

METODE KOMPARASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PADA PREDIKSI CURAH HUJAN - *LITERATURE REVIEW*

Herlina Jayadianti¹, Tedy Agung Cahyadi², Nur Ali Amri³, Muhammad Fathurrahman Pitayandanu⁴

^{1,4}Teknik Informatika, Fakultas Teknik Industri,

^{2,3}Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

¹herlinajayadianti@gmail.com

²tedyagungc@upnyk.ac.id

³nuraliamri@upnyk.ac.id

⁴fathurdanu@gmail.com

Abstrak - Penelitian untuk mencari model prediksi curah hujan yang akurat di berbagai bidang sudah banyak dilakukan, maka dilakukan di-*review* kembali guna membantu proses penyaliran dalam perusahaan tambang. *Review* dilakukan dengan membandingkan hasil dari setiap model yang telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Model yang dibandingkan pada penelitian di antaranya yaitu model *Fuzzy*, *Fast Fourier Transformation (FFT)*, *Emotional Artificial Neural Network (EANN)*, *Artificial Neural Network (ANN)*, *Adaptive Ensemble Empirical Mode Decomposition-Artificial Neural Network (AEEMD-ANN)*, *E-SVR-Artificial Neural Network (E-SVR-ANN)*, *Artificial Neural Network Backpropagation (BPNN)*, *Adaptive Splines Threshold (ASTAR)*, *Seasonal First-Order Autoregressive (SAR)*, *Gumbel*, *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, *Feed Forward Neural Network (FFNN)*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*, dan *Artificial Neural Network-Fuzzy (ANN-Fuzzy)*. Hasil dari *review* menyimpulkan bahwa model *Artificial Neural Network* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode yang lain, yakni ANN mampu memberikan hasil yang dapat mengenali pola-pola dengan baik dan mudah dikembangkan menjadi bermacam-macam variasi sesuai dengan permasalahan maupun parameter yang ada, sehingga ANN direkomendasikan untuk perhitungan prediksi hujan.

Kata kunci : *machine learning*, prediksi, *Artificial Neural Network*, curah hujan, akurasi

Abstract - Various kinds of research have been carried out to find accurate models to predict rainfall in various fields, so the research that has been done previously was reviewed again to help the drainage process in mining companies. The review is done by comparing the results of each model that has been conducted in several previous studies. This research used quantitative methods. Models compared in this study include the *Fuzzy* model, *Fast Fourier Transformation (FFT)*, *Emotional Artificial Neural Network (EANN)*, *Artificial Neural Network (ANN)*, *Adaptive Ensemble Empirical Mode Decomposition-Artificial Neural Network (AEEMD-ANN)*, *E-SVR -Artificial Neural Network (E-SVR-ANN)*, *Artificial Neural Network Backpropagation (BPNN)*, *Adaptive Splines Threshold (ASTAR)*, *Seasonal First-Order Autoregressive (SAR)*, *Gumbel*, *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*, *Feed Forward Neural Network (FFNN)*, *Support Vector Machine (SVM)*, *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)*, and *Artificial Neural Network-Fuzzy (ANN-Fuzzy)*. The results of the review concluded that the *Artificial Neural Network* model has several advantages compared to other methods, namely ANN is able to provide results that can recognize patterns well and easily developed into a variety of variations in accordance with existing problems and parameters, so ANN is recommended for rain prediction calculation.

Keywords : *machine learning*, prediction, *Artificial Neural Network*, rainfall, accuracy

1. PENDAHULUAN

Sejak dahulu pengamatan cuaca khususnya pengamatan curah hujan telah dilakukan di berbagai tempat dengan berbagai model penelitian dan menghasilkan data yang sangat panjang. Data tersebut kemudian dianalisa, diolah, dan digunakan untuk mendukung berbagai keperluan penelitian. Salah satu bentuk penelitian dengan memanfaatkan data pengamatan cuaca khususnya curah hujan adalah untuk mendapatkan model prediksi yang akurat (Rakhmawati, 2015). Maka diharapkan dapat membantu proses penyaliran khususnya di dunia pertambangan. Dari penelitian relevan sebelumnya

yang sudah dilakukan, prediksi curah hujan pada dunia pertambangan masih menggunakan pengolahan konvensional seperti penggunaan metode Gumbel dan metode Thomas Fiering, namun dengan perkembangan metode *Artificial Intelligence (AI)* banyak pendekatan *Artificial Neural Network (ANN)* yang dipakai untuk melakukan pemodelan yang lebih cepat dan akurat (Badrzadeh, dkk., 2015).

Dari penelitian Sutikno (Hadihardaja dan Sutikno, 2005) disimpulkan bahwa pemodelan curah hujan bisa diterapkan menggunakan model ANN, tetapi hasilnya belum akurat karena masih terjadi penyimpangan. Penelitian Dharma menyimpulkan

bahwa ANN merupakan cabang AI yang memiliki kemampuan untuk mempelajari data tanpa waktu yang lama dalam pembuatan model. Kemudian ANN juga bisa menggandakan ketidakstabilan debit yang tak tentu ke bentuk model (Dharma, 2011). Di dalam penelitian yang dilakukan oleh Rakhmawati tahun 2015, mengutip penelitian sebelumnya mengenai kelebihan ANN sebagai sebuah metode prediksi yang dapat membaca pola dengan *learning algorithm* dan *training* seperti kerja pada otak manusia. Dari berbagai *literature* yang telah dilakukan *review* maka hal tersebut menjadi motivasi riset dalam penelitian ini yaitu, memberikan keterkaitan riset yang kuat antara deskripsi ANN dan penerapannya untuk prediksi curah hujan. Penelitian ini diperlukan untuk melihat keakuratan pengembangan metode ANN dalam memprediksi curah hujan dibandingkan metode Gumbel dan metode Thomas Fiering yang digunakan pada penelitian sebelumnya.

2. KAJIAN PUSTAKA

Perbandingan Model FFT, ANN, dan ARIMA pada penelitian yang telah dilakukan Susilokarti

menunjukkan bahwa kinerja ANN yang paling baik daripada FFT dan ARIMA karena dapat menghasilkan nilai MSE terkecil (Susilokarti, Arif, Susanto, Sutiarto, 2015). Kesimpulan yang didapat dari penelitian oleh Tan, Lei, Wang, dkk., tahun 2018, penggunaan model SAR lebih cocok digunakan pada musim kemarau sedangkan model AEEMD-ANN lebih baik digunakan pada musim penghujan untuk memperkirakan limpasan bulanan di Lembah Sungai Yangtze (Tan, Lei, Wang, dkk, 2018). Pada *literature* yang ditulis oleh Nourani, tahun 2016, disebutkan bahwa perbandingan metode Emotional ANN (EANN) yang memiliki referensi dari respons emosi pada manusia dengan Feed Forward Neural Network (FFNN) yang biasa digunakan pada pemodelan hidrologi memiliki tingkatan yang lebih akurat (Nourani, 2016). Karakteristik pola curah hujan berdasarkan ANN yang dikombinasikan dengan Fuzzy menunjukkan pola ekuator yang mendapatkan nilai validasi yang tinggi yaitu 92% (Winarti, 2018). Tabel 1 berikut berisikan rangkuman terkait penelitian yang sejenis.

Tabel 1. Penelitian Sejenis

| Nama Peneliti | Tahun | Judul Penelitian | Hasil Penelitian |
|---|-------|--|---|
| Wahyuni, Mahmudy, Iriany | 2018 | <i>Rainfall Prediction in Tengger Region Indonesia using Tsukamoto Fuzzy Inference System.</i> Lokasi Tengger Indonesia | Rekomendasi optimalisasi keanggotaan fuzzy dengan algoritma meta-heuristik |
| Nourani | 2016 | <i>An Emotional ANN (EANN) approach to modeling rainfall-runoff process,</i> Lokasi Lobbs Hole, Australia | Rekomendasi model EANN |
| Qiao-feng Tan, Xiao-hui Li, Xu Wang, dkk. | 2018 | <i>An adaptive middle and longterm runoff forecast model using EEMD-ANN hybrid approach.</i> Lokasi Stasiun Ertan, Cuntan dan Yichang di Cina | Rekomendasi Model SAR musim kemarau, Rekomendasi AEEMD-ANN musim hujan |
| Hadihardaja, Sutikno | 2005 | Pemodelan Curah Hujan Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan Metode <i>Backpropagation</i> . Lokasi Sungai Way Sekampung, Lampung, Indonesia | <i>Backpropagation</i> relatif baik pada proses pembelajaran dan pengujian, namun hasil tidak terlalu akurat |
| Yu Xiang, Ling Gou, dkk. | 2018 | <i>A SVR-ANN combined model based on ensemble EMD for rainfall prediction.</i> Lokasi Provinsi Yunnan, Barat Daya Cina | Rekomendasi E-SVR-ANN |
| Dharma, Putera, dkk. | 2011 | <i>Artificial Neural Networks</i> Untuk Pemodelan Curah Hujan Limpasan Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Di Pulau Bali. Lokasi Nyuling,DAS Tukad Jogading | <i>Backpropagation</i> memberikan hasil yang relatif baik |
| Dyah Susilokarti, Sigit Supadmo Arif, Sahid Susanto, Sutiarto | 2015 | Perbandingan Prediksi Curah Hujan, dengan Metode Fast Fourier Transformation, <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i> Dan <i>Artificial Neural Network</i> . Lokasi berada di Daerah irigasi Curugagung, Cileuleuy, Cinangka dan Pangsor | Rekomendasi model ANN |
| Irwindi Famesa, Fhira Nhita, Adiwijaya | 2015 | Prediksi Curah Hujan Menggunakan Algoritma <i>Hybrid Neural Network</i> Dan <i>Evolutionary Programming</i> , Wilayah Soreang Kabupaten Bandung | Rekomendasi Model Hybrid Algoritma ANN pada algoritma <i>Evolutionary Programming</i> metode <i>Simple Moving Average</i> 3-MA arsitektur 3-1-1 serta 5-MA arsitektur 5-2-1 |
| Suktino, Rokhana Dwi Bektii, Putri Susanti, Istriana | 2010 | Prakiraan Cuaca dengan Metode ARIMA, ANN dan ASTAR di Stasiun Juanda Surabaya, Stasiun Juanda, Surabaya | Rekomendasi Metode ASTAR khususnya Ex-Ante |
| Rachmawati | 2015 | Prediksi Data Curah Hujan dengan Parameter Cuaca di Pontianak pada Skala Harian, Dasarian dan Bulanan, Pontianak, Indonesia | Skala bulanan lebih baik oleh JST dibanding skala dasarian dan harian |
| Winartia, Jumarang, dkk. | 2018 | Prakiraan Kejadian Hujan di Kota Pontianak dengan Metode JST-Logika Fuzzy, Pontianak, Indonesia | Rekomendasi JST-Logika Fuzzy |
| Gautama, R.S. | 2012 | <i>Storm Rainfall Analysis: An Important Factor In Designing Mine Dewatering Facilities In Tropical Rasion</i> | Estimasi curah hujan menggunakan Gumbel untuk desain sistem penirisan tambang |
| Gumbel, E.J. | 1941 | <i>The Return Period Of Flood Flows</i> | Pemodelan curah hujan model empirik |

3. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dimulai dengan *literature review*. *Literature review* adalah proses kritisi mendalam dan evaluasi terhadap penelitian sejenis sebelumnya (Shuttleworth, 2009). Paper yang akan di-review adalah *paper* mengenai model *Fuzzy*, *Fast Fourier Transformation* (FFT), *Emotional Artificial Neural Network* (EANN), *Artificial Neural Network* (ANN), *Adaptive Ensemble Empirical Mode Decomposition-Artificial Neural Network* (AEEMD-ANN), *E-SVR-Artificial Neural Network* (E-SVR-ANN), *Artificial Neural Network Backpropagation* (BPNN), *Adaptive Splines Threshold* (ASTAR), *Seasonal First-Order Autoregressive* (SAR), *Gumbel*, *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA), *Feed Forward Neural Network* (FFNN), *Support Vector Machine* (SVM), *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS), dan *Artificial Neural Network-Fuzzy* (ANN-Fuzzy). Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif (Sudjana, N. dan Ibrahim, 2001), yakni :

- a. Sasaran dari penelitian yakni cenderung bersifat tetap sehingga dapat diprediksi, fragmental, serta berdimensi tunggal.
- b. Variabel dikaji dan diukur dengan alat yang baku dan tidak bersifat subjektif.

Ciri dari penelitian kuantitatif yakni :

- a. Proses penelitian mengikuti prosedur yang telah direncanakan.
- b. Subjek, data, sumber data, serta alat yang digunakan sesuai dengan perencanaan yang telah dilakukan.

Analisis data dikerjakan setelah data terkumpul.

4. ANALISIS

Penelitian yang telah dilakukan oleh Suktino pada tahun 2010 menjelaskan bahwa penggunaan metode ANN, ARIMA, dan ASTAR dalam prediksi curah hujan menggunakan parameter *input* tanggal, suhu

maksimum, suhu minimum, kelembapan minimum, kelembapan maksimum, dan curah hujan harian dimana data didapatkan dari BMKG Stasiun Juanda Surabaya-Jawa Timur. Data dimulai dari tanggal 1 Januari 2003 sampai dengan tanggal 31 Desember 2006 dan dari data tersebut metode ASTAR memperoleh nilai korelasi yang paling tinggi serta nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang paling rendah dibandingkan ANN dan ARIMA, sehingga dapat disimpulkan bahwa metode ini mempunyai kemampuan perkiraan yang lebih baik dan konstan. Kekurangan dari penelitian ini adalah data yang digunakan dalam *training* masih sedikit. Tentu semakin banyak data *training* yang digunakan, semakin baik pula pembelajaran yang dilakukan.

Namun pada penelitian Susilokarti pada tahun 2015 didapatkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) pada ANN yang paling kecil dibandingkan dengan ARIMA dan FFT dengan parameter tanggal (waktu) dan curah hujan itu sendiri yang menggunakan data curah hujan bulanan dari tahun 1975 hingga 2012 dari enam stasiun yang didapatkan dari Divisi III Perum Jasatirta II Kabupaten Subang. Data tersebut digunakan untuk memprediksi curah hujan lima tahun yang akan datang, tetapi dalam penelitian ini tidak menjelaskan penggunaan data dari stasiun terkait dengan data pelatihannya.

Pada tahun 2005, Hadihardaja telah melakukan penelitian terkait dengan pencarian arsitektur jaringan yang optimal pada ANN *Backpropagation* untuk prediksi curah hujan-limpasan dengan hasil koefisien korelasi tertinggi sebesar 0,813 dengan Arsitektur A4-6 mendapatkan nilai Kesalahan Absolut Rata-rata (KAR) yaitu 0,447 dimana nilai tersebut adalah yang terkecil. Seluruh perbandingan pola arsitektur ANN *Backpropagation* dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Parameter statistika hasil pengujian (Hadihardaja, 2005)

| No | Pola | KAR | MSE | Data Maksimum | Data Minimum | Data Rata-rata | Standar Deviasi | Koefisien Skewnes | Koefisien Korelasi |
|------------|------|-------|-------|---------------|--------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| 1 | A1-4 | 0.836 | 0.004 | 207.132 | 11.967 | 51.425 | 34.243 | 1.464 | 0.735 |
| 2 | A1-6 | 0.828 | 0.004 | 220.959 | 11.504 | 50.896 | 34.511 | 1.654 | 0.735 |
| 3 | A2-4 | 0.663 | 0.013 | 189.168 | 6.793 | 48.563 | 39.736 | 1.426 | 0.751 |
| 4 | A2-6 | 0.681 | 0.013 | 188.896 | 5.626 | 49.563 | 39.360 | 1.307 | 0.754 |
| 5 | A3-4 | 0.546 | 0.003 | 198.253 | 7.770 | 52.214 | 43.775 | 1.497 | 0.805 |
| 6 | A3-6 | 0.512 | 0.004 | 270.208 | 6.893 | 49.698 | 46.518 | 2.209 | 0.751 |
| 7 | A4-4 | 0.451 | 0.008 | 171.108 | 6.480 | 48.882 | 41.564 | 1.275 | 0.813 |
| 8 | A4-6 | 0.447 | 0.008 | 167.197 | 6.424 | 48.768 | 41.301 | 1.252 | 0.813 |
| Pengamatan | | | | 301.900 | 4.000 | 47.108 | 46.146 | 2.212 | |

Sehingga disimpulkan bahwa data yang paling optimum pada saat diuji menggunakan ANN arsitektur A4-6 dan juga dapat diaplikasikan untuk pemodelan curah hujan dan limpasan. Hasil yang diperoleh belum akurat karena terdapat hal yang tidak diperhitungkan, seperti berubahnya kondisi alam yang disebabkan oleh pengambilan air di sungai dalam jumlah yang banyak.

Penelitian yang dilakukan oleh Rachmawati pada tahun 2015 yaitu melakukan percobaan terhadap arsitektur jaringan ANN untuk mencari metode yang

paling optimal dan juga menganalisis hasil penelitian dalam skala harian, mingguan, dan bulanan dengan menggunakan parameter kelembapan, tekanan udara, suhu, serta penguapan. Rachmawati menyimpulkan bahwa skala waktu bulanan lebih akurat daripada skala waktu harian yang dihasilkan dari model. Pada penelitian ini penjelasan mengenai penyebab perbedaan tingkat akurasi terhadap skala waktu seperti harian, mingguan, dan bulanan tidak diterangkan. Berikut ini Tabel 3 yang merupakan daftar metode yang digunakan dalam penelitian sebelumnya.

Tabel 3. Metode yang digunakan

| Penelitian | Tahun | Model yang digunakan | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|----------------------|-----|------|-----------|-----------|------|-------|-----|--------|-------|------|-----|-------|-----------|
| | | Fuzzy | FFT | EANN | AEEMD-ANN | E-SVR-ANN | BPNN | ASTAR | SAR | Gumbel | ARIMA | FFNN | SVM | ANFIS | ANN-Fuzzy |
| Wahyuni, Mahmudy, Iriany | 2018 | v | | | | | | | | | | | | | |
| Nourani | 2016 | | | v | | | | | | | v | | | | |
| Qiao-feng Tan, Xiaohui Li, Xu Wang, dkk | 2018 | | | | v | | v | | v | | | v | v | | |
| Hadihardaja, Sutikno | 2005 | | | | | | v | | | | | | | | |
| Yu Xiang, Ling Gou, dkk | 2018 | | | | | v | | | | | | | | | |
| Dharma, Putera, dkk | 2011 | | | | | | v | | | | | | | | |
| Dyah Susilokarti, Sigit Supadmo Arif, Sahid Susanto, Lilik Sutiarto | 2015 | | v | | | | v | | | | v | | | | |
| Irwinda Famesa, Fhira Nhita, Adiwij | 2015 | | | | | | v | | | | | | | | |
| Suktino, Rokhana Dwi Becti, Putri Susanti, Istriana | 2010 | | | | | | v | v | | | v | | | | |
| Rachmawati | 2015 | | | | | | v | | | | | | | | |
| Vina Winartia, Muh. Ishak Jumaranga, Apriansyah | 2018 | | | | | | | | | | | | | | v |
| Gautama, R.S. | 2012 | | | | | | | | | v | | | | | |
| Gumbel, E.J. | 1941 | | | | | | | | | v | | | | | |

Pada penelitian lainnya yang dilakukan oleh Winarti pada tahun 2018, Winarti mencoba untuk mencari tahu tingkat keakuratan dalam menerapkan ANN-Fuzzy untuk memprediksi curah hujan. Kemudian penulis telah menyimpulkan bahwa tingkat keakuratan dengan ANN-Fuzzy cukup tinggi yaitu 92% dan pola curah hujan yang didapatkan menunjukkan pola ekuator. Penelitian ini tidak membahas alasan penggunaan fungsi aktivasi *purelin*, *sigmoid biner*, dan *sigmoid bipolar*.

Penelitian selanjutnya membahas pemodelan curah hujan menggunakan metode ANN dengan berbagai

arsitektur untuk mencari arsitektur yang paling optimal. Penelitian ini dikerjakan oleh Dharma pada tahun 2011. Kesimpulan yang didapatkan Dharma yaitu kinerja model ANN menunjukkan bahwa model nomor lima dengan arsitektur 3-10-5-1 memberikan hasil yang paling optimum dan ANN memiliki kemampuan yang bagus untuk mereplika fluktuasi debit acak ke dalam bentuk model buatan yang memiliki fluktuasi yang hampir sama.

Penelitian oleh Nourani tahun 2016, dilakukan percobaan untuk meneliti perbandingan tingkat akurasi dari metode FFNN dengan *Emotional ANN*.

Maka dari penelitian tersebut dihasilkan kesimpulan bahwa model ANN menghasilkan akurasi yang lebih tinggi daripada FFNN. Penelitian ini hanya menggunakan parameter curah hujan dan waktu saja, tetapi data yang digunakan data selama 20 tahun pada periode 1994-2014.

Penelitian Wahyuni juga terkait curah hujan tahun 2016, tetapi pada penelitian tersebut Wahyuni mencoba untuk membandingkan metode *Fuzzy* dengan metode GSTAR sehingga dihasilkan kesimpulan bahwa penggunaan metode *Fuzzy* lebih baik dibandingkan dengan metode GSTAR. Namun tidak dijelaskan penggunaan parameter yang dipakai.

Pada penelitian yang dikerjakan oleh Qiao-feng Tan tahun 2018, telah dilakukan perbandingan metode AEEMD-ANN, ANN, ANFIS, SVM, dan SAR dalam memprediksi curah hujan dengan parameter curah hujan dan *time series* saja. Kesimpulan dari penelitian tersebut yaitu penggunaan model SAR lebih cocok digunakan pada musim kemarau sedangkan model AEEMD-ANN lebih baik digunakan pada musim hujan untuk memperkirakan limpasan bulanan di Lembah Sungai Yangtze. Dalam penelitian ini parameter pendukung yang digunakan masih sangat sedikit. Tabel 4 di bawah ini merupakan daftar parameter yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya.

Tabel 4. Parameter yang digunakan

| Penulis | Tahun | Parameter | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------------|------------|------------------|-------------------------|--------------|------------------|---------------|-----------|-------|--------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| | | Curah Hujan | Suhu Udara | Kelembapan udara | Kecepatan angin bulanan | Debit sungai | Evapotranspirasi | Tekanan udara | Penguapan | Waktu | Suhu Minimum | Suhu Maksimum | Kelembapan nisbi minimum | Kelembapan nisbi maksimum |
| Wahyuni, Mahmudy, Iriany | 2018 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Nourani | 2016 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Qiao-feng Tan, Xiao-hui Li, Xu Wang, dkk | 2018 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Hadihardaja, Sutikno | 2005 | v | | | | v | | | | v | | | | |
| Yu Xiang, dkk | 2018 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Dharma, Putera, dkk | 2011 | v | | | | v | v | | | v | | | | |
| Susilokarti, Arif, dkk | 2015 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Famesa, Nhita, Adiwij | 2015 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Suktino, Bekti, Susanti, dkk | 2010 | v | | | | | | | | v | v | v | v | v |
| Rachmawati | 2015 | v | | v | | | | v | v | v | | | | |
| Winartia, Jumaranga, Apriansyah | 2018 | v | v | v | v | | | | | v | | | | |
| Gautama, S. | 2012 | v | | | | | | | | v | | | | |
| Gumbel, E.J., | 1941 | v | | | | | | | | v | | | | |

5. KESIMPULAN

Dari proses *resume* beberapa *literature review*, ANN memiliki metode yang mampu mempelajari pola data dengan baik dibandingkan dengan metode yang lainnya. Proses yang cepat dalam menghubungkan antara data pembelajaran dan data *output* menyebabkan ANN memiliki tingkat kecepatan koreksi yang lebih tinggi dengan memanfaatkan konsep koefisien korelasi. Proses bolak balik (*backpropagation*) mampu memperkecil persen kesalahan dari metode ini, sehingga mesin dianggap masih lebih baik dibandingkan metode yang lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

Badrzadeh, H. (2015). *Hourly runoff forecasting for flood risk management: Application of various computational intelligence models*. Journal of

Hydrology.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.07.057>

Dharma, S., Putera, A., Ardana, P. D. H. (2011). *Artificial Neural Networks Untuk Pemodelan Curah Hujan Limpasan Pada Daerah Aliran Sungai (Das) Di Pulau Bali*. Jurnal Bumi Lestari, 11(1), 9 - 22

<https://ojs.unud.ac.id/index.php/blje/article/view/80>

Famesa, I., Nhita, F., Adiwijaya. (2015). *Prediksi Curah Hujan Menggunakan Algoritma Hybrid Neural Network Dan Evolutionary Programming*. *e-Proceeding of Engineering* : 2(2), 6872-6879

<https://libraryproceeding.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/3072>

Gautama, R. S. (1997). *Storm Rainfall Analysis : An Important Factor In Designing Mine Dewatering Facilities In Tropical Region*

- https://www.imwa.info/docs/imwa_1997/IMWA1997_Gautama_235.pdf
- Gumbel, E.J. (1941). The Return Period Of Flood Flows
<https://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177731747>
- Hadihardaja, I. K., Sutikno, S. (2005). *Pemodelan Curah Hujan-Limpasan Menggunakan Artificial Neural Network (ANN) dengan Metode Backpropagation*. *Jurnal Teknik Sipil*. 12(4), 249-258
<https://media.neliti.com/media/publications/144054-ID-pemodelan-curah-hujan-limpasan-menggunakan.pdf>
- Nourani, V. (2016). *An Emotional ANN (EANN) approach to modeling rainfall-runoff process*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169416307399>
- Qiao-feng Tan, Xiao-hui Li, Xu Wang, Hao Wang, Xin Wen, Yi Ji, Ai-qin. (2018). *An adaptive middle and long-term runoff forecast model using EEMD-ANN hybrid approach*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418300155>
- Rachmawati, A. (2015). *Prediksi Curah Hujan Di Kota Pontianak Menggunakan Parameter Cuaca Sebagai Prediktor pada Skala Bulanan, Dasarian Dan Harian*. *POSITRON*, 5(2), 50-57
<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpositron/article/view/11755>
- Sudjana, Nana dan Ibrahim, (2001) *Penelitian Dan Penilaian Pendidikan*, Sinar Baru Algesindo
- Suktino, Bekt, R. D., Susanti, P., Istriana. (2010). *Prakiraan Cuaca dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average Neural Network dan Adaptive Splines Threshold Autoregression di Stasiun Juanda Surabaya*. *Jurnal Sains Dirgantara*, 8(1), 43-61
- Susilokarti, D., Arif, S.S., Susanto, S., Sutiarsa, L. (2015). *Studi Komparasi Prediksi Curah Hujan, Metode Fast Fourier Transformation (Fft), Autoregressive Integrated Moving Average (Arima) Dan Artificial Neural Network (ANN)*. *AGRITECH*, 35(2), 241-247
<https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/view/9412>
- Wahyuni, Mahmudy, Iriany. (2016). *Rainfall Prediction in Tengger Region Indonesia using Tsukamoto Fuzzy Inference System*. *ICITISEE*.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7803061>
- Winarti, V., Jumaranga, M.I., Apriansyah. (2018). *Prakiraan Kejadian Hujan di Kota Pontianak dengan Metode JST-Logika Fuzzy*. *Prisma Fisika*. 6(2), Hal. 117 - 123
<http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jpfu/article/download/26522/75676577245>
- Yu Xiang, Ling Gou, Lihua He, Shoulu Xia, Wenyong Wang. (2018). *A SVR-ANN combined model based on ensemble EMD for rainfall prediction*
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494618305350>