Prediksi Kualitas Air Berdasarkan SAR (Sodium Absorption Ratio) Untuk Kesesuaian Irigasi Pertanian Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Zulfar Farruq

*Program Studi Informatika,Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro  
Universitas Teknologi Yogykarta*

*Jl. Ringroad Utara Jombor Sleman Yogyakarta*

*E-mail : [ulfar.far@gmail.com](mailto:ulfar.far@gmail.com)*

## ABSTRAK

*Air adalah bagian penting dari kehidupan mahkluk hidup yang tidak tergantikan. Terutama manusia sangat membutuhkan air dalam kehidupan sehari-hari untuk bertahan hidup, dan air berguna dalam bidang pertanian untuk membantu proses irigasi. Kualitas air dan tanah sangat diperhitungkan dalam proses kesesuaian irigasi dibidang pertanian. Untuk memperhitungkan kualitas tersebut digunakan standar kualitas air yaitu Sodium Absorbtion Ratio (SAR). SAR adalah sebuah ketentuan standar dalam mengukur kesesuaian kualitas air dalam hal irigasi pertanian. SAR adalah kemampuan air dalam mengabsorbsi sodium dengan menggunakan kadar nilai Sodium (Na), Kalsium (Ca), dan Magnesium (Mg) dari air. Semakin tinggi nilai SAR maka kualitas air dalam hal irigasi menjadi kurang baik karena semakin tinggi nilai SAR dapat mempengaruhi kualitas tanah dalam jangka panjang dan dapat mempengaruhi produksi pertanian. Untuk mempelajari masalah tersebut agar bisa terkomputerisasi, digunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST). JST adalah sistem pengolah informasi seperti sistem pengolah pada jaringan saraf otak manusia. JST telah banyak digunakan dalam banyak aplikasi, salah satunya untuk learning. Dalam penelitian kali ini, algoritma JST yang digunakan yaitu Backpropagation untuk menyelesaikan permasalahan dalam proses prediksi kualitas air irigasi berdasarkan SAR. Adapun hasil dari sistem prediksi pada penelitian dengan parameter 28 node pada hidden layer, konstanta belajar 0.9 dan batas MSE (Mean Squared Error) 0.000001 menyatakan bahwa prediksi nilai SAR mencapai tingkat akurasi 96% untuk pengujian dengan 20 data uji. Maka kesimpulan dari sistem prediksi kualitas air irigasi berdasarkan SAR dengan JST Backpropagation mampu memprediksi nilai SAR dengan optimal. Dengan adanya sistem prediksi berbasis JST ini, diharapkan dapat membantu dalam hal memprediksi kualitas air untuk irigasi pertanian dengan tepat dan akurat sehingga meningkatkan produktifitas tanah dan hasil pertanian.*

Kata kunci : Jaringan Saraf Tiruan, Backpropagation, Sodium Absorption Ratio, Kualitas Air Irigasi, Pertanian

### 1. PENDAHULUAN

Kualitas air tanah sangat diperhitungkan di dalam proses kesesuaian irigasi dibidang pertanian. Untuk memperhitungkan kualitas tersebut digunakan standar kualitas air yaitu Sodium Absorbtion Ratio (SAR). SAR adalah salah satu faktor yang digunakan sebagai penentu kualitas air untuk kesesuaian irigasi pertanian dari beberapa faktor penentu lainya, tapi SAR sangat berperan penting dalam proses tersebut, namun di Indonesia SAR tidak terlalu diperhatikan bahkan tidak dicantumkan di dalam undang-undang dan peraturan pemerintah sebagai parameter penentu kualitas air untuk kesesuaian irigasi pertanian. SAR digunakan untuk mengukur kualitas air dalam irigasi pertanian yang mengacu pada kemampuan air dalam mengarbsorbsi sodium, semakin kecil nilai terhadap SAR maka semakin bagus, begitu juga sebaliknya semakin tinggi nilai SAR maka kualitas air dapat berpengaruh buruk bagi tanaman maupun tanah. Standar kualitas SAR yang digunakan pada penelitian ini adalah untuk kesesuaian pada semua jenis tanah dan tanaman, karena mempertimbangkan banyaknya jenis tanah dan jenis tanaman yang menggunakan air yang sama. Untuk dapat memahami kualitas air irigasi berdasarkan SAR yang dibantu dengan beberapa parameter penentu dalam kesesuaian air irigasi, maka dibutuhkan sistem yang mampu memprediksi kualitas air berdasar pada SAR. Agar sistem tersebut dapat tercipta digunakan suatu metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan algoritma Backpropagation. Metode ini sangat cocok digunakan untuk menyelesaikan masalah sistem prediksi kualitas air irigasi berdasarkan pada SAR, selain banyak digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam bidang atau hal yang sama, juga karena mempertimbangkan data yang digunakan adalah data yang bernilai komplek dan decimal atau numerik.

Penelitian melakukan pembahasan tentang prediksi nilai SAR (Sodium Absorption Ratio) pada kualitas air untuk kesesuaian irigasi pertanian. SAR yang digunakan adalah standar terhadap kesesuaian semua jenis tanah dan tanaman. Parameter yang digunakan untuk memprediksi hasil nilai SAR ada 5 yaitu: Daya Hantar Listrik (DHL), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na), dan Bikarbonat (HCO3). Metode yang digunakan peneliti adalah metode JST (Jaringan Saraf Tiruan) Backpropagation. Penelitian ini bertujuan agar dapat menghasilkan sebuah sistem yang mampu memprediksi nilai SAR terhadap kesesuaian kualitas air irigasi dalam bidang pertanian, membantu dalam menganalisa kesesuaian kualitas air untuk proses irigasi dalam bidang pertanian dan membuktikan bahwa metode JST Backpropagation dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah terhadap penelitian tersebut. Sehingga dapat menjadi bahan pembelajaran dan memberikan wawasan baru tentang pentingnya kesesuaian kualitas air irigasi dalam meningkatkan hasil produksi pertanian serta menjaga kesuburan tanah jangka panjang.

### 2. LANDASAN TEORI

Referensi [1] menunjukkan bahwa sistem prediksi kualitas air berdasarkan Sodium Arbsorption Ratio (SAR) menggunakan metode Artificial Neural Network (ANN) dengan acuan lima parameter yaitu: kadar pH, Natrium (Na), Magnesium (Mg), Electrical Conductivity (EC), Calcium (Ca), mampu untuk memberikan hasil prediksi kualitas air dengan baik.

Referensi [2] menunjukkan bahwa sistem prediksi kualitas air menggunakan metode Artificial Neural Network berdasarkan tiga parameter yaitu: Total Dissolved Solids (TDS), Electrical Conductivity (EC), dan Turbidity atau kekeruhan, membuktikan bahwa metode dan parameter tersebut menunjukan kinerja yang handal dalam memprediksi kualitas air.

Referensi [3] menunjukkan bahwa penelitian tentang kualitas air untuk Chemical Oxygen Demand (COD) menggunakan metode Artificial Neural Network (ANN) Cascade Correlation Feedforward (CCFF) berdasarkan pada empat parameter yaitu: Biological Oxygen Demand (BOD), Temperature, Dissolved Oxygen (DO) atau kebutuhan oksigen dalam air, dan Total Dissolved Solids (TDS), menunjukkan bahwa metode tersebut mampu memberikan hasil optimal.

Referensi [4] menunjukkan bahwa sistem prediksi yang meneliti tentang kualitas air sungai dengan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) berdasarkan 5 parameter yaitu: DO, COD, BOD, pH dan Suhu. Penelitian tersebut membagi parameter menjadi dua konfigurasi dan mencocokan keduanya dengan Cross Validation dengan bantuan aplikasi NeuroSolution 7.0, mampu memprediksi kualitas air.

Referensi [5] menunjukkan bahwa sistem prediksi kualitas air sungai menggunakan metode Artificial Neural Networks (ANN) berdasarkan tiga parameter yaitu: Turbidity (Kekeruhan Air), Total Suspended Solids (TSS), dan Total Dissolved Solids (TDS). Algoritma yang digunakan adalah Feedforward–Backpropagation, mampu menghasilkan nilai prediksi yang lebih efektif.

Referensi [6] menunjukkan bahwa sistem prediksi tentang parameter kualitas air menggunakan teknik Jaringan Saraf Tiruan (JST) atau yang biasa disebut Neural Network berdasarkan dua parameter yaitu: Dissolved Oxygen (DO), dan Specific Conductance (SC), dapat memprediksi dengan nilai akurasi yang bagus dengan akurasi Mean Absolute Percentage Error (MAPE).

##### **2.1. Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation**

Jaringan Saraf Tiruan (Artificial Neural Network), atau disingakat JST, adalah sistem komputasi di mana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu refresentasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut [7].

Perambatan galat mundur atau dikenal dengan nama Backpropagation adalah salah satu algoritma learning yang dapat diterapkan di dalam Jaringan Saraf Tiruan (JST), algoritma ini sangat popular dan sering digunakan dalam menyelesaikan berbagai macam masalah yang rumit. Algrotima ini dilatih dengan menggunakan metode belajar terbimbing [7].

Metode Jaringan Saraf Tiruan atau bisa disebut Artificial Neural Network (ANN) selain bisa digunakan untuk belajar atau learning, juga bisa digunakan untuk pengenalan atau disebut recognition. JST dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi seperti penelitian yang meneliti tentang recognition dan menggunakan JST sebagai peningkat akurasi dalam proses pengenalan atau recognition di dalam penelitian [8].

##### **2.2. Kualitas Air**

Di Indonesia, klasifikasi mutu air tidak dijelaskan secara spesifik untuk pemanfaatan dalam hal tertentu, yang disusun berbasis kelas mutu air sebagai berikut [9]:

1. Kelas satu, air yang peruntukanya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas dua, air yang peruntukanya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukkan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukanya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas empat, air yang peruntukanya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Pada peraturan tersebut terdapat 28 parameter kualitas air yaitu: Fisika (Temperatur, Residu Terlarut, Residu Tersuspensi); Kimia Anorganik (pH, BOD, COD, DO, Total Fosfat, Nitrat, Arsen, Kobalt, Boron, Selenium, Kadmium, Khrom 6+, Tembaga, Timbal, Air Raksa, Seng, Sianida, Fluorida, Nitrit-N, Khlorin Bebas, Belerang sbg H2S); Mikrobiologi (Fecal coliform, Total Coliform) [8]. Sesuai dengan peraturan bahwa pemanfaatan air irigasi disebutkan sebagai air untuk mengairi pertanaman adalah klasifikasi mutu air kelas II sampai kelas IV yang tidak dijelaskan secara spesifik dan bahkan ada beberapa parameter utama yang tidak dimasukkan seperti %Na atau SAR (Sodium Absorption Ratio) dan RSC (Residual Sodium Carbonate) [10].

Dilihat dari berbagai kriteria mutu air irigasi yang selama ini telah digunakan di Negara lain diantaranya sebagai berikut:

1. Kriteria mutu air dari Colorado Irrigation Water Quality Criteria yang mempersyaratkan beberapa parameter yaitu: DHL (Daya Hantar Listrik), Na (Natrium), SAR (Sodium Absorption Ratio), dan Khlorida [11].
2. Kriteria mutu air Guidelines for Irrigation Water Quality and Water Management in The United Kingdom of Saudi, yang mempersyaratkan beberapa parameter yaitu: DHL (Daya Hantar Listrik), SAR (Sodium Absorption Ratio), RSC (Residual Sodium Carbonate), Khlorida, Na (Natrium), dan Boron [12].
3. Kriteria mutu air dari Food And Agriculture Organization, mempersyaratkan beberapa parameter yaitu: DHL (Daya Hantar Listrik), Na (Natrium), SAR (Sodium Absorption Ratio), Khlorida, dan Boron [13].
4. Kriteria mutu air berdasar dari Oklahoma State University Classification of Irrigation Water Quality mempersyaratkan beberapa parameter untuk irigasi yaitu: DHL (Daya Hantar Listrik), Na (Sodium), Ca (Kalsium), Mg(Magnesium), SO4(Sulfat), Cl (Khlorida), NO3 (Nitrat), CO3(Karbonat), dan HCO3 (Bikarbonat) [14].

##### **2.3. Kesesuaian Kualitas Air Untuk irigasi**

Evaluasi kualitas air terhadap kesesuaian irigasi pertanian terdapat beberapa parameter yang sangat berpengaruh, yaitu sebagai berikut [13]:

1. Salinitas, salinitas adalah kandungan garam dalam air yang mempengaruhi ketersedian air dalam tanah untuk tanaman. Ditentukan berdasarkan ECw (Electrical Conductivity) bisa juga disebut sebagai Daya Hantar Listrik (DHL) atau dengan menggunakan TDS (Total Dissolved Solids) yaitu total padatan yang terlarut dalam air, baik padatan organik maupun anorganik.
2. Infiltrasi, infiltrasi pada air adalah proses laju air kedalam tanah sebelum berubah menjadi air tanah, misal air hujan yang jatuh ketanah. Infiltrasi juga mempengaruhi kondisi Na (Sodium), Mg (Magnesium), Ca (Kalsium), serta ECw (Electrical Conductivity) atau DHL yang berada dalam tanah. Kandungan SAR (Sodium Absorption Ratio) juga dipengaruhi oleh proses infiltrasi.
3. Toksisitas, toksisitas adalah kandungan racun dalam tanah atau kandungan senyawa berbahaya dalam tanah seperti kandungan Na(Sodium) yang biasa dihitung dengan SAR (Sodium Absorption Ratio), serta kandungan Cl (Khlorida) dan B(Boron). Toksisitas sangat mempengaruhi kualitas air irigasi dalam proses perkembangan tanaman.
4. Selain dari ketiga hal di atas, ada hal lain yang dapat mempengaruhi kualitas air irigasi, seperti NO3-N (Nitrate Nitrogen), HCO3 (Bikarbonat) dan pH. Nitrogen dibutuhkan sebagai parameter jika air yang digunakan adalah air limbah.

##### **2.4. Sodium Absorption Ratio (SAR)**

SAR (Sodium Arbsorption Ratio) digunakan untuk menghitung rasio kandungan Na (Natrium / Sodium). SAR tidak satu-satunya penentu dalam menentukan sesuai atau tidak air untuk irigasi, tapi kandungan SAR sangat mempengaruhi kualitas air irigasi [13].

# Tabel 1: Klasifikasi Status Nilai SAR.

|  |  |
| --- | --- |
| Nilai SAR | Status Nilai SAR |
| < 3 | Aman |
| 3 - 9 | Sedang |
| 9 < | Berbahaya |

##### **2.4. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)**

Ukuran akurasi hasil prediksi yang merupakan ukuran kesalahan dalam sistem prediksi merupakan ukuran tentang tingkat perbedaan antara hasil sebenarnya dengan hasil yang dihasilkan dari sistem prediksi. Penelitian menggunakan perhitungan untuk hasil akurasi dengan rumus Mean Absolute Percentage Error (MAPE) [15].

MAPE atau disebut Mean Absolute Percentage Error. MAPE menyatakan persentase kesalahan hasil peramalan terhadap permintaan aktual selama periode tertentu yang dapat memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah [16].

Dengan:

Permintaan Aktual pada periode -t

Peramalan Permintaan (Forecast) pada periode -t

Jumlah peramalan yang terlibat

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

##### **3.1. Metode Pustaka**

Tahap penelitian untuk mengumpulkan data yang digunakan sebagai data latih maupun data uji dengan mengamati dan mempelajari serta menganalisa dokumen, jurnal, buku dan penelitian dari peneliti lain yang membahas tema yang bersangkutan. Dalam penelitian ini mengambil dan mempelajari data dari sebuah jurnal yang dipublikasikan oleh Food And Agriculture Organization (FAO).

**3.2. Metode Wawancara**

Wawancara dilakukan dalam rangka berkonsultasi mengenai penelitian yang dilakukan dengan pihak Balai Besar Wilayah Sungai (BBWS) Bengawan Solo di Solo untuk mendapatkan informasi dan penjelasan menegenai data yang akan digunakan.

**3.2. Analisis Sistem**

Penelitian terhadap sistem prediksi kualitas air irigasi berdasarkan Sodium Absorption Ratio menggunakan arsitektur backpropagation berupa 5 parameter input, 1 hidden layer dengan 28 node dan 1 output.



*Gambar 1: Arsitektur JST Backpropagation*

Algoritma Pelatihan, adalah tahap pemrosesan untuk melatih data latih menggunakan JST Backpropagation alur maju dan alur mundur agar didapat bobot yang optimal.



*Gambar 2: Algoritma Pelatihan*

Algoritma Validasi, adalah tahap pengecekan data latih yang telah dilatih. Pengecekan dilakukan menggunakan JST Backpropagation alur maju saja untuk memroses kembali data latih dengan bobot optimal yang digunakan.



*Gambar 3: Algoritma Validasi*

Algoritma Pengujian, adalah tahap pengujian data uji. Pengujian data uji dilakukan menggunakan JST Backpropagation alur maju saja untuk memroses data uji dengan bobot optimal yang digunakan.



*Gambar 4: Algoritma Pengujian*

Algoritma Prediksi, adalah tahap melakukan prediksi terhadap data baru. Prediksi dilakukan menggunakan JST Backpropagation alur maju saja untuk memroses data baru dengan bobot yang telah diatur.



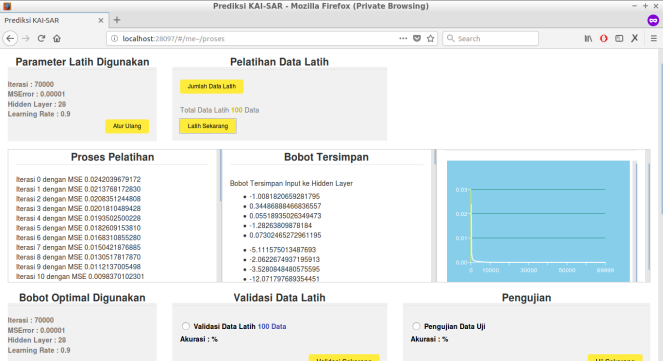
*Gambar 5: Algoritma Prediksi*

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sistem prediksi kualitas air irigasi ini terdapat 4 jenis pemrosesan yaitu: proses pelatihan, proses validasi, proses pengujian dan proses prediksi. Penelitian menggunakan total data sebanyak 120 data. 100 data digunakan untuk pelatihan dan 20 data digunakan untuk pengujian. Sistem prediksi menggunakan aplikasi berbasis MEAN Stack (MongoDb, Express, AngularJS, Node.js).

##### **4.1. Proses Pelatihan**

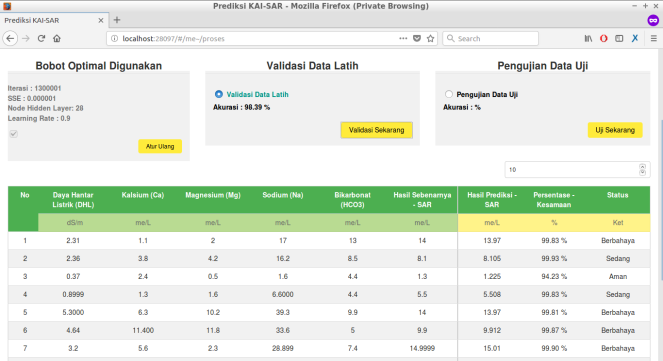
Pada proses pelatihan, sistem akan melatih 100 data latih untuk menemukan bobot yang optimal.



*Gambar 6: Tampilan Proses Pelatihan*

##### **4.2. Proses Validasi**

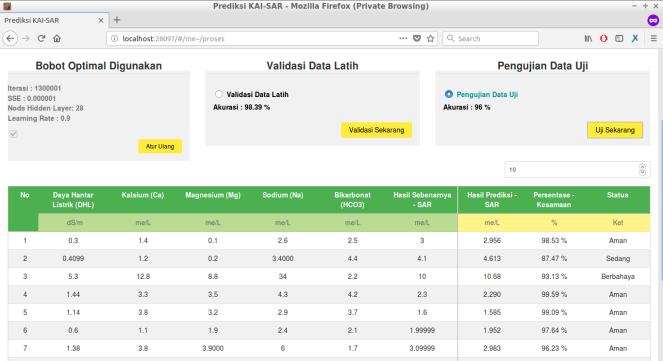
Pada proses validasi, sistem melakukan pemrosesan terhadap data latih kembali dengan bobot yang dihasilkan dari proses pelatihan.



*Gambar 7: Tampilan Proses Validasi*

##### **4.3. Proses Pengujian**

Pada proses pengujian, sistem akan menguji 20 data uji dengan menggunakan bobot optimal.



*Gambar 8: Tampilan Proses Pengujian*

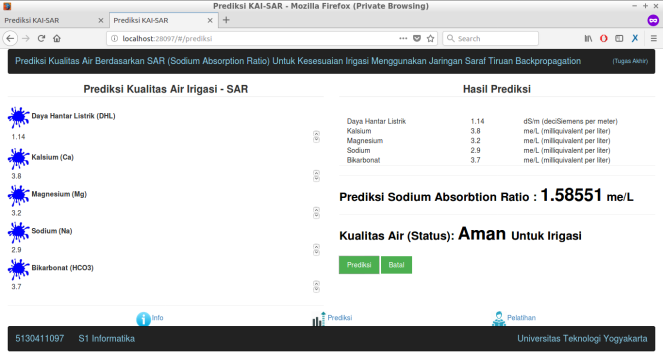
# Tabel 2: Hasil Pengujian Data Uji.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | SAR Sebenarnya | SAR Prediksi | Persentase | Status |
|  | me/L | me/L | % | Ket |
| 1 | 3 | 2.956 | 98.53% | Aman |
| 2 | 4.1 | 4.613 | 87.47% | Sedang |
| 3 | 10 | 10.68 | 93.13% | Berbahaya |
| 4 | 2.3 | 2.290 | 99.59% | Aman |
| 5 | 1.6 | 1.585 | 99.09% | Aman |
| 6 | 2 | 1.952 | 97.64% | Aman |
| 7 | 3.1 | 2.983 | 96.23% | Aman |
| 8 | 2.6 | 2.513 | 96.67% | Aman |
| 9 | 2.8 | 2.822 | 99.20% | Aman |
| 10 | 6.2 | 5.961 | 96.15% | Sedang |
| 11 | 10 | 10.41 | 95.89% | Berbahaya |
| 12 | 9.7 | 9.808 | 98.88% | Berbahaya |
| 13 | 2.9 | 2.834 | 97.72% | Aman |
| 14 | 1.1 | 1.205 | 90.42% | Aman |
| 15 | 3.4 | 3.376 | 99.30% | Sedang |
| 16 | 1.6 | 1.468 | 91.77% | Aman |
| 17 | 4.4 | 4.411 | 99.74% | Sedang |
| 18 | 1.7 | 1.643 | 96.65% | Aman |
| 19 | 1 | 0.893 | 89.35% | Aman |
| 20 | 1.8 | 1.809 | 99.44% | Aman |

Akurasi keseluruhan dari hasil proses pengujian data uji adalah 96% dengan perhitungan:

##### **4.3. Proses Prediksi**

Pada proses prediksi, sistem akan memprediksi data tanpa nilai SAR sebenarnya dan menentukan nilai SAR dari data tersebut serta hasil klasifikasi status nilai SAR.



*Gambar 9: Tampilan Proses Prediksi*

**5. PENUTUP**

**5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian dan pengamatan yang telah dilakukan terhadap sistem prediksi kualitas air berdasarkan Sodium Absorption Ratio (SAR) untuk kesesuian irigasi pertanian menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) Backpropagation menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Sodium Absorption Ratio (SAR) dapat dijadikan sebagai penentu dalam kesesuian kualitas air irigasi pada bidang pertanian karena berdasarkan studi pustaka menyatakan bahwa kandungan nilai SAR di dalam air sangat mempengaruhi tingkat salinitas, proses infiltrasi dan kadar toksisitas yang berpengaruh terhadap proses irigasi.
2. Metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan algoritma Backpropagation mampu memprediksi kualitas air berdasarkan SAR dengan optimal. Adapun hasil dari sistem prediksi SAR pada penelitian menggunakan ketentuan hidden layer dengan 28 node, konstanta belajar 0.9 dan maksimal iterasi 1300000 dengan batas MSE 0.000001 dapat menunjukkan prediksi nilai SAR pada tingkat akurasi mencapai 96% untuk pengujian 20 data uji.

**5.2. Saran**

Dalam implementasi sistem JST Backpropagation terhadap prediksi kualitas air berdasarkan SAR untuk kesesuaian irigasi pertanian ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu adapun saran untuk peneliti selanjutnya yaitu:

1. Sistem prediksi hanya memprediksi kualitas air irigasi berdasar SAR dan belum ada sistem yang mampu memberikan solusi yang harus dilakukan jika kandungan SAR terlalu tinggi dan dapat berdampak buruk bagi tanaman dan lingkungan.
2. Sistem prediksi hanya mengukur kualitas air irigasi berdasarkan SAR, untuk penelitian selanjutnya agar dibuat mampu mengukur tingkat kualitas air irigasi berdasarkan ketentuan yang ada di Indonesia.

**Daftar pustaka**

[1] Alte, P. D., & Sadgir, P. A. (2015). Water Quality Prediction By Using ANN. International Journal of Advance Foundation And Research In Science & Engineering (IJAFRSE), 1, 278–285.

[2] Najah, A., & Elshafie, A. (2009). Prediction of Johor River Water Quality Parameters Using Artificial Neural Networks, 28(3), 422–435.

[3] Sarda, P., & Sadgir, P. (2015). Reservoir Water Quality Modeling for COD using Artificial Neural Network. International Journal of Engineering and Management Research, 5(4), 347–353.

[4] Yudha, N. S. (2017). APLIKASI JARINGAN SYARAF TIRUAN UNTUK MEMPREDIKSI KUALITAS AIR SUNGAI DI TITIK JEMBATAN JREBENG KABUPATEN GRESIK. Universitas Brawijaya, 0–5.

[5] Bowers, J. A., & Shedrow, C. B. (2000). Predicting stream water quality using Artificial Neural Networks (ANN). Environmental Studies, 4, 89–97.

[6] Heydari, M., Olyaie, E., & Mohebzadeh, H. (2013). Development of a Neural Network Technique for Prediction of Water Quality Parameters in the Delaware River , Pennsylvania. Middle-East Journal of Scientific Research, 13(10), 1367–1376.

[7] Hermawan, A. (2006). Jaringan Saraf Tiruan, Teori Dan Aplikasi. Yogyakarta: Andi Offset.

[8] MAJID, M. A., & SELA, E. I. (2017). PERFORMANCE EVALUATION OF COMBINED CONSISTENCY-BASED SUBSET EVALUATION AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF DYNAMIC MALAYSIAN SIGN LANGUAGE. Journal of Theoretical & Applied Information Technology, 95(11).

[9] Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

[10] Yusuf, I. A. (2014). KAJIAN KRITERIA MUTU AIR IRIGASI. Jurnal Irigasi, 9(82), 1–15.

[11] Bauder, T. A., Waskom, R. M., Davis, J. G., & Sutherland, P. L. (2014). Irrigation water quality criteria. Colorado State University, (0), 4

[12] Hussain, G., Alquwaizany, A., & Al-Zarah, A. (2010). Guidelines for Irrigation Water Quality and Water Management in The Kingdom of Saudi Arabia: An Overview. Journal of Applied Sciences, 79–96.

[13] FAO, Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1976). Water Quality for Agriculture. Food And Agriculture Organization (FAO).

[14] Johnson, G., & Zhang, H. (2017). Classification of Irrigation Water Quality. Oklahoma State University--Division of Agricultural Sciences and Natural Resources--Cooperative Extension Service, 1–4.

[15] Yuniastari, N. L. A. K., & Wirawan, I. W. W. (2016). Peramalan Permintaan Produk Perak Menggunakan Metode Simple Moving Average Dan Exponential Smoothing. Jurnal Sistem Dan Informatika, 9(1), 97–106.

[16] Nasution, A. H., Prasetyawan. (2008). Perencanaan Dan Pengendalian Produksi.Yogyakarta: Graha Ilmu.