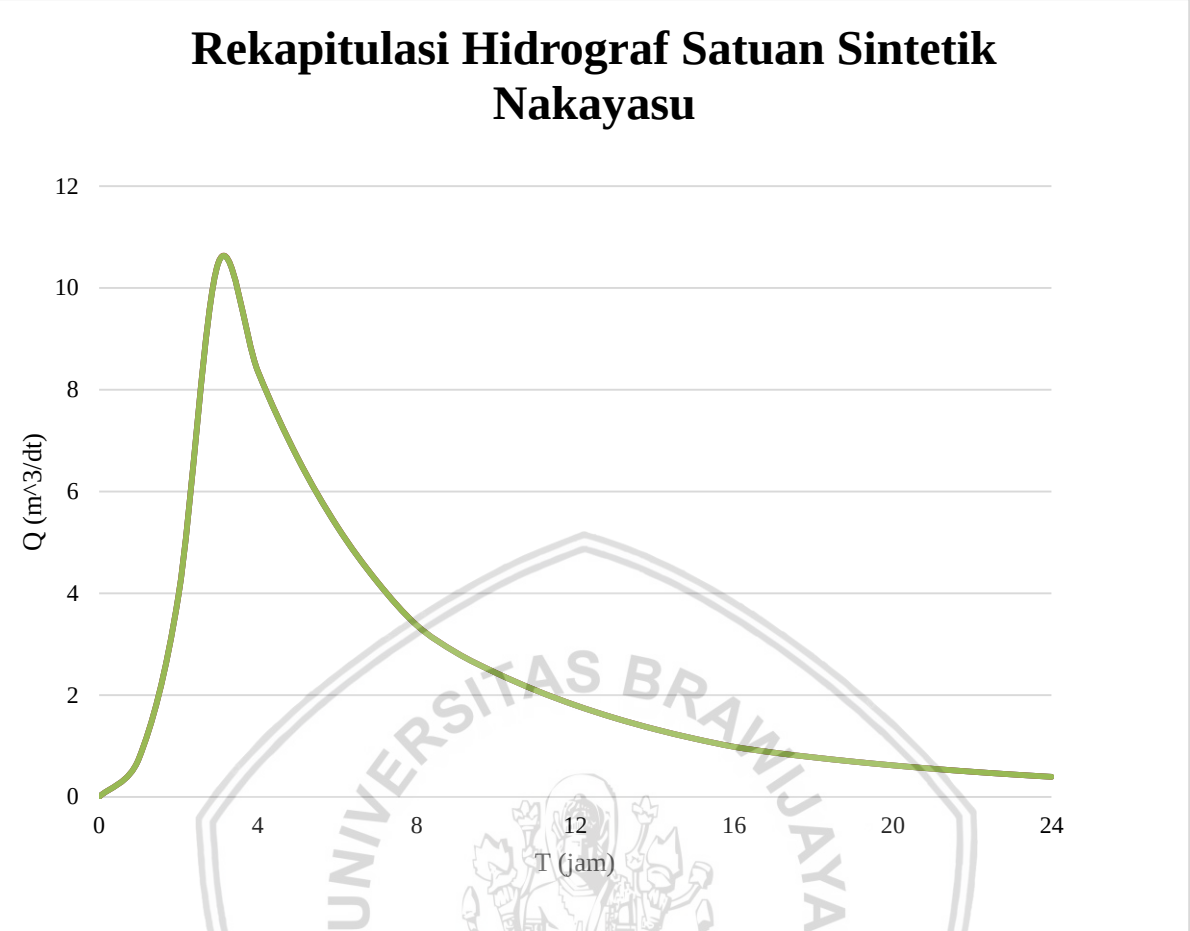
Untuk Rekapitulasi Qt selengkapnya terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. 74
Rekapitulasi Qt Jaringan Stasiun Hujan Kondisi Eksisting dan Hasil JST

Waktu (t)	Qt Jaringan Stasiun Hujan JST		Qt Eksisting	Ket
	3 stasiun hujan	5 stasiun hujan	9 stasiun hujan	
0	0	0	0	
1	0,751	0,751	0,751	Qa
2	3,962	3,964	3,962	
3	**10,484**	**10,489**	**10,484**	Qp
4	8,356	8,36	8,356	
5	6,66	6,663	6,66	
6	5,308	5,311	5,308	Qd 1
7	4,231	4,233	4,231	
8	3,372	3,373	3,372	
9	2,832	2,833	2,832	
10	2,435	2,436	2,435	
11	2,093	2,094	2,093	
12	1,799	1,8	1,799	Qd 2
13	1,546	1,547	1,546	
14	1,329	1,33	1,329	
15	1,143	1,143	1,143	
16	0,982	0,983	0,982	
17	0,868	0,869	0,868	
18	0,775	0,775	0,775	
19	0,692	0,692	0,692	
20	0,618	0,618	0,618	Qd 3
21	0,552	0,552	0,552	
22	0,492	0,493	0,492	
23	0,44	0,44	0,44	
24	0,392	0,393	0,392	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Nilai Qt pada Tabel 4.74 untuk seluruh kondisi adalah sama karena terdapat pada satu DAS yang sama. Untuk lebih jelas, Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu terdapat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.47 Rekapitulasi Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu
Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

Selanjutnya menghitung debit banjir rancangan dengan rumus berikut ini:

Q = Qt HSS Nakayasu x Curah Hujan Jam-Jaman

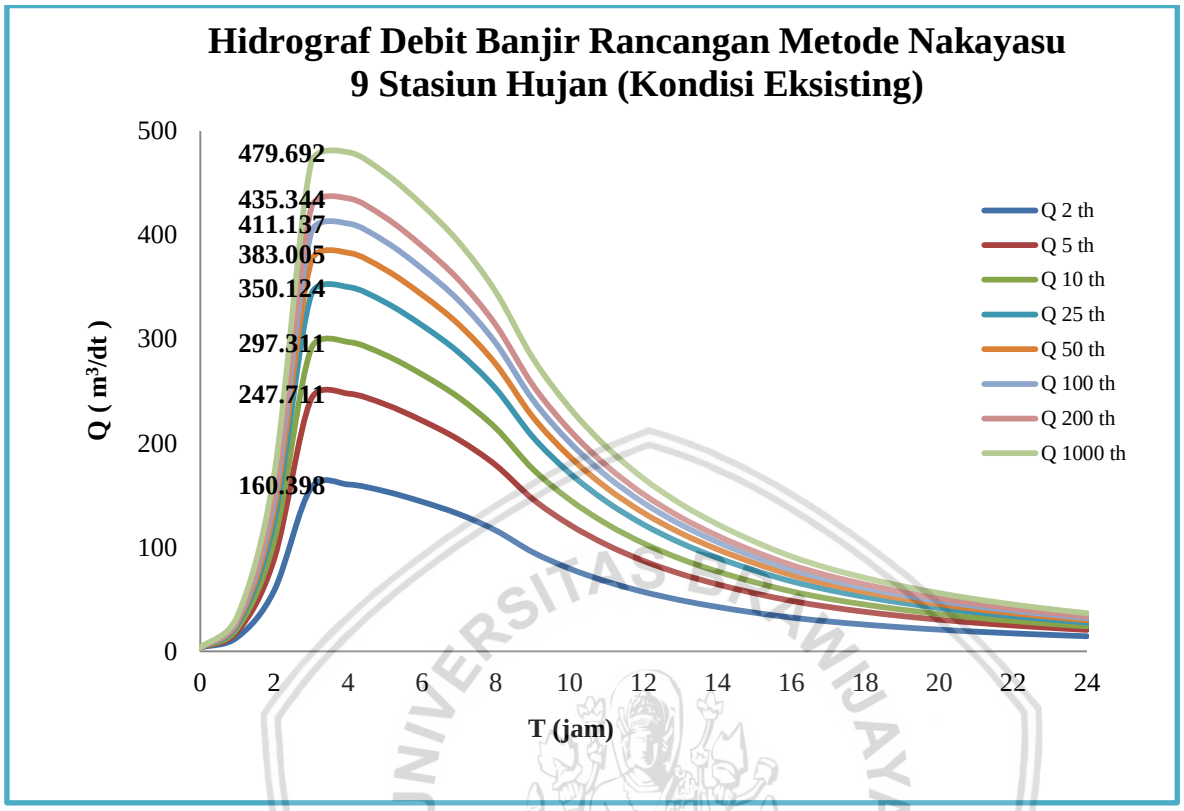
Rekapitulasi perhitungan debit banjir rancangan terdapat di Tabel berikut ini.

Tabel 4. 75
Rekapitulasi Debit Banjir Rancangan

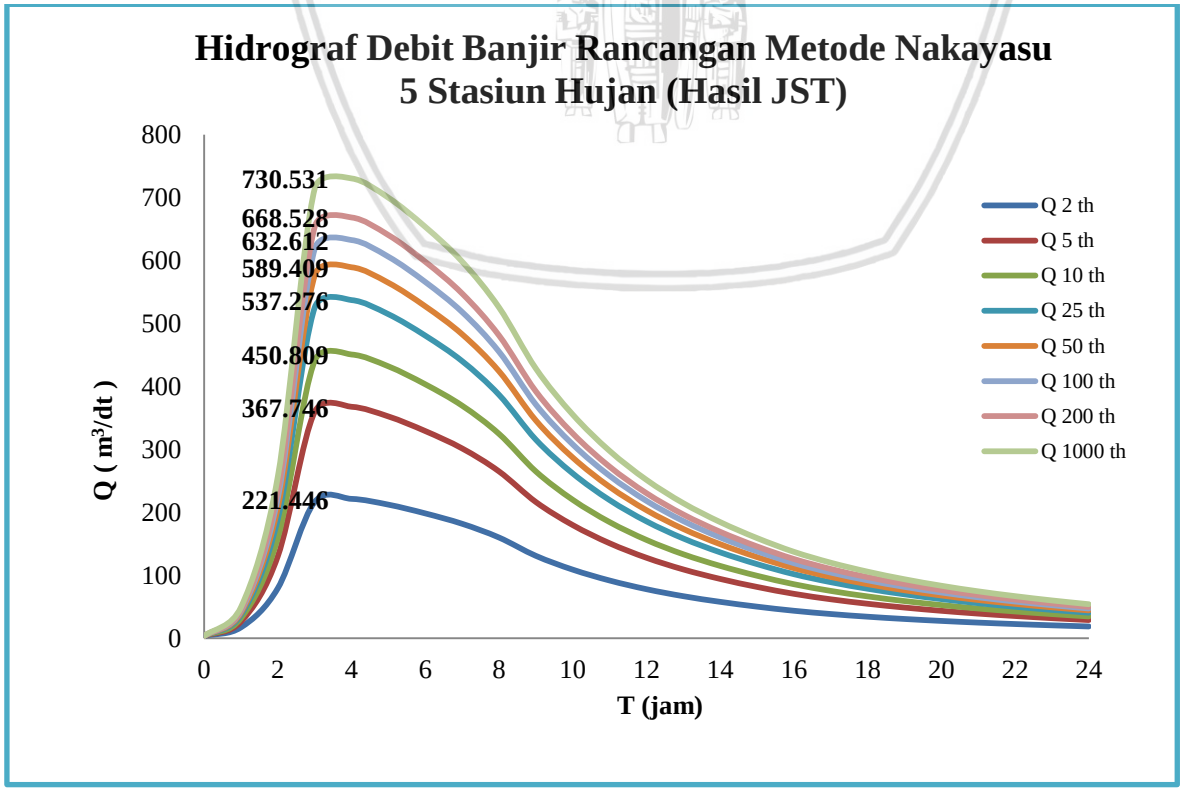
Periode	Debit Banjir Rancangan		
	Jaringan Stasiun Hujan JST		Eksisting
	3 Stasiun Hujan	5 stasiun Hujan	9 stasiun Hujan
(Tahun)		(m^3/dt)	
2	288,786	221,446	160,398
5	435,866	367,746	247,711
10	512,182	450,809	297,311
25	586,895	537,276	350,124
50	629,673	589,409	383,005
100	663,798	632,612	411,137
200	691,195	668,528	435,344
1000	736,182	730,531	479,692

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

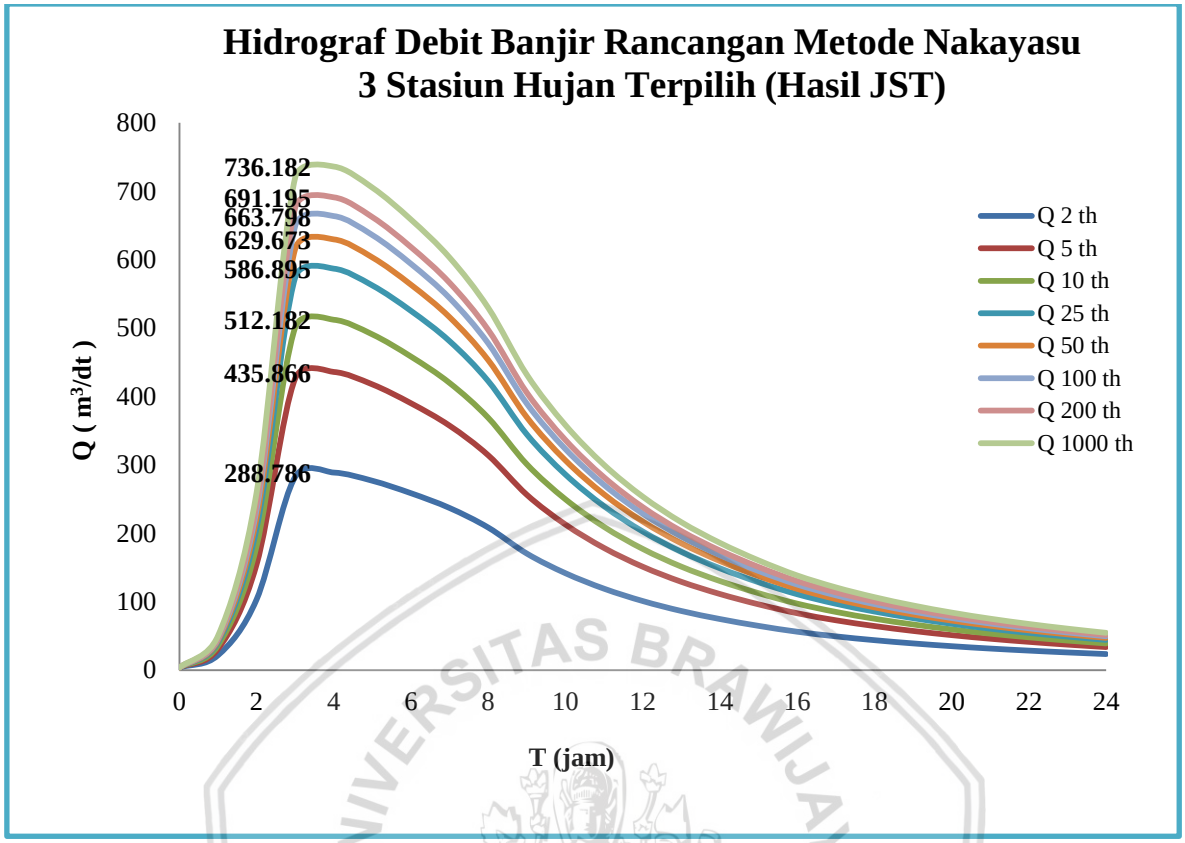
Untuk Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu terdapat pada *Gambar 4.26-4.28*



Gambar 4.48 Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu 9 Stasiun Hujan (Kondisi Eksisting)



Gambar 4.49 Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu 5 Stasiun Hujan (Hasil JST)



Gambar 4.50 Hidrograf Debit Banjir Rancangan Metode Nakayasu 3 Stasiun Hujan Terpilih (Hasil JST)

Dari hasil perhitungan debit banjir rancangan, yang memiliki debit banjir rancangan paling besar khususnya untuk Q_{25th} sebagai debit untuk perencanaan bangunan pengendali banjir yaitu jaringan dengan 3 stasiun hujan, maka dianggap paling aman dalam perencanaan bangunan keairan. Dari seluruh analisis yang telah dilakukan sebelumnya yaitu analisis kerapatan jaringan stasiun hujan, jaringan yang terpilih melalui pemodelan JST dengan jumlah 3 stasiun hujan telah memenuhi persyaratan dengan memiliki kesalahan relatif kurang dari 10%, nilai MSE terkecil serta NSE 'baik' kemudian pada analisis pola penyebaran stasiun hujan jaringan ini memiliki sebaran di seluruh bagian DAS sehingga mampu mewakili kondisi hulu, tengah dan hilir DAS Rejoso berjumlah satu pada tiap bagian DAS, kemudian hubungan lokasi stasiun hujan terhadap kondisi topografinya jaringan ini memiliki hubungan yang paling kuat diantara jaringan stasiun hujan lain yang telah terpilih dengan metode JST. Dengan demikian, jaringan stasiun hujan yang paling optimal dan dianggap efisien dan efektif untuk DAS Rejoso yaitu jaringan hasil JST dengan 3 stasiun hujan. Oleh karena itu, metode JST dianggap cukup baik untuk digunakan dalam melakukan analisis rasionalisasi pada DAS Rejoso. Dikarenakan aplikasi JST memiliki

unsur stastistika dalam perhitungannya maka akan menjadi sangat baik hasilnya apabila kuantitas data pada studi ini dapat ditambahkan.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan beberapa hal mengenai rasionalisasi jaringan menggunakan metode JST dengan mempertimbangkan faktor topografi adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi jaringan stasiun hujan DAS rejoso kondisi eksisting dengan metode WMO direkomendasikan 1 atau 2 stasiun hujan, kemudian untuk metode Bleasdale direkomendasikan 6 stasiun hujan, sedangkan metode Varshney dibutuhkan 2 stasiun hujan. Metode Sugawara memberikan rekomendasi pemakaian stasiun hujan sebesar 10 atau 15 stasiun hujan hujan untuk rasionalisasi jaringan stasiun hujan.

2. Analisis Kerapatan Jaringan Stasiun Hujan DAS Rejoso dengan metode Jaringan Saraf Tiruan ada dua hasil yaitu dengan pengaruh stasiun hujan di luar DAS didapatkan nilai KR sebesar 1,896% kemudian Min MSE untuk *Training se*t yaitu 0,010 dan Min MSE untuk *cross Validation Set* yaitu 0,001 dan nilai NSE sebesar 0,993 dengan jumlah stasiun hujan terpilih sebanyak 5 buah yaitu Gading, Winongan, Lumbang, Panditan dan Umbulan. Kemudian tanpa pengaruh stasiun hujan di luar DAS didapatkan 3 stasiun hujan terpilih di dalam DAS yaitu Winongan, Lumbang dan Panditan dengan KR sebesar 7,336% Min MSE untuk *Training Set* 0,024 sedangkan untuk *Cross Validation Set* 0,007 dan NSE baik.

3. Analisis pola penyebaran (perletakan stasiun hujan) kondisi eksisting tersebar pada seluruh bagian DAS Rejoso dengan masing- masing 3 stasiun hujan di Hulu, Tengah dan Hilir DAS Rejoso. Sedangkan Jaringan Stasiun Hujan Hasil JST memiliki perletakan yang sama dengan kondisi eksisting dikarenakan metode JST tidak memberikan rekomendasi lokasi atau perletakan untuk stasiun hujan. Kemudian jaringan stasiun hujan hasil JST dengan 5 stasiun hujan tersebar juga pada seluruh bagian DAS dengan 1 stasiun hujan di bagian Hulu DAS, kemudian 2 stasiun hujan

bagian Tengah DAS dan 2 stasiun hujan di bagian Hilir DAS. Sedangkan untuk jaringan stasiun hujan hasil JST dengan 3 stasiun hujan tersebar pada seluruh bagian DAS dengan masing-masing 1 stasiun hujan di Hulu, Tengah maupun Hilir DAS.

4. Analisis Hubungan Topografi untuk stasiun hujan terpilih dilakukan dengan 4 model regresi yaitu Linear, eksponensial, logaritmik, dan berpangkat untuk melihat hubungan yang memiliki koefisien determinasi yang paling sempurma untuk hubungan yang didapatkan dari curah hujan dengan faktor topografi (elevasi, Jarak dan Slope) serta hubungan antar parameter (Jarak vs Slope atau Jarak vs elevasi). Data yang memiliki hubungan paling kuat yaitu jaringan stasiun hujan hasil JST dengan 3 stasiun hujan dimana regresi berpangkat yang dianggap paling baik pada data tersebut, memberikan nilai koefisien determinasi yang paling tinggi dibandingkan Jaringan Stasiun Hujan dengan 5 stasiun hujan.

5. Analisis Debit Banjir Rancangan terhadap jaringan stasiun hujan kondisi eksisting dan hasil JST. Didapatkan debit banjir rancangan $Q_{25th,}$ sebagai dasar atau saran untuk perencanaan bangunan-bangunan pengendali banjir atau sungai. Dengan nilai debit, 9 stasiun hujan sebesar 350,124 m^3/dt kemudian 5 stasiun hujan sebesar 537,276 m^3/dt serta untuk 3 stasiun hujan sebesar 586,895 m^3/dt. Dari 3 debit tersebut, jaringan hasil JST dengan 3 stasiun hujan memiliki debit banjir rancangan yang paling besar dan paling aman.

5.2 Saran

Untuk memberikan hasil yang lebih baik, maka diberikan saran antara lain yaitu:

1. Analisis rasionalisasi stasiun hujan pada DAS Rejoso menggunakan JST perlu dilakukan analisis lanjutan untuk pola penyebaran stasiun hujan dengan menggabungkan metode yang dapat memberikan rekomendasi lokasi yang baik untuk sebaran stasiun hujan DAS Rejoso yang telah terpilih.
2. Besarnya kuantitas data akan sangat mendukung hasil dari aplikasi JST maka dengan demikian hasil analisis akan dapat memberikan bukti yang lebih kuat.