

# Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Prediksi Daerah Rawan Banjir Studi Kasus Kabupaten Karawang

**Gugi Asgaruning<sup>1</sup>, Aji Primajaya<sup>2</sup>**

Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika

Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

e-mail: <sup>1</sup>gugi.asgaruning17025@student.unsika.ac.id, <sup>2</sup>aji.primajaya@staff.unsika.ac.id

Diterima: 04 April 2021; Direvisi: 14 Juli 2021; Disetujui: 08 Agustus 2021

## **Abstrak**

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia, khususnya di daerah Kabupaten Karawang. Banyak kerugian yang dialami oleh masyarakat akibat terjadinya banjir. Ada beberapa parameter yang dapat digunakan untuk memprediksi terjadinya banjir seperti curah hujan, kepadatan penduduk, dan ketinggian permukaan tanah. Pemodelan prediksi banjir perlu menghasilkan hasil yang akurat agar sistem dapat menghasilkan hasil yang bagus dalam memprediksi daerah-daerah yang rawan banjir. Pada penelitian ini akan melakukan pemodelan prediksi banjir menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Untuk menentukan model yang baik perlu dilakukan sebuah metode pembagian dataset yaitu *k-fold cross validation* dimana setiap bagian (*fold*) dijadikan sebagai data uji dan *n-1 fold* dijadikan data latih. Data yang akan digunakan pada penelitian ini adalah data curah hujan, data kepadatan penduduk, data ketinggian permukaan tanah, dan data banjir pada tahun 2015 di 30 kecamatan di Kabupaten Karawang. Hasil prediksi pada proses pelatihan dan pengujian menghasilkan nilai MSE terkecil pada *k-fold* ke 8 = 0.00820644, nilai RMSE terkecil pada *k-fold* ke 3 = 0.07052563, dan nilai MAE terkecil pada *k-fold* ke 1 = 0.12276052. Kemudian rata-rata MSE = 0.341, RMSE = 0.666, dan MAE = 0.302.

**Kata kunci:** jaringan syaraf tiruan, *k-fold cross validation*, banjir, karawang

## **Abstract**

Flood is one of the natural disasters that often occurs in Indonesia, especially in the Karawang Regency area. Many losses suffered by the community due to flooding. There are several parameters that can be used to predict the occurrence of flooding, such as rainfall, population density, and ground level. Flood prediction modeling needs to produce accurate results so that the system can produce good results in predicting flood-prone areas. In this research, flood prediction modeling will be carried out using Artificial Neural Networks. To determine a good model, it is necessary to do a dataset sharing method, namely *k-fold cross validation* where each part (*fold*) is used as test data and *n-1 fold* is used as training data. The data to be used in this study are rainfall data, population density data, ground level data, and flood data in 2015 in 30 sub-districts in Karawang Regency. The prediction results in the training and testing process resulted in the smallest MSE value on the 8th *k-fold* = 0.00820644, the smallest RMSE value on the 3rd *k-fold* = 0.07052563, and the smallest MAE value on the 1st *k-fold* = 0.12276052. Then the average MSE = 0.341, RMSE = 0.666, and MAE = 0.302.

**Keywords:** artificial neural network, *k-fold cross validation*, flood, karawang

---

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Karawang terletak di Provinsi Jawa Barat. Secara geografis Kabupaten Karawang terletak antara  $107^{\circ}02' - 107^{\circ}40'$  BT dan  $5^{\circ}56' - 6^{\circ}34'$  LS. Luas wilayah Kabupaten Karawang  $\pm 1.753,27$  km<sup>2</sup> atau 175.327 Ha, 3,73 % dari luas provinsi Jawa Barat. Karawang termasuk daerah dataran yang relatif rendah, mempunyai variasi ketinggian wilayah antara 0-1279 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan wilayah  $0-2^{\circ}$ ,  $2-15^{\circ}$ ,  $15-40^{\circ}$  dan di atas  $40^{\circ}$  dengan suhu rata – rata  $27^{\circ}$  C. ketinggian yang relatif rendah (25 mdpl) terletak pada Karawang bagian Utara. Sedangkan untuk karawang bagian selatan memiliki ketinggian antara 26 – 1.200 dpl [1].

Berdasarkan data yang dihimpun oleh BMKG Karawang, tren curah hujan di Kabupaten Karawang terus meningkat setiap tahunnya. Akibatnya, Karawang menjadi salah satu Kabupaten yang memiliki daerah-daerah berpotensi banjir. Hal ini tentu mendatangkan kekhawatiran bagi pemerintah dan masyarakat. Menurut data yang dihimpun oleh BPBD Kabupaten Karawang, dari total 30 kecamatan di Kabupaten Karawang terdapat 13 kecamatan yang rawan terkena banjir. Per 25 Februari 2020, terdapat 18.398 jiwa terdampak, 5.575 keluarga terdampak, 1.396 jiwa mengungsi, dan 3 titik pengungsian. Faktor letak geografis Kabupaten Karawang yang berada pada daerah dataran rendah sehingga terdapat daerah yang rawan banjir menjadi salah satu dasar penyebabnya.

Selain dari faktor ketinggian permukaan tanah, Kabupaten Karawang pun masuk ke dalam kategori daerah padat penduduk, mengingat Kabupaten Karawang ini merupakan kota industri dan pertanian lumbung padi. Dengan terjadinya banjir, dapat menurunkan kualitas ekonomi masyarakat. Hal ini disebabkan terdampaknya sektor-sektor yang memiliki peran vital dalam pembangunan kualitas ekonomi masyarakat tersebut. Sektor industri dan pertanian akan merasakan dampak negatifnya secara langsung karena sektor-sektor tersebut sangat bergantung kepada keadaan cuaca serta kondisi di suatu tempat. Sektor industri akan terhambat karena bergantung kepada sarana dan prasarana yang baik. Sedangkan sektor pertanian akan terhambat karena bergantung kepada kondisi cuaca dan kondisi tempat.

Masalah banjir di Kabupaten Karawang tidak hanya kali ini saja terjadi. Bahkan sudah menjadi bencana tahunan yang sering melanda. Banyak sekali kerugian yang dialami oleh masyarakat terdampak yaitu kerugian material maupun non-material. Hal ini tentu memerlukan solusi yang dapat mengurangi dampak dari bencana banjir tersebut.

Untuk mengantisipasi banjir di Kabupaten Karawang, perlu dilakukan beberapa upaya, salah satunya yaitu dengan mengadakan kajian mengenai kerentanan banjir. Kajian kerentanan banjir tersebut dapat diwujudkan dengan melakukan penelitian mengenai prediksi daerah-daerah rawan banjir. Hal ini dapat menjadi solusi agar pemerintah Kabupaten Karawang dapat mengambil tindakan serta memberikan kebijakan yang tepat terhadap daerah-daerah rawan banjir tersebut.

Pada penelitian [2] Jaringan Syaraf Tiruan (JST) digunakan untuk memodelkan prediksi banjir. Metode tersebut merupakan metode yang sering digunakan pada beberapa penelitian karena jaringan syaraf tiruan memiliki kemampuan klasifikasi, asosiasi, *self-organizing*, dan optimasi yang baik.

Penelitian [3] menyatakan bahwa secara generalisasi atau keseluruhan performa dari Jaringan Syaraf Tiruan untuk memprediksi ketinggian atau daya tampung maksimum air ketika terjadi banjir menghasilkan hasil yang bagus. Model diuji dengan peristiwa yang terjadi dan dibandingkan dengan penghitungan manual.

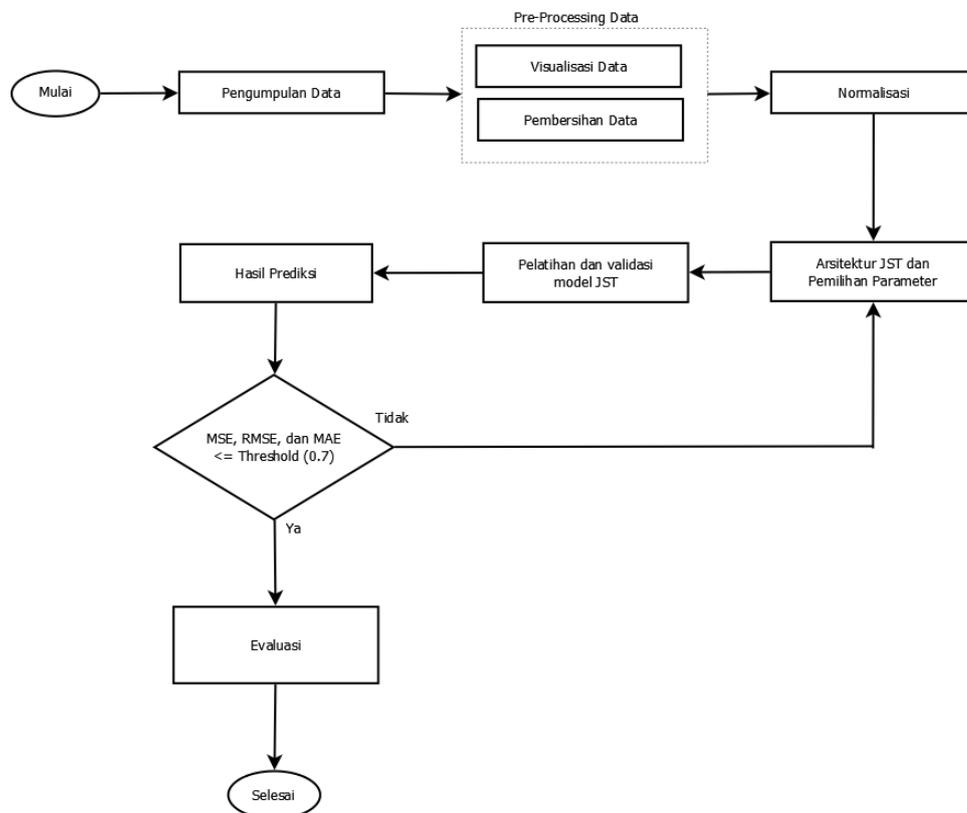
Pada penelitian [4] *Mean Squared Error* (MSE) digunakan sebagai bahan evaluasi terhadap model JST yang dibuat. Menurutnya jika nilai error yang didapat semakin kecil, maka semakin bagus pula model yang digunakan.

Terdapat beberapa indikator kesalahan yang dapat digunakan untuk memvalidasi hasil dari pemodelan JST. Pada penelitian [5] menggunakan *Mean Squared Error* (MSE), *Root Mean Squared Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), *Modelling Efficiency* (EF), *Coefficient of Determination* (CD), dan *BIAS* untuk memvalidasi hasil dari pemodelan JST yang telah dibuat.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah pemodelan prediksi banjir di Kabupaten Karawang. Solusinya bisa dilakukan dengan menggunakan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan untuk membentuk suatu model yang diharapkan dapat memprediksi daerah mana saja yang rawan terjadi banjir.

## 2. METODE PENELITIAN

JST merupakan model cerdas yang meniru saraf biologis, seperti proses otak. Hal ini disebabkan karena jaringan tersebut mencoba memodelkan kemampuan dari otak manusia. JST banyak digunakan di berbagai bidang studi. Pada tahun 1943 JST dengan neuron pertama kali dibuat kemudian berkembang pesat setelah algoritma pelatihan JST pertama kali diperkenalkan pada tahun 1958 [6]. Gambar 1 menampilkan diagram alir metodologi dari penelitian ini.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

### 2.1. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang bersifat publik yang didapatkan dari situs *online* dinas terkait Kabupaten Karawang seperti Badan Nasional Penanggulangan Bencana dan Badan Pusat Statistik Kabupaten Karawang. Tabel 1 menampilkan sumber data dari penelitian ini.

Tabel 1. Sumber data

No	Data	Sumber
1	Data Banjir Tahun 2015	BNPB
2	Data Curah Hujan Tahun 2015	BPS Kabupaten Karawang
3	Data Kepadatan Penduduk Tahun 2015	BPS Kabupaten Karawang
4	Data Ketinggian dan Kemiringan Tanah Tahun 2015	BPS Kabupaten Karawang

## 2.2. Visualisasi Data

Metode Visualisasi Data merupakan metode menampilkan sebuah data ke dalam bentuk gambar atau grafik yang banyak peneliti gunakan untuk merepresentasikan data yang ada agar lebih cepat dan mudah memahami informasi dari data tersebut [7].

## 2.3. Pembersihan Data

Pada data yang digunakan perlu dilakukan pembersihan karena masih terdapat nilai yang kosong (*missing value*). Untuk mengatasi hal ini, dapat dilakukan dengan mengisi nilai rata-rata (*mean*) atribut pada setiap nilai yang kosong. Metode ini merupakan metode yang paling umum dan banyak dilakukan oleh para peneliti karena penggunaannya yang sederhana. Proses pembersihan data ini penting dilakukan agar hasil yang didapatkan dapat sesuai dengan yang diharapkan. Persamaan (1) merupakan rumus menghitung mean:

$$Mean = \frac{Jumlah\ data}{banyak\ data} \quad (1)$$

## 2.4. Normalisasi

Normalisasi perlu dilakukan jika terdapat perbedaan *range* atau jangkauan pada data. Salah satu metode normalisasi yang populer adalah *Z-score*. *Z-score* digunakan untuk standarisasi dimana setiap nilai pada atribut numerik akan dikurangi dengan rata-rata dan dibagi dengan standar deviasi dari seluruh nilai yang terdapat pada sebuah kolom atribut. Persamaan (2) merupakan rumus dari normalisasi menggunakan *Z-score*.

$$Z = \frac{Nilai - Mean}{Standar\ Deviasi} \quad (2)$$

## 2.5. Arsitektur JST dan Pemilihan Parameter

Jumlah pelatihan JST secara berulang mengadaptasi bobot jaringan saraf hingga bobot penghubung menentukan masukan dan keluaran yang berfungsi untuk mencari kedekatan hubungan antara struktur masukan dan keluaran dari sekumpulan data pelatihan tertentu [4].

Pada penelitian ini, algoritma yang akan digunakan adalah *multilayer perceptron* dan *backpropagation*. Neuron yang akan digunakan pada penelitian ini berjumlah 15 neuron. Neuron berfungsi menerima masukan dari *layer* sebelumnya. *Layer* merupakan kumpulan dari beberapa neuron. Pada satu lapisan JST (*single layer*) biasanya terdapat 3 jenis *layer*, yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. Satu lapisan JST (*single layer*) yang di dalamnya terdapat *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer* akan digunakan pada penelitian ini.

Bahasa pemrograman *python* digunakan pada penelitian ini untuk membangun sebuah model JST. Bahasa pemrograman ini dipilih karena terdapat banyak fungsi atau *library* dari *python* yang dapat digunakan untuk melakukan proses pemodelan JST dengan cukup mudah dan *powerfull*.

## 2.6. Pelatihan, Validasi, dan Pengujian

Komposisi pembagian dataset pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *k-fold cross-validation*. Dimana dataset dibagi menjadi data latih (untuk pelatihan model) dan data uji (untuk pengujian model). Pada penelitian ini ditentukan jumlah  $k=10$  yang artinya akan ada 10 lipatan/*fold*.  $n-1$  *fold* dijadikan sebagai data latih dan setiap bagian (*fold*) dijadikan sebagai data uji.

2.7. Evaluasi

Proses evaluasi dilakukan dengan menghitung nilai MSE (*Mean Squared Error*), RMSE (*Root Mean Squared Error*), dan MAE (*Mean Absolute Error*). Persamaan (3) merupakan rumus untuk menghitung MAE, persamaan (4) merupakan rumus untuk menghitung MSE, dan persamaan (5) merupakan rumus untuk menghitung RMSE.

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}| \tag{3}$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2 \tag{4}$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y})^2} \tag{5}$$

Dimana,  $\hat{y}$  adalah nilai prediksi dari  $y$ .

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

3.1. Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan pada penelitian ini merupakan faktor-faktor penyebab banjir, seperti data intensitas curah hujan, data ketinggian dan kemiringan permukaan tanah, data kepadatan penduduk, dan data banjir di 30 kecamatan di Kabupaten Karawang. Masing-masing data kemudian diberikan pelabelan secara manual dengan memberikan nilai 0 (tidak banjir) dan 1 (banjir). Dataset terdiri dari 30 baris dan 16 kolom. Gambar 2 menampilkan 5 baris pertama dari dataset.

OKTOBER_(mm)	CURAH_HUJAN_NOVEMBER_(mm)	CURAH_HUJAN_DESEMBER_(mm)	JUMLAH_CURAH_HUJAN_TANPAAN_(mm)	KEPADATAN_PENDUDUK_(jiwa)	KETINGGIAN_TANAH_(m)	BANJIR
30.0	482.0	459.0	2498.0	37663	37.9	1
34.0	167.0	NaN	1707.0	36494	104.2	1
NaN	28.0	100.0	588.0	42043	24.0	0
NaN	21.0	18.0	522.5	135274	22.5	0
NaN	21.0	18.0	522.5	52145	22.5	0

Gambar 2. Dataset penelitian

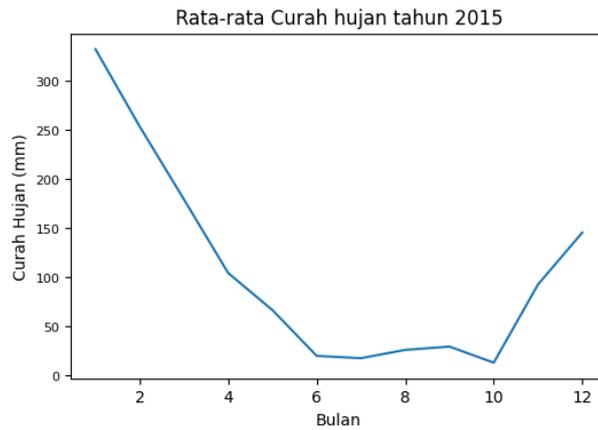
3.2. Pre-Processing

Pada tahap ini akan dilakukan visualisasi data dan pembersihan data.

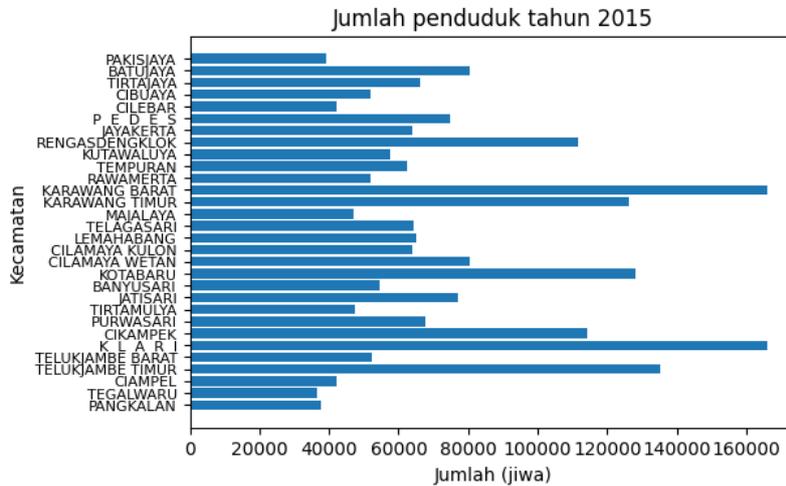
A. Visualisasi Data

Untuk memudahkan dalam memahami dataset yang digunakan, data divisualisasikan ke dalam bentuk gambar atau grafik. Berikut hasil visualisasi dari data yang digunakan. Dari gambar 3 tren curah hujan yang terjadi di 30 kecamatan di Kabupaten Karawang mulai naik dari bulan Oktober sampai bulan Desember kemudian mulai turun secara bertahap pada bulan Januari sampai bulan Juni.

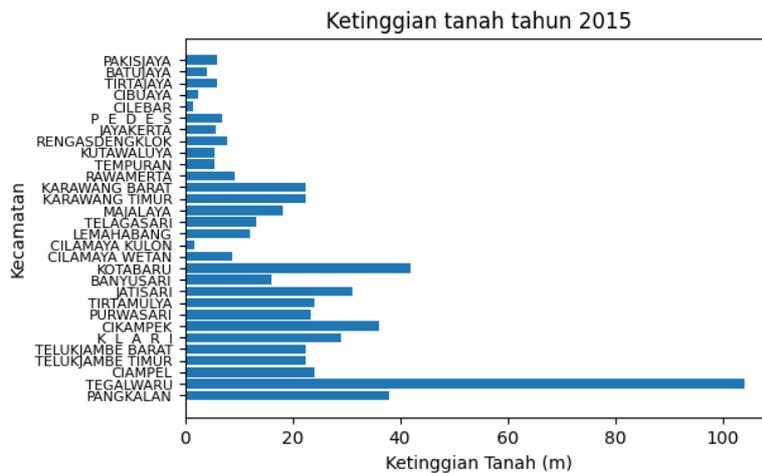
Gambar 4 jumlah penduduk terbanyak di Kabupaten Karawang pada tahun 2015 berada di kecamatan Klari dan Karawang Barat sedangkan jumlah penduduk terkecil berada di kecamatan Tegalwaru.



Gambar 3. Data tren curah hujan



Gambar 4. Data jumlah penduduk



Gambar 5. Data ketinggian tanah

Berdasarkan gambar 5 kecamatan yang memiliki ketinggian tanah terendah adalah kecamatan Cilamaya Kulon dan Cilebar sedangkan kecamatan yang memiliki ketinggian tanah tertinggi adalah kecamatan Tegalwaru.

B. Pembersihan Data

Karena masih terdapat nilai yang kosong (*NaN*) maka dilakukan pembersihan data. Gambar 6 menampilkan 5 baris pertama hasil dari pembersihan data yang sudah dilakukan:

OKTOBER_(mm)	CURAH_HUJAN_NOVEMBER_(mm)	CURAH_HUJAN_DESEMBER_(mm)	JUMLAH_CURAH_HUJAN_TAUNAN_(mm)	KEPADATAN_PENDUDUK_(jiwa)	KETINGGIAN_TANAH_(m)	BANJIR
30.000000	482.0	459.000000	2498.0	37663	37.9	1
34.000000	167.0	145.793103	1707.0	36494	104.2	1
13.333333	28.0	100.000000	588.0	42043	24.0	0
13.333333	21.0	18.000000	522.5	135274	22.5	0
13.333333	21.0	18.000000	522.5	52145	22.5	0

Gambar 6. Dataset yang sudah bersih

Berdasarkan Gambar 6 nilai yang kosong sudah terisi oleh nilai rata-rata (*mean*) pada masing-masing atribut.

3.3. Pemodelan Jaringan Syaraf Tiruan

Pada tahap ini dilakukan pemodelan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dengan karakteristik 1 lapisan masukan dengan 15 neuron (curah hujan dari bulan Januari sampai bulan Desember, jumlah curah hujan tahunan, kepadatan penduduk, dan ketinggian tanah), 1 lapisan tersembunyi, 1 lapisan keluaran (banjir), fungsi aktivasi ReLu, fungsi optimisasi Adam, toleransi galat 0.0001, momentum 0.9, laju pembelajaran 0.001, dan maksimal iterasi sebanyak 300 iterasi. Untuk komposisi pembagian data akan dilakukan dengan menggunakan metode *K-Fold Cross Validation* dengan jumlah K=10.

Tabel 2. Daerah rawan banjir

No	Kecamatan	Prediksi
1	Batujaya	Rawan
2	Ciampel	Rawan
3	Cikampek	Rawan
4	Cilamaya Wetan	Rawan
5	Cilebar	Rawan
6	Jatisari	Rawan
7	Karawang Timur	Rawan
8	Klari	Rawan
9	Kotabaru	Rawan
10	Lemahabang	Rawan
11	Pakisjaya	Rawan
12	Pangkalan	Rawan
13	Pedes	Rawan
14	Purwasari	Rawan
15	Rengasdengklok	Rawan
16	Tegalwaru	Rawan
17	Telagasari	Rawan
18	Tirtajaya	Rawan
19	Tirtamulya	Rawan

Tabel 3. Daerah tidak rawan banjir

No	Kecamatan	Prediksi
1	Banyusari	Tidak Rawan
2	Cibuaya	Tidak Rawan
3	Cilamaya Kulon	Tidak Rawan
4	Jayakarta	Tidak Rawan
5	Karawang Barat	Tidak Rawan
6	Kutawaluya	Tidak Rawan
7	Majalaya	Tidak Rawan
8	Rawamerta	Tidak Rawan
9	Telukjambe Barat	Tidak Rawan
10	Telukjambe Timur	Tidak Rawan
11	Tempuran	Tidak Rawan

Dari hasil pelatihan, pengujian, dan validasi menggunakan *cross validation* dengan jumlah  $k = 10$  diperoleh hasil daerah-daerah yang diprediksi rawan banjir sebanyak 19 daerah disajikan pada Tabel 2. Sedangkan daerah-daerah yang diprediksi tidak rawan banjir sebanyak 11 daerah disajikan pada Tabel 3. Untuk melihat nilai MSE, RMSE, dan MAE dari proses *cross validation* pada masing-masing fold dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai MSE, RMSE, dan MAE

<i>k-fold</i>	MSE	RMSE	MAE
1	0.03677425	0.25392635	0.12276052
2	0.33326393	0.87070328	0.42401941
3	0.11576848	0.07052563	0.15596989
4	0.15256329	1.17748739	0.33596571
5	2.30653844	0.69425372	0.86837349
6	0.14816579	0.7867672	0.13268838
7	0.16911837	1.92385048	0.40739485
8	0.00820644	0.43620165	0.20660794
9	0.00995903	0.25163171	0.23842321
10	0.12866651	0.19380318	0.12464653

Nilai MSE, RMSE, dan MAE terendah merupakan atribut atau arsitektur terbaik untuk melakukan prediksi. Berdasarkan hasil dari tabel 4 MSE terendah berada *k-fold* ke-8 yaitu 0.00820644, RMSE terendah berada pada *k-fold* ke-3 yaitu 0.07052563, dan MAE terendah berada pada *k-fold* ke 1 yaitu 0.12276052. Untuk melihat rata-rata MSE, RMSE, dan MAE dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata MSE, RMSE, dan MAE

Metrik Skor	Rata-Rata
MSE	0.341
RMSE	0.666
MAE	0.302

Berdasarkan tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai rata-rata MSE = 0.341, RMSE = 0.666, dan MAE = 0.302. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, semakin kecil nilai *error* (mendekati nol) maka semakin bagus model yang digunakan. Dalam penelitian ini model digunakan untuk prediksi daerah rawan banjir studi kasus Kabupaten Karawang.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Prediksi Daerah Rawan Banjir Studi Kasus Kabupaten Karawang dilakukan beberapa proses seperti *pre-processing* data yaitu mengatasi nilai yang kosong (*missing value*) dan normalisasi. Kemudian dilakukan proses pelatihan, pengujian dan validasi menggunakan *cross validation* dengan nilai *k-fold* = 10. Hasilnya terdapat 19 daerah yang diprediksi rawan banjir dan terdapat 11 daerah yang diprediksi tidak rawan banjir. Selain itu, diketahui juga bahwa MSE terendah terdapat pada *k-fold* ke-8 yaitu 0.00820644, RMSE terendah berada pada *k-fold* ke-3 yaitu 0.07052563, dan MAE terendah terdapat pada *k-fold* ke-1 yaitu 0.12276052. Nilai rata-rata MSE adalah 0.341, nilai rata-rata RMSE adalah 0.666, dan nilai rata-rata MAE adalah 0.302. Hasil ini tentu memuaskan karena semakin kecil nilai *error* yang didapat maka akan semakin bagus pula model yang telah dibuat.

#### 5. SARAN

Terdapat beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk penelitian lebih lanjut agar hasil yang didapatkan menjadi lebih maksimal. Diantaranya yaitu melakukan penambahan jumlah dataset pada model yang digunakan, seperti menambah parameter-parameter penyebab banjir seperti data daerah aliran sungai (DAS), data ketinggian air sungai, dan data pemukiman yang berada di sekitar bantaran sungai. Saran lainnya yaitu membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan yang beragam seperti penentuan neuron, *hidden layer*, atau algoritma optimasi seperti algoritma genetika agar hasilnya lebih akurat. Selanjutnya bisa dilakukan perbandingan beberapa algoritma klasifikasi atau prediksi agar dapat menentukan model yang tepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. K. Karawang, "Bab I Letak Geografis," *KARAWANG DALAM ANGKA 2015*, Karawang: Bappeda Kabupaten Karawang, 2015, 1-5.
- [2] A. R. Sanubari, P. D. Kusuma, and C. Setianingsih, "Pemodelan Prediksi Banjir Menggunakan Artificial Neural Network," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 6276–6282, 2018.
- [3] S. Berkhahn, L. Fuchs, and I. Neuweiler, "An Ensemble Neural Network Model For Real-Time Prediction Of Urban Floods," *J. Hydrol.*, vol. 575, no. February, pp. 743–754, 2019, doi: 10.1016/j.jhydrol.2019.05.066.
- [4] K. C. Keong, M. Mustafa, A. J. Mohammad, M. H. Sulaiman, and N. R. H. Abdullah, "Artificial neural network flood prediction for sungai isap residence," *Proc. - 2016 IEEE Int. Conf. Autom. Control Intell. Syst. I2CACIS 2016*, no. October, pp. 236–241, 2017, doi: 10.1109/I2CACIS.2016.7885321.
- [5] J. Veintimilla-Reyes, F. Cisneros, and P. Vanegas, "Artificial Neural Networks Applied to Flow Prediction: A Use Case for the Tomebamba River," *Procedia Eng.*, vol. 162, pp. 153–161, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.031.
- [6] F. Ayu, "Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Untuk Menentukan Kelayakan Proposal Tugas Akhir," *It J. Res. Dev.*, vol. 3, no. 2, pp. 44–53, 2019, doi: 10.25299/itjrd.2019.vol3(2).2271.
- [7] I. R. Widyan, "Platform Visualisasi Data Untuk Pemerintah Amsterdam Sebagai Solusi Pembersihan Kota Secara Efektif," Doctoral dissertation, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, 2007.