

PREDIKSI CURAH HUJAN MENGGUNAKAN DATA HUJAN SATELIT CHIRPS DAN PERSIANN-CDR DI DAS BEDADUNG KABUPATEN JEMBER

Angel Novita Tri Lara Atica¹, Gusfan Halik^{1*}, dan Saifurridzal¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jember

*gusfan.teknik@unej.ac.id

Pemasukan: 22 Agustus 2022 Perbaikan: 13 September 2022 Diterima: 1 Nopember 2022

Intisari

Curah hujan merupakan data penting dalam pemodelan hidrologi, pengendalian daya air, perencanaan alokasi air dan pemanfaatan sumber daya air lainnya. Namun, dalam operasionalnya, sering dijumpai data curah hujan yang tidak lengkap karena kerusakan alat atau faktor lainnya. Kemajuan di bidang penginderaan jauh mengarahkan pada perkembangan produk curah hujan berbasis satelit resolusi tinggi. Estimasi curah hujan kuantitatif berbasis satelit telah dikembangkan untuk aplikasi hidrometeorologi, termasuk peringatan banjir dan kekeringan, sumber daya air, dan pemantauan cuaca dan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi curah hujan menggunakan teknologi penginderaan jauh atau data hujan satelit dari CHIRPS dan PERSIANN-CDR. Prediksi curah hujan dilakukan di DAS Bedadung, Kabupaten Jember periode 2011-2020. Prediksi curah hujan dimodelkan dengan metode kecerdasan buatan atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Hasil prediksi curah hujan bulanan dengan input data hujan satelit CHIRPS lebih akurat jika dibandingkan dengan data hujan satelit PERSIANN-CDR. Model JST dengan arsitektur JST-C3 (1-20-1) dengan input curah hujan dari satelit CHIRPS memberi keandalan prediksi hujan bulanan yang sangat memuaskan dengan nilai $R = 0.908$ tahap training dan $R = 0.953$ tahap validasi. Hasil prediksi hujan bulanan dengan data satelit CHIRPS ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam merancang pengelolaan sumber daya air pada Daerah Aliran Sungai dengan data hujan terbatas.

Kata Kunci : CHIRPS, DAS Bedadung, JST, PERSIANN-CDR, Prediksi Curah Hujan.

Latar Belakang

Curah hujan berbasis satelit merupakan pengukuran curah hujan dari sensor satelit inframerah dan gelombang mikro terkait curah hujan dengan berbagai resolusi spasial dan temporal berskala global. Penggunaan produk curah hujan berbasis satelit dengan resolusi spasial yang berbeda dapat dianalisis kemampuannya untuk memprakirakan data curah hujan pada tingkat piksel (Wiwoho dkk., 2021). Informasi tingkat kesalahan menjadi hal penting karena memungkinkan bagi peneliti untuk mengidentifikasi prakiraan curah hujan yang paling sesuai.

CHIRPS merupakan kumpulan data curah hujan global selama 35 tahun, mencakup koordinat dari 50° S s.d 50° N dengan data perekaman mulai dari 1981 hingga

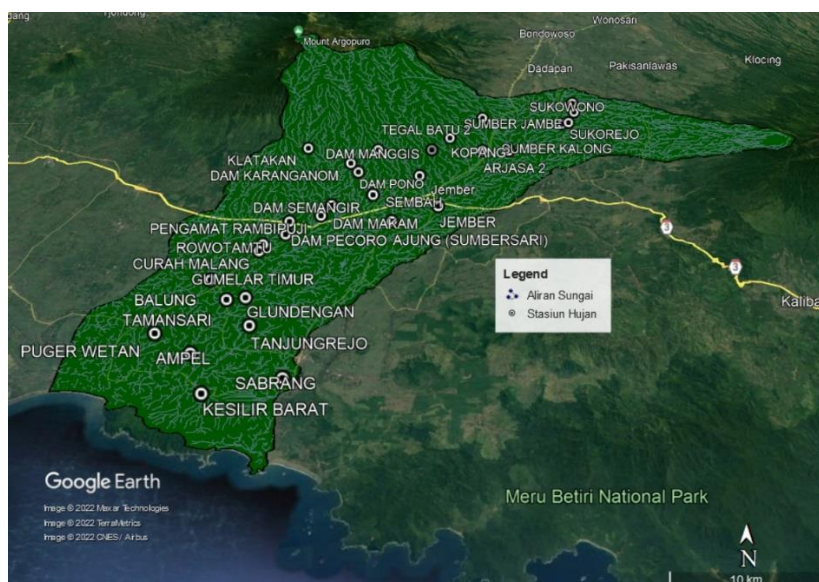
sekarang. Data *CHIRPS* terdiri atas data klimatologi internal, *CHPclim*, dan data stasiun *in-situ* untuk membuat rangkaian waktu curah hujan *Grid* (Climate Hazards Center UC Santa Barbara, 2022). Sementara itu, data hujan satelit *Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Network-Climate Data Record (PERSIANN-CDR)* merupakan algoritma *PERSIIST* yang dimodifikasi untuk menghasilkan prakiraan curah hujan sejak tahun 1983. *PERSIIST* merupakan estimasi curah hujan dari informasi penginderaan jauh dengan menggunakan algoritma Jaringan Syaraf Tiruan (Nguyen et al., 2018).

Backpropagation digunakan untuk meminimalkan *error* pada hasil pemodelan (Sunardi, Anton Yudhana, 2020). Menurut Suhardi dkk., 2017, model hidrologi dengan aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan, dapat memprediksi debit air bagian hulu DAS Bedadung Kabupaten Jember dengan tingkat keandalan yang cukup baik. Menurut Mislan dkk., 2015, algoritma *Backpropagation* memberikan hasil yang baik dan tepat dalam memprediksi curah hujan di kawasan Tenggarong, Kalimantan Timur yang memiliki tipe ekuatorial dengan dua puncak musim hujan yaitu bulan April dan November.

Penelitian ini bertujuan untuk mempredik curah hujan untuk tipe monsunal menggunakan data hujan satelit (*CHIRPS* dan *PERSIANN-CDR*) di DAS Bedadung Kabupaten Jember

Metodologi Studi

Lokasi penelitian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bedadung, Kabupaten Jember. Secara geografis DAS Bedadung terletak di $7^{\circ} 58' 8'' - 8^{\circ} 13' 52''$ LS dan $113^{\circ} 35' - 140^{\circ} 1' 17''$ BT. Penelitian ini difokuskan pada prediksi curah hujan dengan data hujan satelit *CHIRPS* dan *PERSIANN-CDR* menggunakan model JST. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



(Sumber: Dokumen Peneliti, 2022)

Gambar 1. Lokasi Penelitian di DAS Bedadung

Berdasarkan Gambar 2 dicontohkan pengambilan grid data pada salah satu stasiun hujan yaitu, Stasiun Hujan Sumber Kalong. *Grid* 1x1 diwakili kotak warna biru (nomor 1), *grid* 2x2 diwakili kotak warna ungu (nomor 2), *grid* 3x3 diwakili kotak warna merah (nomor 3), *grid* 4x4 diwakili kotak warna oranye (nomor 4), dan *grid* 5x5 diwakili kotak warna hijau (nomor 5).

Nilai r merupakan nilai korelasi data hujan satelit dengan data hujan observasi menggunakan persamaan (1) (Siang, 2005). Tingkat hubungan antara data satelit dengan data observasi dapat dilihat pada Tabel 1.

$$r = \frac{\sum xi yi - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{(\sum x^2 - n \bar{x}^2)(\sum y^2 - n \bar{y}^2)}} \quad (1)$$

dengan:

- r : koefisien korelasi *pearson*
- xi : data hujan observasi ke-i (mm)
- yi : data hujan satelit ke-i (mm)
- x : data hujan observasi (mm)
- y : data hujan satelit (mm)
- $\bar{y}$: rata-rata curah hujan satelit (mm)
- $\bar{x}$: rata-rata curah hujan observasi (mm)
- n : jumlah data hujan

Tabel 1 Tingkat Hubungan Data Curah Hujan

No	Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
1	0.00 – 0.199	Sangat Rendah
2	0.20 – 0.399	Rendah
3	0.40 – 0.599	Sedang
4	0.60 – 0.799	Kuat
5	0.80 – 1.00	Sangat Kuat

(Sumber: Sugiyono, 2007)

Tahapan permodelan Jaringan Syaraf Tiruan, adalah sebagai berikut :

1. Masukan Data dan Pemograman Model

Data masukan pemodelan dibagi menjadi 2, yaitu data curah hujan observasi sebagai data *target* dan data curah hujan satelit sebagai data *input*. Dalam pemograman model jaringan, untuk pembuat arsitektur model menggunakan *algoritma Backpropagation* yang berguna untuk mendapatkan keseimbangan antara pengenalan pola pelatihan dan pola pengujian. Pelatihan model dengan *algoritma Levenberg-Marquardt* fungsinya untuk meminimalkan nilai kesalahan permodelan. Algoritma pendukung *algoritma Backpropagation* untuk mempercepat proses pelatihan adalah *algoritma Conjugate Gradient*

Polak-Ribiere. Model arsitektur jaringan menggunakan *setting neuron* 10, 15, 20, 25 dan 30 (Hidayati et al., 2020)

2. Uji Akurasi

Tahap uji akurasi didapatkan nilai R dan *MSE training*, *validasi*, serta *testing*. Nilai R dan MSE yang dipilih ketika R=1 dan MSE=0 (Du dan Swamy, 2006). Nilai R merupakan nilai regresi antara data keluaran dan target pada persamaan (2) s.d (6) (Du dan Swamy, 2006)

$$R = \frac{\sum_{q=1}^Q (tq - \bar{t})(aq - \bar{a})}{(Q-1)StSa} \quad (2)$$

$$St = \sqrt{\frac{1}{(Q-1)}} \sum_{q=1}^Q (tq - \bar{t}) \quad (3)$$

$$Sa = \sqrt{\frac{1}{(Q-1)}} \sum_{q=1}^Q (aq - \bar{a}) \quad (4)$$

$$\bar{a} = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q (aq) \quad (5)$$

$$\bar{t} = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q (tq) \quad (6)$$

dengan:

R : nilai regresi

tq : nilai data target (mm)

aq ; output pemodelan (mm)

Nilai *error* merupakan kesalahan pada data keluaran. *MSE* merupakan tingkat kesalahan kuadrat dari data keluaran dengan data target pada persamaan (7) dan (8) (Agus Perdana Windarto dkk., 2019).

$$er = t_r - y_r; e = [t_1 - y_1 \ t_2 - y_2 \ \dots \ t_r - y_r]^T \quad (7)$$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n er^2}{n} \quad (8)$$

dengan:

MSE : kuadrat kesalahan rata-rata (mm²)

r : *input* ke-r

t_r : target keluaran yang diharapkan (mm)

er : kesalahan pada unit keluaran (*output*)

y_r : keluaran *actual* (mm)

Dilakukan 6 kali pelatihan (*train*) di setiap model arsitektur, kemudian memilih 1 *train* yang memiliki nilai R = 1 dan MSE = 0.

3. Normalisasi MSE

Nilai *MSE* yang didapat dinormalisasi menggunakan *Aplikasi Microsoft Excel* agar nilai *MSE* tidak besar dan dapat mendekati nilai 0. Nilai x' merupakan nilai yang ditransformasi (dinormalisasi) pada persamaan (9) (Siang, 2005)

$$x' = \frac{0,8 (x-a)}{b-a} + 0,1 \quad (9)$$

dengan:

- a : data minimum (mm)
- b : data maksimum (mm)
- x : data asli (mm)
- x' : data hasil normalisasi (mm)

Hasil Studi dan Pembahasan

Hasil uji korelasi data curah hujan observasi dan data curah hujan satelit *CHIRPS* diperoleh rekapitulasi nilai korelasi untuk data hujan harian pada *grid* 1x1 sebesar 0.32 dan *grid* 2x2 s.d *grid* 5x5 sebesar 0.33. Rekapitulasi nilai korelasi untuk data hujan bulanan terbesar pada *grid* 1x1 s.d *grid* 5x5 sebesar 0.996. Untuk nilai korelasi antara data hujan observasi dengan data satelit *CHIRPS grid* 5x5 dan satelit *PERSIANN-CDR* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Nilai Korelasi Periode Harian Data Hujan Satelit

No	Data Satelit	Jumlah Stasiun	Nama Stasiun	Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
1	<i>CHIRPS</i>	31	Sumber Kalong, Sukorejo, Sukowono, Sumber Jambe, Sembah, Jember, Kopang, Bintoro, Kottok, Pengamat Rambipuji, Kesilir Barat, Tamansari, Glundengan, Tanjungrejo, Gumelar Timur, Puger Wetan, balung, Curah Malang, Rawatamtu, Klatakan, DAM Pono, DAM Karanganom, DAM Manggis, DAM Pecoro, DAM Makam, DAM Semangir, Tegal Batu 2, jember, Ajung (Sumbersari), Ampel, dan Sabrang.	0.22 – 0.33	Rendah
2	<i>PERSIAN N-CDR</i>	25	Sumber Kalong, Sukorejo, Sukowono, Sumber Jambe, tegal Besar 2, Jember, Ajung, Ampel, kesilir Barat, Tamansari, Sabrang, Glundengan, Tanjungrejo, Gumelar Timur, Puger Wetan, Balung, Curah Malang, Rawatamtu, Klatakan, DAM Pono, DAM Karanganom, DAM Manggis, DAM Pecoro, DAM Makam, dan DAM Semangir	0.30 – 0.39	Rendah
		6	Sembah, Kopang, Arjasa 2, Bintoro (Kasmaran 2), Kottok, dan Pengamat Rambipuji	0.42 – 0.48	Sedang

Tabel 3 Nilai Korelasi Periode Bulanan Data Hujan Satelit

No	Data Satelit	Interval Korelasi	Tingkat Hubungan
1	<i>CHIRPS</i>	0.92 – 1.00	Sangat Kuat
2	<i>PERSIANN-CDR</i>	0.87 – 0.98	Sangat Kuat

Tabel 2 menunjukkan, hasil korelasi satelit *CHIRPS grid 5x5* periode harian sebesar 0.22-0.33 serta hasil korelasi satelit *PERSIANN-CDR* periode harian di 25 stasiun hujan sebesar 0.30 – 0.39 dan 6 stasiun hujan lainnya sebesar 0.42-0.48. Ke-enam stasiun ini memiliki korelasi yang lebih baik karena berada di daerah yang lebih tinggi. Tabel 3 menunjukkan hasil korelasi satelit *CHIRPS grid 5x5* periode bulanan sebesar 0.92-1.00, serta hasil korelasi satelit *PERSIANN-CDR* periode bulanan sebesar 0.87 – 0.98. Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa data hujan satelit *CHIRPS* dan satelit *PERSIANN-CDR* periode bulanan memiliki tingkat hubungan sangat kuat terhadap data hujan observasi di DAS Bedadung.

Model arsitektur jaringan menggunakan pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Model Arsitektur Jaringan

Nama Satelit	Kode Arsitektur	Input	Hidden Layer	Neuron	Output Layer	Model Arsitektur
<i>CHIRPS</i>	JST-C1	1	1	10	1	1-10-1
	JST -C2	1	1	15	1	1-15-1
	JST -C3	1	1	20	1	1-20-1
	JST -C4	1	1	25	1	1-25-1
	JST -C5	1	1	30	1	1-30-1
<i>PERSIANN-CDR</i>	JST -P1	1	1	10	1	1-10-1
	JST -P2	1	1	15	1	1-15-1
	JST -P3	1	1	20	1	1-20-1
	JST -P4	1	1	25	1	1-25-1
	JST -P5	1	1	30	1	1-30-1

(Sumber: Dokumen Peneliti, 2022)

Tabel 2 merupakan model arsitektur JST yang digunakan. Arsitektur JST terdiri dari 1 data *input* yaitu data curah hujan rerata bulanan satelit, 1 *hidden layer*, 5 *neuron* sebesar (10,15,20,25, dan 30), dan 1 data hasil keluaran model (*output*).

Hasil pelatihan data menggunakan 5 macam model arsitektur jaringan didapatkan nilai keandalan model yaitu, regresi (R) dan tingkat kesalahan (*MSE*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Nilai R dan MSE Data Hujan Satelit *CHIRPS*

Kode Arsitektur	R			MSE			MSE All
	Training	Validasi	Testing	Training	Validasi	Testing	
JST -C1	0.905	0.926	0.945	0.122	0.112	0.104	0.113
JST -C2	0.912	0.945	0.921	0.120	0.128	0.109	0.119
JST -C3	0.908	0.953	0.903	0.122	0.103	0.116	0.113
JST -C4	0.943	0.845	0.805	0.112	0.155	0.134	0.134
JST -C5	0.924	0.915	0.913	0.116	0.117	0.119	0.117

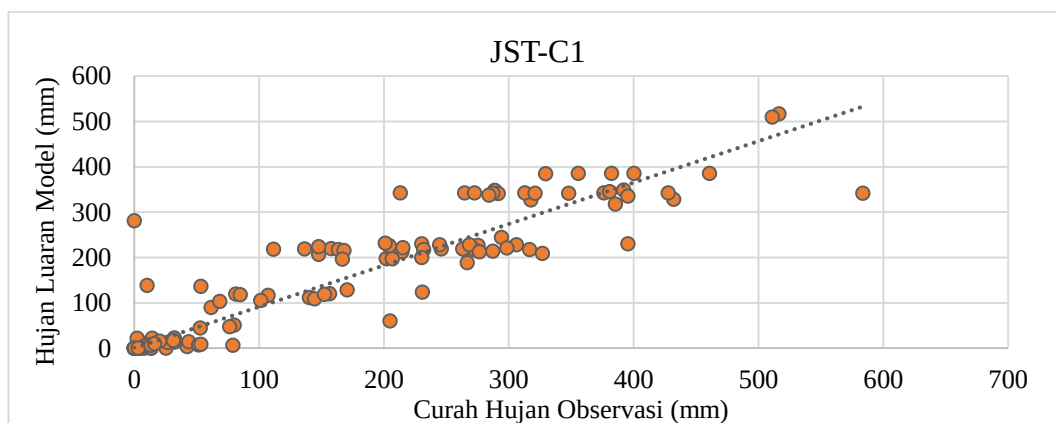
(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

Tabel 4 Nilai R dan MSE Data Hujan Satelit *PERSIANN-CDR*

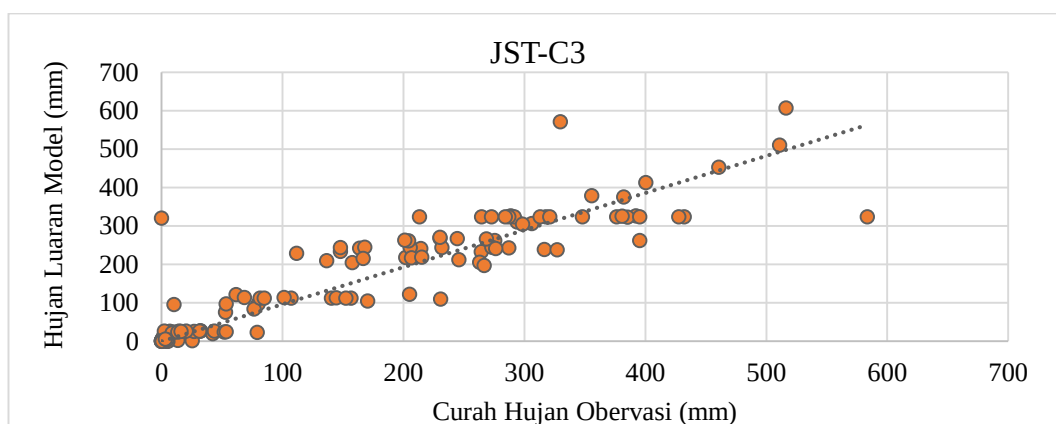
Kode Arsitektur	R			MSE			MSE All
	Training	Validasi	Testing	Training	Validasi	Testing	
JST -P1	0.885	0.909	0.960	0.161	0.128	0.120	0.136
JST -P2	0.905	0.941	0.854	0.144	0.120	0.160	0.142
JST -P3	0.910	0.921	0.893	0.139	0.150	0.172	0.154
JST -P4	0.927	0.858	0.800	0.130	0.140	0.252	0.174
JST -P5	0.945	0.926	0.811	0.122	0.135	0.221	0.159

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

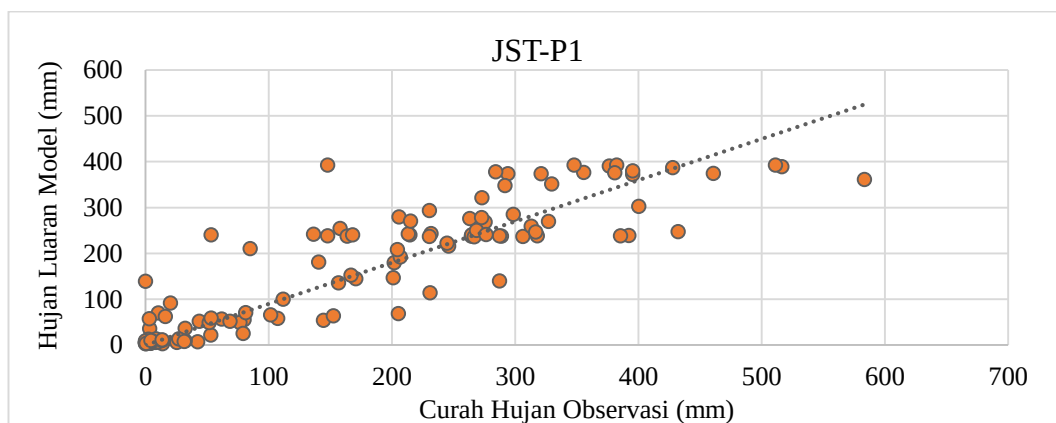
Tabel 3 menunjukkan nilai R dan MSE terbaik menggunakan data curah hujan satelit *CHIRPS* pada model arsitektur JST-C1 (1-10-1) sebesar R *training* 0.905, R *validasi* 0.926, serta *MSE All* 0.113 dan JST-C3 (1-20-1) sebesar R *training* 0.908, R *validasi* 0.953, serta *MSE All* 0.113. Tabel 4 menunjukkan nilai R dan MSE terbaik menggunakan data curah hujan satelit *PERSIANN-CDR* pada model arsitektur JST-P1 (1-10-1) sebesar R *training* 0.885, R *validasi* 0.909, serta *MSE All* 0.136. Pola sebaran curah hujan dapat dilihat pada Gambar 3 hingga Gambar 5.



(a)



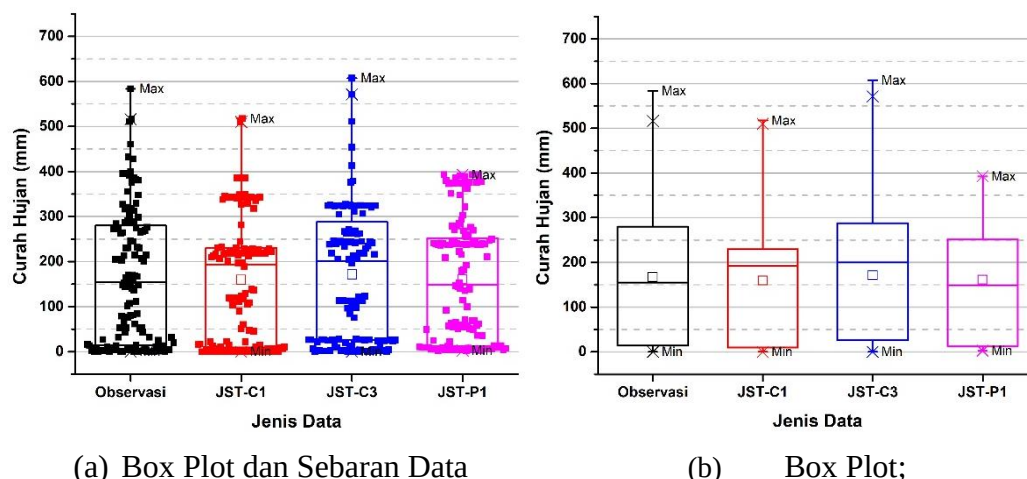
(b)



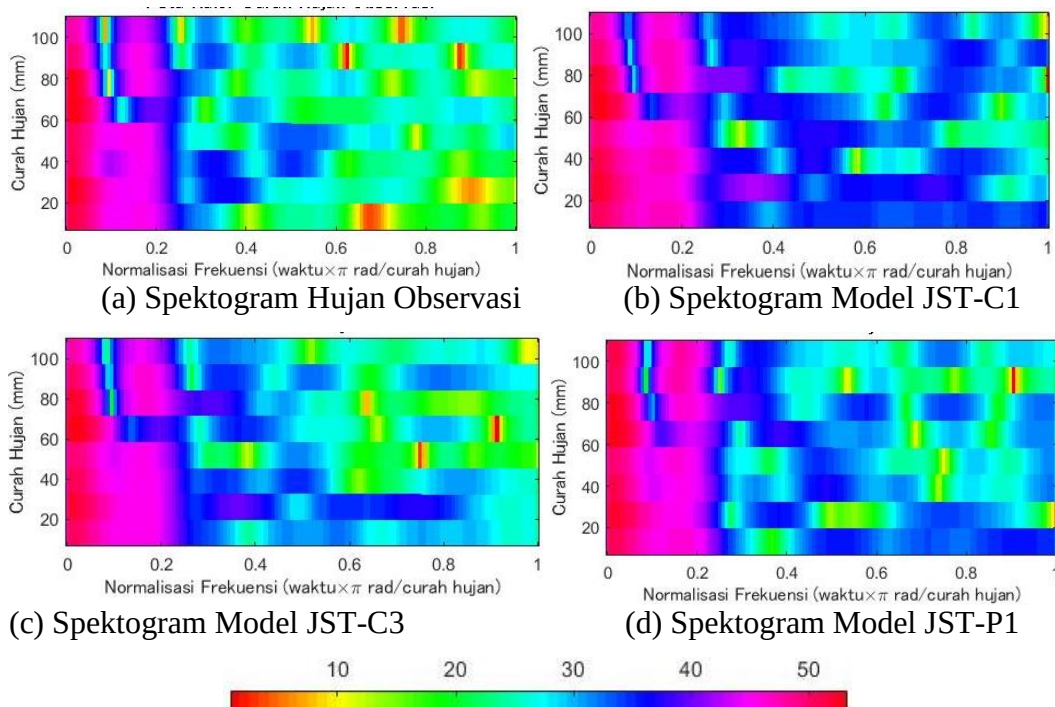
(c)

(a) Plot Scatter JST-C1; (b) Plot Scatter JST-C3; (c) Plot Scatter JST-P1;

Gambar 3. Grafik Plot Scatter

Gambar 4. Plot *Box and Whisker*

Gambar 3 menunjukkan bahwa pola sebaran hujan luaran JST-C1 (1-10-1) dan JST-C3 (1-20-1) lebih mendekati pada garis linier jika dibandingkan dengan pola sebaran luaran JST-P1 (1-10-1) yang datanya menyebar. Gambar 4 (a) menunjukkan sebaran data dalam diagram kotak garis. Data sepanjang garis (*whisker*) menunjukkan nilai curah hujan yang lebih tinggi dan lebih rendah dari data didalam kotak (*box*). Gambar 4 (b) menunjukkan JST-C3 (1-20-1) memiliki ukuran statistik yang mendekati ukuran statistik curah hujan observasi. Hal ini ditunjukkan dari jangkauan nilai kuartil (Q1), nilai median, nilai kuartil 3 (Q3) dan nilai maksimum yang hampir sama.



Gambar 5 Spektrogram Hujan Observasi dan Luaran Model

Gambar 5 menunjukkan spektrogram berupa intensitas warna dari sebaran curah hujan terhadap frekuensi yang telah dinormalisasi. Gambar 5 memberikan informasi lebih rinci tentang pola temporal curah hujan. Gambar 5 menunjukkan intensitas warna dari sebaran curah hujan luaran model arsitektur JST-C3 (Gambar 5c) lebih mendekati intensitas warna sebaran curah hujan observasi (Gambar 5a) jika dibandingkan curah hujan luaran model arsitektur JST-C1 (Gambar 5b) dan JST-P1 (Gambar 5d). Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa prediksi hujan bulanan dari data satelit CHIRPS dengan model arsitektur JST-C3 mendekati pola kondisi hujan observasi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil permodelan Jaringan Syaraf Tiruan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji korelasi data curah hujan periode tahun 2011-2020 di DAS Bedadung, didapatkan nilai korelasi periode harian satelit *CHIRPS* rendah (0.22 - 0.33) dan satelit *PERSIANN-CDR* rendah sampai sedang (0.30 – 0.48). Sedangkan nilai korelasi periode bulanan satelit *CHIRPS* sangat kuat (0.92 - 1.00) dan satelit *PERSIANN-CDR* sangat kuat (0.87 - 0.98). Berdasarkan nilai korelasi ini, pemodelan prediksi hujan dengan JST menggunakan periode bulanan baik data satelit *CHIRPS* maupun satelit *PERSIANN-CDR*.
2. Hasil pemodelan berdasarkan plot *box and whisker* menunjukkan bahwa model JST-C3 (1-20-1) memberikan pola prediksi hujan yang paling mendekati terhadap pola data hujan observasi. Hasil visualisasi spektrogram juga memberikan informasi tentang kesesuaian pola temporal curah hujan. Intensitas warna dari sebaran curah hujan luaran model arsitektur JST-C3 (1-20-1) lebih mendekati intensitas warna curah hujan observasi jika dibandingkan luaran model arsitektur JST-C1 (1-10-1) dan JST-P1 (1-10-1). Oleh karena itu, dapat dinyatakan bahwa data satelit *CHIRPS* memberikan hasil prediksi curah hujan yang lebih baik untuk diterapkan di DAS Bedadung Kabupaten Jember.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan untuk penelitian lanjutan, yaitu perlunya kajian tentang uji keandalan Satelit *CHIRPS* dan *PERSIANN-CDR* di DAS berbeda dengan karakteristik pola hujan yang berbeda (tipe ekuatorial) dan kajian keandalan hujan satelit periode dekade (10 harian).

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Dinas PU Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Jember yang telah membantu dalam penyediaan data curah hujan observasi dalam penelitian ini.

Daftar Referensi

- Agus Perdana Windarto, D. N., M. S. H. Anjar Wanto, Frinto Tambunan, M. R. L. Muhammad Noor Hasan Siregar, dan D. N. Solikhun, Yusra Fadhillah., 2019. *Jaringan Saraf Tiruan: Algoritma Prediksi Dan Implementasi*, halaman 121, Yayasan Kita Bisa, Medan.
- Climate Hazards Center UC Santa Barbara., 2022. *CHIRPS : Rainfall Estimates From Rain Gauge And Satellite Observations*. <https://www.chc.ucsb.edu/Data/Chirps%0A> [Diakses pada 8 Februari 2022].
- Du, K. L. dan M. N. S. Swamy., 2006. *Neural Networks in a Softcomputing Framework*, halaman 901-902, Hagan dan Demuth, Oklahoma.
- Hidayati, F., E. Hidayah, dan G. Halik., 2020. Prediksi Curah Hujan Dengan Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan Di DAS Mayang Kabupaten Jember, disajikan pada *Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI*, 12 Desember 2020, Palembang.
- Mislan, Haviluddin, S. Hardwinarto, Sumaryono, dan M. Aipassa. 2015. Rainfall monthly prediction based on artificial neural network: a case study in tenggarong station, East Kalimantan - Indonesia. *Procedia Computer Science*. 59(Iccsci):142–151.
- Nguyen, P., M. Ombadi, S. Sorooshian, K. Hsu, A. Agha Kouchak, D. Braithwaite, H. Ashouri, dan A. Rose Thorstensen., 2018. The persiann family of global satellite precipitation data: a review and evaluation of products. *Hydrology and Earth System Sciences*. Vol.22(11):5801–5816, <https://doi.org/10.5194/hess-22-5801-2018>.
- Siang, J., 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan Dan Pemograman Menggunakan Matlab*, halaman 212, ANDI, Yogyakarta.
- Sugiyono., 2007. Statika Untuk Penelitian, halaman 231, ALFABETA, Bandung.
- Suhardi, H. B. Sulaksono, dan G. Halik., 2017. Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) untuk Analisis Debit Das Bedadung Di Kabupaten Jember, disajikan pada *Konferensi Nasional Teknik Sipil Dan Infrastruktur I*, 30 Oktober 2017, Jember.
- Sunardi, Anton Yudhana, G. Z. M., 2020. Sistem Prediksi Curah Hujan Bulanan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Sistem Informasi*, Vol.02:155–162, <https://doi.org/10.21456/vol10iss2pp155-162>.
- Triatmodjo, B., 2008. Hidrologi Terapan, halaman 41, Beta Offsite, Yogyakarta.
- Wiwoho, B. S., I. S. Astuti, I. A. G. Alfarizi, dan H. R. Sucahyo., 2021. Validation Of Three Daily Satellite Rainfall Products In A Humid Tropic Watershed, Brantas, Indonesia: Implications To Land Characteristics And Hydrological Modelling. *Hydrology*, Vol.8(154):1-22, <https://doi.org/10.3390/hydrology8040154>.