

Penerapan Neural Network sebagai Klasifikasi Kualitas Air Hasil Filtrasi Reverse Osmosis

Muhammad Dzi Washfil Hasin¹, Didik Sukoco², Ii Munadhif³

e-mail: mdzi28@student.ppns.ac.id, didikskc@ppns.ac.id, iimunadhif@ppns.ac.id

^{1,2,3}Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Program Studi Teknik Otomasi, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diterima 26 Agustus 2024
Direvisi 24 September 2024
Diterbitkan 30 September 2024

Kata kunci:

Baku Mutu Air
Filtrasi
Klasifikasi
Reverse osmosis
Neural Network

ABSTRAK

Air adalah unsur yang tak tergantikan dan penting bagi kehidupan, termasuk manusia yang memerlukan air berkualitas sesuai dengan standar kimia, fisika, dan biologi. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengklasifikasikan kualitas air hasil filtrasi reverse osmosis (RO) menggunakan metode Neural Network. Air waduk yang telah difiltrasi diuji dengan tiga sensor yang mendeteksi total kepadatan terlarut, pH, dan konduktivitas listrik (EC), dengan data dikirim ke modul ESP32 dan ditampilkan pada LCD. Neural Network digunakan untuk menganalisis kandungan air berdasarkan parameter yang sesuai dengan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu air untuk menentukan kategori kualitas air. Dari 15 percobaan, sistem klasifikasi menunjukkan hasil yang merata: 7 percobaan untuk kategori 1, 4 untuk kategori 2, dan 4 untuk kategori 3. Temuan ini menunjukkan potensi yang baik dalam penerapan Neural Network pada sistem filtrasi RO untuk menangani variasi data yang kompleks.

ABSTRACT

Water is an irreplaceable and essential element for life, including humans who need quality water according to chemical, physical, and biological standards. This research aims to test and classify the quality of water from reverse osmosis (RO) filtration using the Neural Network method. The filtered reservoir water is tested with three sensors that detect total dissolved density, pH, and electrical conductivity (EC), with the data sent to the ESP32 module and displayed on the LCD. Neural Network is used to analyze the water content based on parameters in accordance with Permenkes Number 2 of 2023 and Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021. The test results are compared with the water quality standard to determine the water quality category. From 15 trials, the classification system showed evenly distributed results: 7 trials for category 1, 4 for category 2, and 4 for category 3. These findings show good potential in the application of Neural Network in RO filtration systems to handle complex data variations.

Keywords:

Water Quality Standards
Filtration
Classification
Reverse osmosis
Neural Network

Penulis Korespondensi:

Muhammad Dzi Washfil Hasin,
Teknik Kelistrikan Kapal, Program Studi Teknik Otomasi
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya,
Kampus ITS Sukolilo Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, Indonesia, Kode Pos 60111.
Email: mdzi28@student.ppns.ac.id
Nomor HP/WA aktif: +62 857-4606-0295



1. PENDAHULUAN

Pada masa sekarang air merupakan sebuah kebutuhan yang tidak bisa tergantikan untuk memenuhi kebutuhan makhluk hidup, dalam kehidupan manusia tidak bisa hidup tanpa adanya air meliputi dari keperluan kesehariannya, contohnya seperti mencuci, memasak, mandi dan hal lain-lainnya. Dalam bidang kesehatan air harus memiliki kualitas yang sangat baik sesuai dengan parameter baku mutu air meliputi dari kandungan persyaratan kimia, fisika maupun unsur mikrobiologi [1]. Penggunaan air bagi kesehatan harus terbebas dari segala macam unsur yang membahayakan bagi kesehatan manusia melalui sebuah proses pengolahan agar terbebas dari zat-zat yang terkontaminasi seperti persyaratan pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV2010 [2].

Krisis kebutuhan air bersih melanda beberapa wilayah negara-negara di dunia. Letak yang sangat geografis dan pertumbuhan penduduk yang akan terus menerus berkontribusi terhadap masalah ini. Indonesia merupakan negara yang diketahui memiliki ribuan pulau yang secara khusus berada pada cakupan lautan atau dikelilingi lautan, dan diketahui mendapatkan berkah berupa sumber daya alam yang bersifat melimpah, termasuk dari perairan titik air dipahami sebagai suatu sumber untuk kehidupan sebab diketahui makhluk hidup tidak dapat hidup secara baik tanpa hadirnya air atau tidak dapat hidup tanpa kehadiran air [3]. Meskipun diketahui pada presentasi 97% air yang hadir di bumi, hanya pada sekitar 27% yang secara layak untuk dilakukan pengonsumsi atau memenuhi kebutuhan konsumsi. Dengan pemahaman lain, diketahui hadir banyak sekali air di bumi, tetapi terkait jumlah yang dapat dimanfaatkan sangat relatif sedikit [4]. Hadirnya suatu fenomena kekurangan air bersih yang mana telah menjadi suatu permasalahan secara tersendiri di berbagai wilayah atau di berbagai kota di negara Indonesia, yang secara khusus pada wilayah-wilayah besar atau kota besar dengan dimilikinya suatu kepadatan penduduk yang bernilai tinggi dan diketahui banyaknya suatu kegiatan, serta terkait dampak dari tingginya polusi udara yang dihadirkan dan terkait pada hujan asam yang dapat meningkatkan konsumsi [5]. Fakta yang dipahami yakni diketahui pada daerah-daerah masih banyak yang belum memperoleh ketersediaan atau jaminan air secara bersih, secara khusus air yang secara layak atau memiliki kelayakan untuk dilakukan pengonsumsi. Satu dari beberapa penyebab yakni sumber daya manusia yang dimiliki kurang atau yang secara mampu dapat mengatasi masalah yang hadir terkait pada air bersih bernilai kurang yakni secara khusus pada pengetahuan mengenai jenis suatu teknologi yang dapat membantu mengatasi suatu permasalahan yang telah dipaparkan [6].

Teknologi filtrasi air dengan metode reverse osmosis dipahami sebagai satu dari beberapa teknologi yang berkaitan dengan membran yang mana dapat dimanfaatkan saat ini. Membran tersebut diketahui merupakan membran dalam jenis semipermeable [7]. Membran tersebut dapat memisahkan komponen terlarut dan partikel dengan berat molekul rendah dengan ukuran antara 0,001 dan 0,01 μm [8]. Keunggulan teknologi reverse osmosis dibandingkan teknologi lainnya antara lain kebutuhan energi yang relatif rendah, masalah korosi peralatan yang minimal, dan kemudahan penggantian, pemasangan, dan integrasi ke dalam sistem yang sudah ada [9].

Dari permasalahan di atas penulis dapat menuliskan bahwa dapat dikatakan air merupakan sumber daya yang pasti dibutuhkan contohnya pemanfaatan air yang tercemar sebagai sarana alternatif dijadikan kebutuhan sehari-hari upaya mengurangi kekurangannya air bersih bagi masyarakat. Pada penelitian tugas akhir ini penulis mengembangkan sebuah teknologi filtrasi dengan metode reverse osmosis kemudian hasil dari hasil filtrasi tersebut akan diklasifikasikan menggunakan metode Neural Network dengan menggunakan nilai set-point dari parameter baku mutu air kelas 1. Dari hasil pengembangan ide dari penelitian ini, penulis berharap agar pengembangan dari teknologi tersebut dapat bermanfaat bagi masyarakat dan dapat dikembangkan lebih luas oleh peneliti yang selanjutnya.

2. METODE PENELITIAN

Sensor TDS merupakan singkatan dari Total Dissolved Solids, yang dipahami sebagai suatu jenis sensor yang diketahui dapat melakukan deteksi terhadap tingkat konduktivitas terhadap suatu larutan terkait [10]. Daya hantar listrik dipahami sebagai suatu kemampuan dari larutan untuk melakukan penghantaran listrik, apabila larutan banyak di dalamnya mengandung suatu mineral maka terkait daya hantar listrik akan bernilai semakin tinggi. Oleh karena itu, sensor TDS diketahui akan menghasilkan suatu keluaran yang bernilai lebih tinggi sebagai suatu bagian dari respon terkait pada konsentrasi mineral yang bernilai tinggi pada suatu larutan terkait [11].

Sensor pH adalah satuan keasaman yang mengukur basa atau asam dalam suatu larutan. Larutan ini dapat dianggap asam atau basa tergantung pada derajat keasamannya. Sampai saat ini, tingkat keasaman memiliki rentang



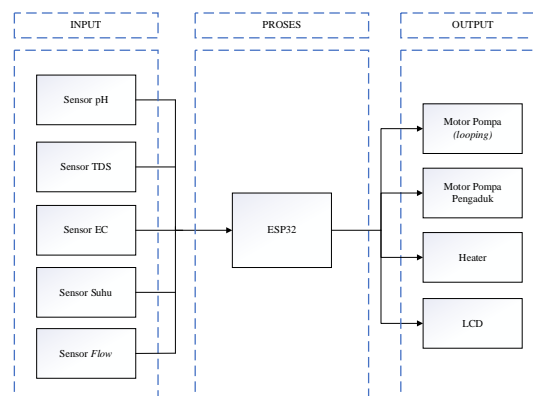
nilai 0 hingga 14. Larutan netral memiliki tingkat keasaman 6,5 hingga 7,5. Kadar asam di atas 7,5 bersifat basa dan kadar asam di bawah 6,5 bersifat asam [11].

Sensor EC (*Electrical Conductivity*) alat pengukur tingkat konduktivitas listrik air, sensor ini bekerja dengan mengukur konduktivitas listrik dalam air, yang merupakan indikator dari jumlah ion terlarut seperti garam, mineral, dan logam. Sensor ini terdiri dari dua elektroda yang ditempatkan dalam air. Ketika tegangan listrik diterapkan di antara elektroda-elektroda tersebut, arus listrik mengalir melalui air [12].

ESP32 dipahami sebagai suatu modul dengan dimilikinya fungsi wi-fi untuk melakukan pengaitan terkait mikrokontroler ke wilayah internet. Tersebut diketahui juga dilengkapi dengan port micro yang mana dapat dimanfaatkan untuk daya dan juga upaya pemrograman. Modul tersebut diketahui mengaplikasikan atau memanfaatkan tegangan satu daya 3.3v dan dimilikinya beberapa model wi-fi, seperti terkait pada access point, station, dan juga bot. Modul tersebut di dalamnya tercakup beberapa bagian yakni prosesor, memori, dan juga terkait pada pin GPIO yang jumlahnya bervariasi tergantung jenis ESP32. Kemampuan pengoperasian mandiri modul ini serupa dengan mikrokontroler, sehingga tidak memerlukan mikrokontroler serupa lainnya. (Setiawan & Sonalitha, 2023).

2.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada penelitian akan diterapkan yang berguna sebagai mempermudah dalam pembuatan alat dan sebagai landasan utama.



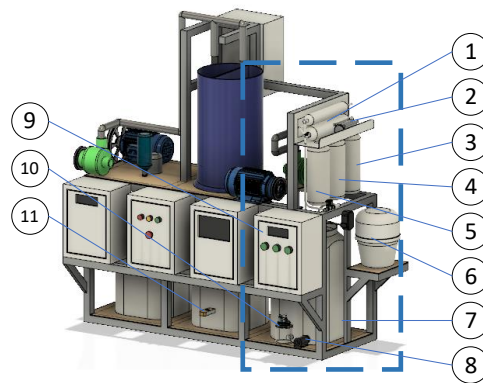
Gambar 1: Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 disajikan sebuah diagram blok konsep penelitian yang menjelaskan input, proses dan output pada plant. Awal dari proses penelitian ini dimulai dengan input-an yang ter-trigger kemudian masuk ke dalam proses lalu keluaran dari proses disebut output, output ini sebagai tanda keberhasilan dari proses. Input-an dari penelitian ini ada 5 macam sensor yakni sensor pH air dengan tipe SEN0131, sensor TDS (*Total Dissolved Solids*), sensor suhu LM35, Sensor EC (*Electrical Conductivity*) dan sensor water flow. Pada proses setelah input-an, penelitian ini menggunakan modul ESP32 sebagai proses pengelolaan data dari input-an, dan untuk output dari penelitian ini menggunakan LCD (penampil data pembacaan sensor), motor pompa (untuk proses looping), motor pompa pengaduk (sistem air terjun) dan heater sebagai pemanas air

2.2 Perancangan Hardware

Tahapan perancangan hardware menentukan perancangan desain sistem mekanik untuk menentukan bagaimana bentuk dari fisik alat. Seperti yang terlihat pada Gambar 2 sebagai berikut.





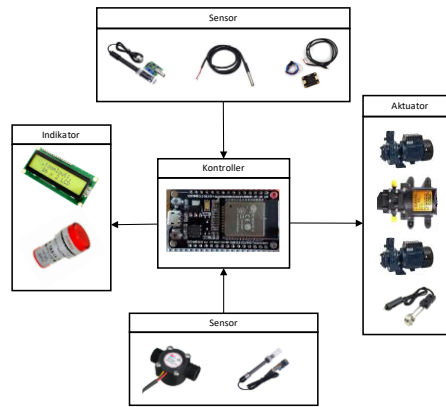
Gambar 2: Desain Keseluruhan

Penjelasan :

1. Tabung filter yang berisikan membran semi permeable yang berukuran 0.0001 mikron yang berfungsi sebagai pemecah ion.
2. Pompa *high pressure* yang digunakan untuk memompa air dari filter 3 step menuju pada filter membran.
3. Tabung filtrasi pertama pada sistem filtrasi reverse osmosis yang berisi dengan pasir silika yang mempunyai fungsi untuk mengurangi endapan padatan.
4. Tabung filtrasi kedua yang berisi dengan sebuah karbon aktif berupa butiran-butiran (*Granular Activated Carbon*). Karbon ini berfungsi sebagai penyerap senyawa kimia dan zat yang terkontaminasi.
5. Tabung filtrasi ketiga yang berisi dengan karbon yang telah dikompres menjadi padat yang berbentuk blok yang memiliki pori-pori yang sangat kecil (*Carbon Block Filter*). Karbon ini memiliki fungsi untuk menghilangkan zat yang terkontaminasi seperti zat organik, klorin, logam berat dan bau yang tidak sedap.
6. Tangki filtrasi Reverse Osmosis yang digunakan sebagai tekanan balik filter membran.
7. Bak penampung akhir air.
8. Pompa reverse yang digunakan untuk melooping air jika air belum sesuai dengan target.
9. Box Panel yang digunakan sebagai tempat komponen pendukung.
10. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kadar air.
11. *Heater* yang digunakan untuk memanaskan air.

Setelah menjelaskan tentang desain mekanik sistem selanjutnya dilakukan perancangan sistem pendukung alat yang bertujuan untuk memperinci dan mempersiapkan semua komponen yang diperlukan dalam melanjutkan pelaksanaan sistem yang telah dirancang sebelumnya. Dengan tujuan utamanya adalah untuk memastikan kelengkapan dan kesiapan perangkat dalam mendukung implementasi sistem yang telah dipersiapkan sebelumnya. Berikut adalah susunan hardware yang telah direncanakan dari sub-bab sebelumnya berdasarkan penelitian tugas akhir ini. Berdasarkan Gambar 3 merupakan sebuah gambar perancangan *hardware* yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini. Sistem perancangan *hardware* ini akan direncanakan dan dibuat sebagai sistem pendukung dari penelitian tugas akhir ini agar dapat dilakukan dengan hasil masukan dan keluaran yang diinginkan.



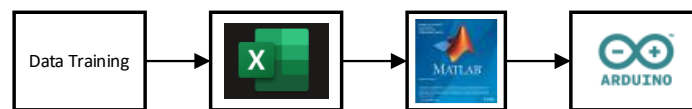


Gambar 3: Perancangan Hardware

Penggunaan *input* pada penelitian ini berupa sensor yang akan menghasilkan data masukan dan penggunaan *output* berupa aktuator sebagai sistem kerja. Pada bagian atas terlihat sebuah sensor pH, sensor TDS dan sensor suhu *waterproof* sebagai *input*-an yang pertama, *input*-an ini terhubung pada modul ESP32. Hasil dari pembacaan data dari sensor akan diproses pada modul ESP32 dan menampilkan data awal pada LCD. Pada samping kanan adalah bagian aktuator, aktuator akan menyala jika menerima sinyal dari *kontroller* sebagai alat penyedot air, pengaduk cairan dan pemanas air dengan indikasi *pilot lamp* menyala. pada bagian input berupa sensor yaitu sensor pH, sensor TDS, sensor suhu, sensor EC dan sensor *water flow*. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi sampel air yang telah di filtrasi lalu mengirim data pada modul ESP32 dan menampilkan data pada LCD.

2.3 Perancangan Software

Dalam sub-bab ini akan menjelaskan tentang penggunaan *software* yang akan diimplementasikan, dimana *software* akan digunakan atau difungsikan sebagai media analisa dalam penelitian tugas akhir ini. Penjelasan dari *software* sebagai berikut :



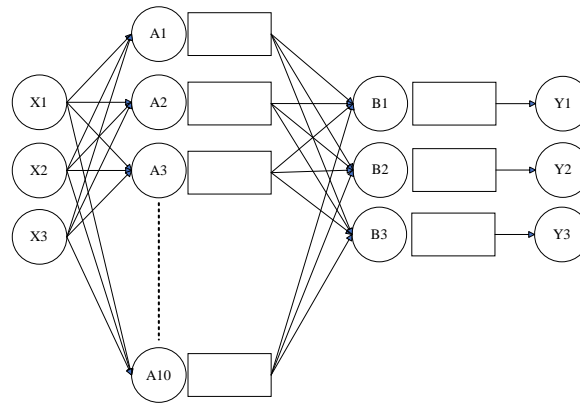
Gambar 4: Perancangan Software

Pada Gambar 4 merupakan gambar yang menjelaskan urutan dari sistem perencanaan *software* pada penelitian tugas akhir ini. *Plant* sistem ini diawali dengan sampel data parameter baku mutu air kelas 1 dan parameter kelas lainnya. sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021 untuk menemukan *set-point*, kemudian dari data tersebut disebut dengan data training yang akan menghasilkan sebuah model, data tersebut akan dimasukkan ke *software* Microsoft Excel, kemudian dilanjutkan dengan proses pengambilan dataset dengan proses training dan testing dengan bantuan *software* MATLAB, setelah proses mendapatkan data model bobot dan bias pada input output maka selanjutnya akan dimasukkan pada *software* Arduino IDE untuk memproses klasifikasi jenis keluaran kadar air yang telah didapatkan.

2.4 perancangan sistem

Perancangan sistem klasifikasi struktur *Neural Network* yang akan digunakan untuk sistem klasifikasikan jenis parameter baku mutu air yang sesuai dengan kategorinya akan dijelaskan pada struktur perancangan jaringan neural network, seperti yang terlihat pada Gambar 5 sebagai berikut.





Gambar 5: Perancangan Sistem

Pada Gambar 5 menggambarkan struktur sebuah jaringan atau sistem pemrosesan data yang digunakan dalam konteks sistem klasifikasi. Di bagian kiri gambar, terdapat tiga node yang diberi label X1, X2, dan X3, yang berfungsi sebagai variabel input atau fitur-fitur yang akan dimasukkan ke dalam sistem. Node-node ini mewakili data mentah dari sensor yang akan diproses lebih lanjut. Kemudian, data dari node input ini diteruskan ke lapisan tengah yang terdiri dari beberapa node yang diberi label A1, A2, A3, hingga A10. Lapisan ini dikenal sebagai lapisan tersembunyi atau hidden layer dalam jaringan neural. Node-node pada lapisan berfungsi untuk memproses informasi yang diterima dari lapisan input melalui serangkaian operasi matematis atau fungsi aktivasi. Setiap node di lapisan ini terhubung ke semua node di lapisan input, yang menunjukkan bahwa setiap fitur input diperhitungkan dalam setiap node di lapisan tersembunyi. Setelah diproses oleh lapisan tersembunyi, informasi kemudian diteruskan ke lapisan berikutnya yang terdiri dari node B1, B2, dan B3. Node-node ini mewakili proses lebih lanjut dari data yang telah diproses di lapisan tersembunyi. Hasil dari node B1, B2, dan B3 akan diteruskan ke node output yang diberi label Y1, Y2, dan Y3. Node-node output ini memberikan hasil akhir dari seluruh proses dalam bentuk output yang siap digunakan atau dianalisis. Output dari penelitian tugas akhir ini berperan sebagai sistem klasifikasi data baku mutu air kelas 1, kelas 2 atau kelas 3 dan kelas 4. Jika sistem menerima kondisi air dalam keadaan kelas 1 dengan pelabelan angka 1 pada output maka pompa OFF, jika sistem menerima kondisi air dalam keadaan kelas 2 dan 3 dengan pelabelan angka 2 maka pompa ON melakukan sistem looping dan jika sistem menerima kondisi air dalam keadaan kelas 4 dengan pelabelan angka 3 maka pompa ON melakukan sistem looping.

TABEL 1: Data klasifikasi pelabelan input dan output

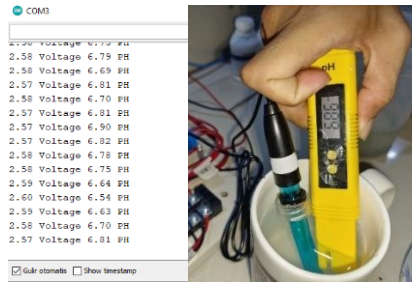
No	Input	Output		
		Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3
1.	TDS	<300 PPM	<1000 PPM	<2000
2.	pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
3.	EC	<600 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	<4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Setelah menemukan data yang akan diklasifikasikan pada sistem maka selanjutnya dilakukan pelabelan pada data yang sesuai dengan parameter baku mutu air kelas 1, baku mutu air kelas 2, parameter baku mutu air kelas 3 dan baku mutu air kelas 4 yang sesuai dengan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup [13]. Dalam penulisan output baku mutu air kelas 1 diberi pelabelan dengan label kategori 1, untuk kategori 2 merupakan label dari baku mutu air kelas 2 dan 3, kategori ini disamakan karena nilai dari parameter TDS pada air tidak ada perbedaan nilai antara baku mutu air kelas 2 dan baku mutu air kelas 3, sedangkan untuk label kategori 3 ini merupakan pelabelan dari baku mutu air kelas 4.



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 pengujian sensor



Gambar 6: Pengujian Sensor pH

Berikut merupakan sebuah data hasil dari pengujian sensor pH yang akan ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini.

TABEL 2: Data pengujian sensor pH

No.	Validasi	Voltage	Serial Monitor	Persentase Error	Persentase Rata-rata Error
1.		2.72	4.02	0.03%	
2.		2.72	4.02	0.03%	
3.		2.73	4.01	0.04%	
4.		2.73	4.00	0.05%	
5.		2.72	4.02	0.03%	
6.	4.05	2.73	4.03	0.02%	0.02%
7.		2.71	4.00	0.05%	
8.		2.73	4.04	0.01%	
9.		2.71	4.02	0.03%	
10.		2.73	4.04	0.01%	
11.		2.58	6.79	1.02%	
12.		2.58	6.69	2.32%	
13.		2.57	6.81	0.73%	
14.		2.58	6.70	2.18%	
15.		2.57	6.81	0.73%	
16.	7	2.57	6.90	0.58%	1.18%
17.		2.57	6.82	0.44%	
18.		2.58	6.78	0.87%	
19.		2.58	6.75	1.17%	
20.		2.59	6.64	3.20%	
Rata-rata				0.6%	

Setelah melakukan pengujian sensor pH dengan menggunakan buffer pH 4 *powder* telah didapatkan nilai pH menggunakan validasi pH meter dengan nilai 4,05, maka didapatkan nilai rata-rata dari pembacaan sensor sebesar 0,029%, sedangkan pengujian sensor pH dengan menggunakan buffer pH 7 *powder* telah didapatkan nilai pH menggunakan validasi pH meter dengan nilai 6.86, maka didapatkan nilai rata-rata dari pembacaan sensor sebesar 1.18%. Setelah melakukan pengujian menggunakan 2 buffer maka telah didapatkan nilai rata-rata error% pembacaan sensor sebesar 0.6%.

Setelah dilakukan pengujian validasi sensor pH dengan menggunakan pH meter maka selanjutnya dilakukan pengujian validasi sensor TDS dengan menggunakan TDS meter dan pengujian validasi menggunakan 2 sampel yaitu :

1. sampel air kolam.
2. sampel air PDAM.

Berikut merupakan tampilan dari pengujian validasi sensor seperti yang terlihat pada Gambar 7.





Gambar 7: MotPengujian Sensor TDS

Berikut merupakan sebuah data hasil dari pengujian sensor TDS dengan validasi sensor yang akan ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

TABEL 3: Data pengujian sensor TDS

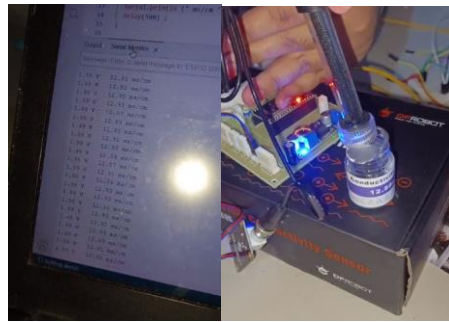
No.	Validasi	Voltage	Serial Monitor	Persentase Error	Persentase Rata-rata Error
1.	1107 ppm	1,81	1095	1.08%	1.17%
2.		1,82	1098	0.81%	
3.		1,81	1093	1.26%	
4.		1,81	1091	1.44%	
5.		1,81	1094	1.17%	
6.		1,81	1093	1.26%	
7.		1,81	1094	1.17%	
8.		1,81	1093	1.26%	
9.		1,82	1098	0.81%	
10.		1,81	1091	1.44%	
11.	336 ppm	1,03	334	0.60%	0.43%
12.		1,03	333	0.89%	
13.		1,03	332	1.19%	
14.		1,03	336	0%	
15.		1,03	335	0.30%	
16.		1,03	337	0.30%	
17.		1,02	329	2.08%	
18.		1,03	336	0%	
19.		1,03	335	0.30%	
20.		1,03	337	0.30%	
		Rata-rata			0.8%

Setelah melakukan pengujian sensor TDS dengan menggunakan sampel air kolam telah didapatkan nilai TDS menggunakan validasi TDS meter dengan nilai 1107 ppm, maka didapatkan nilai rata-rata dari pembacaan sensor sebesar 1.17%, sedangkan pengujian sensor TDS dengan menggunakan sampel air PDAM telah didapatkan nilai TDS menggunakan validasi TDS meter dengan nilai 336 ppm, maka didapatkan nilai rata-rata dari pembacaan sensor sebesar 0.43%. Setelah melakukan pengujian menggunakan 2 sampel air maka telah didapatkan nilai rata-rata error% pembacaan sensor sebesar 0.8%.

Setelah dilakukan pengujian validasi sensor TDS dengan menggunakan TDS meter maka selanjutnya dilakukan proses pengujian dan validasi sensor EC dengan membandingkan buffer EC dengan nilai 1413 us/cm dan 12.88



ms/cm ditampilkan pada serial monitor. Berikut merupakan hasil dari pengujian validasi sensor EC seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8: Motor AC 3 Phase

Berikut merupakan sebuah data hasil dari pengujian sensor suhu yang akan ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini.

TABEL 4: Data pengujian sensor EC

No.	Validasi	Voltage	Serial Monitor	Persentase Error	Persentase Rata-rata Error
1.		0,18	1,42	0.50%	
2.		0,18	1,41	0.21%	
3.		0,18	1,41	0.21%	
4.		0,18	1,43	1.20%	
5.	Buffer 1,413 ms/cm	0,18	1,40	0.92%	0.64%
6.		0,18	1,41	0.21%	
7.		0,18	1,41	0.21%	
8.		0,18	1,43	1.20%	
9.		0,18	1,41	0.21%	
10.		0,18	1,41	0.21%	
11.		1,98	12,86	0.10%	
12.		1,96	12,77	0.70%	
13.		1,98	12,91	0.23%	
14.		1,99	12,92	0.15%	
15.	Buffer 12,88 ms/cm	1,99	12,92	0.15%	0.23%
16.		1,98	12,89	0.23%	
17.		1,99	12,92	0.15%	
18.		1,99	12,94	0.31%	
19.		1,98	12,9	0.31%	
20.		1,99	12,92	0.15%	
Rata-rata					0.43%

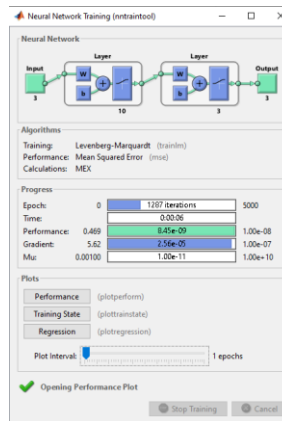
Setelah melakukan pengujian sensor EC dengan menggunakan Buffer 1,413 ms/cm telah didapatkan nilai EC menggunakan EC meter dengan nilai EC sebesar 1.413 ms/cm (milisemens/cm), maka didapatkan nilai rata-rata dari pembacaan sensor sebesar 0,64%, sedangkan pengujian sensor EC dengan menggunakan Buffer 12,88 ms/cm telah didapatkan nilai EC menggunakan EC meter dengan nilai EC sebesar dengan nilai suhu sebesar 12.88 ms/cm (milisemens/cm), maka didapatkan nilai rata-rata dari pembacaan sensor sebesar 0.23%. Setelah melakukan pengujian menggunakan 2 buffer maka telah didapatkan nilai rata-rata error% pembacaan sensor sebesar 0.43%.

3.2 Pemodelan Neural Network

Tahapan training Neural Network berfungsi sebagai sistem pengoptimalan sebuah parameter dan bobot model yang berdasarkan tingkat ketepatan menentukan sebuah pola yang tersembunyi atau ketepatan prediksi sebagai

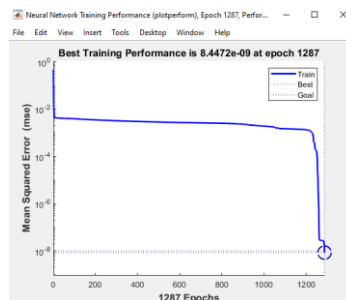


pengoptimalan sebuah prediksi. Tahapan training akan ditentukan berdasarkan dari indikasi sebuah program. Berikut merupakan struktur training data seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9: Arsitektur NN

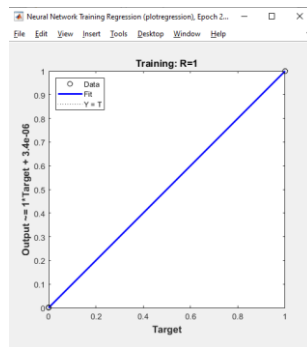
Setelah dilakukan sebuah training data menggunakan trainlm (memperbarui bobot dan nilai bias menurut optimasi Levenberg-Marquardt) maka akan didapatkannya sebuah bobot dan bias atau sebuah literasi yang akan digunakan sebagai pembobotan pada program ESP32. Dalam pelatihan data menggunakan metode Neural Network telah dilakukan parameter epoch yang dieksekusi sebanyak 5000 step dengan literasi sebanyak 1287 literations. Dalam penelitian ini digunakan input sebanyak 3 dengan jumlah hidden layer 1 dengan jumlah neuron pada layer sebanyak 10. Hasil performa terbaik dari pelatihan jaringan neural dalam grafik waktu adalah 8.4472×10^{-9} . angka tersebut menunjukkan bahwa Mean Squared Error (MSE) yang dicapai setelah 1287 epoch sangat kecil, menunjukkan bahwa model pada training memiliki kesalahan pelatihan yang sangat rendah. Berikut merupakan hasil performance dari proses training seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10: Hasil performance Neural Network

Setelah dilakukan pelatihan dataset maka didapatkan visualisasi grafik akurasi. Berikut merupakan tampilan dari hasil evaluasi berdasarkan data training seperti yang tertampil pada Gambar 11.





Gambar 21: Hasil Proses Testing

Hasil valuasi model berdasarkan data Training seperti yang terlihat pada Gambar 11 yang menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Visualisasi grafik memperlihatkan korelasi yang kuat antara nilai aktual (x_t) yang disimbolkan garis biru dan nilai prediksi (y_t) yang disimbolkan tanda bundar (O), maka dari hasil prosesmenunjukkan bahwa model jaringan saraf yang dilatih memiliki akurasi yang sangat tinggi, ditunjukkan oleh nilai $R=1$ dan plot yang menunjukkan titik-titik data hampir sempurna berada di garis $Y=T$. Artinya, prediksi yang dihasilkan oleh model sangat sesuai dengan nilai target yang sebenarnya.

3.2 hasil pengujian sistem

Pada sub-bab ini akan menjelaskan hasil dari percobaan metode neural network yang tertanam pada mikrokontroler ESP32, metode neural network berfungsi sebagai sistem klasifikasi dari hasil pembacaan nilai input. Hasil dari percobaan klasifikasi pada sistem penelitian tugas akhir ini akan ditampilkan pada Gambar 12 sebagai berikut :



Gambar 32: Percobaan Klasifikasi

Setelah dilakukan pengujian sistem menggunakan metode *Neural Network* maka selanjutnya dilakukan mencatat hasil dari percobaan sistem menggunakan metode *Neural Network*. Hasil dari pembacaan input akan ditampilkan pada Tabel 5 sebagai berikut :

TABEL 5: Hasil Percobaan Sistem Menggunakan Metode Neural Network

Percobaan	TDS (PPM)	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Hasil Klasifikasi
1	270	7	540	Kategori 1
2	234	6.8	468	Kategori 1
3	289	6.8	578	Kategori 1
4	278	6.9	556	Kategori 1
5	269	7	538	Kategori 1
6	286	7	572	Kategori 1
7	247	7.4	494	Kategori 1
8	569	8.3	1138	Kategori 2



9	636	6.8	1272	Kategori 2
10	388	7	776	Kategori 2
11	963	8.2	1926	Kategori 2
12	1549	7.1	3097	Kategori 3
13	1916	7.8	3832	Kategori 3
14	1786	6.9	3571	Kategori 3
15	1619	7.7	3238	Kategori 3

Setelah didapatkan hasil percobaan sistem menggunakan metode *Neural Network* telah didapatkan dengan hasil klasifikasi sebanyak 15 percobaan dengan hasil pembacaan kategori kelas 1 sebanyak 7, kategori 2 sebanyak 4 dan kategori 3 sebanyak 4.

4. KESIMPULAN

Sistem filtrasi reverse osmosis memiliki sensor dengan akurasi dan keandalan yang tinggi dalam mengukur berbagai parameter kualitas air. Sensor pH (SEN-0131) menunjukkan kesalahan rata-rata sekitar ± 0.05 pH, memberikan indikasi akurasi yang baik dalam mendeteksi tingkat keasaman air. Sensor TDS memiliki kesalahan rata-rata $\pm 10\%$, sementara sensor suhu (LM35) menunjukkan tingkat akurasi dengan kesalahan sekitar $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Sensor EC, yang mengukur konduktivitas listrik air, memiliki kesalahan rata-rata sekitar 0.43%, menunjukkan akurasi yang baik dalam pengukuran konduktivitas. Sensor water flow, yang digunakan untuk mengukur aliran air, menunjukkan kesalahan rata-rata 0.65%, dengan kesalahan terbesar sebesar 1.33%. Implementasi metode *Neural Network* dalam sistem prototype filtrasi reverse osmosis menunjukkan bahwa model yang digunakan memiliki akurasi tinggi sebesar 100% dari 15 percobaan sistem klasifikasi menggunakan metode *Neural Network* dengan 7 percobaan pembacaan kategori 1, 4 percobaan kategori 2 dan 4 percobaan kategori 3. Implementasi sistem prototype filtrasi reverse osmosis menggunakan metode *Neural Network* menunjukkan hasil yang signifikan dalam klasifikasi jenis parameter air sesuai dengan kategori 1. Sistem ini berhasil mengintegrasikan sensor untuk mendeteksi kandungan TDS, pH dan EC, serta menggunakan modul ESP32 untuk pengolahan data dan menampilkan hasilnya pada LCD. Proses filtrasi dilakukan dengan efektif, dimana hasil akhir menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan kualitas air dengan akurasi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hadiano, N., Novitasari, H. B., & Rahmawati, A. (2019). Klasifikasi Peminjaman Nasabah Bank Menggunakan Metode *Neural Network*. *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, 15(2), 163–170. <https://doi.org/10.33480/pilar.v15i2.658>
- [2] Humam, N., Pendidikan, P., & Iv, D. (2022). No Title.
- [3] Imran, A. (2020). Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan esp32. 17(2).
- [4] Marinus, F., Yulianti, B., Haryanti, D. A. N. M., Studi, P., Elektro, T., Dirgantara, U., & Suryadarma, M. (2020). ARDUINO UNO PADA TANAMAN TOMAT. 78–89.
- [5] Meidinariasty, A., Zamhari, M., & Septiani, D. (2019). Uji Kinerja Membran Mikrofiltrasi Dan Reverse Osmosis Pada Proses Pengolahan Air Reservoir Menjadi Air Minum Isi Ulang Performance Test of Microfiltration and Reverse Osmosis Membrane in Processing Reservoir Water Become Refilled Drinking Water. *Jurnal Kinetika*, 10(03), 35–41.
- [6] Munandar, A., David, N., Veronika, M., Abdullah, D., & Sahputra, E. (2023). Miniature Design of Liquid Filling Machine Automatically Using ESP32 Based IOT (Internet of Things) Perancangan Miniatur Mesin Pengisi Cairan Otomatis Menggunakan ESP32 Berbasis IOT (Internet of Things). 3(1), 69–78.
- [7] Rahmanto, Y., Burlian, A., & Samsugi, S. (2021). Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.33365/jtst.v2i1.975>
- [8] Ramadhon, T. H., Irfin, Z., & Nugroho, A. (2023). DAUR ULANG AIR LIMBAH MENGGUNAKAN REVERSE OSMOSIS UNTUK MAKE UP WATER COOLING TOWER DI PT NUTRICIA INDONESIA SEJAHTERA. 9(9), 137–145.
- [9] Rhendy, R., & Rahman, A. H. (2019). Perancangan Dan Implementasi Keran Air Otomatis Dengan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino. *Comasiejournal*, 1(01), 92–101.
- [10] Rianti, W., & Harahap, E. (2021). Pengolahan Data Hasil Penjualan Online Menggunakan Aplikasi Microsoft Excel. *Matematika: Jurnal Teori Dan Terapan Matematika*, 20(2), 69–76. <https://journals.unisba.ac.id/index.php/matematika/article/view/1553>
- [11] Sefentry, A., & Masriatini, R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Membran Reverse Osmosis (RO) Pada Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Bersih. *Jurnal Redoks*, 5(1), 58. <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i1.4128>
- [12] Setiawan, K., & Sonalitha, E. (2023). Monitoring Kualitas Air pada Aquarium Berbasis Internet of Things (IoT).
- [13] Singgih, H. S., Subiyantoro, S., & Siswoko, S. (2019). Aplikasi Kontrol Pid Pada Proses Pengolahan Air Laut Menggunakan Metode Reverse Osmosis Berbasis Dcs. *Jurnal Eltek*, 17(2), 32. <https://doi.org/10.33795/eltek.v17i2.157>

