

**PREDIKSI NILAI PH LARUTAN BERDASARKAN ANALISIS POLA RGB
MENGUNAKAN JST *BACKPROPAGATION***

(Skripsi)

Oleh

**AISYAH SAFITRI
NPM 2114071037**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PREDIKSI NILAI PH LARUTAN BERDASARKAN ANALISIS POLA RGB MENGUNAKAN JST *BACKPROPAGATION*

Oleh

AISYAH SAFITRI

Pengukuran tingkat keasaman dan kebasaan secara akurat sangat penting dalam berbagai bidang seperti kimia, pertanian, dan pemantauan lingkungan. Metode konvensional seperti pH meter dan indikator warna seringkali memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi, biaya, serta risiko kontaminasi. Penelitian ini mengusulkan metode baru untuk memprediksi nilai pH larutan berdasarkan analisis pola warna RGB dari citra digital yang dikombinasikan dengan data intensitas cahaya, menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan algoritma *backpropagation*. Sampel larutan asam (H_2SO_4) dan basa (NaOH) disiapkan baik dengan maupun tanpa indikator pH, dan citra diambil dalam kondisi pencahayaan serta latar belakang yang bervariasi. Nilai RGB dan intensitas cahaya digunakan sebagai *input* JST dengan arsitektur 4-4-4-1. Data dilatih dan diuji menggunakan program Python sederhana dengan 27 kombinasi fungsi aktivasi. Hasil menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara pola RGB dan nilai pH. Model JST terbaik diperoleh pada kondisi latar belakang putih dengan indikator pH, menggunakan kombinasi fungsi aktivasi *linear-tanh-sigmoid*, yang menghasilkan akurasi tertinggi $R^2 = 0,890$ dan RMSE terendah 1,540. Metode ini terbukti efisien, non-invasif, dan berbiaya rendah, serta menjanjikan sebagai alternatif pemantauan pH di berbagai sektor tanpa memerlukan peralatan laboratorium yang kompleks.

Kata kunci : pH, RGB, citra digital, intensitas cahaya, jaringan saraf tiruan, *backpropagation*, prediksi

ABSTRACT

PREDICTION OF SOLUTION pH VALUE BASED ON RGB COLOR PATTERN ANALYSIS USING BACKPROPAGATION ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

BY

AISYAH SAFITRI

Accurate measurement of acidity and alkalinity is essential across diverse disciplines such as chemistry, agriculture, and environmental monitoring. Traditional methods, including pH meters and color indicators, often suffer from drawbacks related to efficiency, cost, and contamination risk. This study proposes a novel method for predicting solution pH using RGB color pattern analysis from digital images combined with light intensity data, processed through an Artificial Neural Network (ANN) employing the backpropagation algorithm. Acidic (H_2SO_4) and basic (NaOH) solution samples were prepared both with and without pH indicators, and images were captured under varied lighting and background conditions. RGB values and light intensity were used as ANN inputs, structured in a 4-4-4-1 architecture. The data was trained and tested using a simple Python program with 27 activation function combinations. Results indicate a strong correlation between RGB patterns and pH values. The optimal ANN model was obtained under white background conditions with a pH indicator, using a linear-tanh-sigmoid activation function, yielding the highest accuracy $R^2 = 0.890$ and lowest RMSE 1.540. This method is demonstrated to be efficient, non-invasive, and low-cost, presenting a promising alternative for pH monitoring in various sectors without the need for complex laboratory equipment.

Keywords : pH, RGB, digital image, light intensity, artificial neural network, backpropagation, prediction

**PREDIKSI NILAI PH LARUTAN BERDASARKAN ANALISIS POLA RGB
MENGUNAKAN JST *BACKPROPAGATION***

**Oleh
AISYAH SAFITRI**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

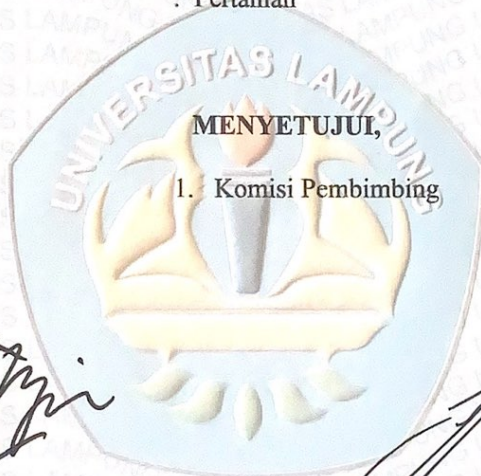
Judul : PREDIKSI NILAI PH LARUTAN
BERDASARKAN ANALISIS POLA RGB
MENGUNAKAN JST *BACKPROPAGATION*

Nama Mahasiswa : Aisyah Safitri

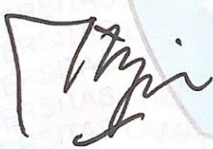
Nomor Pokok Mahasiswa : 2114071037

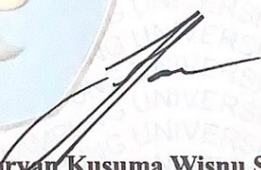
Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian

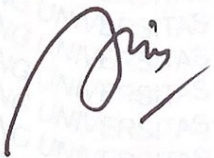


1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.
NIP. 196112111987031004


Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.
NIP. 199002262019031012

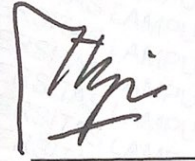
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Warji S.T.P., M., Si., IPM
NIP. 197801022003121001

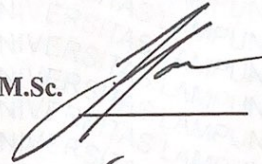
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

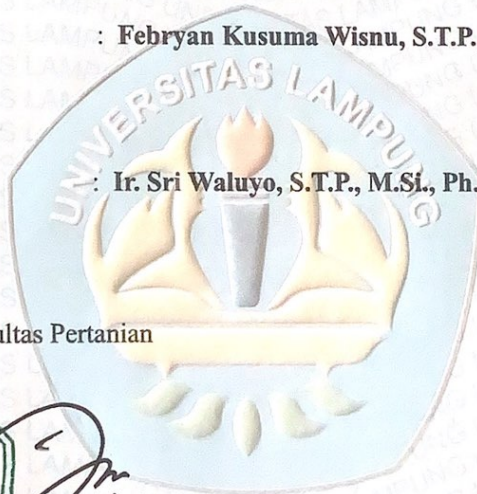
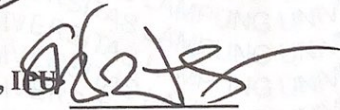
Ketua : Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc.



Sekretaris : Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.



Penguji : Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Juni 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Bersamaan dengan pernyataan ini saya Aisyah Safitri, NPM 2114071037, menyatakan bahwa apa yang saya tuangkan dalam pembuatan karya ilmiah ini merupakan tulisan saya sebagai syarat kelulusan saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. dan 2) Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc. Karya tulis ini saya tulis berdasarkan pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri berdasarkan hasil rujukan dari beberapa sumber terpercaya lain seperti buku, jurnal, dll yang telah dipublikasikan atau dengan kata lain bukan hasil plagiat karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 18 Juni 2025
Yang membuat pernyataan



Aisyah Safitri
NPM. 2114071037

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bekasi, Provinsi Jawa Barat pada hari Selasa tanggal 23 September 2003. Penulis merupakan anak kelima dari enam bersaudara putri dari Bapak Epi Sondiah dan Ibu Senorita. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SDS Angkasa 4 Halim Perdana Kusumah Jakarta Timur, lulus pada tahun 2015. Sekolah Menengah Pertama di SMP Angkasa Halim Perdana Kusumah Jakarta Timur, lulus pada tahun 2018. Sekolah Menengah Atas di SMA Muhammadiyah 1 Metro dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Dosen dalam mata kuliah Fisika Dasar pada tahun 2022 dan Asisten Dosen dalam mata kuliah Riset Operasi pada tahun 2024. Penulis juga aktif dalam organisasi yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP). Penulis pernah menjadi Sekretaris Bidang Informasi dan Komunikasi (Infokom) PERMATEP pada periode 2024.

Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 Tahun 2024 selama 40 hari terhitung pada bulan Januari sampai Februari tahun 2024 di Desa Gedung Aji Kecamatan Gedung Aji, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis melaksanakan Praktek Umum (PU) selama 30 hari kerja terhitung pada bulan Juni sampai Agustus tahun 2024 di CV Casa Farm Hidroponik Kabupaten Bandung Barat. dengan judul kegiatan yaitu “ Mempelajari Budidaya Sayuran Hidroponik Sistem DFT (*Deep Flow Technique*) di CV Casa Farm Hidroponik Kecamatan Lembang Kabupaten Bandung”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

"Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang telah melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu"
(Umar bin Khattab)

Dengan penuh rasa syukur atas Ridho Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mempersembahkan hasil karya ini kepada :

Diriku Sendiri

Kedua orang tua kandungku Ayah Epi Sondiah dan Ibu Seniorita

Terima kasih atas segala kasih sayang dan perjuangan dalam membesarkan ku.

Terima kasih selalu sabar dan selalu mendukung segala kegiatanku, baik dukungan moril maupun materil yang senantiasa diberikan untuk keberhasilan dan kebahagiaanku. Tanpa doa dan restu kalian, aku belum tentu sampai di titik ini.

Saudara kandungku Kakak Irma Evianti, Kakak Puteri Anggreyni, Kakak Anisha Safitri, Kakak Rifki Sondia, dan Adik kesayanganku Muhammad Akbar Sondia

Terima kasih selalu memberikan dukungan dan semangat kepadaku.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selawat dan salam selalu tercurah kepada suri tauladan seluruh umat islam Nabi Allah Muhammad SAW, yang senantiasa kita nantikan syafaatnya di yaumul kiyamah, Amin.

Skripsi yang berjudul “ **PREDIKSI NILAI PH LARUTAN BERDASARKAN ANALISIS POLA RGB MENGGUNAKAN JST *BACKPROPAGATION*** ” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dalam pelaksanaan penelitian maupun penulisan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M. ASEAN Eng,. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Warji, S.TP., M.Si., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi.
5. Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc. selaku pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasehat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi.

6. Ir. Sri Waluyo, S.T.P., M.Si., Ph.D., IPU selaku dosen pembahas yang telah memberikan nasehat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi.
7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman serta bantuan, baik dalam perkuliahan atau lainnya.
8. Kedua orang tua tersayang saya Ayah Epi Sondiah dan Ibu Seniorita yang selalu memberikan kasih sayang, cinta, semangat, doa, dan dukungan baik secara moril maupun secara materil yang tiada hentinya kepada saya. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat ibu dan ayah bahagia, semoga Allah permudah setiap Langkah kaki ini dalam mewujudkan keinginan Ayah dan Ibu, sehingga peneliti dapat membalas semua jerih payah Ayah dan Ibu selama ini. Dan semoga Ayah dan Ibu selalu diberikan kesehatan serta umur yang panjang oleh Allah AWT *Aamiin*. Terakhir, terima kasih sudah menjadi alasan saya bertahan sampai detik ini.
9. Kepada saudara kadung saya Kakak Irma Evianti, Kakak Puteri Anggreyni, Kakak Anisha Safitri, Kakak Rifki Sondia, dan Adik kesayanganku Muhammad Akbar Sondia terimakasih atas banyak dukungannya secara moril maupun materil, terimakasih juga atas segala motivasi dan dukungannya yang diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana.
10. Sahabat terbaik saya selama kuliah Cece, Indah, Isel, Runi, Tias, Cia yang selalu membantu selama masa perkuliahan hingga pengerjaan skripsi ini.
11. Keluarga Teknik Pertanian 2021 yang telah membantu penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
12. Kepada partner spesial Muhammad Hisyam Alfawwaz AS yang selalu menemani dan selalu menjadi support sistem penulis pada hari yang tidak mudah dalam proses pengerjaan skripsi. Terimakasih telah mendengarkan keluh kesah, berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, memberikan dukungan, tenaga dan senantiasa sabar dalam menghadapi saya.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini belum sempurna. akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Juni 2025

Penulis,

Aisyah Safitri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Hipotesis Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 pH (<i>Potential of Hydrogen</i>).....	6
2.2 Metode Pengukuran pH.....	6
2.3 Citra Digital	7
2.4 Pola RGB (<i>Red, Green, Blue</i>).....	9
2.5 Python.....	11
2.6 Jaringan Saraf Tiruan (JST).....	12
2.7 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Metode <i>Backpropagation</i>	12
2.8 Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan	13
2.9 Metode <i>Backpropagation</i>	15
2.10 Analisis RGB	15
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat.....	17
3.2.2 Bahan	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	18

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan	19
3.3.2 Pengambilan Data Citra Digital	21
3.3.3 Pengoperasian pada Program Python	22
3.3.4 Metode Jaringan Saraf Tiruan	24
3.3.5 Pengolahan Data	25
3.3.5.1 Pengembangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Pengaruh Daya Lampu (<i>watt</i>) Terhadap Intensitas Cahaya (<i>lux</i>)	27
4.2 Hubungan Nilai pH dengan RGB	28
4.2.1 Pengukuran RGB Larutan dengan menggunakan Indikator pH dan Latar Belakang Putih	29
4.2.2 Pengukuran RGB Larutan Tanpa Indikator pH dengan Latar Belakang Merah	32
4.2.3 Pengukuran RGB Larutan Tanpa Indikator pH dengan Latar Belakang Hitam	34
4.3 Pengaruh Intensitas Cahaya (<i>lux</i>) Terhadap Nilai RGB dalam pengukuran pH Larutan	35
4.3.1 Pengaruh Intensitas Cahaya pada pengukuran RGB dengan latar Belakang Merah	36
4.3.2 Pengaruh Intensitas Cahaya pada pengukuran RGB dengan latar Belakang Hitam	39
4.3.3 Pengaruh Intensitas Cahaya pada pengukuran RGB dengan latar Belakang Putih dengan Indikator pH	41
4.4 Analisis Jaringan Saraf Tiruan	44
4.4.1 Pelatihan dan Pengujian Model JST	44
4.4.1.2 Pelatihan dan Pengujian Model JST dengan Latar Belakang Merah (Model 1)	45
4.4.1.1 Pelatihan dan Pengujian Model JST dengan Latar Belakang Hitam (Model 2)	47
4.4.1.2 Pelatihan dan Pengujian Model JST dengan Latar Belakang Putih dan Indikator pH (Model 3)	50
4.4.2 Model Jaringan Saraf Tiruan (JST)	54
V. KESIMPULAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
Tabel 1.	Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Hubungan Nilai pH dengan RGB dan Intensitas Cahaya Pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Merah pada Variasi Fungsi Aktivasi	45
Tabel 2.	Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Hubungan Nilai pH dengan RGB dan Intensitas Cahaya Pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Hitam pada Variasi Fungsi Aktivasi	48
Tabel 3.	Hasil Pelatihan dan Pengujian Model JST Hubungan Nilai pH dengan RGB serta Intensitas Cahaya pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Putih dan Indikator pH	50
<i>Lampiran</i>		
Tabel 4.	Data Pelatihan JST dengan Latar Belakang Merah (Model 1).....	67
Tabel 5.	Data Pengujian JST dengan Latar Belakang Merah (Model 1).....	73
Tabel 6.	Hasil Pelatihan JST Terbaik <i>Tanh-Tanh-Linear</i> (Model 1)	74
Tabel 7.	Hasil Pengujian JST Terbaik <i>Tanh-Tanh-Linear</i> (Model 1)	80
Tabel 8.	Data Pelatihan JST dengan Latar Belakang Hitam (Model 2)	82
Tabel 9.	Data Pengujian JST dengan Latar Belakang Hitam (Model 2)	88
Tabel 10.	Hasil Pelatihan JST Terbaik <i>Tanh-Tanh-Linear</i> (Model 2)	89
Tabel 11.	Hasil Pengujian JST Terbaik <i>Tanh-Tanh-Linear</i> (Model 2)	95
Tabel 12.	Data Pelatihan JST Latar Belakang Putih (Model 3)	97
Tabel 13.	Data Pengujian JST Latar Belakang Putih pH (Model 3)	103
Tabel 14.	Hasil Pelatihan JST Terbaik <i>Linear-Tanh-Sigmoid</i> (Model 3)	104
Tabel 15.	Hasil Pengujian JST Terbaik <i>Linear-Tanh-Sigmoid</i> (Model 3).....	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar	<i>Teks</i>	Halaman
Gambar 1.	Sistem koordinat citra berukuran M X N (M baris dan N kolom)	8
Gambar 2.	Citra dan nilai penyusun piksel	8
Gambar 3.	Notasi piksel dalam citra	9
Gambar 4.	Model warna RGB	10
Gambar 5.	Arsitektur backpropagation	12
Gambar 6.	Fungsi Sigmoid Biner	14
Gambar 7.	Fungsi Sigmoid Bipolar	14
Gambar 8.	Fungsi Identitas / Linear.....	15
Gambar 9.	Diagram alir tahapan penelitian	19
Gambar 10.	Kotak pengambilan citra	21
Gambar 11.	Diagram alir pengambilan data citra digital	22
Gambar 12.	Pengolahan citra digital RGB.....	23
Gambar 13.	Diagram alir metode JST <i>Backpropagation</i>	24
Gambar 14.	Intensitas Cahaya antar Daya Lampu.....	27
Gambar 15.	Grafik Hubungan antara Nilai pH dan Intensitas Warna RGB pada Larutan Asam dan Basa dengan Indikator	30
Gambar 16.(a)	Larutan Asam dengan Indikator pH Air Kol Ungu (b) Larutan Basa dengan Indikator pH Fenolftalein	31
Gambar 17.	Grafik Hubungan antara Nilai pH dan Intensitas Warna RGB pada Larutan dengan Latar Belakang Merah	32
Gambar 18.	Grafik Hubungan antara Nilai pH dan Intensitas Warna RGB pada Larutan dengan Latar Belakang Hitam.....	34
Gambar 19.	Grafik Intensitas Cahaya di Luar Laboratorium tanpa Kotak Citra .	36

Gambar 20. Respon RGB pada Pengukuran pH 1, 7, dan 13 dengan Latar Belakang Merah	37
Gambar 21. Respon RGB pada Pengukuran pH 1, 7, dan 13 dengan Latar Belakang Hitam	40
Gambar 22. Respon RGB pada Pengukuran pH 1, 7, dan 13 dengan Latar Belakang Putih dan Indikator pH.....	42
Gambar 23. Hasil Pelatihan Epoch Model 1 dengan Latar Belakang Merah	45
Gambar 24. Grafik Pelatihan JST Hubungan Nilai pH dengan RGB dan Intensitas Cahaya Pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Merah	46
Gambar 25. Grafik Pengujian JST Hubungan Nilai pH dengan RGB dan Intensitas Cahaya Pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Merah.....	47
Gambar 26. Hasil Pelatihan Epoch Model 2 dengan Latar Belakang Hitam.....	47
Gambar 27. Grafik Pelatihan JST Hubungan Nilai pH dengan RGB dan Intensitas Cahaya pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Hitam	49
Gambar 28. Grafik Pengujian JST Hubungan Nilai pH dengan RGB dan Intensitas Cahaya pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Hitam	49
Gambar 29. Hasil Pelatihan Epoch Model 3 dengan Latar Belakang Putih dan Indikator pH.....	50
Gambar 30. Grafik Pelatihan JST Hubungan Nilai pH dengan RGB serta Intensitas Cahaya pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Putih dan Indikator pH.....	51
Gambar 31. Grafik Pengujian JST Hubungan Nilai pH dengan RGB serta Intensitas Cahaya pada Larutan Menggunakan Latar Belakang Warna Putih dan Indikator pH.....	52

Lampiran

Gambar 32. Proses Pembuatan Larutan Asam dan Basa.....	112
Gambar 33. Bahan Pembuatan Larutan	112
Gambar 34. Hasil Pembuatan Larutan Asam dan Basa.....	113
Gambar 35. Indikator pH	113
Gambar 36. Proses Pengambilan Data RGB dan Intensitas Cahaya.....	114

Gambar 37. Analisis RGB dengan Python.....	114
--	-----

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengukuran pH adalah teknik fundamental yang digunakan dalam berbagai bidang seperti kimia, pertanian, farmasi, dan lingkungan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Pengukuran pH yang tepat sangat penting karena memengaruhi reaksi kimia dan stabilitas sistem yang terlibat. Metode konvensional yang paling umum digunakan untuk pengukuran pH adalah titrasi, penggunaan kertas lakmus, dan dengan alat pH meter. Metode titrasi adalah metode pengukuran langsung dengan hasil pengukuran yang sangat akurat. Namun metode analisis laboratorium ini memerlukan waktu persiapan yang cukup, dari alat dan bahan. Metode kertas lakmus hanya menunjukkan nilai kisaran atau kriteria asam dan basa, tidak menunjukkan nilai pH yang akurat. Metode elektrokimia (pH meter) dapat memberikan nilai yang cukup akurat dan cepat, namun membutuhkan perawatan dan kalibrasi yang rutin. Dalam industri yang membutuhkan pemantauan pH yang langsung, kontinyu, dan cepat, masalah pembersihan sensor elektroda atau probe kaca menjadi tantangan tersendiri karena sensor cepat sekali kotor dengan bahan yang diukur secara sentuh (Mettler and Toledo, 2016).

Teknologi pengolahan citra berbasis pola RGB menghadirkan solusi yang inovatif. Dengan menangkap gambar larutan menggunakan kamera digital, nilai intensitas warna (*Red, Green, Blue*) dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tingkat pH larutan. Metode ini menawarkan pendekatan non-invasif dan portabel, memanfaatkan perangkat yang mudah dijangkau, seperti kamera digital, tanpa

memerlukan kontak langsung dengan larutan (Li et al., 2020). Teknologi ini meningkatkan akurasi dan efisiensi pengukuran, memungkinkan pemantauan kotinyu (*real time*) yang penting untuk penelitian dan aplikasi praktis.

Potensi penggunaan teknologi pemrosesan citra untuk mengukur pH air cukup menjanjikan, khususnya melalui analisis perubahan kolorimetrik pada indikator yang sensitif terhadap pH (Steinegger et al., 2020). Dengan menangkap citra larutan yang berubah warna sebagai respons terhadap berbagai tingkat pH, algoritma pemrosesan citra yang canggih dapat mengekstraksi nilai RGB untuk menentukan keasaman atau alkalinitas larutan secara akurat (Fernandes et al., 2020). Sistem telah berkembang dengan memanfaatkan kamera dan intensitas cahaya untuk meningkatkan kualitas citra, yang memungkinkan analisis warna yang tepat yang berkorelasi dengan nilai pH tertentu (Wang et al., 2024).

Penelitian ini memanfaatkan Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memproses data pola RGB dari gambar citra larutan dan intensitas cahaya sebagai *input*. JST digunakan untuk mempelajari hubungan kompleks antara pola RGB dan nilai pH, sehingga mampu menghasilkan prediksi pH yang akurat dan adaptif terhadap variasi kondisi lingkungan (Gurubasava and Mahantesh, 2018). Studi telah menunjukkan bahwa Jaringan Saraf Tiruan (JST) dapat secara efektif mengklasifikasikan dan mengukur kadar pH berdasarkan kode warna RGB yang diekstrak dari citra kertas indikator atau larutan (Nair, 2019). Selain itu, fleksibilitas jaringan saraf memungkinkan perbaikan berkelanjutan melalui proses pelatihan berulang, meningkatkan kemampuan beradaptasi mereka terhadap berbagai kondisi lingkungan dan kalibrasi sensor. Oleh karena itu, integrasi pemodelan jaringan saraf tiruan dengan data RGB merupakan alat yang ampuh untuk penilaian pH air yang otomatis dan andal, terutama dalam aplikasi yang memerlukan pemantauan *real time*, seperti pengelolaan kualitas air (Aziz et al., 2021).

Keunggulan pendekatan ini dibandingkan metode konvensional meliputi sifatnya yang non-invasif, sehingga tidak memerlukan kontak langsung dengan larutan dan menghindari sensor menjadi kotor atau rusak. Dengan portabilitas yang tinggi, metode ini dapat digunakan di berbagai lokasi tanpa membutuhkan perangkat laboratorium besar. Oleh karena itu, pendekatan ini diharapkan menjadi alternatif yang efektif dan efisien untuk pengukuran pH dengan potensi aplikasi luas dalam berbagai sektor (Fsian et al., 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hubungan antara nilai pH dengan intensitas warna RGB?
2. Seberapa efektif analisis intensitas warna RGB dan intensitas cahaya dalam memprediksi nilai pH larutan?
3. Bagaimana kinerja Jaringan Saraf Tiruan (JST) dalam memprediksi nilai pH larutan berdasarkan data citra digital?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari hubungan antara nilai pH larutan dengan intensitas warna RGB
2. Menganalisis pengaruh variasi intensitas cahaya terhadap kestabilan dan akurasi nilai RGB dalam kondisi pH yang berbeda.
3. Membangun dan mengevaluasi model Jaringan Saraf Tiruan (JST) untuk memprediksi nilai pH berdasarkan *input* RGB dan intensitas cahaya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperkaya literatur mengenai metode alternatif pengukuran pH berbasis intensitas warna RGB dalam kimia analitik.
2. Menyediakan solusi pengukuran dan pemantauan pH larutan yang lebih efisien, cepat, dan tidak mudah kotor.
3. Penelitian ini membuka peluang untuk pengembangan teknologi digital dan Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang lebih lanjut.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu diperhatikan untuk menjaga fokus penelitian dan validitas hasil yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini tidak menggunakan indikator pH komersial, melainkan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) untuk membuat larutan asam dan natrium hidroksida (NaOH) untuk larutan basa.
 2. Citra larutan diperoleh menggunakan kamera digital standar, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipengaruhi oleh variasi resolusi dan akurasi reproduksi warna perangkat. Namun, kondisi ini dianggap mewakili situasi praktis di lapangan, sehingga tetap relevan dalam menguji potensi metode prediksi pH berbasis citra.
 3. Penelitian ini akan menggunakan program Python untuk mengolah data citra RGB serta pengujian JST dan menggunakan Excel untuk menganalisis data yang didapatkan.
 4. Penelitian ini juga tidak mencakup analisis faktor lingkungan seperti suhu atau kelembaban yang mungkin berdampak pada hasil pengukuran.
- Dengan demikian, fokus penelitian ini adalah pada pengembangan metode prediksi pH yang praktis dan sederhana, berdasarkan pola RGB dan dari larutan H_2SO_4 dan NaOH .

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat hubungan yang signifikan antara intensitas warna RGB yang dihasilkan dari citra digital dengan nilai pH larutan, sehingga pola warna RGB dapat digunakan untuk memprediksi nilai pH secara akurat.
2. Metode analisis pola RGB menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST) akan memberikan akurasi prediksi nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional seperti pH meter.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 pH (*Potential of Hydrogen*)

pH yang merupakan singkatan dari "*potential of hydrogen*," adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, di mana nilai pH 7 dianggap netral, nilai di bawah 7 menunjukkan sifat asam, dan nilai di atas 7 menunjukkan sifat basa. Definisi pH secara formal adalah logaritma negatif dari aktivitas ion hidrogen (H^+) dalam larutan berpelarut air. Aktivitas ion hidrogen ini tidak dapat diukur secara langsung, sehingga nilai pH biasanya dihitung berdasarkan pengukuran potensial listrik menggunakan elektrode khusus (Harris, 2015).

Pengukuran pH sangat penting dalam berbagai bidang, termasuk pertanian, kedokteran, dan pengolahan air. Dalam pertanian, pH tanah yang tepat sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, karena mempengaruhi ketersediaan nutrisi. Di bidang kedokteran, pH darah dan cairan tubuh lainnya dapat memberikan informasi penting tentang kesehatan seseorang. Selain itu, dalam pengolahan air, pemantauan pH membantu dalam mengidentifikasi kontaminasi dan menjaga kualitas air. Oleh karena itu, metode baru seperti analisis citra warna RGB menawarkan pendekatan alternatif yang lebih praktis.

2.2 Metode Pengukuran pH

Beragam metode pengukuran pH telah ada, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangan. Metode konvensional, seperti penggunaan indikator pH, sangat sederhana dan mudah diaplikasikan, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal

akurasi dan rentang pengukuran. Indikator ini hanya dapat memberikan estimasi pH dalam rentang tertentu dan tidak dapat digunakan untuk larutan yang sangat asam atau basa. Di sisi lain, pH meter menawarkan pengukuran yang lebih akurat dan dapat digunakan dalam berbagai kondisi, tetapi memerlukan kalibrasi yang teliti dan pemeliharaan yang rutin (Harris, 2015).

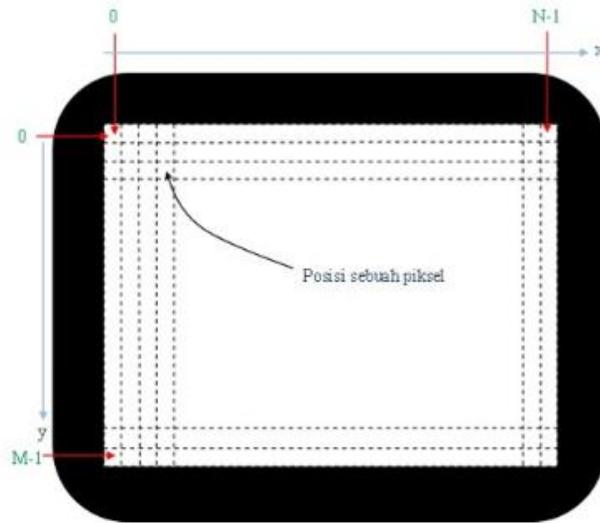
Dengan kemajuan teknologi, metode pengukuran pH terus berkembang, dan penelitian baru beradaptasi untuk mengintegrasikan teknik-teknik modern yang lebih efisien dan akurat.

2.3 Citra Digital

Citra digital merupakan gambar dua dimensi yang dapat diolah dengan komputer. Sebuah citra digital adalah sebuah matriks yang terdiri dari M kolom N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel. Piksel merupakan elemen terkecil dari sebuah citra. Setiap piksel memiliki 2 informasi yaitu koordinat dan intensitas citra warna.

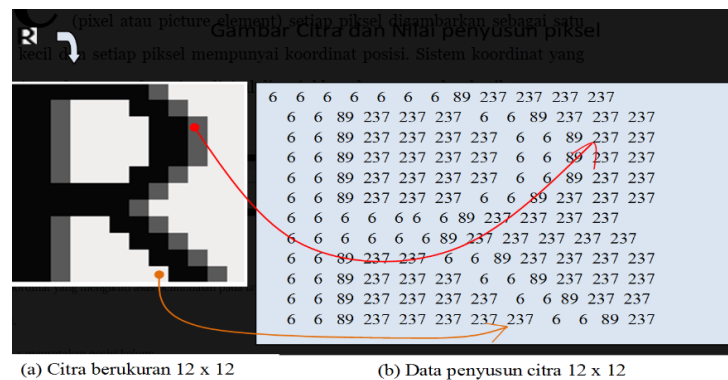
Secara matematika citra digital dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas $f(x,y)$, dimana x adalah baris dan y adalah kolom, merupakan koordinat posisi dan $f(x,y)$ adalah nilai fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut.

Menurut Kadir dan Susanto (2013) citra digital dibentuk oleh kumpulan titik yang dinamakan piksel (*pixel* atau "*picture element*"). Setiap piksel digambarkan sebagai satu kotak kecil. Setiap piksel mempunyai koordinat posisi. Sistem koordinat dipakai untuk menyatakan citra digital yang ditunjukkan pada Gambar 1.

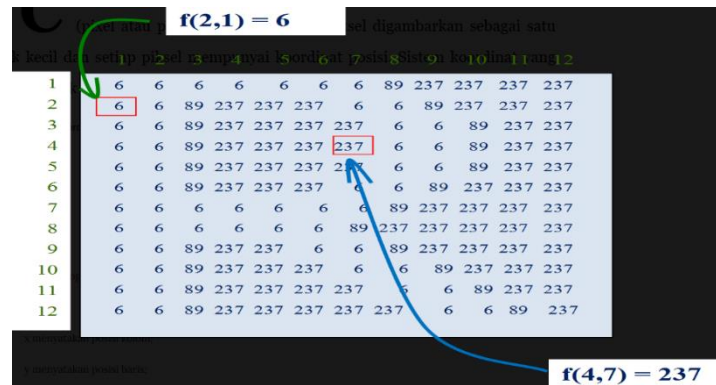


Gambar 1. Sistem koordinat citra berukuran M X N (M baris dan N kolom)

Dengan sistem koordinat yang mengikuti asas pemindaian pada layer televisi standar itu, sebuah piksel mempunyai koordinat berupa (x,y). Dalam hal ini x menyatakan posisi kolom y menyatakan posisi baris sedangkan piksel pojok kiri-atas mempunyai koordinat (0,0) dan piksel pada pojok kanan-bawah mempunyai koordinat (N,M).



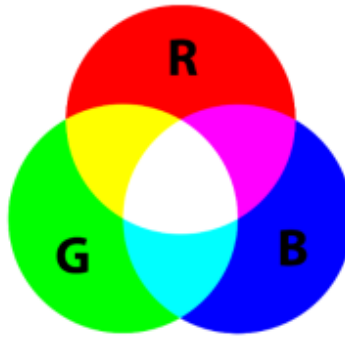
Gambar 2. Citra dan nilai penyusun piksel



Gambar 3. Notasi piksel dalam citra

2.4 Pola RGB (*Red, Green, Blue*)

RGB adalah suatu model warna yang terdiri atas 3 buah warna: merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna (Hestiningih, 2008). Pola RGB (*Red, Green, Blue*) yaitu, model warna yang umum digunakan dalam pengolahan citra digital. Model ini berfungsi berdasarkan prinsip aditif, di mana warna dihasilkan dari kombinasi intensitas tiga warna dasar: merah, hijau, dan biru. Setiap piksel dalam citra digital diwakili oleh nilai intensitas dari ketiga komponen ini, biasanya dalam rentang 0 hingga 255. Dengan mengubah nilai-nilai ini, berbagai warna dapat dihasilkan, yang sangat penting dalam aplikasi seperti fotografi digital, desain grafis, dan analisis citra (Hariyanto, 2017). Dalam konteks analisis warna, intensitas warna RGB dapat digunakan untuk memantau dan mengevaluasi perubahan warna larutan, yang dapat digunakan untuk mengindikasikan variasi pH.



Gambar 4. Model warna RGB

Gambar 4 menunjukkan model warna RGB. Sebuah warna dalam RGB dapat dideskripsikan dari intensitas campuran masing-masing warna dasar merah, hijau, dan biru. Intensitas warna dasar merah, hijau, dan biru ini berbeda-beda di mana nilainya berawal dari nol hingga nilai maksimum yang sudah ditentukan. Jangkauan intensitas warna ini dapat digambarkan dalam beberapa cara yaitu (Hariyanto, 2017). :

1. Nilai dari 0 – 1, dengan sembarang nilai pecahan diantaranya.
2. Nilai 0% – 100% dalam persentase.
3. Nilai integer 0 – 255 (8-bit), yang dapat dituliskan dalam bilangan decimal maupun heksadesimal.

Kombinasi tiga warna cahaya ini memiliki intensitas yang berbeda di mana dimulai dari 0 – 255 pada ukuran 8-bit. Apabila ketiga warna tersebut dengan intensitas tertinggi mereka yaitu 255 digabungkan maka akan menghasilkan warna putih, oleh karena itu RGB disebut juga *additive color* atau warna pencahayaan.

Penggunaan kamera digital dalam pengukuran pH berkembang pesat. Kamera menangkap citra larutan, yang kemudian diolah untuk mengekstraksi nilai RGB (*Red, Green, Blue*). Nilai RGB ini dapat dikaitkan dengan pH larutan melalui model prediksi. Studi oleh Rahman dan Amalia (2020) menunjukkan bahwa dengan kalibrasi yang baik, prediksi pH berbasis citra digital dapat mendekati akurasi pH meter. Kamera digital dilengkapi dengan sensor canggih yang mampu

menangkap gambar dengan kualitas tinggi dan akurasi warna yang baik. Dengan kemampuan ini, kamera dapat digunakan untuk menangkap citra larutan yang mengalami perubahan warna akibat variasi pH. Keunggulan penggunaan kamera terletak pada portabilitas dan kemudahan akses, memungkinkan pengguna untuk melakukan pengukuran di lapangan tanpa perlu alat laboratorium yang mahal (Nair, 2019). Dengan memanfaatkan aplikasi pengolahan gambar, pengguna dapat dengan cepat menganalisis citra RGB yang diambil dari kamera untuk mendapatkan informasi tentang sifat kimia larutan.

2.5 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang sangat populer dan serbaguna, digunakan dalam berbagai bidang mulai dari pengembangan web hingga analisis data dan mesin pembelajaran. Bahasa ini dikenal karena sintaksnya yang sederhana dan mudah dipahami, menjadikannya pilihan yang baik untuk pemula maupun profesional. Python pertama kali dikembangkan oleh Guido van Rossum pada tahun 1991. Salah satu fitur utama Python adalah keterbacaan kodenya, yang sering diterjemahkan sebagai "*pseudocode* yang dapat dieksekusi". Python adalah bahasa pemrograman interaktif yang menggunakan pengetikan dinamis dan mendukung berbagai paradigma pemrograman seperti imperatif, berorientasi objek, dan fungsional (Dierbach, 2014).

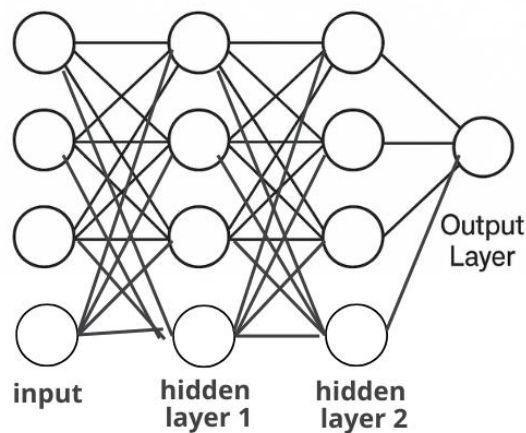
Python mendukung sistem tipe dinamis dan manajemen memori otomatis serta memiliki perpustakaan yang besar. Pernyataan Python tidak perlu diakhiri dengan karakter khusus. Penerjemah Python tahu ketika anda selesai menuliskan program dengan adanya baris baru. Jika pernyataan mencakup lebih dari satu baris, tindakan paling aman adalah menggunakan garis miring terbalik di akhir baris untuk memberi informasi ke Python bahwa program akan dilanjutkan di baris berikutnya.

2.6 Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah sistem komputasi yang terinspirasi oleh cara kerja jaringan saraf biologi dalam otak manusia. JST terdiri dari unit-unit pemroses kecil yang disebut neuron, yang bekerja secara kolektif untuk memecahkan masalah tertentu. Menurut Haykin (1994) JST dapat mengubah strukturnya untuk memecahkan masalah berdasarkan informasi yang diterima, baik dari lingkungan eksternal maupun internal. JST telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pengenalan pola dan klasifikasi citra. Pengolahan citra digital menggunakan JST telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam berbagai aplikasi, terutama dalam analisis warna. Citra digital biasanya disajikan dalam model warna RGB, di mana setiap piksel memiliki tiga komponen warna yang berbeda. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi warna dalam model RGB menyediakan rentang warna yang luas, memungkinkan sistem untuk mengenali objek berdasarkan warna (Kusnadi, 2015).

2.7 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan Metode *Backpropagation*

Backpropagation memiliki beberapa unit yang ada dalam satu atau lebih layer tersembunyi. Gambar 5 berikut adalah arsitektur *backpropagation* dengan 4 *input*, dua *hidden layer* yang terdiri dari 4 unit, serta 1 *output*.



Gambar 5. Arsitektur *backpropagation*

Algoritma belajar *backpropagation* terdiri dari dua proses, *feed forward* dan *backpropagation* dari errornya. Selama *feed forward* masing-masing unit masukan menerima atau sinyal masukan dari luar, kemudian sinyal tersebut disebarkan masing-masing unit pada *hidden layer*, masing-masing *hidden unit* menghitung sesuai dengan fungsi aktifasinya. Sinyal diteruskan ke *output layer*, dihitung dengan fungsi aktivasi, dan menghasilkan respon keluaran jaringan terhadap pola *input*.

Pada proses propagasi balik (*backpropagation*), nilai keluaran dari masing-masing unit *output* dibandingkan dengan nilai target t untuk menghitung error (selisih antara hasil aktual dan target). Berdasarkan error ini, dihitung nilai δ_k untuk setiap unit *output*. Nilai error tersebut kemudian disebarkan kembali ke unit-unit pada *hidden layer*. Error ini digunakan untuk memperbarui bobot antara unit *output* dan *hidden layer*. Setelah itu, error dari *hidden layer* dihitung dan digunakan untuk memperbaiki bobot antara unit *input* dan *hidden layer* (Weriansya, 2012).

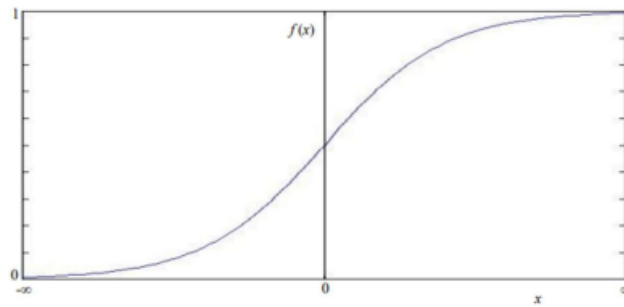
2.8 Fungsi Aktivasi Jaringan Saraf Tiruan

Fungsi aktivasi pada jaringan saraf tiruan mirip dengan sinapsis pada jaringan saraf manusia. Fungsi aktivasi mengolah data keluaran dari banyak data masukan (Rahmawati, 2010). Fungsi peramban, yang diwakili oleh notasi sigma (Σ), akan mengumpulkan semua nilai yang masuk ke neuron. Fungsi aktivasi pada neuron kemudian akan membandingkan kinerjanya dengan ambang atau batas. Jika nilai melebihi ambang, neuron akan dibatalkan, dan jika nilai lebih rendah dari ambang, neuron akan aktif. Setelah aktif, nilai dikirim ke neuron pada lapisan berikutnya dan proses yang sama akan diulang kembali (Paull and Chen 2014).

Beberapa fungsi aktivasi yang digunakan adalah:

a) Fungsi *Sigmoid biner*

Dalam Python, fungsi aktivasi sigmoid biner disebut sigmoid, dan *outputnya* terletak pada interval 0 hingga 1.



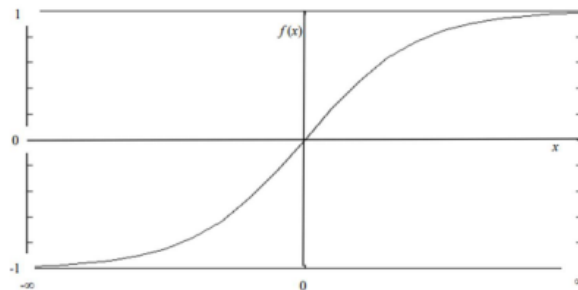
Gambar 6. Fungsi Sigmoid Biner

$$y = f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \dots\dots\dots (1)$$

$$f'(x) = f(x)[1 - f(x)] \dots\dots\dots (2)$$

b) Fungsi Sigmoid bipolar / Tanh

Fungsi *sigmoid bipolar* hampir mirip fungsi *sigmoid biner*, tetapi *outputnya* berkisar antara -1 dan 1. Pada Python, fungsi ini disebut *tanh*



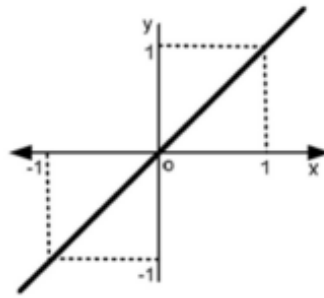
Gambar 7. Fungsi Sigmoid Bipolar

$$y = f(x) = \frac{2}{1+e^{-x}} - 1 \dots\dots\dots (3)$$

$$f'(x) = \frac{\alpha}{2} [1 + f(x)][1 - f(x)] \dots\dots\dots (4)$$

c) Fungsi Identitas / Linear

Fungsi identitas/linear disebut *pureline* dan memiliki nilai *input* dan *output* yang sama.



Gambar 8. Fungsi Identitas / *Linear*

$$y = x \dots\dots\dots (5)$$

$$f'(x) = 1 \dots\dots\dots (6)$$

2.9 Metode *Backpropagation*

Backpropagation adalah metode pelatihan jaringan saraf tiruan yang diawasi. Ini mengevaluasi kontribusi kesalahan dari setiap neuron setelah satu set data diproses. Tujuan *backpropagation* adalah untuk memodifikasi bobot untuk melatih jaringan neural untuk memetakan *input* arbitrer ke *output* dengan benar. Perceptron berlapis-lapis dapat dilatih menggunakan algoritma *backpropagation*. Tujuannya adalah untuk mempelajari bobot untuk semua keterkaitan dalam jaringan berlapis-lapis. Minimum fungsi kesalahan dalam ruang bobot dihitung menggunakan metode penurunan gradien. Bobot resultan yang menawarkan fungsi kesalahan minimum merupakan solusi dari masalah pembelajaran (Amrutha and Ajai, 2018).

2.10 Analisis RGB

Analisis RGB umumnya digunakan untuk mendeteksi warna dalam larutan yang disebabkan oleh perbedaan nilai pH. Penggunaan kamera digital, seperti pada

smartphone, memungkinkan pengambilan gambar larutan dan analisis pola RGB secara cepat. RGB (*Red, Green, Blue*) merupakan model warna aditif yang terdiri dari tiga komponen utama. Perubahan dalam konsentrasi ion H^+ dalam larutan dapat menyebabkan perubahan pada warna larutan, yang dapat diidentifikasi melalui variasi intensitas komponen RGB pada citra.

Penelitian oleh Fay dan Wu (2024) menunjukkan bahwa metode RGB memiliki keunggulan dari segi biaya rendah dan kemudahan penggunaannya. Kamera smartphone dapat digunakan untuk mengambil citra larutan, dan nilai RGB dari citra tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak untuk menghasilkan prediksi nilai pH. Sebagai contoh, pada indikator pH seperti fenolftalein yang menunjukkan perubahan warna dari bening menjadi merah muda pada lingkungan basa, intensitas komponen merah meningkat seiring dengan peningkatan pH .

Namun, meskipun metode RGB sederhana dan mudah diimplementasikan, ia memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu kelemahan utama adalah ketergantungan hasil pada kondisi pencahayaan dan kualitas gambar yang diambil. Variasi pencahayaan dan gangguan dari sumber eksternal dapat memengaruhi akurasi pengukuran. Di sinilah pentingnya menggabungkan data RGB dengan data intensitas cahaya untuk meningkatkan akurasi dan keandalan prediksi nilai pH.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan bulan Maret 2025 di Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kotak Citra, digunakan untuk mengurangi distorsi pada gambar.
2. Karton berwarna putih, merah, dan hitam, digunakan untuk latar belakang larutan saat pengambilan foto.
3. Kamera smartphone Iphone XS (12 MP) , digunakan untuk memfoto sampel yang ada pada kotak untuk mendapatkan gambar dan diolah sebagai gambar citra.
4. Gelas Bakker 100 ml dan 500 ml, digunakan untuk membuat larutan asam dan basa.
5. Petridish, digunakan untuk wadah larutan saat pengambilan foto.
6. Botol transparan, digunakan sebagai tempat sampel (larutan asam dan basa).
7. pH meter dua desimal, digunakan sebagai pengukur pH pada larutan asam dan basa yang sudah dibuat.
8. Timbangan digital, digunakan untuk menimbang kristal NaOH untuk dilarutkan dengan aquades.

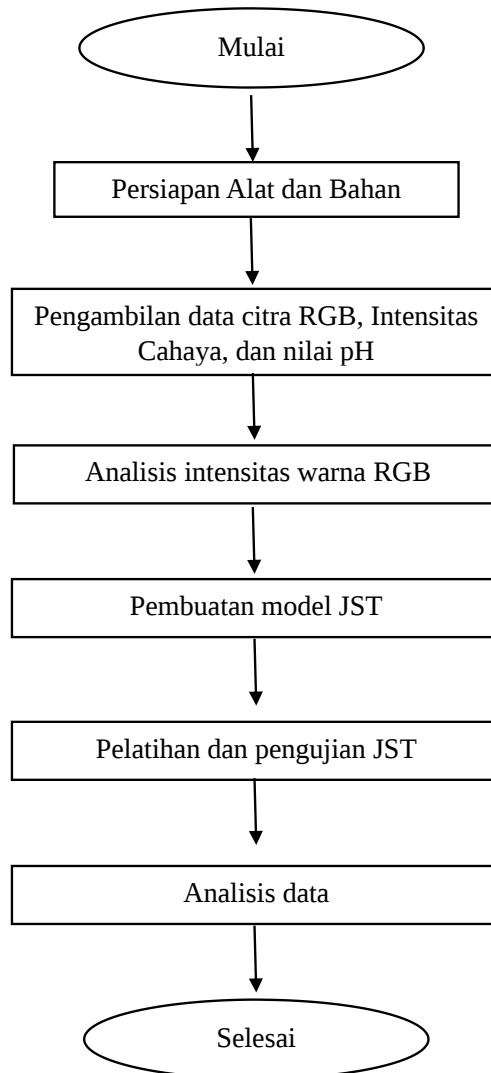
9. Pipet ukur, digunakan untuk mengukur cairan H_2SO_4 pekat untuk dilarutkan dengan aquades.
10. *Magnetic stirrer with heater*, digunakan sebagai pengaduk untuk melarutkan NaOH dan H_2SO_4 dengan aquades.
11. Laptop yang terinstal aplikasi Python versi 3.12 dan Pycharm untuk membuat model serta pengujian JST.
12. Aplikasi *Photometer*, untuk mengukur intensitas cahaya dengan satuan *lux*

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi aquades, larutan NaOH, larutan H_2SO_4 , indikator pH fenolftalein dan air kol ungu. Aquades berfungsi sebagai pelarut utama untuk memastikan larutan yang digunakan dalam percobaan tidak terkontaminasi oleh zat lain. Larutan NaOH, atau natrium hidroksida, digunakan untuk menghasilkan lingkungan basa atau untuk menetralkan larutan asam. Sementara itu, larutan H_2SO_4 , atau asam sulfat, digunakan sebagai sumber ion hidrogen dan membantu menciptakan kondisi asam yang diperlukan dalam reaksi kimia tertentu. Indikator pH fenolftalein berfungsi untuk indikator pada larutan basa dan indikator pH alami air kol ungu untuk larutan asam.

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini memiliki tahapan yang dimulai dengan persiapan alat dan bahan, pengambilan data RGB dan intensitas cahaya dengan pH larutan yang sama, analisis pola RGB, pembuatan model JST, pelatihan JST, pengujian JST dan analisis data. Berikut ini adalah diagram alir prosedur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir tahapan penelitian

3.3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang akan digunakan dalam penelitian harus diperiksa dengan cermat untuk memastikan bahwa alat tersebut dapat digunakan dengan kondisi yang baik dan juga optimal, apabila peralatan dalam penelitian dalam kondisi yang baik dan optimal maka penelitian dapat berjalan lancar tanpa hambatan. Persiapan alat dan

bahan dalam penelitian ini meliputi peralatan dalam proses pembuatan larutan untuk sampel, dan pengambilan foto untuk citra digital.

1. Pembuatan larutan sampel

Pembuatan larutan dengan pH tinggi dan rendah dilakukan menggunakan NaOH untuk larutan basa (pH tinggi) dan H_2SO_4 untuk larutan asam (pH rendah).

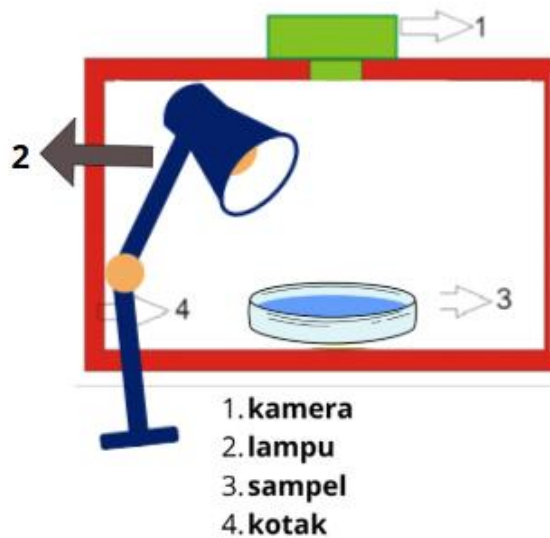
Untuk memperoleh larutan dengan pH tinggi, larutan NaOH dibuat dengan melarutkan NaOH padat secara bertahap ke dalam air deionisasi sambil diaduk hingga homogen. Larutan ini biasanya menghasilkan pH sekitar 12–14, tergantung pada konsentrasi yang digunakan. Untuk membantu mengidentifikasi sifat basa dari larutan, digunakan indikator pH fenolftalein, yang akan berubah warna menjadi merah muda pada pH basa (sekitar $\text{pH} > 8,2$).

Sebaliknya, untuk menghasilkan larutan dengan pH rendah, H_2SO_4 pekat ditambahkan secara perlahan ke dalam air deionisasi sambil diaduk. Proses ini harus dilakukan dengan hati-hati karena reaksi bersifat eksotermis (melepaskan panas). Larutan H_2SO_4 yang dihasilkan biasanya memiliki pH antara 1–3. Untuk menunjukkan sifat asam dari larutan, digunakan indikator pH alami dari ekstrak kol ungu, yang akan memberikan warna khas tergantung tingkat keasaman larutan, seperti merah atau merah muda pada pH rendah.

Pengukuran pH kedua larutan dilakukan menggunakan pH meter untuk memastikan nilai pH yang diinginkan telah tercapai dengan akurat. Setelah itu, larutan disimpan dalam botol tertutup rapat yang telah diberi label berisi informasi konsentrasi, jenis larutan, dan tanggal pembuatan. Penyimpanan dilakukan di tempat yang aman dan terlindung dari paparan udara langsung untuk menjaga kestabilan dan keamanan larutan.

2. Pengambilan foto dengan kamera digital

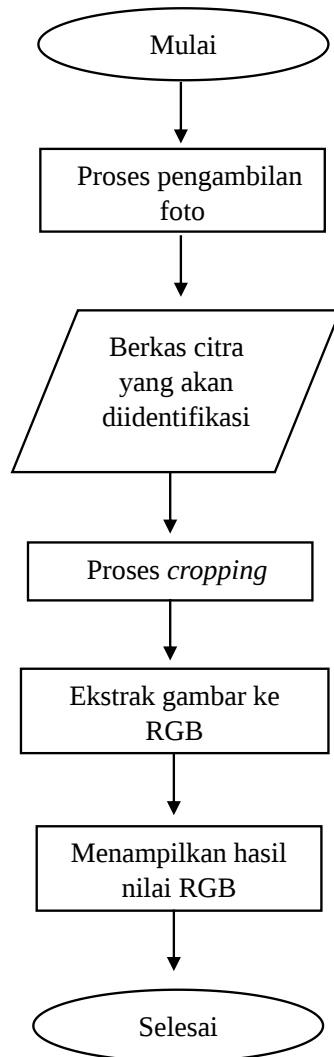
Pengambilan foto merupakan langkah krusial dalam analisis citra digital, yang memungkinkan ekstraksi data visual dari larutan untuk menentukan hubungan antara warna dan nilai pH. Pada penelitian ini pengambilan foto ada 2 perlakuan yang pertama menggunakan kotak pada (Gambar 10) dan yang kedua tidak menggunakan kotak dan menggunakan penerangan alami dari sinar matahari.



Gambar 10. Kotak pengambilan citra

3.3.2 Pengambilan Data Citra Digital

Proses dimulai dengan pengambilan gambar sampel larutan. Gambar yang dihasilkan kemudian diimpor ke dalam program Python untuk diproses. Selanjutnya, dilakukan *cropping* untuk memfokuskan hanya pada area larutan dan menghindari gangguan dari latar belakang. Setelah itu, citra diekstraksi menjadi nilai RGB dengan menghitung rata-rata intensitas merah (R), hijau (G), dan biru (B). Nilai RGB yang diperoleh ditampilkan atau disimpan sebagai data untuk analisis lebih lanjut, seperti prediksi pH menggunakan model JST. Dengan langkah tersebut, proses ekstraksi data citra digital dinyatakan selesai.

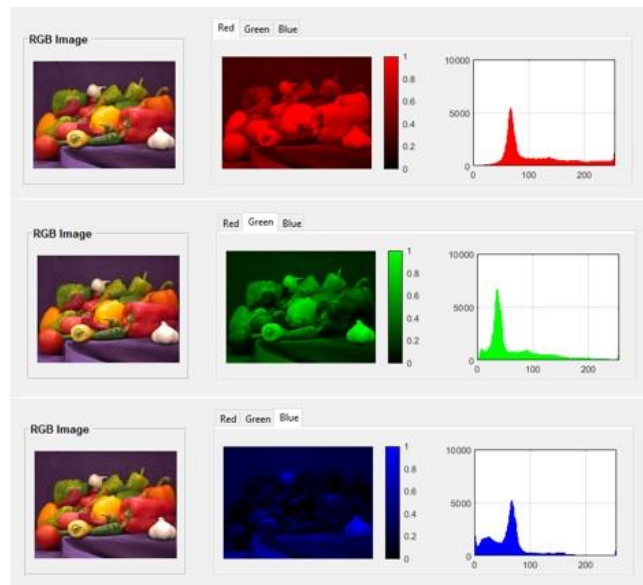


Gambar 11. Diagram alir pengambilan data citra digital

3.3.3 Pengoperasian pada Program Python

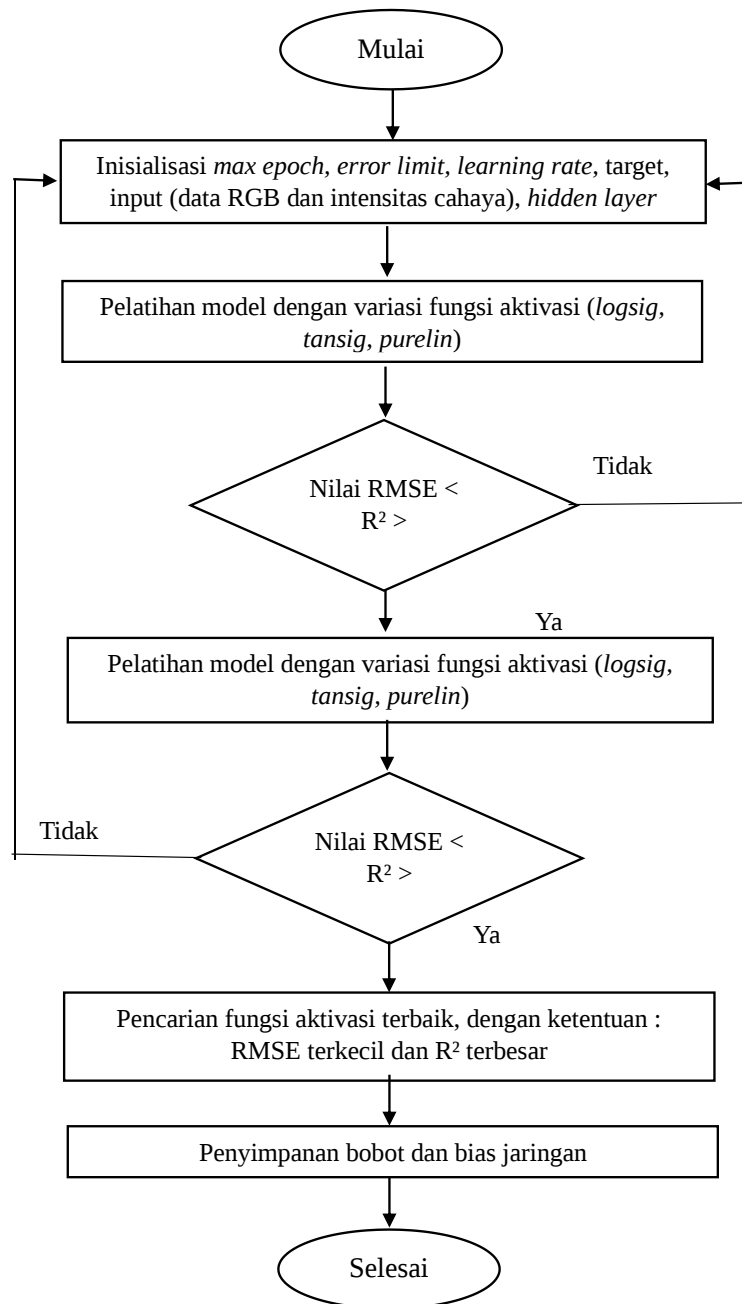
Pengoperasian program Python dimulai dengan menginstal perangkat lunak Python di komputer, yang dapat diunduh dari situs resmi Python. Setelah instalasi, pengguna dapat menjalankan kode Python menggunakan *Integrated Development Environment* (IDE) seperti PyCharm dengan mengetikkan perintah Python `nama_file.py`. Untuk memulai, kode Python ditulis dalam file dengan ekstensi `.py`, dan pengguna dapat menuliskan perintah-perintah yang mencakup pengolahan

data, perhitungan matematis, hingga manipulasi file. Saat program dijalankan, Python akan memproses instruksi secara berurutan, menampilkan *output* atau hasilnya langsung di layar. Python juga mendukung berbagai pustaka eksternal, seperti NumPy untuk analisis numerik atau Matplotlib untuk visualisasi, yang memudahkan pengguna dalam menyelesaikan tugas-tugas kompleks dengan efisiensi tinggi.



Gambar 12. Pengolahan citra digital RGB

3.3.4 Metode Jaringan Saraf Tiruan



Gambar 13. Diagram alir metode JST *Backpropagation*

Dari diagram alir di atas dapat dijelaskan secara umum bahwa. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran pH dengan citra digital digunakan sebagai data

input proses pelatihan bagi JST yaitu nilai RGB dan intensitas cahaya setiap pH, sebelum melakukan pelatihan ditentukan parameter-parameter pelatihannya. Selanjutnya JST tersebut dilatih dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan sampai mendapatkan jaringan yang terbaik. Hasil dari pelatihan tersebut kemudian dijalankan menggunakan program agar dapat dapat diketahui berapa besarnya error. Jika sudah mendekati nilai yang diinginkan pelatihan dicukupkan, apabila belum maka JST harus dilatih kembali untuk mendapatkan hasil yang terbaik.

3.3.5 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini, data yang diperoleh dikalkulasikan dalam bentuk tabel kemudian dinyatakan dalam bentuk grafik. Dari data tabel dan grafik yang didapat tersebut kemudian dibahas secara deskriptif tentang bagaimana tren grafik yang dihasilkan untuk setiap parameter. Selain itu, bahasan data juga dinyatakan dalam bentuk rentang kuantitatif pada data-data yang dihasilkan untuk setiap parameter yang dilakukan. Untuk analisis selanjutnya yaitu Jaringan Saraf Tiruan (JST).

3.3.5.1 Pengembangan Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan

Pada penelitian ini, model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang digunakan terdiri dari tiga lapisan, yaitu *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. JST ini menggunakan algoritma *backpropagation*, yang termasuk dalam metode pembelajaran terawasi (*supervised learning*). Dalam metode ini, jaringan dilatih menggunakan data *input* dan target *output* yang telah diketahui. Selama proses pembelajaran, jaringan akan menyesuaikan bobot-bobotnya untuk meminimalkan kesalahan antara *output* yang dihasilkan dan target yang diharapkan, berdasarkan algoritma yang telah dirancang.

Pelatihan adalah langkah pertama dalam pengembangan model JST. Proses ini dilakukan untuk menentukan parameter Jaringan Saraf Tiruan dan bobot masing-

masing lapisan yang paling sesuai untuk digunakan selama tahap proses pengujian berikutnya. Python digunakan untuk menyelesaikan tahap inisialisasi jaringan. Agar proses pelatihan jaringan dapat dilakukan, siklus pelatihan disebut iterasi, inisialisasi jaringan adalah tahap awal dari arsitektur jaringan. *Root Mean Error* (RMSE) adalah jumlah iterasi yang digunakan. Nilai ulangan dan akurasi ditentukan oleh RMSE yang lebih rendah. Sebagai pelengkap evaluasi menggunakan RMSE, performa model juga diukur dengan koefisien determinasi (R^2) yang menunjukkan seberapa baik prediksi model mendekati nilai aktual. Nilai R^2 berada antara 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menandakan hubungan yang kuat antara *input* dan *output*. (Gambar 5) menunjukkan model arsitektur Jaringan Saraf Tiruan.

Tujuan dari model Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah untuk menemukan persamaan non-linear antara variabel nilai RGB dan nilai setiap pH. (Gambar 5 hlm 12) menunjukkan model JST tipe *backpropagation* dengan metode pelatihan terawasi. Arsitektur jaringan yang digunakan adalah 4-4-4-1, yang berarti empat *node input*, empat *node* lapisan tersembunyi 1, empat *node* lapisan tersembunyi 2, dan satu *node output*. Trainlm (*Levenberg Marquardt*) adalah jenis pelatihan jaringan dengan tingkat pembelajaran (*Learning Rate*) 0,001 dan iterasi 2.000 kali.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat hubungan yang signifikan antara nilai pH larutan dengan intensitas warna RGB. Pada larutan asam, nilai merah (R) mengalami kenaikan pada pH rendah dan menurun seiring mendekati pH netral, sedangkan pada larutan basa, nilai hijau (G) menunjukkan penurunan tajam pada pH tinggi. Pola RGB tersebut menunjukkan bahwa variasi pH dapat dideteksi secara visual melalui perubahan warna larutan.
2. Variasi intensitas cahaya terbukti memengaruhi nilai RGB larutan secara signifikan, yang berdampak langsung pada akurasi prediksi pH. Model 1 (latar merah) stabil pada pencahayaan tinggi namun cenderung menghasilkan bias warna, Model 2 (latar hitam) memberikan respons paling netral dan linear, sedangkan Model 3 (latar putih dengan indikator) sangat sensitif dan akurat, namun memerlukan intensitas cahaya yang stabil. Penambahan intensitas cahaya sebagai *input* dalam JST terbukti meningkatkan kinerja model. Oleh karena itu, pencahayaan menjadi faktor penting yang harus diperhatikan dalam penerapan sistem prediksi pH berbasis citra digital.
3. Model Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan arsitektur 4-4-4-1 dan metode backpropagation berhasil dibangun untuk memprediksi nilai pH larutan berdasarkan data citra digital berupa nilai RGB dan intensitas cahaya. Tiga model dikembangkan berdasarkan variasi latar belakang, yaitu merah,

hitam, dan putih dengan indikator pH. Model 1 (latar merah) menunjukkan performa dengan fungsi aktivasi tanh-tanh-linear, RMSE sebesar 1,902, dan R^2 sebesar 0,747. Model 2 (latar hitam) menggunakan fungsi aktivasi serupa dengan RMSE sebesar 2,102 dan R^2 sebesar 0,741. Sementara itu, Model 3 (latar putih dengan indikator pH) menunjukkan performa terbaik dengan fungsi aktivasi linear-tanh-sigmoid, RMSE sebesar 1,243, dan R^2 tertinggi sebesar 0,887. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan menggunakan JST layak diterapkan sebagai metode alternatif pengukuran pH yang efisien, akurat, dan non-invasif, terutama dengan latar belakang putih dan indikator warna sebagai *input* visual. indikator pH) menggunakan fungsi aktivasi terbaik *linear-tanh-sigmoid* dan menghasilkan performa tertinggi nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) 1,243 dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,887.

5.2 Saran

Penelitian ini menggunakan larutan H_2SO_4 dan NaOH sebagai representasi larutan asam dan basa. Untuk meningkatkan generalisasi model JST, disarankan melakukan pengujian terhadap berbagai jenis larutan lain yang memiliki warna atau karakteristik kimia berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- A.D. Hariyanto. (2017). *Prototipe Pemilah Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Warnanya Menggunakan Conveyor* (A.D. Hariyanto (ed.)). Universitas Sanata Dharma.
- Amrutha, J & Ajai, A. (2018). Performance analysis of Backpropagation Algorithm of Artificial Neural Networks in Verilog. *3rd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, 1547–1550.
- Analysis, Q. C. (1971). Quantitative Chemical Analysis. In *Methods in Geochemistry and Geophysics* (Vol. 5, Issue C). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-40826-6.50009-1>
- Aziz, F. S., Sujito, Wibawa, A. P., Wirawan, I. M., Aripriharta, Syah, A. I., & Duy, T. H. (2021). Image Processing System for pH Classification Using Biosensors. *Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020)*, 7, 423–427. <https://doi.org/10.2991/ahe.k.210205.071>
- Beatriz Elizabeth Arteaga B., S. V. O. C. (2019). Extraction of anthocyanins from purple cabbage (brassica oleracea) and red onion (allium cepa) as substitutes for synthetic ph indicators of origin. *Cuadernos de Semilleros de Investigación*, 6(1), 22–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.33133/csi-7-2021-54>.
- Dierbach, C. (2014). *Python as a first programming language*. *Journal of Computing Sciences in College*. 29, 153–154.
- Fay, C. D., & Wu, L. (2024). Critical importance of RGB color space specificity for colorimetric bio/chemical sensing: A comprehensive study. *Talanta*, 266(P1), 124957. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124957>
- Fernandes, G. M., Silva, W. R., Barreto, D. N., Lamarca, R. S., Lima Gomes, P. C. F., Flávio da S Petrucic, J., & Batista, A. D. (2020). Novel approaches for colorimetric measurements in analytical chemistry – A review. *Analytica Chimica Acta*, 1135, 187–203. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.07.030>
- Fsian, A. N., Thomas, J. B., Hardeberg, J. Y., & Gouton, P. (2024). Spectral Reconstruction from RGB Imagery: A Potential Option for Infinite Spectral Data? *Sensors*, 24(11), 1–16. <https://doi.org/10.3390/s24113666>

- G Nair, M. (2019). Determination of Soil pH using Digital Image Processing. *International Journal of Information Systems and Computer Sciences*, 8(2), 84–88.
- Gurubasava, & Mahantesh SD. (2018). Analysis of Agricultural soil pH using Digital Image Processing. *International Journal of Research in Advent Technology*, 6(8), 1812–1816. www.ijrat.org
- Haykin, S. (1994). *Neural Networks : A Comprehensive Foundation*. Macmillan Publishing.
- Hestningsih, I. (2008). *Pengolahan Citra* (I. Hestningsih (ed.)). Teknik Informatika.
- Kadir, A. & Susanto, A. (2013). Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra. In A. Kadir, A. & Susanto (Ed.), *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Andi Publisher.
- Kusnadi, A. (2015). Identifikasi Objek Berdasarkan Citra Warna Menggunakan Matlab. *Faktor Exacta*, 4(2), 181–190.
- Li, G., Su, H., Ma, N., Zheng, G., Kuhn, U., Li, M., Klimach, T., & Pöschl, U. (2020). *Multifactor colorimetric analysis on pH-indicator papers : an optimized approach for direct determination of ambient aerosol pH*. 6053–6065.
- Mettler-toledo. (2016). *[R] pH Theory Guide A Guide to pH Measurement Theory and Practice of pH Applications Industry Environment*. 102. https://www.mt.com/dam/non-indexed/po/pro/pdf/guides/generic/GD_TheoryGuide_pHmeasurement_en_30078149_Mar16.pdf
- Paull, R.E. and Chen, C. C. (2014). *Pineapple: Postharvest Quality Maintenance Guidelines*. University of Hawaii College of Tropical Agriculture and Human Resources Fruit Nut and Beverage Crops F.
- Rahman, A., & Amalia, R. (2020). Digital Image Colorimetric Analysis for pH Detection: Application in Smart Agriculture. *Journal of Applied Chemistry*, 5(1), 45–55.
- Rahmawati, M. (2010). Pengemasan Pada Buah Sebagai Upaya Memperpanjang Umur Simpan dan Kajian Sifat Fisiknya selama Penyimpanan. *J. Teknol. Pertan*, 6, 45–49.
- Steinegger, A., Wolfbeis, O. S., & Borisov, S. M. (2020). Optical Sensing and Imaging of pH Values: Spectroscopies, Materials, and Applications. *Chemical Reviews*, 120(22), 12357–12489. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c00451>
- Wang, L., Zhao, L., Zhong, T., & Wu, C. (2024). Low-light image enhancement using generative adversarial networks. *Scientific Reports*, 14(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-69505-1>

Weriansya, P. (2012). Kalsifikasi pH Larutan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode Backpropagation. In *Universitas Islam Indonesia*. Universitas Islam Indonesia.