

**SISTEM *ELECTRONIC NOSE* UNTUK MENDETEKSI KESEGERAN
IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp*) DENGAN METODE JARINGAN
SARAF TIRUAN (JST) *BACKPROPAGATION***

(SKRIPSI)

**Oleh
DESI ASMAWATI
2014071005**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

**SISTEM *ELECTRONIC NOSE* UNTUK MENDETEKSI KESEGARAN
IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp*) DENGAN METODE JARINGAN
SARAF TIRUAN (JST) *BACKPROPAGATION***

Oleh

Desi Asmawati

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRACT

ELECTRONIC NOSE SYSTEM FOR DETECTING HEALTH OF MACKEREL FISH (*Rastrelliger sp*) BY BACKPROPAGATION ARTIFICIAL NEURAL NETWORK.

By

DESI ASMAWATI

The popularity of mackerel (*Rastrelliger sp*) in Indonesia cannot be denied, but this fish spoils quickly compared to chicken or beef due to its high water content, making it a challenge in selecting fresh fish. This research aims to develop a tool to identify the freshness of mackerel using an electronic nose. This research uses Artificial Neural Network method with 4 input data (MQ-136 Sensor, TGS 2602 Sensor, TGS-826 Sensor, and TGS 813 Sensor) and 2 hidden layers with 6-6-1 nodes. The training process involved 27 activations of logsig, tansig, and purelin variants. The aroma of mackerel freshness at hour 0 shows ADC values of 69, 169, 85, and 74 for sensors 1 to 4, respectively, while at hour 112 ADC values of 121, 229, 47, and 71 are obtained. The best training identification results were obtained with the tansig-tansig-logsig function with an RMSE of 8.58337 and R^2 of 0.9385. The best test results were obtained with the tansig-tansig-logsig function with an RMSE of 10.86665 and R^2 of 0.9014. The e-nose sensor is able to accurately predict the freshness of mackerel from the 10th minute to the 15th minute, but noise interference occurs after the 15th minute due to sample saturation. The accuracy of the sensor in predicting freshness was 95.97% for the first sample, 97.35% for the second sample, 96.88% for the third

sample, and 98.53% for the fourth sample. This study demonstrates the potential of electronic nose technology in ensuring the quality of mackerel and other perishable products.

Keywords: Mackerel, Electronic Nose, Artificial Neural Network.

ABSTRAK

SISTEM *ELECTRONIC NOSE* UNTUK MENDETEKSI KESEGARAN IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp*) DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN (JST) *BACKPROPAGATION*

Oleh

DESI ASMAWATI

Popularitas ikan kembung (*Rastrelliger sp*) di Indonesia tidak dapat dipungkiri, namun ikan ini cepat rusak dibandingkan dengan ikan ayam atau sapi karena kandungan airnya yang tinggi sehingga menjadi tantangan dalam pemilihan ikan segar. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat mengidentifikasi kesegaran ikan kembung menggunakan *electronic nose*. Penelitian ini menggunakan metode *Artificial Neural Network* dengan 4 data masukan (Sensor MQ-136, Sensor TGS 2602, Sensor TGS-826, dan Sensor TGS 813) dan 2 *hidden layer* dengan node 6-6-1. Proses pelatihan melibatkan 27 aktivasi varian logsig, tansig, dan purelin. Aroma kesegaran ikan tenggiri pada jam ke-0 menunjukkan nilai ADC masing-masing sebesar 69, 169, 85, dan 74 untuk sensor 1 sampai dengan 4, sedangkan pada jam ke-112 diperoleh nilai ADC sebesar 121, 229, 47, dan 71. Hasil identifikasi *training* terbaik diperoleh dengan fungsi tansig-tansig-logsig dengan RMSE sebesar 8,58337 dan R^2 sebesar 0,9385. Hasil pengujian terbaik diperoleh dengan fungsi tansig-tansig-logsig dengan RMSE sebesar 10,86665 dan R^2 sebesar 0,9014. Sensor *e-nose* mampu memprediksi kesegaran ikan kembung secara akurat pada menit ke-10 sampai dengan menit ke-15, namun gangguan *noise* terjadi setelah menit ke-15 akibat kejenuhan sampel.

Keakuratan sensor dalam memprediksi kesegaran adalah 95,97% untuk sampel pertama, 97,35% untuk sampel kedua, 96,88% untuk sampel ketiga, dan 98,53% untuk sampel keempat. Studi ini menunjukkan potensi teknologi hidung elektronik dalam memastikan kualitas ikan kembung dan produk mudah rusak lainnya.

Kata kunci: Ikan Kembung, *Electronic Nose*, Jaringan Saraf Tiruan (JST).

Judul Skripsi

: **SISTEM ELECTRONIC NOSE UNTUK
MENDETEKSI KESEGRAN IKAN
KEMBUNG (*Rastrelliger sp*) DENGAN
METODE JARINGAN SARAF TIRUAN (JST)
BACKPROPAGATION**

Nama Mahasiswa

: **Desi Asmawati**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2014071005

Jurusan

: Teknik Pertanian

Fakultas

: Pertanian




MENYETUJUI,

1. **Komisi Pembimbing**


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

NIP. 199002262019031012


Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.

NIP. 198803252015041001

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

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



Sekretaris

: **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**



Penguji

bukan pembimbing

: **Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy S.T.P., M.Agr.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kusyanta Futas Hidavat, M.P.

NIP: 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 18 September 2024

PERNYATAAN HASIL KARYA TULIS

Saya adalah **Desi Asmawati** dengan NPM 2014071005, Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing. 1). **Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.** dan 2). **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya peroleh. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat agar dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 02 Oktober 2024



Desi Asmawati
NPM. 2014071005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di desa Jepara Kecamatan Way Jepara, Kabupaten Lampung Timur, pada hari Jumat, 21 Desember 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara putri dari Bapak Imam Basrowi dan Ibu Sriyati, serta adik dari Rudi Heriyanto. Penulis memulai Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 3 Jepara, lulus pada tahun 2014. Sekolah Menengah

Pertama di SMP Negeri 1 Way Jepara, lulus pada tahun 2017. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Way Jepara dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nilai Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam bidang akademis dengan menjadi asisten dosen pada mata kuliah Fisika Dasar pada tahun 2021. Selain itu penulis juga menjadi asisten dosen mata kuliah Kontrol Otomatis pada tahun 2024. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 37 hari terhitung pada bulan Januari-Februari tahun 2023 di Kelurahan Pajar Bulan Kecamatan Way Tenong, Kabupaten Lampung Barat. Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum selama 30 hari terhitung pada bulan Juni-Agustus 2023 di PT. Ghaly Roellies Indonesia (Ghalkoff) yang berlokasi di Kemiling Bandar Lampung dengan judul kegiatan “Proses Penyortiran Beras Kopi (*Greenbean*) Sampai ke Tahap Produksi Kopi di PT. Ghaly Roelies Indonesia”.

Persembahkan

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, serta kesehatan, kemudahan dan kelancaran dalam setiap langkah sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini

Karya ini ku persembahkan untuk:

Kedua Orang Tua

Ayahku Imam Basrowi dan Ibuku Sriyati yang selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran serta doa demi keberhasilan anaknya.

Keluargaku

Kakakku Rudi Heriyanto, serta keluarga besarku yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti.

Serta

“Kepada Almamater Tercinta”

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2020

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala anugerah serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“SISTEM *ELECTRONIC NOSE* UNTUK MENDETEKSI KESEGRAN IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp*) DENGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*”** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Dalam penyelesaian skripsi ini, penulis mendapatkan banyak masukan, saran, bimbingan, dorongan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikandan mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
3. Bapak Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus pembimbing pertama yang telah membimbing, memberikan saran serta arahan selama penyelesaian skripsi;
4. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua yang telah meluangkan waktu dalam membimbing, memberikan saran dan arahan, serta motivasi dalam penyelsaian skripsi ini;
5. Bapak Prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukannya dalam

Menyelesaikan skripsi ini;

6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman, serta bantuan dalam perkuliahan atau hal lainnya.
7. Kedua orangtua ku, untuk Bapak dan Ibu yang selalu memberikan motivasi, semangat nasihat serta doa terbaik untuk anaknya selama melaksanakan kuliah dan selama penyelesaian skripsi;
8. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya yaitu Lintang Nur Ichsan, yang menjadi support system serta memberikan motivasi dan menemani penulis hingga penyelesaian skripsi.
9. Rekan seperjuangan pada penelitian ini yaitu W.A Rosi Wulandari yang selalu kebersamai selama proses penelitian berlangsung.
10. Sahabat terbaik kepada Defi Ayuni, Fitriasia Aura Ramadanti, dan Kurnia Dharmawati yang selalu memberikan support, mengarahkan, dan selalu kebersamai penulis selama perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini;
11. Teman-teman ku yaitu Anggun, Taruli, Tara, Salsabila, dan Fadilah, Tirta yang telah memberikan semangat serta selalu kebersamai penulis selama proses penelitian hingga penyelesaian skripsi.
12. Teman-teman Teknik Pertanian angkatan 2020 yang telah kebersamai dari awal hingga akhir, dan selalu meberikan semangat.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih semoga dengan adanya karya ini dapat digunakan dan bermanfaat sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 02 Oktober 2024

Penulis

Desi Asmawati
2014071005

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
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. Hipotesis	4
1.6. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Ikan Kembang (<i>Rastrelliger sp.</i>)	5
2.2. Sensor Gas	6
2.2.1. Sensor TGS 822	6
2.2.2. Sensor MQ-136.....	6
2.2.3. Sensor TGS 2602	7
2.2.4. Sensor TGS 813	8
2.3. Sistem Kendali.....	8
2.4. <i>Mikrokontroler</i> Arduino	9
2.5. <i>Electronic Nose</i>	10
2.6. Jaringan Saraf Tiruan <i>Backpropagation</i>	11

2.7. Koefisien Determinasi (R^2).....	12
2.8. <i>Root Mean Square Error (RMSE)</i>	13
2.9. <i>Relative Root Mean Square Error (RRMSE)</i>	14
2.10. Kandungan Gas Dalam Ikan.....	15
2.11. Kebaruan Penelitian.....	15
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Waktu dan Tempat.....	19
3.2. Alat Dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	20
3.3. Parameter Penelitian.....	20
3.4. Kriteria Desain.....	23
3.5. Prosedur Penelitian.....	24
3.6. Nilai ADC (<i>Analog Digital Converter</i>)	28
3.7. Perancangan <i>Software</i>	29
3.7.1. Perancangan Jaringan Saraf Tiruan	29
3.7.2. Pembentukan Persamaan Matematika dari Model JST	33
3.7.3. Integrasi Model Persamaan Matematika Ke dalam <i>Mikrokontroller</i>	33
3.8. Analisis Data	34
3.9. Analisis Statistik.....	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Hasil Perancangan Sensor <i>E-Nose</i>	35
4.2. Hubungan Antara Aroma Ikan Kembung Dengan Nilai ADC.....	39
4.3. Kalibrasi Rancangan Alat Sensor.....	53
4.3.1. Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan.....	53

4.3.2. Persamaan Matematika dari Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan	60
4.4. Integrasi Model JST dengan Mikrokontroler	67
4.5. Hubungan Antara Kestabilan Nilai Aktual dan Prediksi Kesegaran Ikan Kembang.....	69
4.6. Validasi Rancangan Alat Sensor	71
4.6.1. Uji Koefisien Korelasi	71
4.6.2. Uji Koefisien Determinasi (R^2), Root Mean Square Error (RMSE), dan Relative Root Mean Square Error (RRMSE).....	82
4.7. Perubahan Fisik Pada Ikan Kembang.....	85
4.7.1. Kondisi Ikan Utuh.....	86
4.7.2. Warna Insang Pada Ikan	91
4.7.3. Perubahan Rasa Ikan Kembang Saat Digoreng.....	95
V. KESIMPULAN.....	97
5.1. Kesimpulan.....	97
5.2. Saran	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN.....	103

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Spesifikasi Arduino.....	10
2. Rangkaian Kebaruan Penelitian.....	16
3. Rancangan Percobaan Hari ke-1.....	21
4. Rancangan Percobaan Hari ke-2.....	21
5. Rancangan Percobaan Hari ke-3.....	22
6. Rancangan Percobaan Hari ke-4.....	22
7. Rancangan Percobaan Hari ke-5.....	23
8. Skala Perhitungan Nilai ADC.....	28
9. Fungsi dari 4 Sensor yang Digunakan.....	49
10. Daftar Hasil Pelatihan Model JST Terbaik Pada Tiap Variasi <i>Input</i>	56
11. Daftar Hasil Pengujian Model JST Terbaik Pada Setiap Variasi <i>Input</i>	58
12. Perbandingan Nilai Prediksi JST, <i>Ms.Excel</i> , dan Program Arduino.....	68
13. Rentang Nilai Koefisien Korelasi.....	72
14. Data pengujian koefisien determinasi (R^2), <i>Root mean square error (RMSE)</i> , <i>dan Relative root mean square error (RRMSE)</i>	82
15. Ciri-ciri Ikan Segar dan Tidak Segar.....	85
16. Perubahan Fisik Pada Ikan.....	87
17. Warna Insang Pada Ikan Kembung.....	91
<i>Lampiran</i>	
18. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 0 Jam.....	104
19. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 8 Jam.....	106
20. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 16 Jam.....	108
21. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 24 Jam.....	110
22. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 32 Jam.....	112

23. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 40 Jam	114
24. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 48 Jam	116
25. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 56 Jam	118
26. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 64 Jam	120
27. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 72 Jam	122
28. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 80 Jam	124
29. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 88 Jam	126
30. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 96 Jam	128
31. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 104 Jam	130
32. Nilai Aroma Kesegaran Ikan Kembung 112 Jam	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sensor TGS 822	6
2. Sensor MQ 136	7
3. Sensor TGS 2602	7
4. Sensor TGS 813	8
5. <i>Mikrokontroller</i> Arduino Uno.....	10
6. Struktur Jaringan Saraf Tiruan.....	12
7. Rancangan Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan.....	24
8. Diagram Alir Penelitian	26
9. Blok Diagram Sistem JST.....	27
10. Arsitektur JST	30
11. Diagram Alir <i>Backpropagation</i>	32
12. Proses <i>Training Backpropagation</i>	32
13. <i>Chamber</i> Sampel Ikan.....	36
14. Komponen Sensor	37
15. Sampel Ikan Dalam <i>Chamber</i>	37
16. Nilai ADC Ikan Kembung 0 Jam.....	39
17. Nilai ADC Ikan Kembung 8 Jam.....	40
18. Nilai ADC Ikan Kembung 16 Jam.....	40
19. Nilai ADC Ikan Kembung 24 Jam.....	41
20. Nilai ADC Ikan Kembung 32 Jam.....	41
21. Nilai ADC Ikan Kembung 40 Jam.....	42
22. Nilai ADC Ikan Kembung 48 Jam.....	42
23. Nilai ADC Ikan Kembung 56 Jam.....	43
24. Nilai ADC Ikan Kembung 64 Jam.....	43

25. Nilai ADC Ikan Kembung 72 Jam	44
26. Nilai ADC Ikan Kembung 80 Jam	44
27. Nilai ADC Ikan Kembung 88 Jam	45
28. Nilai ADC Ikan Kembung 96 Jam	45
29. Nilai ADC Ikan Kembung 104 Jam	46
30. Nilai ADC Ikan Kembung 112 Jam	46
31. Perbandingan Nilai ADC dengan Waktu Simpan Ikan.....	48
32. Konversi Nilai ADC ke Dalam Satuan mv	48
33. Grafik Batas Kesegaran Ikan	52
34. Tampilan Layar Pada <i>Software</i> MATLAB	54
35. Hasil JST <i>Plot Perform</i>	55
36. Hasil Jaringan Saraf Tiruan <i>Plot Regression</i>	55
37. Grafik Pelatihan Model Jaringan Saraf Tiruan Input.....	57
38. Grafik Pengujian Model Jaringan Saraf Tiruan Input (Persentase Kesegaran)	59
39. Tampilan Folder Bobot dan Bias yang Tersimpan dalam Bentuk JST.....	61
40. Proses <i>Input</i> Model Matematika ke Dalam <i>Mikrokontroller</i>	67
41. Hubungan Antara Nilai Prediksi dan Aktual	70
42. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 0 Jam.....	73
43. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 8 Jam.....	74
44. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 16 Jam.....	74
45. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 24 Jam.....	75
46. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 32 Jam.....	75
47. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 40 Jam.....	76
48. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 48 Jam.....	76
49. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 56 Jam.....	77
50. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 64 Jam.....	77
51. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 72 Jam.....	78
52. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 80 Jam.....	78
53. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 88 Jam.....	79
54. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 96 Jam.....	79
55. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 104 Jam.....	80

56. Perbandingan Nilai Prediksi JST dengan Waktu Simpan 112 Jam.....	80
57. Perbandingan Umur Simpan Terhadap Prediksi JST.....	81
58. Grafik pengujian koefisien determinasi (R^2), <i>Root mean square error (RMSE)</i> , <i>dan Relative root mean square error (RRMSE)</i>	84
59. Kotak <i>Sterofom</i>	86
60. Ikan Kembung Goreng 0 Jam	95
61. Ikan Kembung Goreng 56 Jam	95

Lampiran

62. Penginputan Data Latih.....	134
63. Penginputan Data Uji	134
64. Tampilan Awal Aplikasi MATLAB R2014b.....	135
65. Membuka File yang Akan Dilakukan Proses Pengembangan JST	135
66. <i>Running</i> Pelatihan Pada Aplikasi MATLAB	136
67. Tampilan <i>Plot Perform</i> dan <i>Plot Regression</i>	136
68. Program Pengujian Pada MATLAB	137
69. Hasil Prediksi Pada Proses Pelatihan	137
70. Hasil Prediksi Pada Proses Pengujian	138
71. Tampilan File Bobot dan Bias.....	138
72. Penampilan Pada Program Arduino	139
73. Proses Memasukkan Sampel Ikan Pada <i>Chamber</i>	139
74. Nilai ADC Aroma Kesegaran Ikan Pada Arduino	140
75. Proses Netralisasi Alat Dengan Kipas Angin	140
76. Proses Foto Ikan Hasil Pengamatan.....	141

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan potensi sumber daya laut yang melimpah. Letak Indonesia yang strategis dimana Indonesia diapit oleh dua samudera menjadikan Indonesia sebagai negara yang kaya akan sumber daya lautnya, termasuk ikan. Ikan merupakan hewan akuatik dan berdarah dingin. Ikan memiliki peran yang penting dalam kehidupan manusia. Ikan merupakan sumber protein hewani dan ikan juga mengandung omega, yodium, selenium, fluorida, dll. Mengandung asam lemak tak jenuh seperti: Kandungan omega-3 pada ikan lebih tinggi dibandingkan hewan laut lainnya. Jenis ikan yang ada di Indonesia antara lain ikan air laut dan ikan air tawar. ikan air laut contohnya tuna, salmon, kakap, kembung, dll. selain itu ada ikan air tawar, seperti lele, nila, gurame, dan lainnya. Salah satu ikan air laut laut yang paling umum di Indonesia adalah ikan kembung.

Ikan kembung (*Rastrelliger sp*) merupakan salah satu jenis ikan yang cukup favorit di Indonesia. Ikan ini mengandung omega-3 dan omega-6 yang sangat bermanfaat bagi tubuh manusia. ikan kembung termasuk dalam genus *Rastrelliger* dan berkerabat dengan tongkol dan tuna. Dengan banyaknya manfaat ikan ini perlu pemilihan kesegaran ikan yang baik agar ikan aman saat dikonsumsi dan tidak menyebabkan keracunan, ikan segar memiliki mata yang bening, insang yang berwarna merah, sisik yang melekat kuat, dan ekor yang tidak rusak. Penanganan ikan segar sangat memegang peranan penting sebab tujuan utamanya adalah mengusahakan agar kesegaran ikan setelah tertangkap dapat dipertahankan selama mungkin.

Ikan lebih cepat membusuk dibandingkan dengan daging ayam atau sapi. Hal ini karena ikan mengandung sekitar 80% air. Ikan mengandung lemak tak jenuh yang menyebabkan ikan lebih mudah teroksidasi dan lebih cepat membusuk.

Ikan kembung mengandung beberapa senyawa yang dapat menyebabkan keracunan. Salah satu kandungan ikan yang dapat menyebabkan keracunan yaitu histamin. Penyebab paling umum dari keracunan ini adalah karena siklus pendinginan ikan yang tidak memadai atau ikan tersebut sudah rusak/busuk. Semakin tinggi tingkat pembusukan pada ikan, maka semakin tinggi pula histamin pada ikan tersebut. Dosis histamin yang dikonsumsi (8-10 mg) tidak berbahaya. Apabila mengonsumsi histamin 70 sampai 100 mg akan timbul gejala toksisitas (Nahla dan Farag, 2005). Contoh yang pernah terjadi keracunan histamin pada ikan yaitu di Kota Jember pada tanggal 3 Januari 2020 sebanyak 350 orang keracunan ikan di malam pergantian tahun baru 2020. Keracunan ini disebabkan oleh penyimpanan ikan yang salah sehingga kandungan histamin pada ikan meningkat, (Supriadi, 2020).

Hidung elektronik (*electronic nose*) adalah sensor analisis bau yang menggunakan elektronik dan komponen elektronik untuk mensimulasikan indra penciuman manusia. Sistem penciuman pada hidung manusia diawali dengan hidung mendeteksi suatu bau tertentu, yang diteruskan dan diproses oleh bulbus olfaktorius (sel penciuman). Bau tersebut kemudian diteruskan ke otak untuk dikenali dan kita mengetahui baunya. Pada *electronic nose* sistem pendeteksian dimulai dengan sensor bau kemudian mencapai larik sensor dan memproses susunan sensor. Karakteristik kinerja sensor yang terdeteksi bergantung pada desain ruang, ukuran ruang, saluran *input* dan *output*, dan lokasi sensor. (Ningsih, 2022). Pada penelitian ini akan membangun sistem *e-nose* dengan menggunakan metode JST yaitu *backpropagation*.

Jaringan Saraf Tiruan (JST) adalah desain atau model komputer yang mensimulasikan jaringan biologis otak manusia. JST adalah teknik yang digunakan untuk memecahkan masalah pengenalan pola dan klasifikasi karena efisiensi dan keandalan komputasi yang tinggi. Metode JST *Backpropagation* sangat cocok untuk penyelesaian masalah khususnya permasalahan prediksi (Matondang, 2013). JST adalah *Artificial Intelligence* yang digunakan untuk

memecahkan masalah prediktif berdasarkan data historis. Setelah data yang diperoleh disimulasikan dengan JST, maka ditemukan nilai kesegaran ikan dari aroma ikan tersebut.

Berdasarkan uraian di atas, teknologi identifikasi kesegaran ikan berdasarkan aroma sangat diperlukan untuk memudahkan pemilihan ikan segar. Pengujian mutu ikan biasanya dilakukan dengan menggunakan uji laboratorium, namun uji laboratorium tersebut memerlukan waktu yang lama dan biaya yang lebih mahal. Oleh karena itu, diperlukan teknologi untuk mendeteksi ikan segar berdasarkan aroma menggunakan hidung elektronik dengan jaringan saraf tiruan yang dapat meniru cara kerja hidung manusia. Sensor - sensor digunakan dalam desain hidung elektronik: Sensor TGS 822, Sensor TGS 813, Sensor TGS 2602 dan Sensor MQ 136. Desain perangkat ini memungkinkannya mendeteksi kesegaran ikan lebih cepat dibandingkan dengan uji laboratorium.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka muncul rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *e-nose* menggunakan Jaringan Saraf Tiruan dengan metode *backpropagation* dalam mendeteksi tingkat kesegaran ikan kembung ?
2. Bagaimana menganalisis proses Jaringan Saraf Tiruan untuk mendeteksi tingkat kesegaran ikan kembung ?
3. Bagaimana cara memaksimalkan identifikasi kesegaran ikan dengan sensor *e-nose* ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai aroma kesegaran ikan kembung menggunakan *e-nose* dengan metode Jaringan Saraf Tiruan;

2. Membangun arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk mendeteksi aroma kesegaran ikan kembung;
3. Mengklasifikasikan kesegaran ikan berdasarkan aroma menggunakan sensor *e-nose*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengidentifikasi kesegaran ikan secara cepat dan akurat.
2. Dalam bidang masyarakat akademik penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi, dalam mengembangkan ilmu pengetahuan bagi penelitian berikutnya.

1.5. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah penggunaan dari alat pendeteksi kesegaran ikan dengan *e-nose* dan Arduino uno ini mampu mendeteksi kesegaran ikan kembung dengan cepat dan akurat, sehingga dapat memaksimalkan untuk mendeteksi kesegaran ikan kembung.

1.6. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan kembung (*Rastrelliger sp*);
2. Penelitian hanya terbatas pada aroma yang ada pada sampel;
3. *E-nose* dilatih untuk mendeteksi kesegaran ikan berdasarkan aroma.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*)

Ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) adalah jenis ikan pelagis kecil yang produksinya cukup besar dan banyak diminati oleh masyarakat untuk memenuhi gizi sehari-hari. Ikan kembung (*Rastrelliger sp.*) juga mempunyai kandungan gizi yang cukup tinggi dengan harga yang ekonomis. Ikan kembung segar memiliki kandungan gizi yang terdiri dari 76% air, 22 g protein, 1 g lemak, 20 mg kalsium, 200 mg fosfor, 1 g besi, 30 SI vitamin A, dan 0,05 mg vitamin B1. Setelah ditangkap nelayan, ikan kembung hanya mampu bertahan sekitar 6-7 jam. Oleh sebab itu, ikan yang baru ditangkap harus segera diolah agar tidak cepat busuk. Ikan kembung memiliki kandungan air yang cukup tinggi sehingga pertumbuhan bakteri patogen cepat terjadi yang menyebabkan proses dekomposisi yang sangat cepat. Bakteri patogen yang terdapat pada tubuh ikan kembung antara lain *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhi*, dan *Escherichia Coli*, (Rahayu *et al.*, 2023).

Bakteri *Escherichia Coli* pada ikan kembung cukup tinggi seiring dengan tingkat kesegaran ikan. Bakteri *Escherichia Coli* adalah bakteri yang dapat hidup pada usus hewan mamalia termasuk manusia. *Escherichia Coli* juga banyak mengontaminasi ikan-ikan segar dan ini sangat membahayakan jika ikan segar yang sudah terkontaminasi oleh bakteri *Escherichia coli* dikonsumsi oleh konsumen. *Escherichia Coli* juga dapat menyebabkan penyakit seperti disentri pada anak-anak dan orang dewasa, (Fahdi *et al.*, 2020).

2.2. Sensor Gas

Sensor merupakan sebuah alat yang berfungsi mendeteksi perubahan lingkungan fisik atau kimia. Sensor gas adalah sebuah alat yang mampu menghasilkan sinyal listrik yang berfungsi untuk interaksi dengan senyawa kimia, dalam hal ini gas atau uap senyawa organik, (Muzawi et al., 2019). Pada penelitian ini menggunakan 4 jenis sensor gas yaitu sensor TGS 822, sensor MQ 136, sensor TGS 2602, dan sensor TGS 813.

2.2.1. Sensor TGS 822

Sensor TGS 822 merupakan sebuah sensor yang memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap uap pelarut organik serta mudah menguap. Sensor TGS 822 ini peka terhadap beberapa gas yang mudah terbakar seperti karbon monoksida, sehingga sensor ini umum digunakan. Elemen penginderaan sensor gas Figaro adalah dioksida timah (SnO_2) semikonduktor yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Dengan keberadaan gas terdeteksi, yang meningkatkan konduktivitas sensor tergantung pada konsentrasi gas di udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengkonversi perubahan konduktivitas untuk sinyal output yang sesuai dengan konsentrasi gas. Bentuk fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 822 ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sensor TGS 822

2.2.2. Sensor MQ-136

Sensor MQ-136 merupakan sebuah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi bau gas timah oksida (SnO_2). Sensor gas MQ-136 sangat sensitif terhadap sulfur dioksida (SO_2) dan berfungsi untuk mendeteksi gas lain yang mengandung belerang. Sensor MQ 136 adalah sebuah alat yang digunakan sebagai pendeteksi

gas H₂S. Hidrogen sulfida (H₂S) adalah sebuah gas yang tidak berwarna, beracun, mudah terbakar dan memiliki bau seperti telur busuk. Gas ini dapat dihasilkan sebagai hasil aktivitas biologis ketika bakteri menguraikan bahan organik tanpa adanya oksigen. (Treska, 2013). Bentuk fisik sensor MQ 136 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor MQ 136

2.2.3. Sensor TGS 2602

TGS 2602 merupakan sebuah sensor yang mempunyai sangat sensitif terhadap aroma amonia dan H₂S. Sensor TGS 2602 figaro memiliki tingkat sensitivitas dan selektifitas yang baik pada kontaminasi udara terhadap kadar gas di luar ruang seperti amonia dan H₂S, kandungan alkohol yang rendah. Karena ukuran chip sensor yang kecil maka TGS 2602 hanya membutuhkan arus pada heater yang kecil pula yaitu sebesar 56mA dan bagian ini disimpan pada standar paket komponen TO-5, (Figaro, 2003).



Gambar 3. Sensor TGS 2602

2.2.4. Sensor TGS 813

Sensor TGS 813 merupakan sebuah alat yang sangat sensitif pada metana, propana dan butana. Karena ukuran chip sensor yang kecil, TGS 813 juga membutuhkan arus yang kecil pada *heater* yaitu 5 Volt, dan komponen ini terletak pada paket komponen standar TO-5. Bentuk fisik sensor TGS 813 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor TGS 813

2.3. Sistem Kendali

Sistem kendali adalah suatu sistem yang digunakan untuk mengendalikan, mengarahkan dan mengintruksikan. Secara garis besar, sistem kendali adalah berbagai unsur yang berhubungan antara satu dengan yang lain agar memperoleh tujuan yang melibatkan banyak aktivitas didalamnya. Unsur - unsur tersebut mempunyai istilah yang berbeda-beda. Istilah yang digunakan dalam sistem kendali yaitu (Bakshi dan Bakshi, 2009):

- a. *Plant*: Unsur yang dikendalikan atau diatur.
- b. *Controller*: Unsur yang mengendalikan *plant*.
- c. *Input*: nilai masukan yang digunakan sebagai fungsi dasar atau dianggap sebagai keluaran yang diharapkan.
- d. *Output*: Hasil akhir dari pengoperasian sistem operasi yang berupa suatu nilai

sistem operasi dibagi menjadi dua berdasarkan dengan fungsinya yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup. Pada sistem terbuka, keluaran yang dihasilkan tidak mengubah nilai masukan yang diberikan kepada pengontrol. Keluaran yang dihasilkan pada sistem tertutup mempengaruhi masukan yang diberikan kepada pengontrol.

2.4. Mikrokontroler Arduino

Mikrokontroler adalah sistem berbasis mikroprosesor lengkap dalam sebuah chip. *Mikrokontroler* berbeda dengan mikroprosesor serba guna pada PC karena *mikrokontroler* umumnya menyertakan komponen memori dan I/O yang mendukung sistem mikroprosesor, (Sokop *et al.*, 2016). Arduino adalah sebuah platform yang terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat keras arduino secara umum sama dengan mikrokontroler, hanya saja ditambahkan nama pin pada arduino agar lebih mudah diingat. Perangkat lunak Arduino adalah perangkat lunak sumber terbuka dan oleh karena itu dapat diunduh secara gratis. Perangkat lunak ini digunakan untuk membuat program dan mengintegrasikannya ke Arduino (Arifin *et al.*, 2016).

Arduino Mega 2560 digunakan dalam penelitian ini karena hanya diperlukan koneksi USB untuk menggunakan Arduino jenis ini. Arduino Mega 2560 merupakan papan pengembangan *mikrokontroler* menggunakan Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Selain itu, Arduino Mega 2560 adalah perangkat open source. Ini memberi kebebasan kepada siapa pun untuk membuat Arduino Mega 2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog *input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah port USB, *power jack DC*, *ICSP header*, dan tombol reset, ((Pangaribuan *et al.*, 2020). Bentuk fisik Arduino uno dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Mikrokontroler Arduino Uno

Tabel 1. Spesifikasi Arduino

Spesifikasi	Keterangan
<i>Microcontroller</i>	<i>ATmega 328P</i>
<i>Operating voltage</i>	5 Volt
<i>Input voltage (recommended)</i>	7 – 12 Volt
<i>Input voltage (limit)</i>	6 – 20 Volt
<i>Digital I/O pins</i>	14 (<i>of which 6 provide PWM output</i>)
<i>PWM Digital I/O pins</i>	6
<i>Analog input pins</i>	6
<i>DC current per I/O pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3 V pin</i>	50 mA
<i>Flash memory</i>	32 KB (<i>ATmega328P</i>) <i>of which 0.5 KB used by bootloader</i>
<i>SRAM</i>	2 KB (<i>ATmega328P</i>)
<i>EEPROM</i>	1 KB (<i>ATmega328P</i>)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>LED_BUILTIN</i>	13
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

(Sumber: Arduino, 2020)

2.5. *Electronic Nose*

Electronic nose (e-nose) merupakan suatu alat yang cara kerjanya meniru prinsip kerja indra penciuman. *electronic nose* terdiri dari sistem sensor gas yang menggantikan reseptor penciuman yang mendeteksi bau atau aroma. Aroma yang terdeteksi oleh beberapa sensor gas kemudian membentuk pola tertentu. Pola ini

kemudian dideteksi menggunakan sistem pengenalan pola. Saat ini, *e-nose* digunakan dalam aplikasi pengendalian kualitas di industri makanan, minuman, kosmetik, bioteknologi, farmasi, dan perlindungan lingkungan. Dalam industri makanan, *e-nose* telah digunakan untuk mendeteksi kesegaran makanan seperti daging sapi, babi, dan tahu. Karena kesegaran ikan juga ada batasnya, dan kesegaran ikan sangat mempengaruhi aromanya, (Lintang et al., 2016).

Electronic Nose terdiri dari beberapa sensor gas yang bertugas mendeteksi bau/aroma yang meniru struktur kelompok saraf penciuman pada organ penciuman manusia. Keluaran dari *e-nose* dapat berupa pola-pola yang mewakili setiap bau/aroma, oleh sebab itu *e-nose* dapat diterapkan untuk identifikasi, perbandingan, kuantifikasi dan klasifikasi berdasarkan aroma. *E-Nose* ini menggunakan metode JST mempunyai kemampuan dalam mengidentifikasi kesegaran ikan dengan cepat dan efektif, karena bentuknya yang didesain portable, sehingga mampu membantu mengidentifikasi kesegaran ikan yang ada di pasaran, (Novita et al., 2021).

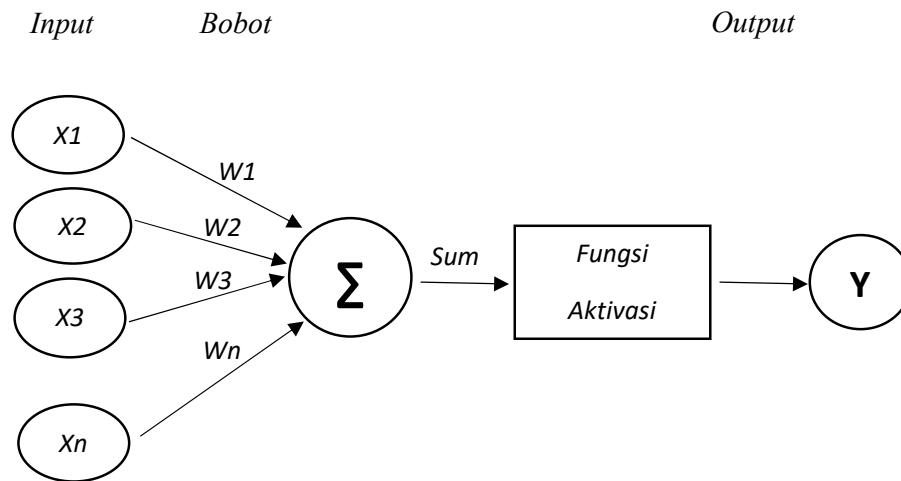
2.6. Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*

Jaringan saraf tiruan merupakan paradigma pemrosesan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf biologis, seperti kemampuan otak untuk memproses informasi. Jaringan saraf tiruan mempunyai kemampuan untuk mengekstrak hubungan antara *input* dan *output* suatu proses tanpa keberadaan fisik. jaringan saraf tiruan ini diimplementasikan oleh program komputer yang mampu melakukan sejumlah proses komputer selama proses pembelajaran.

backpropagation adalah suatu algoritma jaringan syaraf tiruan yang biasa digunakan dalam penyelesaian permasalahan kompleks terkait identifikasi, prediksi, pengenalan pola, dan lain-lain, (Edi Ismanto, 2017).

Jaringan syaraf tiruan ada banyak jenisnya, namun hampir semuanya mempunyai komponen yang hampir sama. Mirip dengan otak manusia, jaringan saraf tiruan terdiri dari banyak neuron yang saling berhubungan. Dalam jaringan saraf, neuron dikumpulkan dalam lapisan yang disebut lapisan neuron. Umumnya, neuron-neuron dalam satu lapisan terhubung dengan lapisan sebelum atau sesudahnya,

kecuali lapisan masukan dan lapisan keluaran. Informasi yang dikirimkan ke jaringan saraf menyebar dari lapisan ke lapisan, dari lapisan masukan ke lapisan keluaran, melalui lapisan tersembunyi, (Sudarsono, 2016). Untuk lebih memahami terkait struktur neuron di jaringan saraf tiruan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur Jaringan Saraf Tiruan

Struktur jaringan saraf tersebut memiliki n lapisan *input* yang terdiri dari beberapa neuron yaitu $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. Setiap masukan bernilai kemudian dikalikan dengan bobot $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ yang telah diatur sebelumnya ke rentang nilai tertentu. Setelah dilakukan penjumlahan dari setiap *input* dan bobot, proses selanjutnya adalah menjumlahkan seluruh neuron hasil penjumlahan dan memasukkannya ke dalam fungsi aktivasi untuk menentukan nilai ambang (*threshold*) neuron tersebut. Untuk mengirimkan informasi yang diterima, nilai *input* yang dihasilkan pada saat aktivasi harus mampu melebihi nilai ambang (*threshold*) tertentu untuk dikirimkan sebagai *output* ke neuron lain, (Faizal et al., 2019).

2.7. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi berfungsi sebagai pengukur besarnya kemampuan model regresi dalam menjelaskan variabel terikat. Nilai koefisien determinasi atau *adjusted* (R^2) yaitu 0 - 1. Jika nilai koefisien determinasi atau *adjusted* (R^2)

mendekati nilai 1, maka nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variabel bebas (X) yang besar terhadap variabel terikat (Y). variabel bebas pada penelitian ini adalah nilai aktual (jam) dan variabel bebas adalah nilai prediksi dari JST. begitu pula sebaliknya, jika nilai koefisien determinasi atau *adjusted* (R^2) kecil bahkan mendekati 0, maka menunjukkan bahwa pengaruh variabel bebas (X) adalah kecil terhadap variabel terikat (Y), (Nanincova *et al.*, 2019). Nilai R^2 diperoleh dengan cara membuat grafik *scatter* dari nilai observasi dan nilai prediksi pada *Ms.Excel*. Grafik yang dibuat ditambahkan *treadline* kemudian dipilih tipe regresi linier dan menampilkan nilai R^2 (Pangestu, 2019).

2.8. Root Mean Square Error (RMSE)

Root mean square error (RMSE) berfungsi untuk menganalisis perbandingan data lapangan dengan data hasil proses yang diolah untuk mengetahui tingkat kesalahan yang terjadi. *Root mean square error (RMSE)* merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana jika nilai mendekati 0 maka hasil prediksi akan semakin akurat, (Kurniawan *et al.*, 2023). Berikut persamaan nilai RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

\hat{y}_i = Nilai prediksi

y_i = Nilai aktual

n = Jumlah data

Sedangkan nilai standar deviasi atau simpangan baku merupakan suatu nilai yang menunjukkan tingkat atau derajat variasi kelompok atau ukuran standar penyimpangan dari reratanya. Fungsinya untuk mengetahui tingkat penyebaran atau variasi data, (Febriani, 2022). Standar deviasi ini berbeda dengan rata-rata, dimana standar deviasi mengukur sebaran data sedangkan rata-rata mengukur nilai tengah atau pusat data. Rumus standar deviasi dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$SD = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

\bar{x} = rata – rata sampel

x_i = setiap nilai data

n = jumlah data

dari kedua persamaan tersebut dapat menghasilkan nilai yang sama.oleh sebab itu, RMSE disebut juga standar deviasi (σ) begitu pula sebaliknya. Besaran RMSE dan standar deviasi tidak dapat membandingkan model yang sama apabila digunakan pada bidang penelitian yang berbeda.

2.9. *Relative Root Mean Square Error (RRMSE)*

Relative Root Mean Square Error (RRMSE) merupakan varian RMSE tanpa dimensi. *Relative Root Mean Square Error (RRMSE)* adalah ukuran kesalahan kuadrat rata-rata akar yang telah diskalakan terhadap nilai aktual dan kemudian dinormalisasi dengan nilai kuadrat rata-rata akar, (*chambers and Dunstan, 1986*). RRMSE dihitung dengan membagi *Root Mean Square Error (RMSE)* dengan nilai rata-rata dari data sebenarnya, sehingga memungkinkan perbandingan performa model pada skala yang berbeda.semakin rendah nilai RRMSE, semakin akurat model tersebut dalam mempresentasikan data yang sebenarnya. Nilai RRMSE dapat dihitung dengan rumus:

$$RRMSE = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i)^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan;

N = Jumlah data

y_i = Nilai aktual

\hat{y}_i = Nilai prediksi

2.10. Kandungan Gas Dalam Ikan

Ikan lebih cepat mengalami pembusukan dibandingkan dengan daging ayam atau daging sapi. Saat proses pembusukan ikan terdapat beberapa komponen gas yang dihasilkan seiring dengan lama penyimpanan dan cara penyimpanan ikan tersebut. Terdapat beberapa komponen gas yang dihasilkan akibat pembusukan ikan seperti hidrogen sulfida (H_2S), Karbon Monoksida (CO), Metana (CH_4), Amonia (NH_3), (Nugroho *et al*, 2021). Hidrogen Sulfida (H_2S) adalah molekul gas yang bersifat racun, terbentuk melalui pemecahan asam-asam amino yang mengandung unsur sulfur atau belerang seperti *cystin*, *cistein* dan *methionin*. H_2S bisa dijadikan sebagai indikator kebusukan pada makanan, khususnya pada makanan hewani yaitu daging. Jika suatu bahan pangan telah menghasilkan gas H_2S maka bisa dibilang bahan pangan tersebut sudah tercemar atau tidak layak konsumsi, karena telah terurainya asam amino bergugus sulfur menjadi senyawa H_2S , (Sutrisno *et al*, 2020). Pada prinsipnya, ikan yang sudah mulai membusuk akan mengeluarkan gas NH_3 . NH_3 bebas akan mengikat reagen MgO dan menghasilkan NH_3OH . Pada ikan yang belum membusuk terbentuk ikatan NH_3OH karena belum adanya NH_3 yang bebas.

2.11. Kebaruan Penelitian

Kebaruan penelitian ini merupakan sensor *e-nose* mampu mengidentifikasi kesegaran ikan kembung menggunakan metode jaringan saraf tiruan *backpropagatin*. Rangkaian kebaruan yang sudah ada mengenai penelitian ini ditunjukkan pada tabel

Tabel 2. Rangkaian Kebaruan Penelitian

No	Penulis	Tahun	Judul	Hasil
1	Andi	2023	Klasifikasi tingkat sangrai biji kopi dengan <i>electronic nose</i> menggunakan jaringan saraf tiruan.	Dari hasil pengolahan model didapatkan hasil <i>True Positive</i> untuk masing-masing tingkat kematangan sangrai kopi yaitu 44 untuk <i>Light</i> , 55 untuk <i>Medium</i> dan 57 untuk <i>Dark</i> . Tingkat akurasi yang didapatkan dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan kopi yang telah disangrai adalah 86%.
2	Larasati	2022	Deteksi rempah-rempah menggunakan <i>electronic nose</i> berbasis jaringan saraf tiruan (JST) dengan metode <i>backpropagation</i> .	Arsitektur jaringan saraf tiruan tersebut mampu mengidentifikasi data sampel rempah-rempah sebesar 98,75% dengan nilai standar deviasi sebesar 0,388718 dan nilai ketidakpastian relatifnya sebesar 13,2%.
3	Maya	2022	Aplikasi sistem <i>electronic nose</i> menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode <i>backpropagation</i> untuk mendeteksi	Seluruh nilai setiap parameter model JST yaitu akurasi, presisi, sensitivitas, spesifisitas dan prediksi negatif yang memiliki nilai lebih besar dari 95,0% untuk pelatihan data maupun pengujian yang berarti tingkat pengenalan

			sistem pengenalan aroma teh.	terdeteksi dengan sangat baik
4	Nasirotul	2019	Identifikasi kandungan minyak goreng menggunakan jaringan saraf tiruan dengan metode <i>backpropagation</i> .	Berdasarkan hasil pengujian, JST <i>backpropagation</i> mampu melakukan pengidentifikasian dengan tingkat keberhasilan 100%.
5	Maria	2019	Desain sistem pengenalan dan klasifikasi kopi bubuk bermerek dengan menggunakan <i>electronic nose</i> berbasis <i>artificial neural network (ANN)</i> .	hasil <i>output</i> menunjukkan bahwa JST <i>backpropagation</i> mampu mengenali jenis kopi dengan tingkat keberhasilan 73.3%.
6	Daniel	2019	Penerapan jaringan saraf tiruan dalam memprediksi gizi balita pada puskesmas siantar utara kota pematangsiantar.	Dari arsitekstur tersebut Adapun hasil prediksi indeks massa tubuh balita pada puskesmas siantar utara kota pematangsiantar pada tahun 2019 dan 2020 mengalami kenaikan yang sangat tinggi dengan nilai rata-rata 83%.
7	Pangestu	2019	Identifikasi buah pisang berdasarkan	Model jaringan saraf tiruan dapat digunakan untuk identifikasi morfologi buah

			karakteristik morfologi buah dengan metode jaringan saraf tiruan.	pisang Muli, Ambon dan Kepok. Akurasi hasil prediksi jaringan saraf tiruan adalah 100%.
8	Yusaran	2016	Implementasi jaringan saraf tiruan untuk memprediksi hasil nilai UN menggunakan metode <i>backpropagation</i>	Arsitektur Jaringan yang paling tepat digunakan untuk memprediksi hasil nilai UN adalah jaringan saraf tiruan menggunakan algoritma <i>backpropagation</i>
9	Moh. nasir	2016	Monitoring perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin berbasis <i>e-nose</i> menggunakan metode <i>principal component analysis (pca)</i>	Sensor gas MQ5, MQ6, dan MQ138 bisa merespon perkembangan aroma tahu berformalin dan tanpa formalin karena memiliki sensitivitas terhadap senyawa volatil yang ada pada kedua sampel.
10	Yanuar putu wiharja	2014	Pemrosesan citra digital untuk klasifikasi mutu buah pisang menggunakan jaringan saraf tiruan.	Konfigurasi terbaik model jaringan <i>backpropagation</i> untuk sistem klasifikasi mutu pisang didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 94% dari 100 data uji pisang.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Mei sampai Juni 2024 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pascapanen Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2. Alat Dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini, sebagai berikut :

1. Sensor TGS822, sebagai pendeteksi gas karbon monoksida.
2. Sensor TGS813, sebagai pendeteksi metana, propana, dan butana.
3. Sensor MQ136, sebagai pendeteksi gas tin oksida (SnO_2).
4. Sensor TGS2602, sebagai pendeteksi gas Amonia dan H_2S .
5. Toples, digunakan untuk meletakkan sampel ikan kembung.
6. Mikrokontroler Atmega 2560, digunakan untuk mengendalikan dan mengontrol sensor yang digunakan.
7. *Power Supply*, digunakan untuk menyuplai tegangan listrik.
8. LCD Karakter 2 x 16, untuk memantau keadaan sensor atau keadaan jalannya program.
9. Kipas Angin, digunakan untuk menetralkan kejenuhan aroma ikan kembung di dalam *chamber*.
10. Kamera, digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan.
11. Alat tulis, digunakan untuk mencatat hasil penelitian.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan kembung berjumlah 20 ekor dibeli di pasar Gudang Lelang, Bandar Lampung yang digunakan sebagai sampel.

3.3. Parameter Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan dengan 3 perlakuan yaitu waktu, ADC (nilai tegangan sensor) dari deteksi aroma kesegaran ikan sebanyak 4 ulangan. Penelitian ini dilakukan dengan cara mendeteksi tingkat kesegaran ikan kembung, mulai dari ikan segar 0 jam, kesegaran ikan 8 jam, kesegaran ikan 16 jam, kesegaran ikan 24 jam, kesegaran ikan 32 jam, kesegaran ikan 40 jam, kesegaran ikan 48 jam, kesegaran ikan 56 jam, kesegaran ikan 64 jam, kesegaran ikan 72 jam, kesegaran ikan 80 jam, kesegaran ikan 88 jam, kesegaran ikan 96 jam, kesegaran ikan 104 jam, dan kesegaran ikan 112 jam. Ikan kembung yang digunakan penelitian disimpan dalam suhu 7°C – 10°C. Ikan yang digunakan diletakkan pada sebuah *chamber*. Kemudian diletakkan ke dalam tabung sampel untuk didapatkan nilai ADC pada monitor LCD. Nilai ADC didapatkan setelah sensor mendeteksi aroma ikan yang ada didalam tabung sampel. Setelah pengambilan data pada sensor, sampel kemudian di foto tubuh dan insangnya dalam box untuk melihat kesegaran berdasarkan kondisi fisik ikan. Proses foto dilakukan dalam box agar cahaya dalam foto sama setiap gambarnya. Kemudian nilai-nilai ADC yang sudah terkumpul lalu dilanjutkan dengan metode JST. Hingga didapatkan nilai dan aktivasi terbaik pada sampel ikan ini. Langkah terakhir dari penelitian ini dengan cara mencari model matematikanya dari nilai terbaik yang telah didapatkan oleh JST.

Tabel 3. Rancangan Percobaan Hari ke-1

ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	Kesegaran ikan
K1U1	K1U1	K1U1	K1U1	0 Jam
K1U2	K1U2	K1U2	K1U2	
K1U3	K1U3	K1U3	K1U3	
K1U4	K1U4	K1U4	K1U4	
K1U1	K1U1	K1U1	K1U1	8 Jam
K1U2	K1U2	K1U2	K1U2	
K1U3	K1U3	K1U3	K1U3	
K1U4	K1U4	K1U4	K1U4	
K1U1	K1U1	K1U1	K1U1	16 Jam
K1U2	K1U2	K1U2	K1U2	
K1U3	K1U3	K1U3	K1U3	
K1U4	K1U4	K1U4	K1U4	

Tabel 4. Rancangan Percobaan Hari ke-2

ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	Kesegaran ikan
K2U1	K2U1	K2U1	K2U1	24 Jam
K2U2	K2U2	K2U2	K2U2	
K2U3	K2U3	K2U3	K2U3	
K2U4	K2U4	K2U4	K2U4	
K2U1	K2U1	K2U1	K2U1	32 Jam
K2U2	K2U2	K2U2	K2U2	
K2U3	K2U3	K2U3	K2U3	
K2U4	K2U4	K2U4	K2U4	
K2U1	K2U1	K2U1	K2U1	40 Jam
K2U2	K2U2	K2U2	K2U2	
K2U3	K2U3	K2U3	K2U3	
K2U4	K2U4	K2U4	K2U4	

Tabel 5. Rancangan Percobaan Hari ke-3

ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	Kesegaran ikan
K3U1	K3U1	K3U1	K3U1	48 Jam
K3U2	K3U2	K3U2	K3U2	
K3U3	K3U3	K3U3	K3U3	
K3U4	K3U4	K3U4	K3U4	
K3U1	K3U1	K3U1	K3U1	56 Jam
K3U2	K3U2	K3U2	K3U2	
K3U3	K3U3	K3U3	K3U3	
K3U4	K3U4	K3U4	K3U4	
K3U1	K3U1	K3U1	K3U1	64 Jam
K3U2	K3U2	K3U2	K3U2	
K3U3	K3U3	K3U3	K3U3	
K3U4	K3U4	K3U4	K3U4	

Tabel 6. Rancangan Percobaan Hari ke-4

ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	Kesegaran ikan
K4U1	K4U1	K4U1	K4U1	72 Jam
K4U2	K4U2	K4U2	K4U2	
K4U3	K4U3	K4U3	K4U3	
K4U4	K4U4	K4U4	K4U4	
K4U1	K4U1	K4U1	K4U1	80 Jam
K4U2	K4U2	K4U2	K4U2	
K4U3	K4U3	K4U3	K4U3	
K4U4	K4U4	K4U4	K4U4	
K4U1	K4U1	K4U1	K4U1	88 Jam
K4U2	K4U2	K4U2	K4U2	
K4U3	K4U3	K4U3	K4U3	
K4U4	K4U4	K4U4	K4U4	

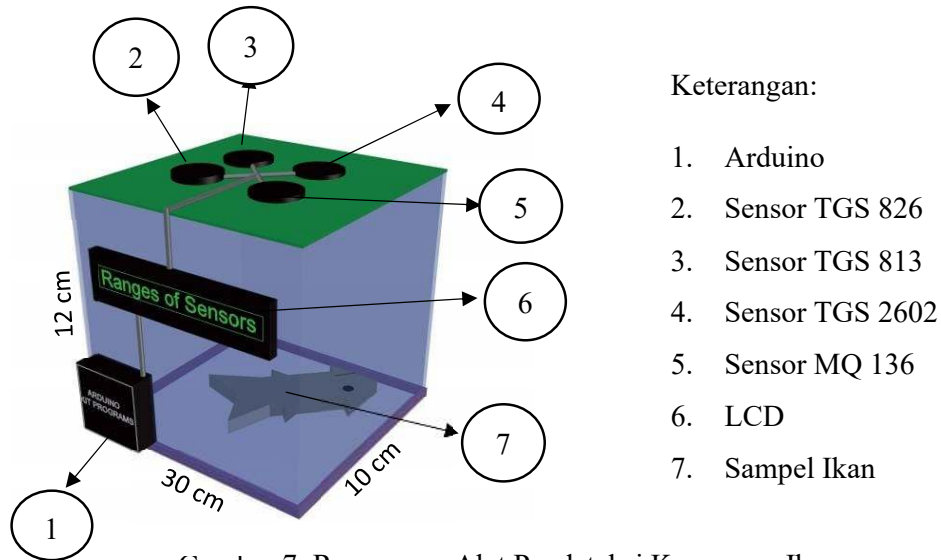
Tabel 7. Rancangan Percobaan Hari ke-5

ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4	Kesegaran ikan
K5U1	K5U1	K5U1	K5U1	96 Jam
K5U2	K5U2	K5U2	K5U2	
K5U3	K5U3	K5U3	K5U3	
K5U4	K5U4	K5U4	K5U4	
K5U1	K5U1	K5U1	K5U1	104 Jam
K5U2	K5U2	K5U2	K5U2	
K5U3	K5U3	K5U3	K5U3	
K5U4	K5U4	K5U4	K5U4	
K5U1	K5U1	K5U1	K5U1	112 Jam
K5U2	K5U2	K5U2	K5U2	
K5U3	K5U3	K5U3	K5U3	
K5U4	K5U4	K5U4	K5U4	

3.4. Kriteria Desain

Perancangan alat pendeteksi kesegaran ikan ini menggunakan sebuah *chamber* berukuran panjang 30 cm x 10 cm x 12 cm dengan bahan yang digunakan berupa kaca. Ukuran dimensi alat dan letak sensor sangat mempengaruhi hasil respon setiap sensor tersebut. Dimensi alat pendeteksi kesegaran ikan dibuat lebih besar dibandingkan dengan ukuran sampel karena jika sensor berada terlalu dekat dengan sampel maka dapat menyebabkan kejenuhan sehingga nilai yang terdeteksi tidak sesuai. Selain itu juga, letak sensor sangat mempengaruhi nilai yang didapatkan. Pada penelitian ini sensor berada diatas bagian insang karena aroma ikan banyak keluar pada insang ikan tersebut. Rancangan sensor ini berfungsi untuk pengukuran kesegaran ikan kembung menggunakan *e-nose*. Proses selanjutnya mencari persentase kesegaran ikan kembung dengan menggunakan rumus JST dan nilai yang sudah didapatkan kemudian di *input*. Pada proses ini terdapat ADC yang digunakan dalam mengubah sinyal analog (sinyal kontinyu) menjadi sinyal digital. Tahapan berikutnya yaitu hasil yang telah didapat *mikrokontroler* diuji kembali untuk dapat dilakukan proses validasi. Kecepatan pengukuran pada yang diharapkan pada rancangan *e-nose* ini sekitar 10 sampai 15

menit pengukuran dengan tingkat akurasi lebih dari 90%. Rancangan alat pendeteksi kesegaran ikan dapat dilihat pada Gambar 7.

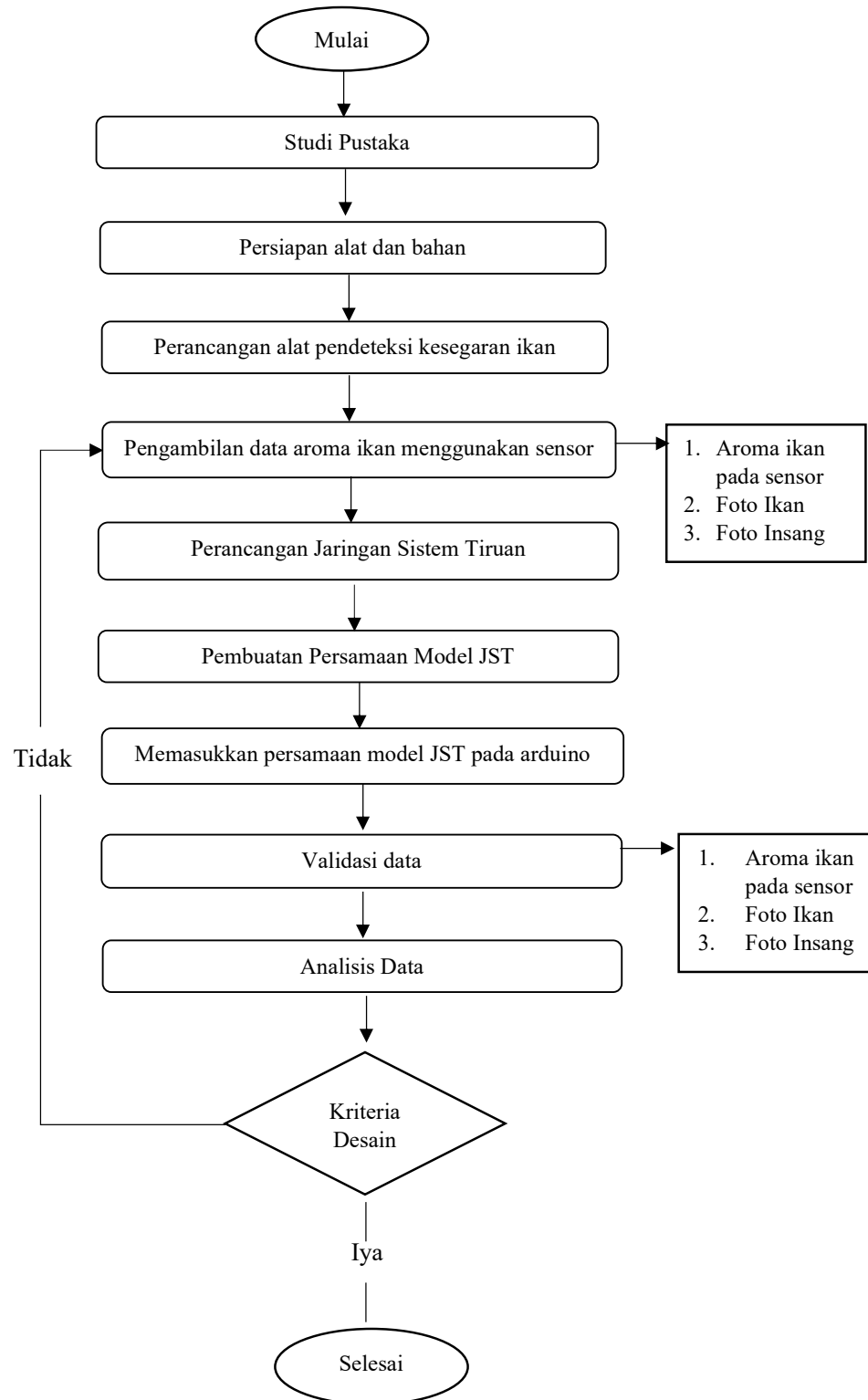


Gambar 7. Rancangan Alat Pendeteksi Kesegaran Ikan

3.5. Prosedur Penelitian

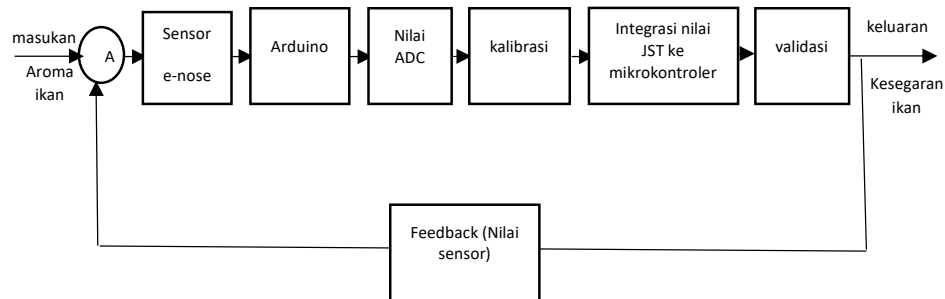
Prosedur penelitian ini dimulai dengan studi pustaka dengan cara mencari sumber dari pustaka tentang kesegaran ikan menggunakan *e-nose*. Rancangan pengambilan data ikan dengan *e-nose* adalah langkah yang digunakan untuk mendapatkan nilai. Proses pengambilan data kesegaran ikan yaitu dengan menggunakan ikan dengan berbagai tingkat kesegaran. Ikan kembung dengan kesegaran 0 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 8 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 16 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 24 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 32 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 40 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 48 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 56 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 64 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 72 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 80 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 88 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 96 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 104 jam; Ikan kembung dengan kesegaran 112 jam. . Sampel ikan diganti setiap 16 jam sekali. Ikan pertama digunakan pada waktu pengamatan 0, 8, dan 16. ikan kedua pada jam ke 24, 32, dan 40. Ikan ketiga pada jam ke 48, 56,

dan 64. Pada ikan keempat pada jam ke 72, 80, dan 88. Pada ikan kelima pada jam ke 96, 104, dan 112. Pengambilan data dilakukan sebanyak 4 ulangan setiap waktu penyimpanan. Sehingga total ikan yang digunakan berjumlah 20 ekor ikan. Setelah pengambilan data pada sensor, sampel kemudian di foto tubuh dan insangnya dalam box untuk melihat kesegaran berdasarkan kondisi fisik ikan. Proses foto dilakukan dalam box agar cahaya dalam foto sama setiap gambarnya. Setelah itu, Proses foto ikan ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan nilai kesegaran ikan yang muncul pada Arduino dengan kondisi fisik ikan. Kemudian data yang didapat nantinya diolah menggunakan metode JST. JST dirancang dengan mengganti nilai node dan fungsi aktivasi yang nantinya akan mendapatkan nilai terbaik berupa R^2 terbesar dan RMSE terkecil. Setelah mendapatkan R^2 dan RMSE dari proses JST akan didapatkan bobot dan bias. Untuk mendapatkan model matematika kalibrasi dan validasi dilakukan untuk memastikan nilai data sesuai dengan nilai yang distandarkan pada kriteria desain. Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

Langkah yang harus dilakukan sebelum mulai perancangan suatu sistem hal yang harus dilakukan terlebih dulu yaitu merancang bentuk blok diagram dari sistem yang dibuat. Berikut ini adalah blok diagram sistem dari aplikasi JST untuk mendeteksi aroma kesegaran ikan kembung yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Blok Diagram Sistem JST

Fungsi masing-masing blok diagram di atas adalah sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan terdapat 4 buah Sensor yaitu TGS 826, MQ136, TGS 813 dan TGS 2602 yang digunakan sebagai pendeteksi aroma didalam wadah pengujian. *Power supply* berfungsi untuk penyalur tegangan listrik ke semua komponen dalam suatu rangkaian elektronika.
2. *Mikrokontroller* berupa arduino berfungsi untuk pembaca dan memproses data dari sensor yang berguna untuk komunikasi data antara *input* dan *output*.
3. Data Identifikasi (.txt) merupakan sebuah data yng berisi data sensor sebagai input data dalam proses identifikasi pada *software* Matlab.
4. Matlab yaitu *software* yang berfungsi untuk mengidentifikasi aroma ikan.
5. Hasil identifikasi adalah hasil identifikasi kesegaran ikan dari proses pelatihan dan pengujian dengan menggunakan JST pada *software* Matlab.

Prosedur penelitian ini dimulai dengan melakukan pengujian kesegaran ikan pada rangkaian *e-nose*. Ukur nilai tegangan ADC yang dihasilkan pada masing-masing ikan. Setelah didapatkan nilai tegangan ADC masukkan ke dalam *Ms. Excel*. dalam proses ini terdapat penentuan variabel dependen dan independen. Kemudian Langkah berikutnya setelah mendapatkan variabel dependen dan independennya

adalah membuat model dengan JST. Lakukan uji model R^2 sehingga mendapat hasil identifikasinya. Setelah itu, Tuliskan model matematika yang diperoleh kedalam arduino lalu mengukur nilai ADC menggunakan arduino dengan model JST yang telah terpasang pada arduino. Tahap akhir dari penelitian ini dengan melakukan validasi aktual.

3.6. Nilai ADC (*Analog Digital Converter*)

Analog Digital Converter atau biasa disingkat ADC merupakan rangkaian yang berfungsi dalam mengubah nilai tegangan analog menjadi nilai digital yang dapat dimengerti oleh perangkat digital sehingga dapat digunakan untuk komputasi digital. Rangkaian ADC ini pada umumnya ada dalam bentuk IC dan diintegrasikan dengan *Mikrokontroler*. Masukan dari ADC ini ada 2 yaitu *input* positif (+) dan *input* negatif (-).

ADC kebanyakan digunakan sebagai pengatur pada proses industri, rangkaian pengukuran, komunikasi digital, dan pengujian. ADC biasanya digunakan untuk perantara sensor analog dengan sistem komputer contohnya seperti sensor suhu, sensor tekanan, sensor cahaya, sensor berat, atau lainnya, yang kemudian diukur menggunakan sistem digital (Ikhsan, 2018).

Tegangan 5 Volt merupakan nilai digital oleh ADC pada mikrokontroler sebesar 1024.

Tabel 8. Skala Perhitungan Nilai ADC

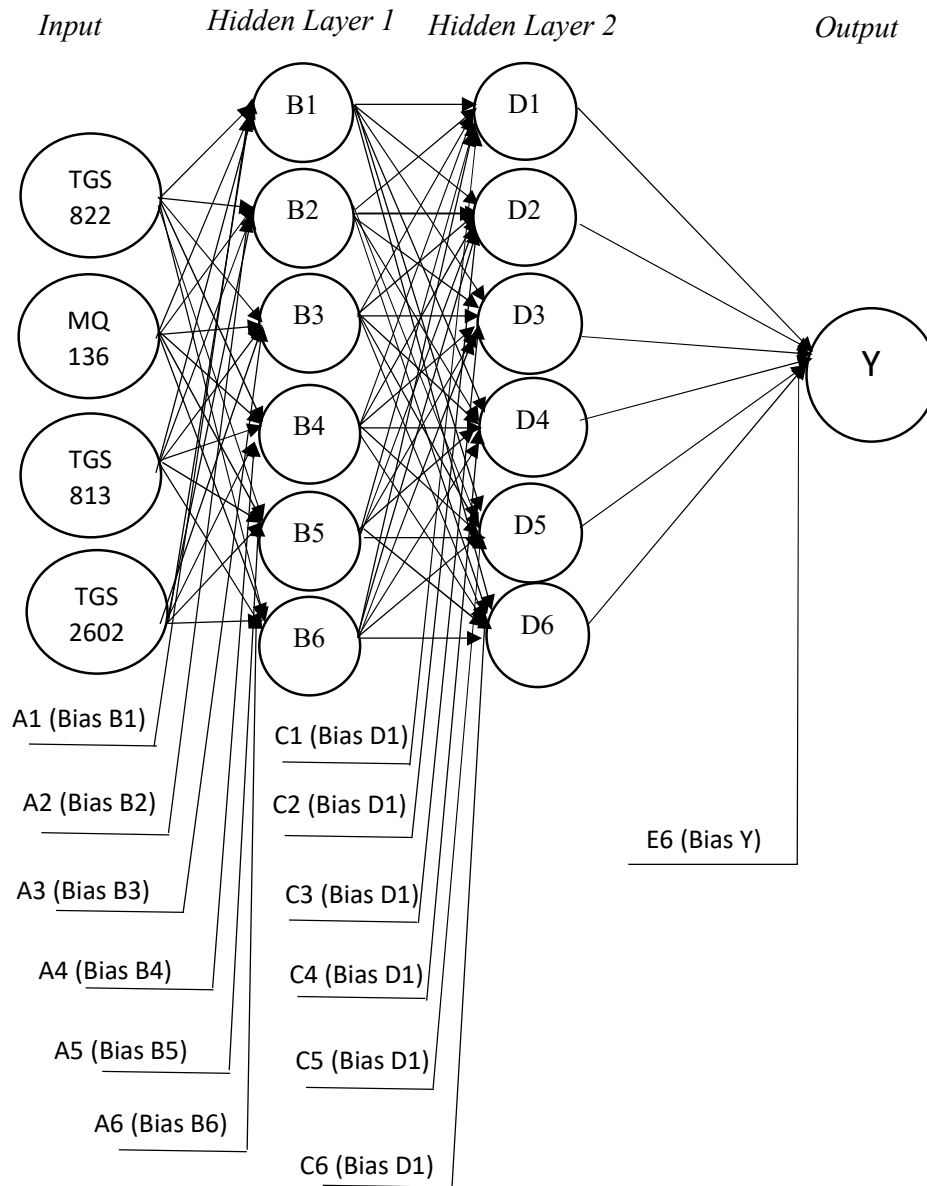
Tegangan	Nilai ADC
1 volt	204,8
2 volt	409,6
3 volt	614,4
4 volt	819,2
5 volt	1024

3.7. Perancangan *Software*

Pada penelitian ini menggunakan perancangan *software* dengan memanfaatkan Matlab, dimana perancangan *software* ini menjelaskan bagaimana pemrograman sistem dan desain aplikasi dalam melakukan perintah-perintah tertentu agar *output* sistem dapat bekerja sesuai program yang telah dibuat.

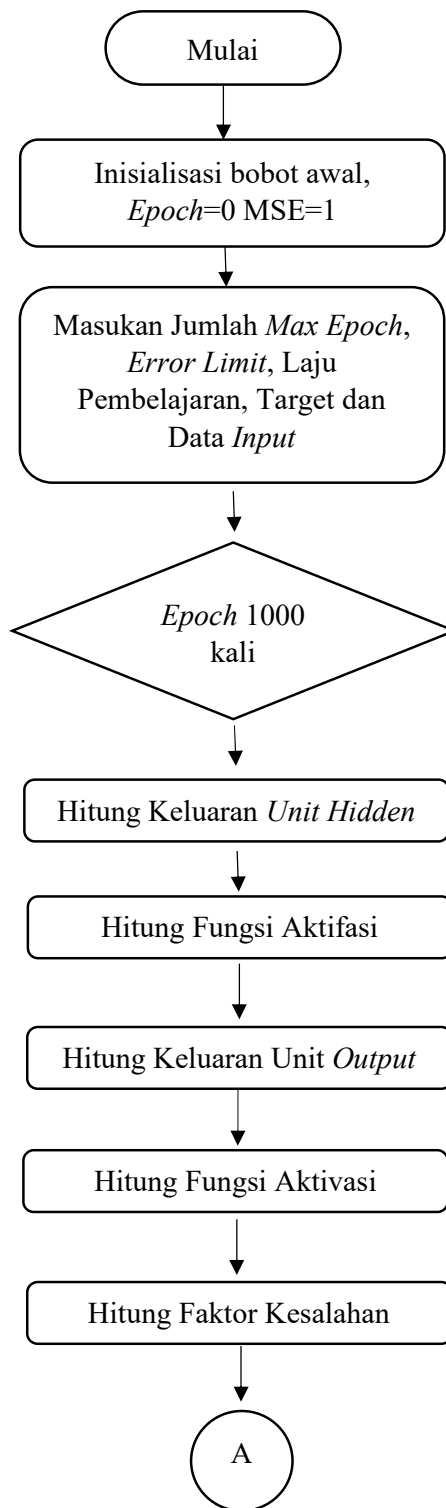
3.7.1. Perancangan Jaringan Saraf Tiruan

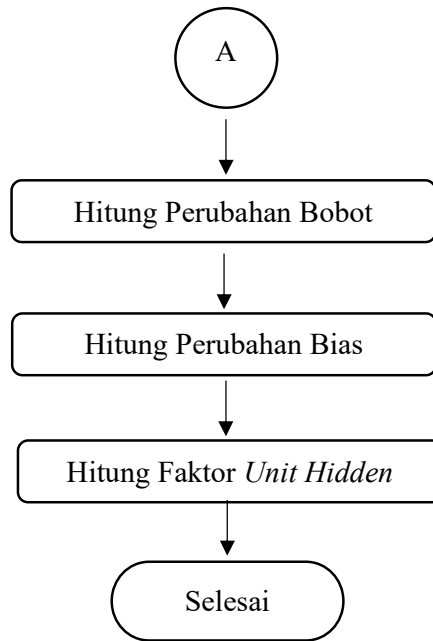
Langkah awal dalam proses pengembangan jaringan adalah insialisasi jaringan yang merupakan penetapan arsitektur jaringan, dengan proses ini maka dapat mempermudah dalam proses pelatihan dan kalibrasi. Proses insialisasi ini mampu menentukan beberapa hal yang akan mempengaruhi proses pengolahan data pada JST. Arsitektur JST ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 10. Arsitektur JST

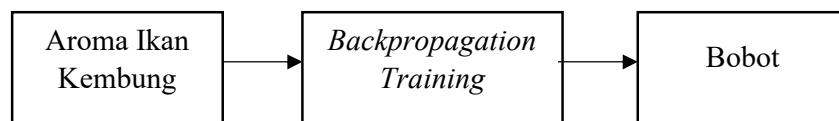
2 proses yang harus dilakukan Jaringan Saraf Tiruan yaitu proses pelatihan dan proses pengujian. Perancangan *backpropagation* terdiri dari beberapa proses yang ditunjukkan pada Gambar 11.





Gambar 11. Diagram Alir *Backpropagation*

Jika perancangan struktur jaringan saraf tiruan selesai, maka proses berikutnya yaitu merancang proses pembelajaran jaringan saraf tiruan *backpropagation*, proses pembelajaran ini dimulai dari perancangan proses training yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Proses *Training Backpropagation*

Setelah proses *training* selesai dan mendapat nilai *input*, nilai bobot *hidden* dan nilai bobot *output*. Dalam proses *training* membutuhkan waktu yang lama karena perancangan sistem harus mencapai target yang telah diberikan. Untuk menghentikan program menggunakan dua kondisi:

1. Penggunaan *Epoch*

2. Pengaturan nilai MSE (*Mean Square Error*)

3.7.2. Pembentukan Persamaan Matematika dari Model JST

Pembentukan Persamaan Matematika dari model JST dilakukan dengan cara menghitung ulang bobot dan bias yang telah didapatkan dari fungsi aktivasi terbaik dengan ketentuan perhitungan sebagai berikut ini :

1. Pembentukan persamaan matematis dari file bobot-bias yang terekam.
2. Jika diakhir nilai ada e-01 berarti 10^{-1} atau nilai dikali 0.1.
3. Jika diakhir nilai ada e+00 berarti 10^0 atau nilainya dikali 1 (tetap).
4. Jika dibelakang nilai ada e+01 berarti 10^1 atau nilai dikali 10.
5. Persamaan fungsi aktivasi logsig adalah : $y = 1/(1+\exp(-x))$.
6. Persamaan fungsi aktivasi tansig adalah : $y = (1-\exp(-2x))/(1+\exp(-2x))$.
7. Persamaan fungsi aktivasi purelin adalah : $y = x$.

3.7.3. Integrasi Model Persamaan Matematika Ke dalam Mikrokontroler

Model persamaan matematika yang sudah dihitung kemudian dimasukkan kedalam *mikrokontroller* untuk melakukan validasi kepada kesegaran ikan kembung. Didalam *mikrokontroller* dibuat klasifikasi setiap tingkat kesegaran ikan kembung berdasarkan nilai JST yang telah didapatkan sehingga dengan mudah dapat mengelompokkan setiap jenis kesegaran ikan kembung.

3.8. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengumpulan data: Data yang diperoleh dari sensor *e-nose* akan dianalisa untuk melihat nilai Koefisien Determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error (RMSE)*. Analisa ini dilakukan dengan cara seluruh data dimasukkan ke dalam *MS. Excel* yang kemudian akan diolah kedalam Matlab.
2. Pembuatan model matematika: Pembuatan model matematika ini dilakukan dengan cara menghitung kembali bobot dan bias yang telah diperoleh dari fungsi aktivasi terbaik dengan beberapa ketentuan yang telah tersedia.
3. *Penginputan* model matematika: model matematika yang telah dihitung akan di *input* kedalam *mikrokontroller*. *Mikrokontroller* akan mengukur nilai ADC dengan 27 model JST yang telah terpasang. Hal ini dilakukan untuk memastikan data sesuai dengan kriteria desain yang telah distandarkan.

3.9. Analisis Statistik

Analisis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Koefisien determinasi: Koefisien determinasi berfungsi untuk mengukur besarnya kemampuan model regresi dalam menjelaskan variabel terikat. Nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu 0 - 1. Jika nilai koefisien determinasi (R^2) mendekati nilai 1, maka nilai tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh variabel bebas yang besar terhadap variabel terikat, dan begitu pula sebaliknya.
2. *Root mean square error (RMSE)*: *Root mean square error (RMSE)* berfungsi untuk menganalisis perbandingan data lapangan dengan data hasil proses yang diolah untuk mengetahui tingkat kesalahan yang terjadi. *Root mean square error (RMSE)* merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana jika nilai mendekati 0 maka hasil prediksi akan semakin akurat.

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai ADC pada sensot TGS 822 dan TGS 2602 cenderung naik turun yang disebabkan oleh perbedaan sampel serta kandungan gas yang banyak keluar dan hilang pada pengambilan data sebelumnya. Nilai ADC tertinggi pada sensor TGS 822 yaitu 121 dan TGS 2602 sebesar 229. Pada sensor TGS 813 nilai ADC naik turun pada jam ke 0-72 dengan nilai tertinggi 85. Kemudian pada jam ke 80-112 mengalami penurunan hingga nilai ADC terendah 47 yang disebabkan oleh gas metana yang mudah menguap ke atas sehingga hanya sedikit yang terdeteksi oleh sensor. Pada sensor MQ 136 nilai ADC cenderung sama dan tidak ada perubahan yang signifikan hal ini dikarenakan sensor yang kurang peka dalam mendeteksi aroma H₂S pada ikan kembung.
2. Arsitektur jaringan saraf tiruan ini menggunakan metode jaringan saraf tiruan *Backpropagation* dengan menggunakan 4 *input* data (Sensor MQ-136, Sensor TGS 2602, Sensor TGS-822, dan Sensor TGS 813), dengan tiga *hidden layer* dan node pada *hidden layer* adalah 6-6-1, keluaran berupa 1 *output* (Nilai kesegaran ikan). *Learning rate* 0,001, tipe pelatihan yaitu *tranlm* dan jumlah epoch 10000. Proses pelatihan Jaringan Saraf Tiruan menggunakan 27 aktivasi dari varian *logsig*, *tansig*, dan *purelin*.
3. Pada penelitian ini mampu memperoleh hasil identifikasi latih terbaik *tansig-tansig-logsig* dengan nilai RMSE sebesar 8.58337 dan nilai R² sebesar 0.9385. Sedangkan hasil uji terbaik didapatkan dengan fungsi aktivasi *tansig-tansig-logsig* dengan nilai RMSE sebesar 10.86665 dan nilai R² sebesar

0.9014. Sensor *e-nose* dapat mendeteksi aroma kesegaran ikan pada menit ke-10 hingga menit ke-15. Sedangkan pada menit ke-15 hingga menit ke-20 sensor mulai mendapatkan *noise* dari akumulasi aroma ikan yang mulai jenuh sehingga nilai yang didapatkan mengalami penurunan atau kenaikan yang tinggi. Presentase ketepatan sensor *e-nose* dalam memprediksi kesegaran ikan kembung pada sampel pertama sebesar 95.97%, Pada sampel kedua sebesar 97.35%, sampel ketiga sebesar 96.88%, dan sampel keempat sebesar 98.53%.

5.2. Saran

Saran yang diajukan pada penelitian ini adalah perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait identifikasi kesegaran ikan menggunakan jenis sensor lain yang lebih peka terhadap aroma yang dihasilkan oleh ikan. Sehingga mampu menghasilkan perbandingan nilai prediksi JST dalam sensor yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, J., Zulita, L. N., & Hermawansyah, H. 2016. Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Jurnal Media Infotama*, 12(1).
- Bakshi, U.A., & Bakshi, V.U. 2009. *Automatic Control Systems*. Technical Publications Pune. India. 764 hlm.
- Edi Ismanto, E. P. C. 2017. Jaringan Syaraf Tiruan Algoritma Backpropagation Dalam Memprediksi Ketersediaan Komoditi Pangan Provinsi Riau. *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, 2(2), 196–209.
- Fahdi, F., Pratiwi, D., & Sari, H. 2020. Identifikasi Cemaran Bakteri (*Escherichia coli*) Terhadap Ikan Kembung dan Ikan Dencis Yang Dijual di Pasar Tradisional Deli Tua. *Jurnal Penelitian Farmasi & Herbal*, 2(2), 31–37.
- Febriani, S. 2022. Analisis Deskriptif Standar Deviasi. *Jurnal Pendidikan Tambusai Vol.6 No.1 Hal:910-913*.
- Faizal, R., Setiawan, B. D., & Cholissodin, I. 2019. *Prediksi Nilai Cryptocurrency Bitcoin menggunakan Algoritme Extreme Learning Machine (ELM)*.
- Figaro. 2004. TGS 826-For the Detection of Ammonia. [pdf] Figaro USA.
- Kurniawan, R., Halim, A., & Melisa, H. 2023. *Prediksi Hasil Panen Pertanian Salak di Daerah Tapanuli Selatan Menggunakan Algoritma SVM (Support Vector Machine)*.
- Lintang, C. A., Widodo, T. W., & Lelono, D. 2016. Rancang Bangun Electronic Nose untuk Mendeteksi Tingkat Kebusukan Ikan Air Tawar. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 6(2).

- Lestari, N., & Van Fc, L. L. 2017. Implementasi jaringan syaraf tiruan untuk menilai kelayakan tugas akhir mahasiswa (studi kasus di amik bukittinggi). *Digital Zone: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*,
- Mailoa, M. N., Savitri, I. K. E., Lokollo, E., & Kdise, S. S. 2020. *Selama Penjualan di Pasar Tradisional Kota Ambon*.
- Mardiana, R., & Zulfikri, M. 2020. *Identifikasi Formalin Pada Ikan Segar di Pelabuhan Pendaratan Ikan Idi Rayeuk Kabupaten Aceh Timur*. 1(3).
- Matondang, Zulkifli. 2013. Validitas dan Reabilitas Suatu Instrumen Penelitian. *Jurnal Talaburasa PPS UNIMED*.6(1), 87-97.
- Muzawi, R., Desmawati, R., & Rio, U. 2019. Prototype Sistem Pendeteksi Jenis Kayu Menggunakan Sensor MQ-6. *INOVTEK Polbeng - Seri Informatika*, 4(1).
- Nahla, T., dan Farag, H. 2005. Histamin dan bakteri penghasil histamin di beberapa ikan lokal dan impor serta pentingnya kesehatan masyarakat. *Jurnal Penelitian Ilmu Pertanian dan Biologi* 1(4):329-336.
- Nanincova, N., Petra, K., & Siwalankerto, J. (2019). *Pengaruh Kualitas Layanan Terhadap Kepuasan Pelanggan Noach Cafe and Bistro*. 7(2).
- Ningsih, F. 2022. Pengaruh Variasi Cylindrical Chamber Design dalam Mendeteksi Aroma Kopi Robusta Sidomulyo dan Bangsalsari Jember terhadap Pola Respon Sensor Gas Array.
- Novita, D. D., Sesunan, A. B., Telaumbanua, M., Triyono, S., & Saputra, T. W. 2021. Identifikasi Jenis Kopi Menggunakan Sensor E-Nose Dengan Metode Pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 9(2), 205–217.
- Nugroho, L., Saptono, R., & Hariyadi, A. 2021. Sistem Monitoring Kadar Gas Metana (CH₄), Gas Amonia (NH₃) dan Gas Karbon Dioksida (CO₂) Pada Tempat Pembuangan Sampah Untuk Mencegah Penyakit Ispa Berbasis Wireless Sensor Network. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi Vol.11 No.4 Hal:220-227*.

- Pangaribuan, T., Sianturi, L., & Sitinjak, A. I. A. 2020. Sistem Monitoring Jarak Jauh Kondisi Rumah Tinggal Berbasis Arduino. *Jurnal ELPOTECs*, 3(2), 43–48. <https://doi.org/10.51622/elpotecs.v3i2.470>
- Pangestu, R.A. 2019. *Identifikasi Buah Pisang Berdasarkan Karakteristik Morfologi Buah dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Rahayu, W., Sudarti, S., & Bektiarso, S. 2023. Analisis PH dan Massa Jenis Ikan Kembung Setelah Di Papar Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF). *Orbita: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 9(1), 42.
- R. L. Chambers and R. Dunstan. 1986. *Estimating distribution functions from survey data*. *Biometrika*, vol. 73, no. 3, pp. 597–604.
- Safitri, M., Alawiyah, T., & Nugraha, D.F. 2023. Potensi Filtrat Jeruk Nipis (*Citrus Aurantiifolia*) Terhadap Penurunan Kadar Amonia Pada Ikan Patin (*Pangasius*). *Journal Of Pharmaceutical Care And Sciences Vol.3 No.2*.
- Sanny, B.I., & Dewi R.K. 2020. Pengaruh Net Interest Margin (NIM) Terhadap Return on Asset (ROA) Pada PT Bank Pembangunan Daerah Jawa Barat Dan Banten Tbk Periode 2013- 2017. *Jurnal E-Bis (Ekonomi-Bisnis) Vol. 4 No. 1*.
- Siagian, T. 2022. Analisa Getaran dan Koefisien Korelasi Antara Getaran Pada Mesin (Engine) dan Tempat Duduk Operator (Seat) Dengan Variasi Tingkat Kebisingan Mesin Forklift Type FD 30 PA Sumitomo. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 10(2), 54–60.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., & Eng, M. 2016. *Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*.
- Sudarsono, A. 2016. Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus Di Kota Bengkulu). *Jurnal Media Infotama*, 12(1).
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta: Bandung.

- Sutrisno,A.D., Widjaja,W.P., & Salam, W.Q. 2020. Pendugaan Umur Simpan Ikan Asap Menggunakan Jenis Asap Tempurung Kelapa Dan Jenis Ikan Air Tawar. *Pasundan Food Technology Journal Vol.7 No.2*.
- Terska, F. 2013. *Rancang Bangun Warning System dan Monitoring Gas Sulfur Dioksida (SO₂) Gunung Tangkuban Perahu Via SMS Gateway Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor MQ-136*. (Skripsi). UNIKOM. Bandung.
- Joka, T.U., & Tega, Y.R.2023. Penanganan Ikan Kembung (*Rastrelliger sp.*) Menggunakan Es dan Garam dengan Konsentrasi yang Berbeda. *Sustainable Agricultural Technology Innovation (SATI)*.
- Whendasmoro, R. G., & Joseph, J. 2022. Analisis Penerapan Normalisasi Data Dengan Menggunakan Z-Score Pada Kinerja Algoritma K-NN. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), 872.
- Wibawa, M. S. 2017. *Pengaruh Fungsi Aktivasi, Optimisasi dan Jumlah Epoch Terhadap Performa Jaringan Saraf Tiruan*.