

# Prosiding

Jilid i

## Pertemuan Ilmiah Tahunan PIT XXXVII HATHI

Palembang, 12 Desember 2020



Tema:  
"Pengelolaan Sumber Daya Air Secara Terpadu  
dalam Era Digital"

### Subtema 1

Pengelolaan Air Perkotaan dan Bencana Terkait SDA

Drainase perkotaan, Penyediaan air bersih dan sanitasi, Pencemaran sungai, Pengolahan air limbah, Pemanenan air hujan, Banjir, Kekeringan, Keruntuhan bendungan, Tsunami, Perubahan iklim.



HIMPUNAN  
AHLI TEKNIK HIDRAULIK  
INDONESIA

## **PREDIKSI CURAH HUJAN DENGAN PEMODELAN JARINGAN SYARAF TIRUAN DI DAS MAYANG, KABUPATEN JEMBER**

Febrotul Hidayati, Entin Hidayah\*, dan Gusfan Halik\*\*

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember

\*entin.teknik@unej.ac.id \*\*gusfan.teknik@unej.ac.id

### **Intisari**

Curah hujan mempunyai peranan yang sangat penting dalam pemodelan hidrologi. Salah satu ketidakpastian dari pemodelan hidrologi adalah ketidak lengkapan input data hujan observasi lapangan dan jumlah stasiun hujan. Alternatif untuk memenuhi input data hujan dengan melakukan pendugaan hujan menggunakan data hujan satelit. Kelebihan data hujan satelit adalah memiliki resolusi spasial dan temporal yang tinggi serta mencakup wilayah yang luas. Tujuan penelitian ini adalah memprediksi data hujan satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM) sebagai pengganti data hujan observasi yang akurat menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) di DAS Mayang. Proses pemodelan JST menggunakan metode *Backpropagation* dengan bantuan program MATLAB R2013a. Kelebihan JST yaitu memberikan hasil terbaik dalam penentuan nilai error. Data yang digunakan adalah data curah hujan harian satelit GPM 3IMERGDF dan data observasi DAS Mayang tahun 2015-2019. Hasil penelitian menunjukkan korelasi antara data hujan satelit dan data hujan observasi setiap tahun menunjukkan hubungan yang kuat. Uji keandalan pemodelan JST hasilnya baik yang diukur dengan nilai  $R_{training}$  0,663,  $R_{validasi}$  0,677 dan nilai rerata  $R_{testing}$  0,776 dan dengan nilai error yang diperoleh dari uji MSE sebesar 29.715. Validasi antara output JST dengan data observasi menunjukkan nilai curah hujan model sudah mengikuti pola curah hujan observasi.

Kata kunci : pemodelan, hujan satelit, GPM 3IMERGDF, JST

### **Latar Belakang**

Curah hujan merupakan salah satu unsur utama dalam parameter meteorologi yang sangat berpengaruh dalam kehidupan. Di dalam mengelola sumber daya air membutuhkan data hujan, dimana dengan ketersediaan data hujan tersebut mempermudah dalam pemodelan hidrologi. Dalam siklus hidrologi hujan merupakan faktor penting dalam menentukan kapasitas air yang ada di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Hujan yang terjadi akan berbeda di setiap daerahnya yaitu hanya pada satu tempat atau titik, tergantung dari ketinggian daerah dan faktor yang menyebabkan turunnya hujan. Data hujan lapangan didapat dari penakar hujan tipe manual yang menghasilkan data hujan harian pada DAS Mayang. Namun ketersediaan data hujan lapangan cenderung tidak lengkap dan kurang dapat diandalkan (Dasanto dkk., 2014). Sedangkan pada analisis hidrologi dibutuhkan

data hujan yang lengkap dengan periode tertentu (Pratiwi dkk., 2017). Dengan keterbatasan data hujan lapangan tersebut tentunya diperlukan solusi.

Salah satu ketidakpastian dari pemodelan hidrologi adalah ketidaklengkapan input data hujan observasi lapangan dan jumlah stasiun hujan. Biasanya terjadi karena pada beberapa daerah terkadang tidak tersedia alat untuk mengukur data hujan tersebut. Permasalahan tersebut menyebabkan data hujan masih sulit diperoleh dengan cepat. Terkait dengan permasalahan tersebut, maka dibutuhkan metode alternatif dalam pendugaan hujan untuk mengatasi keterbatasan data hujan observasi. Pendeteksian jarak jauh dengan satelit mampu mengatasi permasalahan ketersediaan data hujan tersebut. Namun, perlu dievaluasi apakah data hujan satelit dapat mewakili data hujan yang di lapangan. Maka harus dilakukan dengan mencari akurasi yaitu seberapa dekat hasil dari ukuran atau keakuratan antara data hujan satelit GPM (*Global Precipitation Measurement*), dan lapangan. Satelit GPM merupakan salah satu data satelit yang baik digunakan dalam penelitian ini. Alasannya karena untuk produk GPM (IMERG) menggantikan satelit TRMM yang memberikan spasial lebih baik yaitu 10 km x 10 km dan resolusi temporal (30 menit) (Tan & Duan, 2017).

Evaluasi perlu dilakukan karena satelit mengukur besarnya hujan yang terjadi di atmosfer dan membutuhkan waktu tertentu untuk jatuh ke bumi, sedangkan data hujan pengamatan dari stasiun hujan adalah data hujan yang terjadi langsung di lapangan atau bumi (Pratiwi dkk., 2017). GPM merupakan satelit polar orbiting milik JAXA-NASA. Kelebihan satelit dalam mengukur intensitas hujan dibandingkan dengan stasiun hujan yang di lapangan yaitu memiliki resolusi spasial dan temporal yang tinggi serta mencakup wilayah yang luas (Mamenun dkk., 2014).

Dalam penelitian ini menggunakan data hujan harian GPM 3IMERGDF dengan menentukan ukuran grid optimal satelit sesuai dengan koordinat pada DAS Mayang. Pemodelan yang digunakan adalah Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan metode *backpropagation*. JST merupakan sistem pemrosesan informasi yang mempunyai penampilan karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologi dan salah satu bentuk kecerdasan buatan yang telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang teknik listrik, komputer, sumber daya air, dan lainnya. *Backpropagation* merupakan salah satu dari metode pelatihan pada jaringan syaraf, dimana ciri dari metode tersebut adalah meminimalkan error pada output yang dihasilkan oleh jaringan (Amalia, 2018). Kelebihan jaringan syaraf tiruan yaitu memberikan hasil terbaik dalam penentuan nilai error. JST juga menyediakan berbagai arsitektur jaringan pembelajaran dan pelatihan. Arsitektur jaringan dan pelatihan yang digunakan dapat dipilih agar jaringan syaraf tiruan dapat mempelajari dan menganalisis pola data masa lalu lebih tepat sehingga diperoleh keluaran yang lebih akurat (Aulia & Taufik, 2020). Hasil analisis dari JST tersebut kemudian dibandingkan dengan data hujan observasi sebagai validasi. Maka diketahui perbandingan kedua data bahwa model dikatakan baik atau tidaknya untuk pendugaan curah hujan harian. Penelitian ini diharapkan dapat mengatasi solusi dari data hujan yang hilang di lapangan dan jauh dari alat pengukur

hujan, serta menentukan tingkat akurasi data yang dipakai pada analisis hidrologi nantinya.

## Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di DAS Mayang, Kabupaten Jember, provinsi Jawa Timur, dengan luas 1194,85 Ha. Secara geografis terletak pada koordinat  $7,403509^{\circ}$  -  $8,498642^{\circ}$  LS dan  $113,285950^{\circ}$  -  $114,391713^{\circ}$  BT. DAS Mayang meliputi empat sub DAS, yaitu sub DAS Mayang Hulu, sub DAS Mrawan, sub DAS Mayang Tengah dan sub DAS Mayang Hilir pada gambar 1.



(Sumber: Dinas PU Sumber Daya Air Kabupaten Jember, 2020)  
Gambar 1. Peta DAS Mayang

## Metodologi Studi

Langkah langkah penelitian meliputi persiapan dan pengolahan data hujan satelit dan lapangan, serta proses pemodelan dengan JST yang dilakukan dengan training dan validasi.

## Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data penelitian yang digunakan dalam pemodelan JST yaitu data curah hujan harian tahun 2015 sampai tahun 2019 dan data curah hujan harian satelit GPM 3IMERGDF tahun 2015 sampai tahun 2019 di DAS Mayang. Pengumpulan data berupa data hujan pengamatan dan data hujan satelit pada DAS Mayang. Data hujan pengamatan menggunakan data hujan harian stasiun hujan DAS Mayang di kabupaten jember diperoleh dari Dinas PU Pengairan Kabupaten Jember. Pengolahan data hujan observasi untuk melakukan evaluasi data hujan harus menggunakan data hujan yang sejenis, yaitu data hujan wilayah. Data hujan satelit GPM 3IMERGDF diperoleh dari NASA (<https://disc.gsfc.nasa.gov>).

Sebelum dilakukan pengujian data observasi di uji terlebih dahulu untuk mengecek kualitas dari data observasi yang dimiliki yaitu dengan melakukan uji konsistensi data dengan menggunakan metode kurva massa ganda dan Uji abnormalitas.

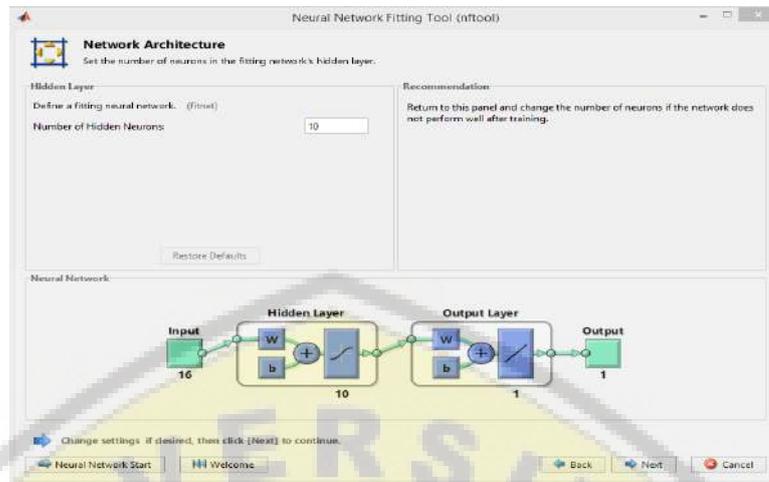
Penentuan ukuran grid Satelit GPM yaitu dengan menentukan letak titik sesuai letak koordinat pada DAS Mayang yang ditentukan dengan goole earth. Memasukkan koordinat pada web NASA dan proses pengunduhan sesuai dengan data satelit yang dibutuhkan yaitu satelit GPM 3IMERGDF. Setelah melakukan proses mengunduh data hujan satelit wilayah yang mencakup DAS Mayang yang berupa file NetCdf dan dibuka menggunakan aplikasi *panoply*. Dilakukan cropping data sesuai koordinat stasiun dengan grid 1x1, 2x2, 3x3, 4x4 dan 5x5

Untuk mengetahui bagaimana hubungan antara kedua data tersebut dan agar mendapatkan pemodelan data yang bagus, perlu dilakukan analisis korelasi terlebih dahulu. Uji korelasi data menggunakan data hujan harian satelit setiap tahun dengan data hujan rerata wilayah observasi setiap tahun. Data satelit yang diuji menggunakan grid 1x1, 2x2, 3x3, 4x4, dan 5x5 dipilih nilai korelasi yang paling baik antara tahun 2015 sampai tahun 2019.

## **Proses pemodelan JST**

Langkah pengolahan data menggunakan JST sebagai berikut:

1. **Pembagian Input Data**  
Terdapat 2 data yang dimasukkan dalam pemodelan JST yaitu data input berupa curah hujan harian satelit GPM 3IMERGDF setiap tahun dengan jumlah 365 data dikalikan 16 stasiun dan data target berupa curah hujan observasi rerata wilayah setiap tahun dengan jumlah 365 data. Dari jumlah data tersebut dibagi menjadi 3 yaitu data *training*, *validasi*, dan *testing*. Untuk data *training* 70% dari jumlah total data, data *validasi* 20% dan data *testing* 10% dari jumlah total data.
2. **Pembuatan Arsitektur Model**  
Penentuan arsitektur Jaringan berupa pola jaringan yang terdiri atas beberapa lapisan yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Penentuan *input layer* harus disesuaikan dengan banyaknya data yang akan diproses, *hidden layer* perlu dilakukan uji coba dengan menggunakan 1 lapisan yang nantinya akan dipilih mana jumlah lapisan *hidden layer* yang paling bagus digunakan, sedangkan untuk *output layer* hasil dari proses *running model*.  
*Hidden layer* dan *hidden neuron* merupakan bagian utama yang saling berhubungan dan parameter yang penting dalam modelan JST, serta tempat terjadinya proses perhitungan dilakukan untuk mendapatkan nilai *output*. Terdapat jumlah *hidden layer* dan *hidden neuron* yang digunakan bervariasi. Dalam penelitian ini menggunakan 1 *hidden layer*, dan 5 *hidden neuron* yang dicoba yaitu 10, 15, 20, 25, dan 30 neuron. Tidak ada ketentuan khusus dalam pemilihan jumlah *hidden layer* dan *hidden neuron*, sehingga perlu dilakukan *trial* terus menerus dan pada penelitian ini masing-masing *hidden neuron* dilakukan *trial* sebanyak 5 kali. Arsitektur model dengan pemodelan JST dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur model

3. Pelatihan Model

Metode yang digunakan adalah *backpropagation* dengan program bantu MATLAB R2013a. Metode tersebut merupakan salah satu pelatihan pada jaringan syaraf tiruan dimana ciri dari metode ini untuk meminimalkan nilai *error* pada ouput yang dihasilkan, dan mempunyai kemampuan jaringan memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang berbeda dengan pola masukan selama pelatihan.

Pada program MATLAB R2013a menyediakan beberapa fungsi pembelajaran, yang digunakan pada penelitian ini yaitu algoritma *training Lavemnberg-Marquardt (trainlm)*. Algoritma *backpropagation trainlm* merupakan algoritma tercepat untuk training, meskipun membutuhkan memori yang lebih besar dan waktu yang lebih dibandingkan dari algoritma yang lainnya.

4. Uji Keandalan

Dalam uji keandalan tersebut, nilai yang dijadikan acuan untuk keandalannya yaitu nilai R dan MSE. Apabila dari hasil pelatihan model menghasilkan nilai R yang belum baik sesuai dengan kriteria maka dilakukan pembuatan arsitektur model kembali dengan menggunakan parameter yang akan diubah antara 5 neuron di hidden layer dengan neuron yang dicoba 10, 15 20, 25, dan 30 diambil nilai R sampai mendekati sempurna atau baik. Semakin besar nilai R semakin baik maka nilai MSE yang didapat juga semakin kecil. Nilai R merupakan korelasi antara data hujan observasi terhadap prediksi seperti dalam persamaan (1).

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum(Y-Y1)^2}{\sum(Y-Y2)^2}} \quad (1)$$

dengan:

- R = koefisien korelasi
- Y = data curah hujan observasi
- Y1 = data curah hujan prediksi
- Y2 = rata-rata curah hujan observasi

Tabel 1. Kriteria dan Batasan Koefisien Korelasi

Rentang	Kriteria
0	Tidak ada korelasi antara dua variabel
> 0 - 0,25	Korelasi sangat lemah
> 0,25 - 0,5	Korelasi Cukup
> 0,5 - 0,75	Korelasi kuat
> 0,75 - 0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

Sumber: Sarwono, 2006

Sedangkan nilai MSE merupakan penjumlahan antara output hasil prediksi terhadap output actual pada persamaan (2).

$$MSE = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n (y_j(t) - d_j(t))^2 \quad (2)$$

dengan:

$y_j(t)$  = penjumlahan output hasil prediksi

$d_j(t)$  = output actual

## 5. Validasi

Output dari pemodelan JST dilakukan pengujian dengan data hujan observasi. Dalam penelitian ini yaitu dilakukan validasi antara hasil output JST dengan data observasi sebagai data uji. Hasil yang didapat dari validasi tersebut berupa grafik dimana menggambarkan pola kesesuaian antara kedua data tersebut.

## Hasil Studi dan Pembahasan

Penelitian menggunakan data sekunder berupa data curah hujan observasi dan data curah hujan satelit GPM 3IMERGDF pada tahun 2015 sampai tahun 2019. Data curah hujan harian observasi di DAS Mayang pada penelitian ini digunakan sebagai data target. Data curah hujan tersebut merupakan rata-rata dari data curah hujan 16 stasiun. Data curah hujan harian satelit GPM 3IMERGDF pada penelitian digunakan sebagai data input untuk prediksi curah hujan DAS Mayang.

## Uji Konsistensi, dan Korelasi Data Hujan

Tingkat konsistensi data observasi yang dimiliki diuji dengan menggunakan metode kurva massa ganda. Hasil yang didapat dari uji konsistensi untuk semua data pada setiap stasiun terhadap stasiun pembanding mulai dari tahun 2015 sampai tahun 2019 pada tabel 2 dinyatakan konsisten.

Hasil uji korelasi dari data hujan satelit GPM 3IMERGDF pada grid 1x1, 2x2, 3x3, 4x4 dan 5x5 dengan data hujan observasi antara tahun 2015 sampai tahun 2019, diperoleh nilai korelasi terbaik pada grid 5x5. Korelasi tersebut menunjukkan signifikan kuat dengan nilai sebesar 0.61. Hasil grid yang lain lebih kecil karena pengaruh luasan wilayah titik stasiun yang dipilih lebih sedikit.

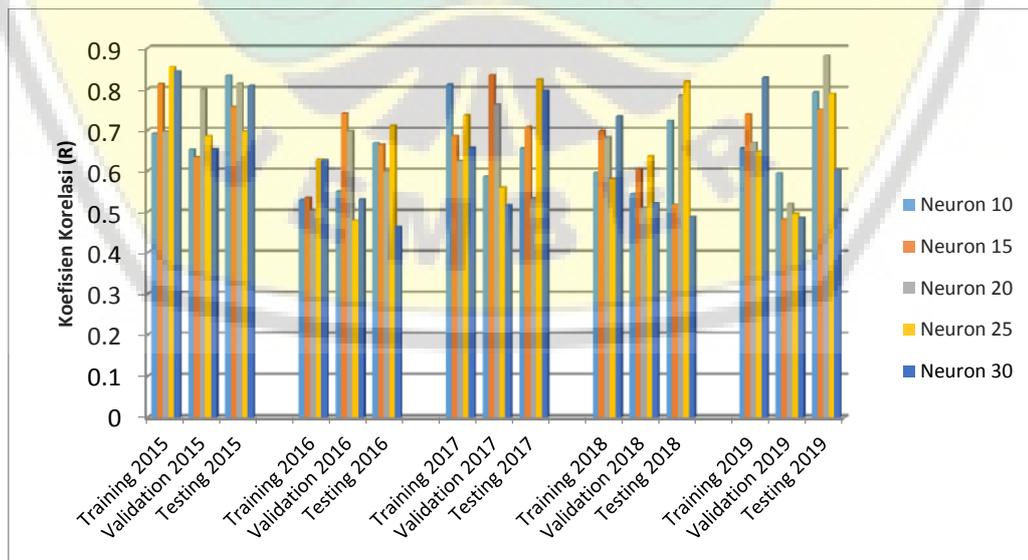
Tabel 2. Rekapitulasi Uji Konsistensi Data Hujan

No	Stasiun Hujan	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>	Keterangan
1	Cumedak	$y=0.8324x-459.27$	0.9984	Konsisten
2	Ajung	$y=0.8804x+352.45$	0.995	Konsisten
3	Jatian	$y=1.059x+192.91$	0.9952	Konsisten
4	Ledokombo	$y=0.9312x-171.5$	0.9965	Konsisten
5	Suren	$y=0.9923x+73.822$	0.9921	Konsisten
6	Sumber Jati	$y=0.89x+219.63$	0.9994	Konsisten
7	Silo	$y=0.7839x-0.1005.4$	0.9834	Konsisten
8	Seputih	$y=0.8648x-133.35$	0.9935	Konsisten
9	Kr. Kedawung	$y=0.9227x+170.04$	0.9953	Konsisten
10	Tempurejo	$y=1.0527x+313.26$	0.9986	Konsisten
11	Wirolegi	$y=1.2394x+930.58$	0.9932	Konsisten
12	Pakusari	$y=1.1513x-925.19$	0.9951	Konsisten
13	Dam Talang	$y=1.1919x-154.96$	0.9969	Konsisten
14	Jenggawah	$y=0.8857x+1175.3$	0.9955	Konsisten
15	Kemuningsari	$y=1.3783x+81.379$	0.9952	Konsisten
16	Karang Anyar	$y=1.2811x+50.021$	0.9982	Konsisten

Sumber: Dokumen Penelitian, 2020

**Analisis Pemodelan JST Data Hujan Satelit GPM dengan data observasi**

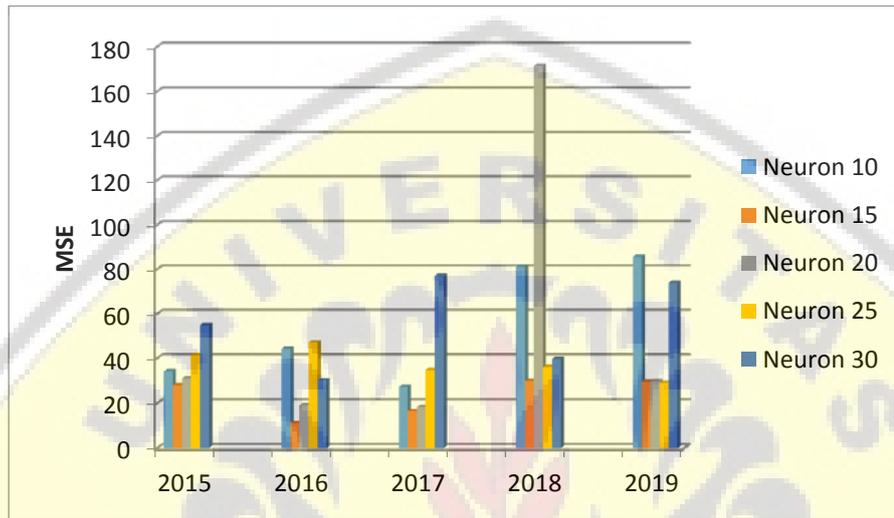
Hasil training dari 3 macam model arsitektur dan 5 neuron di *hidden layer* pada pemodelan JST mendapatkan nilai R dan MSE yang berbeda seperti pada gambar 3 dan gambar 4. Perbedaannya dari percobaan 5 neuron untuk hasil yang paling optimal tidak selalu konsisten di 1 neuron saja, namun berbeda pada setiap tahun.



Gambar 3. Grafik Nilai R training, testing dan validation pada model JST dengan Grid 5x5 Tahun 2015 - 2019

Grafik pada gambar 3 merupakan hasil dari nilai R dimana dalam setiap tahun untuk nilai R *training*, R *validation*, dan R *testing* mayoritas memiliki nilai korelasi diatas 0,5. Korelasi tersebut menunjukkan signifikan kuat.

Grafik pada gambar 4 merupakan hasil dari nilai MSE untuk nilainya mayoritas dibawah 40 disetiap tahunnya. Dalam pengukuran nilai MSE, apabila nilainya semakin kecil menandakan hasil modelnya semakin baik.



Gambar 4. Grafik Nilai MSE untuk berbagai neuron pada model JST dengan Grid 5x5 Tahun 2015 – 2019

Hasil grafik diagram R dan MSE dipilih yang terbaik. Rerata dari nilai R dan MSE terbaik pada tahun 2015 sampai tahun 2019 pada tabel 3. yaitu nilai R *training* 0,663, R *validation* 0,677, R *testing* 0,776 dan nilai MSE 29.715.

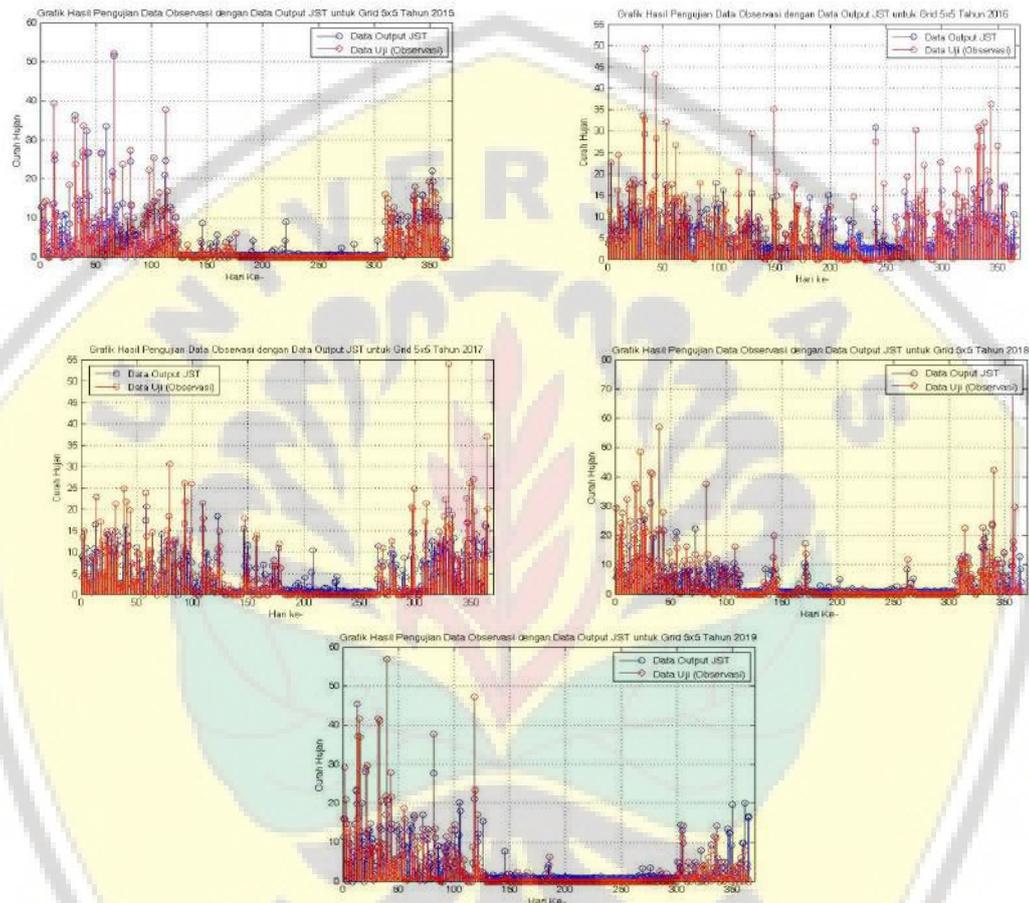
Tabel 3. Hasil Rerata Nilai R dan MSE Terbaik pada Tahun 2015 sampai Tahun 2019

Tahun	MSE	R		
		Training	Validation	Testing
2019	29.8104	0.6692	0.52059	0.88162
2018	36.1224	0.58065	0.63574	0.81926
2017	16.5169	0.68539	0.83399	0.70808
2016	11.162	0.53479	0.7412	0.66382
2015	54.9611	0.84311	0.65292	0.80901
<b>Rata-rata</b>	<b>29.71456</b>	<b>0.662628</b>	<b>0.676888</b>	<b>0.776358</b>

Sumber: Dokumen Penelitian, 2020

Hasil validasi terbaik pada tahun 2015 sampai tahun 2019 menunjukkan bahwa perbandingan output JST memiliki pola yang sama dengan data hujan observasi.

Sehingga dapat dikatakan bahwa model baik untuk pendugaan curah hujan harian. Pada Penelitian sebelumnya, hasil modifikasi estimasi curah hujan diperoleh nilai korelasi lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa modifikasi oleh JST yang menyatakan bahwa hasil tersebut mendekati nilai curah hujan stasiun observasi (Aditya dkk, 2014). Hasil grafik validasi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Terbaik dari Data Observasi dengan *Output* JST Grid 5x5 Tahun 2015 sampai 2019

## Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan proses pemodelan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji konsistensi antara data hujan satelit dengan data hujan observasi menunjukkan bahwa semua data dari tahun 2015 sampai tahun 2019 sudah konsisten. Diperoleh nilai  $R^2$  pada 16 stasiun yaitu sebesar 0.9834 – 0.9994.

2. Hasil korelasi antara data hujan satelit GPM 3IMERGDF dan data hujan observasi menunjukkan hubungan yang kuat. diperoleh nilai korelasi terbaik di setiap tahun antara tahun 2015 sampai tahun 2019 yaitu 0,61 termasuk dalam kriteria kuat. Hal tersebut menunjukkan bahwa data curah hujan GPM 3IMERGDF mempunyai potensi yang baik digunakan sebagai pendugaan curah hujan observasi.
3. Uji keandalan pemodelan JST antara data hujan satelit GPM 3IMERGDF dengan data hujan observasi pada DAS Mayang cukup baik yang diukur dengan nilai rerata antara tahun 2015 sampai tahun 2019 untuk nilai  $R_{training}$  0,656,  $R_{validation}$  0,674,  $R_{testing}$  0,777 dan dengan nilai  $error$  yang diperoleh dari uji MSE 24.650. Untuk hasil validasi terbaik pada tahun 2015 sampai tahun 2019 menunjukkan bahwa perbandingan output JST memiliki pola yang sama dengan data hujan observasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa model cukup baik untuk pendugaan curah hujan harian. Dengan hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat keakurasian data tersebut baik, sehingga pemodelan data curah hujan satelit dapat digunakan peneliti untuk menggantikan data curah hujan observasi yang hilang atau tidak tercatat dari alat pengukur hujan dan dapat digunakan sebagai pemodelan hidrologi.

## Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, adapun beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu di uji coba keandalan data hujan satelit GM 3IMERGDF pada DAS lain.
2. Perlu dikaji lebih lanjut untuk karakteristik hujan yang berbeda (hujan monsun, hujan ekuatorial, dan hujan local).
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pemodelan hujan aliran misalkan HBV, IHACRES, atau HEC-HMS yang dikalibrasi dengan data hujan observasi.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dinas PU Bina Marga dan Sumber Daya Air yang telah memberikan data hujan observasi.

## Daftar Referensi

- Aditya, F., Sampurno, J., & Ihwan, A., 2014. Modifikasi Estimasi Curah Hujan Satelit TRMM Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik Studi Kasus Stasiun Klimatologi Siantan Fanni. *POSITRON*, IV(2), 40–45.
- Bambang Triatmodjo, 2008. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Dasanto, B. D., Boer, R., Pramudya, B., Suharnoto, Y., Geofisika, D., Matematika, F., Bogor, I. P., Dramaga, K., Teknik, D., Pertanian, F. T., Bogor, I. P., Teknik, D., Pertanian, F. T., & Bogor, I. P., 2014. Evaluasi Curah Hujan

- TRMM Menggunakan Pendekatan Korelasi Bias Statistik. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 38(1), 15–24.
- Fitri Aulia, N., & Taufik, I., 2020. Perbandingan JST Metode Backpropagation dan Metode Radial Basis dalam Memprediksi Curah Hujan Harian Bandara Internasional Minangkabau Nursakinah Aulia Fitri \*, Imam Taufiq. *Jurnal Fisika Unad*, 9(2), 217–223.
- Mamenun, Pawitan, H., & Sophaheluwakan, A., 2014. Validasi dan koreksi data satelit TRMM pada tiga pola hujan di Indonesia (Validation and correction of TRMM satellite data on three rainfall patterns in Indonesia). *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 15(1), 13–23. <http://202.90.199.54/jmg/index.php/jmg/article/view/169/155>
- Manalu, M. T. P., 2016. Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Curah Hujan Sumatera Utara dengan Metode Back Propagation (Studi Kasus : BMKG Medan). *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 3(1), 35–40.
- Pratiwi, D. W., Sujono, J., & Rahardjo, A. P., 2017. Evaluasi Data Hujan Satelit Untuk Prediksi Data Hujan Pengamatan Menggunakan Cross Correlation. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, November, 1–2.
- Sofian, I. M., & Apriaini, Y., 2017. Metode Peramalan Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan Algoritma Backpropagatin (Studi Kasus Peramalan Curah Hujan Kota Palembang). *Jurnal MIPA*, 40(2), 87–91.
- Tabari, H., Sabziparvar, A. A., & Ahmadi, M., 2011. Comparison of artificial neural network and multivariate linear regression methods for estimation of daily soil temperature in an arid region. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 110(3), 135–142. <https://doi.org/10.1007/s00703-010-0110-z>
- Tan, M. L., & Duan, Z., 2017. Assessment of GPM and TRMM precipitation products over Singapore. *Remote Sensing*, 9(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs9070720>
- Yesilnacar, M. I., Sahinkaya, E., Naz, M., & Ozkaya, B., 2008. Neural network prediction of nitrate in groundwater of Harran Plain, Turkey. *Environmental Geology*, 56(1), 19–25. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-1136-5>