

PENGUJIAN TINGKAT KESEGERAN IKAN TONGKOL (*EUTHYNNUS AFFINIS*), DENGAN *ELECTRONIC NOSE* MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*

(SKRIPSI)

Oleh

WAHYU ASMOROWATI ROSSI WULANDARI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGUJIAN TINGKAT KESEGERAN IKAN TONGKOL (*EUTHYNNUS AFFINIS*), DENGAN *ELECTRONIC NOSE* MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*

Oleh

Wahyu Asmorowati Rossi Wulandari

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*), merupakan salah satu jenis ikan laut yang populer di Indonesia. Ikan tongkol banyak disukai masyarakat karena memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, tetapi ikan tongkol merupakan sumber pangan yang mudah rusak karena sangat cocok untuk pertumbuhan mikroba baik patogen maupun non-patogen. Untuk mendeteksi kesegaran ikan ini diperlukan sebuah instrumen yang dapat mendeteksi aroma ikan berbasis larik sensor seperti *Electronic Nose* dengan metode *JST backpropagation* yang mampu mendeteksi aroma seperti layaknya hidung manusia. Penelitian ini menggunakan ikan tongkol yang didapatkan dari Pasar Gudang Lelang Bandar Lampung dengan jumlah ikan yang digunakan 25 sampel dengan 15 perlakuan dan ulangan sebanyak 3 kali. Menggunakan empat jenis sensor yaitu sensor TGS 825, MQ-136, TGS 2602, dan TGS 813 dengan dengan dua *hidden layer* node 6-6-1 dan 1 *output* keluaran (waktu simpan ikan tongkol). *Learning rate* 0,001, tipe pelatihan yaitu *trainlm* dan jumlah *epoch* 1000. Proses pelatihan *JST* menggunakan 27 aktivasi dengan varian *logsig*, *tansig*, *purelin*. Hasil identifikasi latih terbaik yaitu *tansig-tansig-logsig*, dengan nilai RMSE 4,438 dan nilai R^2 sebesar 0,9836. Sedangkan hasil

identifikasi uji terbaik yaitu *tansig-tansig-logsig* dengan nilai RMSE 8,533 dan nilai R^2 sebesar 0,9401. Persentase ketepatan sensor e-nose dalam memprediksi kesegaran ikan tongkol sampel pertama sebesar 98,38%, sampel kedua 99,13%, sampel ketiga sebesar 98,25% serta sampel keempat sebesar 98,37%.

Kata kunci: Ikan Tongkol, Jaringan Saraf Tiruan, *electronic nose*, Kesegaran, Umur Simpan, *Backpropagation*.

ABSTRACT

TESTING THE FRESHNESS LEVEL OF TUNA (EUTHYNNUS AFFINIS), WITH AN ELECTRONIC NOSE USING THE BACKPROPAGATION ARTIFICIAL NEURAL NETWORK METHOD.

By

Wahyu Asmorowati Rossi Wulandari

Tuna (*Euthynnus affinis*), is one of the popular marine fish species in Indonesia. Tuna is widely favored by the public because it has a fairly high nutritional content, but tuna is a perishable food source because it is very suitable for the growth of microbes both pathogenic and non-pathogenic. To detect the freshness of this fish, an instrument is needed that can detect the aroma of fish based on sensor arrays such as Electronic Nose with JST backpropagation method that is able to detect aromas like a human nose. This study uses tuna fish obtained from Gudang Lelang Bandar Lampung Market with the number of fish used in 25 samples with 15 treatments and replicated 3 times. Using four types of sensors, namely TGS 825, MQ-136, TGS 2602, and TGS 813 sensors with two *hidden layer* nodes 6-6-1 and 1 output (tuna shelf time). Learning rate 0.001, training type is trainlm and the number of epochs is 1000. The JST training process uses 27 activations with variants of logsig, tansig, purelin. The best training identification results are tansig-tansig-logsig, with an RMSE value of 4.438 and an R2 value of 0.9836. While the results of The best identification test is tansig-tansig-logsig with an RMSE value of 8.533 and an R2 value of 0.9401. The percentage of accuracy of the e-nose

sensor in predicting the freshness of the first sample of tuna is 98.38%, the second sample is 99.13%, the third sample is 98.25% and the fourth sample is 98.37%.

Keywords: Tuna, Artificial Neural Network, electronic nose, Freshness, Shelf Life, Backpropagation.

PENGUJIAN TINGKAT KESEGERAN IKAN TONGKOL (*EUTHYNNUS AFFINIS*), DENGAN *ELECTRONIC NOSE* MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN *BACKPROPAGATION*

Oleh

Wahyu Asmorowati Rossi Wulandari

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat mencapai gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi

**PENGUJIAN TINGKAT IDENTIFIKASI
KESEGERAN IKAN TONGKOL
(EUTHYNNUS AFFINIS), DENGAN
ELECTRONIC NOSE MENGGUNAKAN
METODE JARINGAN SARAF TIRUAN
BACKPROPAGATION**

Nama Mahasiswa

Wahyu Asmorowati Rossi Wulandari

Nomor Pokok Mahasiswa

2014071007

Program Studi

Teknik Pertanian

Fakultas

Pertanian



1. **Komisi Pembimbing**

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

NIP. 199002262019031012

Dr. Ir. Tamrin, M.S.

NIP. 196212311987031030

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.Ir. Tamrin, M.S.

Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr.Agr.Sc. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr.

2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 September 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah **Wahyu Asmorowati Rossi Wulandari** dengan NPM **2014071007**, dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya sayayang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, **1) Febryan Kusuma Wisnu, S.T.P., M.Sc.** dan **2) Dr. Ir. Tamrin, M.S.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

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

Bandar Lampung, September 2024
Yang membuat pernyataan,



W.A. Rossi Wulandari
NPM. 2014071007

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 21 September 2001. Penulis merupakan anak pertama dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Rusmaladi dan Ibu Sundari. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 1 Way Dadi dan lulus pada tahun 2014.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 21 Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2017 serta pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 3 Bandar Lampung pada tahun 2020.

Tahun 2020, penulis terdaftar sebagai salah satu mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) sebagai Anggota Bidang Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) pada periode 2022 dan 2023.

Pada tanggal 07 Januari sampai 12 Februari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 1 tahun 2023 di Desa Teba, Kecamatan Kota Agung Timur, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung selama 40 hari. Kemudian, pada bulan Juni sampai Agustus 2023, penulis melakukan kegiatan Praktik Umum (PU) di PT. Ghaly Roelies Indonesia dengan judul “Mempelajari Proses *Roasting Green Bean* Kopi Robusta Organik di PT Ghaly Roelies Indonesia”.

Persembahan

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 Rusmaladi dan Ibuku Sundari yang telah selalu mengupayakan segala yang dimiliki baik berupa materi, tenaga, pikiran serta doa demi keberhasilanku

Keluargaku

Adikku Nabila, Niken dan Navisha dan Nenekku serta keluarga besarku yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti.

Serta

“Kepada Almamater Tercinta”

Teknik Pertanian Universitas Lampung 2020

SAN WACANA

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengujian Tingkat Kesegaran Ikan Tongkol (*Euthynnus Affinis*), Dengan *Electronic Nose* Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation*”** adalah salah satu syarat penulis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini banyak terjadi kesalahan dan kekurangan. Sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan semua pihak yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, dan bimbingan serta arahan dalam penyelesaian skripsi ini. Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian yang telah membantu dalam administrasi skripsi.
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 Penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Pertanian, yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memotivasi, menyemangati dan memberikan saran selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Tamrin, M.S., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini, dan motivasi serta dorongannya selama penulis menempuh pendidikan ini.

5. Bapak prof. Dr. Agr. Sc. Diding Suhandy, S.T.P., M.Agr., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran serta masukannya sebagai perbaikan selama penulis menyusun skripsi ini.
6. Seluruh Dosen jurusan Teknik Pertanian, Fakultas pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis.
7. Kedua orang tuaku Bapak Rusmaladi dan Ibu Sundari, adik-adikku Nabila Afifah Meysun, Naomi Niken Larasati, Calya Puri Navisha, serta seluruh keluarga besar atas semua doa, kasih sayang, dukungan dan nasihat yang telah diberikan. Terima kasih banyak.
8. Hani Pambudi, terima kasih karena telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, meluangkan baik tenaga, waktu, pikiran, maupun materi. Terima kasih telah menjadi bagian awal dari perjalanan kuliah penulis hingga saat ini.
9. Fadilah Kurnia Sari, S.T., selaku partner yang telah kebersamai penulis sejak masuk Jurusan Teknik Pertanian hingga saat ini.
10. Desi Asmawati, Gustuty Indriyani, Pipit Indah Pratiwi, Tirta Satria Gemilang, Taruli Situmorang, Salsabila Nurhaq yang telah berbaik hati membantu dalam proses penelitian dan penyelesaian data penelitian ini.
11. Teman-teman seperjuangan skripsi, Intan, Ridho, Raihan, Andika, dan Faza atas kerjasamanya selama penelitian.
12. Teman-teman seperjuangan Teknik Pertanian 2020 yang telah memberikan semangat, dukungan dan bantuannya selama menempuh pendidikan.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan Bapak, Ibu, serta rekan-rekan yang telah membantu, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat di masa yang akan datang. Aamiin.

Bandar Lampung, September 2024

W.A. Rossi Wulandari
2014071007

DAFTAR ISI

Halaman

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	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Ikan Tongkol	6
2.2. <i>Electronic Nose (E-nose)</i>	7
2.3. Sensor Gas	8
2.3.1. Sensor TGS 822	8
2.3.2. Sensor MQ-136	9
2.3.3. Sensor TGS 2602	10
2.3.4. Sensor TGS 813	11
2.4 Sistem Kendali	11
2.5. <i>Mikrokontroler</i> ATmega 2560	12

2.6. Jaringan Saraf Tiruan (JST)	13
2.7 Koefisien Determinasi (R^2)	17
2.8 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE)	17
III. METODOLOGI	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	24
3.5 Prosedur Penelitian	25
3.6 Nilai ADC (<i>Analog Digital Converter</i>)	27
3.7 Perancangan <i>Software</i>	27
3.7.1 Perancangan Jaringan Saraf Tiruan	28
3.7.2 Pembentukan Persamaan Matematika dari Model JST	29
3.7.3 Penginputan Model Persamaan Matematika Ke dalam <i>Mikrokontroler</i>	29
3.8 Rancangan Pengambilan Data	29
3.9. Analisis Data	31
3.10. Analisis Statistik	31
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Perancangan Sensor <i>E-Nose</i>	32
4.2 Hubungan antara Aroma Ikan Tongkol dengan Nilai ADC	34
4.3 Kalibrasi Rancangan Alat Sensor	43
4.3.1 Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan	44

4.3.2. Persamaan Matematika dari Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan.....	51
4.4 Integrasi Model JST dengan <i>Mikrokontroler</i>	57
4.5 Hubungan Antara Kestabilan Nilai Aktual dan Prediksi Kesegaran Ikan	59
4.6 Validasi Rancangan Alat Sensor.....	61
4.7 Tingkat Kesegaran Ikan	70
4.7.1. Tingkat Kesegaran Ikan Berdasarkan Warna Insang	70
4.7.2. Tingkat Kesegaran Ikan Berdasarkan Cita Rasa.....	75
V. KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
<i>Teks</i>		
1.	Rancangan percobaan 0 jam.....	20
2.	Rancangan percobaan 8 jam.....	21
3.	Rancangan percobaan 16 jam.....	21
4.	Rancangan percobaan 24 jam.....	21
5.	Rancangan percobaan 32 jam.....	21
6.	Rancangan percobaan 40 jam.....	22
7.	Rancangan percobaan 48 jam.....	22
8.	Rancangan percobaan 56 jam.....	22
9.	Rancangan percobaan 64 jam.....	22
10.	Rancangan percobaan 72 jam.....	23
11.	Rancangan percobaan 80 Jam	23
12.	Rancangan percobaan 88 jam.....	23
13.	Rancangan percobaan 96 jam.....	23
14.	Rancangan percobaan 104 jam.....	24
15.	Rancangan percobaan 112 jam.....	24
16.	Hubungan nilai ADC dengan tegangan.....	27
17.	Daftar hasil pelatihan model JST pada varian fungsi aktivasi	46
18.	Daftar hasil pengujian model kalibrasi JST	49
19.	Persamaan nilai prediksi JST dengan persamaan matematika	58
20.	Kesegaran warna insang ikan tongkol.....	71
<i>Lampiran</i>		
21.	Nilai <i>base</i> Sensor (ADC)	84
22.	Data pelatihan dan prediksi JST 0 jam.....	84
23.	Data pelatihan dan hasil prediksi JST 8 jam	86

24. Data pelatihan dan prediksi JST 16 jam.....	88
25. Data pelatihan dan prediksi JST 24 jam.....	90
26. Data pelatihan dan prediksi JST 32 jam.....	92
27. Data pelatihan dan prediksi JST 40 jam.....	94
28. Data pelatihan dan prediksi JST 48 jam.....	96
29. Data pelatihan dan prediksi JST 56 jam.....	98
30. Data pelatihan dan prediksi JST 64 jam.....	100
31. Data pelatihan dan prediksi JST 72 jam.....	102
32. Data pelatihan dan prediksi JST 80 jam.....	104
33. Data pelatihan dan prediksi JST 88 jam.....	106
34. Data pelatihan dan prediksi JST 96 jam.....	108
35. Data pelatihan dan prediksi JST 104 jam.....	110
36. Data pelatihan dan prediksi JST 112 jam.....	112
37. Data pengujian dan prediksi JST 0 jam	114
38. Data pengujian dan prediksi JST 8 jam	115
39. Data pengujian dan prediksi JST 16 jam	115
40. Data pengujian dan prediksi JST 24 jam	116
41. Data pengujian dan prediksi JST 32 jam	117
42. Data pengujian dan prediksi JST 40 jam	117
43. Data pengujian dan prediksi JST 48 jam	118
44. Data pengujian dan pelatihan 56 jam	118
45. Data pengujian dan prediksi 64 jam.....	119
46. Data pengujian dan prediksi JST 72 jam	120
47. Data pengujian dan prediksi JST 80 jam	120
48. Data pengujian dan prediksi JST 88 jam	121
49. Data pengujian dan prediksi JST 96 jam	121
50. Data pengujian dan prediksi JST 104 jam	122
51. Data pengujian dan prediksi JST 112 jam	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
<i>Teks</i>	
1. Sensor TGS 822	9
2. Sensor MQ-136	10
3. Sensor TGS 2602	10
4. Sensor TGS 813	11
5. Diagram alir <i>Backpropagation</i>	15
6. Proses <i>training Backpropagation</i>	16
7. Desain alat pengukur kesegaran ikan.....	25
8. Blok diagram.....	26
9. Arsitektur JST	28
10. Diagram alir pengambilan data	30
11. <i>Chamber</i> sampel ikan tongkol	32
12. Komponen sensor.....	33
13. Sampel ikan di dalam <i>chamber</i>	33
14. Nilai ADC ikan tongkol 0 jam	35
15. Nilai ADC ikan tongkol 8 jam	35
16. Nilai ADC ikan tongkol 16 jam	36
17. Nilai ADC ikan tongkol 24 jam	36
18. Nilai ADC ikan tongkol 32 jam	37
19. Nilai ADC ikan tongkol 40 jam	37
20. Nilai ADC ikan tongkol 48 jam	38
21. Nilai ADC ikan tongkol 56 jam	38
22. Nilai ADC ikan tongkol 64 Jam.....	39
23. Nilai ADC ikan tongkol 72 jam	39

24. Nilai ADC ikan tongkol 80 Jam.....	40
25. Nilai ADC ikan tongkol 88 jam	40
26. Nilai ADC ikan tongkol 96 jam	41
27. Nilai ADC ikan tongkol 104 jam	41
28. Nilai ADC ikan tongkol 112 jam	42
29. Grafik ADC 0 jam hingga 112 jam	43
30. Tampilan layar pada Software MATLAB.....	44
31. Hasil JST <i>plot perform</i>	45
32. Hasil jaringan saraf tiruan <i>plot regression</i>	45
33. Pelatihan model JST.....	48
34. Pengujian model JST	50
35. Tampilan folder bobot dan bias yang tersimpan dalam bentuk .txt	51
36. Proses input model matematika ke dalam <i>mikrokontroler</i>	57
37. Grafik hubungan antara nilai aktual dan prediksi JST	60
38. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 0 jam.....	62
39. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 8 jam.....	63
40. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 16 jam.....	63
41. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 24 jam.....	64
42. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 32 jam.....	64
43. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 40 jam.....	65
44. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 48 jam.....	65
45. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 56 jam.....	66
46. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 64 jam.....	66
47. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 72 jam.....	67
48. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 80 jam.....	67
49. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 88 jam.....	68
50. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 96 jam.....	68
51. Grafik Perbandingan nilai validasi dengan waktu 104 jam	69
52. Grafik perbandingan nilai validasi dengan waktu 112 jam.....	69
53. Ikan tongkol sesudah di goreng	75

Lampiran

54. Sampel Ikan Tongkol	124
55. Pengambilan sampel ikan tongkol	124
56. Proses netralisasi <i>chamber</i> dengan kipas angin	125
57. Proses pengambilan foto fisik sampel.....	125
58. Pengecekan insang ikan tongkol	126

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*), merupakan salah satu jenis ikan laut yang populer di Indonesia yang berpotensi cukup tinggi dan memiliki kandungan gizi yang lengkap dengan nilai proteinnya mencapai 26%, kadar lemak rendah yaitu 2%, mengandung asam lemak omega-3, dan kandungan garam-garam mineral penting yang tinggi (Djuhanda, 1981). Ikan tongkol banyak disukai masyarakat karena memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, tetapi ikan tongkol merupakan sumber pangan yang mudah rusak karena sangat cocok untuk pertumbuhan mikroba baik patogen maupun non-patogen (Djaafar, 2007).

Kesegaran ikan sangat penting tidak hanya dari segi cita rasa dan kualitas nutrisi, tetapi juga karena dapat mempengaruhi kesehatan konsumen. Jika dikonsumsi dalam keadaan segar, ikan tongkol memiliki rasa yang lezat dan enak. Oleh karena itu, pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi dan indikator kesegaran ikan tongkol menjadi esensial dalam memastikan bahwa ikan yang dikonsumsi aman dan bermutu. Pada umumnya ikan tongkol disimpan didalam lemari pendingin yang bertujuan agar kesegarannya tahan lama, namun jika penyimpanannya tidak sesuai dengan standar atau prosedur yang telah ditetapkan, maka ikan menjadi bau, kesegaran ikan berkurang, teksturnya juga berubah bahkan dapat menyebabkan keracunan bagi yang mengkonsumsi ikan tersebut. Perubahan kesegaran ikan dipengaruhi bakteri pada insang dan bagian perut ikan.

Salah satu sifat penting untuk mengukur kesegaran ikan adalah dengan mencium aroma yang dimiliki oleh ikan tersebut. Tingkat kesegaran ikan tergantung pada lamanya ikan terkontaminasi oleh bakteri, semakin lama ikan akan kehilangan kesegaran sehingga akan menimbulkan bau ikan yang menyengat. Oleh karena itu dibutuhkan suatu inovasi alat yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kesegaran pada ikan tersebut.

Pada saat proses pembusukan terjadi pada ikan, ikan akan menghasilkan aroma yang tidak sedap. Aroma ini dipengaruhi oleh senyawa-senyawa kimia yang sangat kompleks. Salah satu senyawa yang dikeluarkan oleh aroma tak sedap ini adalah senyawa *trimethylamine*. Karena kompleksnya kandungan senyawa pada aroma tak sedap yang dihasilkan oleh ikan yang mulai membusuk ini, maka untuk mendeteksinya selama ini hanya digunakan hidung manusia sebagai pendeteksi bau, disamping pendeteksian dengan melihat bentuk fisik ikan. Namun pada kenyataannya penciuman manusia memiliki kelemahan terutama pada standarisasi karena penilaian yang bersifat subyektif pada setiap manusia (Lelono dkk, 2011).

Hidung merupakan indra yang dapat merespon bau. Hidung dapat membedakan serta mendeteksi berbagai macam bau. Dalam era teknologi modern, kemajuan di bidang ilmu dan teknologi semakin pesat. Salah satu inovasi yang menarik perhatian adalah pengembangan alat yang dikenal sebagai "*Electronic Nose*" atau hidung elektronik. Seiring waktu, teknologi ini telah membuka peluang baru dalam berbagai aplikasi, terutama dalam bidang analisis sensori dan deteksi bau.

Electronic Nose adalah suatu sistem sensor elektronik yang dirancang untuk meniru kemampuan penciuman manusia. Meskipun tidak sepenuhnya dapat meniru kompleksitas hidung manusia, alat ini mampu mendeteksi dan mengenali berbagai bau dengan menggunakan serangkaian sensor yang terhubung ke sistem pengolah data. Pemanfaatan *Electronic Nose* sangat luas, mulai dari industri makanan dan minuman untuk mengontrol kualitas produk, hingga aplikasi medis untuk mendeteksi penyakit melalui bau tubuh. Di sektor keamanan, *Electronic Nose* juga digunakan untuk deteksi bau-bau yang terkait dengan bahan-bahan berbahaya atau bahan peledak. Selain itu, aplikasi di bidang lingkungan, seperti deteksi polusi udara, juga menjadi fokus pengembangan teknologi ini. Prinsip

kerja *e-nose* sendiri ialah menirukan fungsi hidung manusia, yang didalamnya ditemukan berbagai reseptor pengidentifikasi bau (Chen S dkk, 2013). Reseptor-reseptor tersebut digantikan fungsinya oleh sensor yang ada pada *e-nose*, setiap reseptor akan memberikan respon yang berbeda-beda dari uap aroma yang sama.

JST merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam pengenalan karakter dan *classifier* yang kuat dikarenakan tingkat perhitungan dan keakuratannya yang cukup tinggi. JST dengan metode *Backpropagation* sangat cocok digunakan dalam menangani permasalahan, terutama masalah prediksi (Matondang, 2013). JST merupakan Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*) yang digunakan untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan prediksi, yang berbasis data *time-series* (history).

Pada era modern ini, maka dibutuhkan suatu teknologi yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam mendeteksi kesegaran ikan tongkol dari aromanya. Pengujian kesegaran ikan sebenarnya dapat digunakan analitik kimia seperti gas kromatografi, tetapi penelitian ini memerlukan biaya mahal dan membutuhkan tenaga ahli untuk dapat mendeteksi kandungan senyawa yang ada didalamnya. Oleh karena itu untuk mendeteksi kesegaran ikan ini diperlukan sebuah instrumen yang dapat mendeteksi aroma ikan berbasis larik sensor seperti *Electronic Nose* dengan metode JST *backpropagation* yang mampu mendeteksi aroma seperti layaknya hidung manusia. Alat ini dapat mengidentifikasi dan mengetahui lebih cepat kesegaran ikan tongkol yang ada dibandingkan dengan metode uji laboratorium.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara memperoleh nilai kesegaran pada ikan tongkol ?
2. Bagaimana hasil pembacaan kesegaran ikan tongkol dari sensor *e-nose* ?
3. Bagaimana cara memaksimalkan identifikasi kesegaran ikan tongkol dengan sensor *e-nose*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun arsitektur Jaringan Saraf Tiruan untuk identifikasi kesegaran ikan tongkol
2. Mendapatkan nilai kesegaran ikan tongkol menggunakan *e-nose* dengan metode Jaringan Saraf Tiruan.
3. Mengklasifikasikan daya tahan penyimpanan berdasarkan kualitas aroma ikan tongkol menggunakan sensor *e-nose* dengan metode pengenalan pola Jaringan Saraf Tiruan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mampu mengidentifikasi kesegaran dan daya tahan penyimpanan pada ikan tongkol.
2. Dalam bidang masyarakat akademik penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi, dalam mengembangkan ilmu pengetahuan bagi penelitian selanjutnya.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah penggunaan dari alat pendeteksi kesegaran ikan tongkol dengan alat berbasis sensor *E-nose* dan arduino uno dapat mendeteksi aroma ikan tongkol dengan cepat dan akurat, sehingga dapat memaksimalkan untuk mengidentifikasi kesegaran ikan tongkol.

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Sampel yang digunakan ialah ikan tongkol yang dibeli di Pasar Gudang Lelang, Bandar Lampung

2. Sensor yang digunakan memiliki sensitivitas terhadap H₂S dan amonia (TGS 2602), aroma H₂S (MQ 136), amonia (TGS 822), dan etanol (TGS 813)
3. Penggunaan kipas angin untuk menetralkan kejenuhan aroma pada sensor.
4. Data keluaran sensor berupa tegangan Analog Digital Converter (ADC).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ikan Tongkol

Ikan tongkol merupakan jenis ikan Scombridae (ikan pelagis) yang terdapat di seluruh perairan hangat Indo-Pasifik barat, termasuk laut kepulauan dan laut nusantara. Ikan merupakan bahan pangan yang mudah rusak. Kerusakan pada ikan diantaranya adalah kerusakan biologis oleh enzim atau mikroorganisme pembusuk, sehingga untuk mempertahankan mutu ikan perlu dilakukannya penanganan khusus. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kemunduran mutu ikan adalah penggunaan alat tangkap dan penanganan pasca panen yang dilakukan oleh para nelayan (Nurjanah dkk., 2011). Salah satu hasil tangkapan perikanan yang memiliki kandungan gizi tinggi adalah ikan tongkol. Namun, ikan tongkol mudah mengalami kerusakan yang diakibatkan kandungan lemak yang teroksidasi. Selain itu kerusakan dapat disebabkan oleh kontaminasi mikroba dan adanya kandungan asam amino bebas yang dapat membantu metabolisme mikroorganisme, serta memproduksi ammonia, biogenik amin, asam organik, keton dan komponen sulfur.

Ikan tongkol adalah salah satu jenis ikan yang dijual di Pasar Gudang Lelang Bandar Lampung, ikan ini digemari karena memiliki rasa yang enak dan gizi yang tinggi. Jika dalam keadaan segar ikan tongkol memiliki rasa enak dan lezat diolah menjadi masakan apapun, tingkat kesegaran ikan tongkol bergantung dari cara penyimpanan dan pengolahannya. Permintaan ikan tongkol yang tinggi membuat ikan ini menjadi ikan unggulan dari pada ikan pelagis lainnya. Kenaikan yang pesat dari harga dan produksi membuat banyak kalangan pedagang menjual ikan tongkol dalam keadaan yang tidak segar. Protein ikan terdiri atas protein sarkoplasma yang terdapat pada otot daging ikan dan protein miofibrilar yang

terdiri atas miofibril dan stroma. Protein tersebut berperan dalam pembentukan tekstur daging ikan. Untuk dapat mengetahui mutu ikan dapat dilakukan secara sadar saat kita membeli dan akan mengolah ikan tersebut. Kerusakan pada ikan dapat disebabkan oleh faktor internal seperti insang, isi perut, dan kulit. Bagian-bagian tersebut merupakan sumber kontaminasi mikroba pada ikan. Perubahan mutu kesegaran dapat berlangsung secara enzimatis, kimia dan bakteriologi dengan diikuti penurunan organoleptik (Sanger, 2010).

2.2. *Electronic Nose (E-nose)*

Hidung elektronik (*E-nose*) merupakan suatu alat yang fungsinya meniru prinsip fungsional indera penciuman (Pearce, T.C., dkk, 2003). Hidung elektronik terdiri dari rangkaian sensor gas untuk menggantikan reseptor penciuman yang berfungsi untuk mendeteksi bau dan aroma. Aroma yang terdeteksi oleh beberapa sensor gas membentuk pola tertentu. Pola ini kemudian dikenali menggunakan sistem pengenalan pola. Saat ini, *e-nose* digunakan untuk aplikasi pengendalian kualitas di industri makanan, minuman, kosmetik, bioteknologi, medis, dan perlindungan lingkungan (Sadeghifard, 2012). Dalam industri makanan, *e-nose* digunakan untuk mendeteksi kesegaran makanan seperti daging sapi, ayam, dan tahu. Kesegaran ikan ada batasnya, kesegaran ikan sangat mempengaruhi aromanya, sehingga perlu dilakukan pendeteksian kesegaran ikan dari aromanya dengan menggunakan sensor gas.

E-nose terdiri dari serangkaian sensor gas dimana masing-masing sensor tersebut akan memberikan reaksi atas perubahan aroma. Aroma yang terdeteksi akan memberikan reaksi yang berupa perubahan tahanan disetiap sensor. Dengan adanya perubahan tersebut akan mengakibatkan perubahan voltase yang kemudian dapat digunakan oleh algoritma pengenalan pola, seperti jaringan saraf tiruan (JST), untuk melakukan klasifikasi (Tan & Xu, 2020). *E-nose* mampu memberikan respons kuantitatif ke profil VOC yang komprehensif (Capote & Castro, 2019). Proses membedakan, menafsirkan, dan penginderaan dari *e-nose* adalah meniru penciuman manusia.

2.3. Sensor Gas

Sensor gas merupakan perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi adanya konsentrasi gas pada suatu tempat. Berdasarkan konsentrasi gas, sensor ini akan menghasilkan beda potensial yang sesuai dengan cara mengubah resistansi material di dalam sensor sehingga bisa diukur sebagai tegangan keluaran. Berdasarkan besarnya nilai tegangan keluaran ini bisa diperkirakan berapa konsentrasi gas yang ada. Jenis gas yang bisa dideteksi oleh sensor tergantung dari bahan pembuat sensor yang ada di dalamnya. Pada umumnya, sensor gas berbentuk sebuah modul dengan komparator untuk membandingkan nilai tegangan.

Sensor gas merupakan jenis sensor yang bertujuan untuk mengukur kandungan senyawa gas polutan tertentu yang berada pada udara bebas, seperti karbon-dioksida (CO₂), karbon-monoksida (CO), hidrokarbon (LPG, LNG) . Karena sensitivitasnya yang tinggi dan waktu respon yang cepat, pengukuran dapat dilakukan dengan cepat. Sensitivitas sensor dapat disesuaikan dengan potensiometer. Sudah semakin banyak dipasaran telah beredar sensor pengindra gas semikonduktor dalam bentuk modul yang terpackage dengan PCB Semakin beragam, tipe – tipe sensor gas yang ada dipasaran, yang dimana tentunya ini dibedakan oleh jenis objektivitas gas yang akan disensing di udara bebas (Hendri,2012).

2.3.1. Sensor TGS 822

TGS 822 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap uap pelarut organik serta mudah menguap. TGS 822 juga memiliki kepekaan terhadap berbagai gas yang mudah terbakar seperti *karbon monoksida*, sehingga sensor umum digunakan. Elemen penginderaan sensor gas Figaro adalah dioksida timah (SnO₂) 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. (Putra, 2016).

Sensor ini digunakan dalam sistem e-nose untuk mendeteksi aroma. Selain memiliki kepekaan terhadap *karbon monoksida*, TGS 822 dapat mendeteksi etanol, yang merupakan komponen aroma dalam beberapa bahan (Telaumbanua dkk. 2021), serta Sensor ini sangat peka terhadap alkohol dan dapat mendeteksi konsentrasi alkohol dalam udara dengan sensitivitas tinggi. Hal ini membuatnya sangat berguna dalam aplikasi seperti pengukuran kadar alkohol dalam minuman atau pengendalian kualitas udara (Zulfikri, 2018). Bentuk fisik dan rasio hambatan dari sensor TGS 822 ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Sensor TGS 822

2.3.2. Sensor MQ-136

Sensor MQ-136 adalah suatu komponen semikonduktor yang berfungsi sebagai pengindera bau H_2S . Material yang digunakan sensor MQ-136 berupa inkorporasi oksida timah, yang tingkat konduktivitasnya rendah pada udara bersih dan akan semakin meningkat saat terpapar oleh gas sulfur. Sensor gas MQ 136 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap SO_2 , juga bisa digunakan untuk mendeteksi uap lain yang mengandung Sulfur. Kelebihan utama dari sensor MQ 136 melibatkan kemampuannya untuk mendeteksi gas-gas tertentu dalam konsentrasi yang rendah dan memberikan respons cepat terhadap perubahan lingkungan gas. Pada sensor ini terdapat nilai resistansi sensor (R_s) yang dapat berubah 9 bila terkena gas dan juga sebuah pemanas yang digunakan sebagai pembersihan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar. Sensor ini memerlukan rangkaian sederhana serta memerlukan tegangan pemanas (*power heater*) sebesar 5V, resistansi beban (*load resistance*). Output sensor berupa data analog (Terska, 2013). Bentuk Fisik sensor TGS 822 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor MQ-136

2.3.3. Sensor TGS 2602

TGS 2602 dari Figaro memiliki sensitivitas tinggi terhadap konsentrasi rendah gas berbau seperti amonia dan H_2S yang dihasilkan dari bahan limbah di kantor dan rumah lingkungan. Sensor ini juga memiliki sensitivitas tinggi terhadap konsentrasi rendah VOC seperti toluena yang dipancarkan dari *finishing* kayu dan produk konstruksi (Rabersyah dkk, 2016). Karena ukuran chip sensor yang kecil, TGS 2602 hanya membutuhkan arus pada pemanas yang kecil pula yakni sebesar 56 mA dan perangkat ditempatkan dalam paket TO-5 standar. Sensor TGS 2602 memiliki tingkat sensitivitas yang baik terhadap konsentrasi kecil zat berbau seperti amonia dan H_2S yang dihasilkan dari material buangan pada lingkungan kantor atau rumah. TGS 2602 juga memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap konsentrasi kecil VOCs dan gas yang berbau wangi. (Nursaniansyah, 2020). Bentuk Fisik sensor TGS 822 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor TGS 2602

2.3.4. Sensor TGS 813

Sensor TGS 813 termasuk dalam keluarga sensor gas dari Figaro. Sensor TGS 813 adalah semikonduktor timah dioksida (SnO_2) yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Di hadapan gas yang dapat dideteksi, konduktivitas sensor meningkat tergantung pada konsentrasi gas di udara. Sebuah rangkaian listrik sederhana dapat mengubah perubahan konduktivitas menjadi sinyal keluaran yang sesuai dengan konsentrasi gas. Sensor TGS 813 memiliki sensitivitas tinggi terhadap metana, propana, dan butana, menjadikannya ideal pemantauan gas alam dan LPG. TGS 813 membutuhkan arus pemanas hanya 5 volt dikarenakan ukuran chip yang kecil dan perangkat ditempatkan dalam paket TO-5. Bentuk Fisik sensor TGS 813 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor TGS 813

2.4 Sistem Kendali

Sistem kontrol adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada harga (*range*) tertentu. Kontrol mengandung 3 aspek yaitu rencana yang jelas, dapat melakukan pengukuran dan dapat melakukan tindakan (Sulasno, 2006). Istilah-istilah dari sistem kendali atau sistem kontrol adalah (Bakshi dan Bakshi, 2009):

- a. *Plants*, berupa unsur yang dikendalikan atau diatur
- b. *Processes*, sebagai suatu kelanjutan operasi atau pengembangan yang ditandai dengan serangkaian perubahan bertahap yang menggantikan satu sama lain dengan cara yang relatif tetap dan mengarahkan pada suatu tujuan.

- c. *Systems*, kombinasi dari komponen yang bertindak bersama dan melakukan suatu tujuan.
- d. *Disturbances*, suatu sinyal yang cenderung mempengaruhi nilai keluaran dari suatu sistem. *Disturbance* yang dihasilkan oleh sistem dinamakan internal *disturbance* sedangkan *disturbance* yang muncul dari luar sistem disebut *external disturbance*.
- e. *Feedback Control*, suatu operasi yang memiliki gangguan dan cenderung mengurangi perbedaan diantara keluaran dan referensi sistem.

Dalam melakukan sebuah penelitian sistem kendali atau sistem kontrol terdapat tiga jenis variabel kendali atau kontrol yaitu variabel manipulasi, variabel respon, dan variabel kontrol. Dimana antara satu variabel dengan variabel lain akan saling berhubungan, tetapi belum tentu saling mempengaruhi.

2.5. Mikrokontroler ATmega 2560

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil ("*special purpose computers*") di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan parallel, Port *input/output*, ADC. *Mikrokontroler* digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program. Arduino Mega 2560 adalah papan *mikrokontroler* berbasis ATmega 2560 (datasheet ATmega2560). Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset.

Menurut Feri Djuandi (2011:8), Komponen utama didalam papan Arduino adalah sebuah 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega 328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega 2560. Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- a) 1.0 pinout : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang

tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.

- b) Sirkuit RESET.
- c) *Chip* ATmega16U2 menggantikan *chip* ATmega8U2.

2.6. Jaringan Saraf Tiruan (JST)

JST merupakan suatu sistem komputasi yang struktur dan operasinya didasarkan pada pengetahuan sel-sel saraf biologis di otak, yang dapat digambarkan sebagai model matematika dan komputasi untuk klasifikasi data menggunakan cluster, regresi non-parametrik atau model kumpulan jaringan saraf (Lestari *et al.*, 2017). JST diimplementasikan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama pembelajaran. JST bekerja meniru kerja otak manusia dari sudut pengetahuan yang diperoleh network dari lingkungan, melalui suatu proses pembelajaran dan kekuatan koneksi antar unit yang disebut *synaptic weight*. Karakteristik lain yang penting dari JST yang sama dengan sistem saraf biologis adalah toleransi kesalahan (Amrizal dan Aini, 2013).

JST dirancang dengan menggunakan suatu aturan yang bersifat menyeluruh (*general rule*) dimana seluruh model jaringan memiliki konsep dasar yang sama. Arsitektur sebuah jaringan akan menentukan keberhasilan target yang akan dicapai karena tidak semua permasalahan dapat diselesaikan dengan arsitektur yang sama. Secara umum arsitektur JST dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

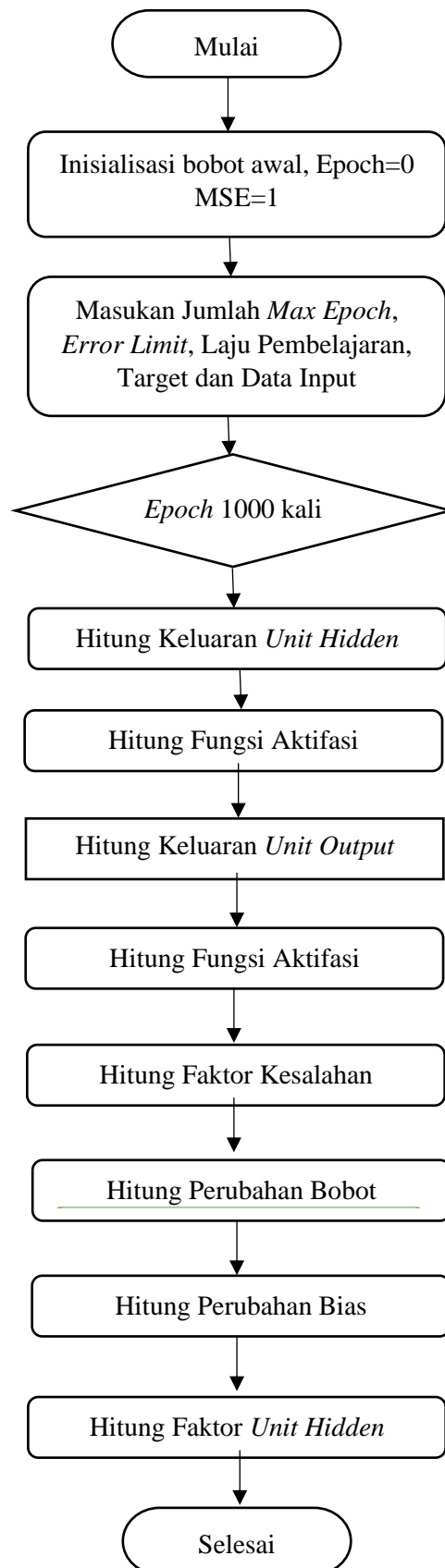
1. *Single-Layer Feedforward Networks*, yaitu JST berlapis dengan jaringan neuron yang diorganisasikan dalam bentuk lapisan-lapisan. Hanya terdapat *input* layer dengan node sumber yang terproyeksi ke dalam *output* layer dari neuron, tetapi tidak sebaliknya;
2. *Multi-Layer Feedforward Networks*, yaitu kelas kedua dari feedforward *neural networks* dengan jaringan yang berhubungan disebut *hidden neuron* yang terdiri dari:
 - a. *Recurrent Networks*, yaitu jaringan yang minimal satu *feedback loop*;

- b. *Lattice Structure*, yaitu sebuah *lattice* (kisi-kisi) terdiri dari satu dimensi, dua dimensi, atau lebih *array neural* dengan himpunan node sumber yang bersesuaian yang memberi sinyal input ke array (Sovia, 2018).

Metode *Backpropagation* merupakan metode pembelajaran lanjut yang dikembangkan dari aturan perceptron. Metode *Backpropagation* merupakan model yang menggunakan pembelajaran terpadu di JST. Algoritma ini biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah yang kompleks, karena algoritma dilatih menggunakan metode pembelajaran. Metode *backpropagation* melatih jaringan untuk mendapatkan keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan, serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan (Rabersyah, 2016).

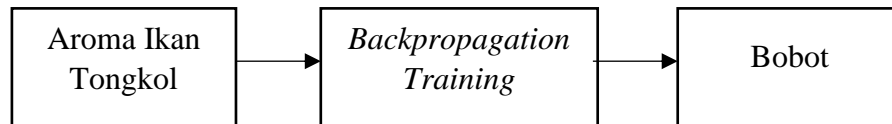
Tujuan dari metode *backpropagation* untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan dalam proses pelatihan dan kemampuan jaringan untuk merespon dengan benar pola masukan yang berbeda dari pola masukan pelatihan. Metode *backpropagation* memiliki keunggulan kemampuan bersifat adaptif atau kumpulan data dapat disesuaikan dan memiliki kesalahan error kecil (Wijaya, 2019).

Perancangan JST terdiri dari dua proses yang dilakukan yaitu proses pelatihan dan proses pengujian. *Backpropagation* terdiri dari beberapa proses, proses *backpropagation* dapat dilihat dalam diagram alir dari *backpropagation* yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir *Backpropagation*

Setelah perancangan struktur JST *backpropagation* selesai dirancang, maka langkah selanjutnya yang dilakukan adalah perancangan proses pembelajaran JST *backpropagation*, proses pembelajaran tersebut dimulai dari perancangan proses training seperti diperlihatkan pada Gambar 6 berikut ini :



Gambar 6. Proses *training Backpropagation*

Setelah proses di atas maka akan diperoleh nilai bobot input, hidden dan output. Pada saat proses training memakan waktu cukup lama, dikarenakan perancangan sistem harus mencapai target yang telah ditentukan. Untuk menghentikan program dapat menggunakan dua kondisi:

1. Pengaturan nilai MSE (*Mean Square Error*), jika besar error yang dihasilkan lebih kecil dari toleransi yang ditentukan, maka proses pelatihan dapat dihentikan. Toleransi *error* ini biasanya ditentukan sebagai nilai minimum untuk *Mean Squared Error* (MSE) atau *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang diinginkan.
2. Penggunaan *Epoch*, jika jumlah iterasi (*epoch*) sudah mencapai iterasi maksimum yang ditentukan, maka proses pelatihan juga dapat dihentikan. Nilai *epoch* ini dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan dan jenis data yang digunakan.

Persamaan Model Matematika dari JST yang dihasilkan oleh arsitektur paling dasar merupakan suatu lapisan yang terdiri atas satu unit *output* dan beberapa unit input. Pada unit input ditambahkan variabel bobot dan bias. Jika diakhir nilai bobot dan bias e-01 berarti 10^{-1} atau dikali 0,1, jika diakhir nilai ada e+00 artinya 10^0 atau nilainya dikali 1 (tetap), dan bila dibelakang nilai ada e+01 artinya 10^1 atau nilai dikali 10. Pada persamaan matematika memiliki persamaan fungsi aktivasi 27 kali yang terdiri dari:

1. Persamaan fungsi aktivasi *logsig* adalah : $y = 1/(1+\exp(-x))$
2. Persamaan fungsi aktivasi *tansig* adalah : $y = (1-\exp(-2x))/(1+\exp(-2x))$
3. Persamaan fungsi aktivasi *purelin* adalah : $y = x$

2.7 Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) menunjukkan sejauh mana kontribusi variabel bebas dalam model regresi mampu menjelaskan variasi dari variabel terikatnya. Uji koefisien determinasi (R^2) dilakukan untuk menentukan dan memprediksi seberapa besar atau penting kontribusi pengaruh yang diberikan oleh variabel independen secara bersama – sama terhadap variabel dependen. Nilai koefisien determinasi yaitu antara 0 dan 1. Jika nilai mendekati 1, artinya variabel independen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel dependen. Namun, jika nilai R^2 semakin kecil, artinya kemampuan variabel – variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen cukup terbatas. Nilai R^2 diperoleh dengan cara membuat grafik scatter dari nilai observasi dan nilai prediksi pada Ms.Excel. Grafik yang dibuat ditambahkan *trendline* kemudian dipilih tipe regresi linier dan menampilkan nilai R^2 (Pangestu, 2019).

2.8 Root Mean Square Error (RMSE)

RMSE adalah metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. *Root Mean Square Error* adalah hasil dari akar kuadrat kesalahan. *Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$RMSE = \left| \sum_i \sum_d \sqrt{\frac{(\hat{T}_{id} - T_{id})^2}{N \cdot (N-1)}} \right| \text{ untuk } i \neq d \dots\dots\dots (3)$$

Sedangkan nilai standar deviasi didefinisikan sebagai: $\sigma_A = \pi r^2$

$$\sigma = \left| \sum_i \sum_d \sqrt{\frac{(\hat{T}_{id} - T_{id})^2}{N \cdot (N-1) - 1}} \right| \text{ untuk } i \neq d \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan dari kedua rumus di atas menghasilkan nilai yang dapat dikatakan sama. Sehingga RMSE disebut sebagai deviasi standar ataupun sebaliknya. Indikator RMSE dengan standar deviasi jika diletakan pada studi yang berbeda tidak dapat membandingkan model yang sama, karena nilainya bergantung pada ukuran besarnya nilai Matriks, T dan lainnya. Persentase dari RMSE dapat mengatasi ini, dan didefinisikan sebagai:

$$\%RMSE = \frac{RMSE}{T_i} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Mei 2024 di Laboratorium Rekayasa Bioproses dan Pasca Panen 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 1 (TGS 822), sebagai pendeteksi *karbon monoksida*, alkohol, dan etanol
2. Sensor 2 (TGS 2602), sebagai pendeteksi H₂S dan Amonia
3. Sensor 3 (TGS 813), sebagai pendeteksi metana, propana dan butana.
4. Sensor 4 (MQ 136), sebagai pendeteksi H₂S
5. Toples, digunakan untuk meletakkan sampel ikan tongkol
6. *Mikrokontroler* Atmega 2560, digunakan untuk mengendalikan dan mengontrol sensor yang digunakan
7. *Box*, digunakan untuk memfoto sampel
8. Kipas Angin, digunakan untuk menetralkan kejenuhan aroma ikan tongkol di dalam *chamber*
9. Kamera, digunakan untuk mendokumentasikan kegiatan
10. Alat tulis, digunakan untuk mencatat hasil penelitian

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ikan tongkol yang dibeli di pasar Gudang Lelang, Bandar Lampung yang digunakan sebagai sampel.

3.3 Parameter Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan 15 perlakuan menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan yaitu waktu, nilai tegangan sensor (ADC) yang dihasilkan dari deteksi aroma ikan tongkol sebanyak 4 kali ulangan. Penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur kesegaran ikan dengan sensor secara berkala selama 25 menit untuk setiap sampelnya. Pengukuran dilakukan selama 112 jam dengan interval waktu 8 jam. Ikan segar yang di beli di pasar Gudang lelang kemudian diletakkan ke dalam wadah (toples) yang ditutup rapat dan wadah sudah terpasang 4 sensor sehingga sensor *E-nose* dapat mendeteksi nilai tegangan sensor (ADC) dari aroma ikan tongkol tersebut.

Setelah ikan sudah diletakkan ke dalam wadah maka dapat dilakukan pengukuran dengan cara meletakkan sensor ke dalam wadah untuk didapatkan nilai tegangan sensor (ADC) pada monitor LCD. Nilai ADC diperoleh apabila sensor mendeteksi aroma ikan tongkol di dalam tabung sampel. Jumlah sampel yang digunakan yaitu sebanyak 20 sampel ikan tongkol, dimana sampel diganti setelah melakukan 3 kali pengukuran, hal ini dikarenakan karena setiap 3 kali pengukuran sampel ikan akan di goreng untuk dicicipi rasa serta difoto untuk mengetahui warna insang dari setiap sampel. Setelah nilai ADC terkumpul kemudian dilanjutkan dengan metode JST. Sehingga diperoleh nilai serta aktivasi terbaik dalam sampel ikan ini. Tahap terakhir yaitu mencari model matematika yang diperoleh dari nilai terbaik JST.

Tabel 1. Rancangan percobaan 0 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T1	T1	T1	T1
Ulangan 2	T1	T1	T1	T1
Ulangan 3	T1	T1	T1	T1
Ulangan 4	T1	T1	T1	T1

Tabel 2. Rancangan percobaan 8 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T1	T1	T1	T1
Ulangan 2	T1	T1	T1	T1
Ulangan 3	T1	T1	T1	T1
Ulangan 4	T1	T1	T1	T1

Tabel 3. Rancangan percobaan 16 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T1	T1	T1	T1
Ulangan 2	T1	T1	T1	T1
Ulangan 3	T1	T1	T1	T1
Ulangan 4	T1	T1	T1	T1

Tabel 4. Rancangan percobaan 24 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T2	T2	T2	T2
Ulangan 2	T2	T2	T2	T2
Ulangan 3	T2	T2	T2	T2
Ulangan 4	T2	T2	T2	T2

Tabel 5. Rancangan percobaan 32 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T2	T2	T2	T2
Ulangan 2	T2	T2	T2	T2
Ulangan 3	T2	T2	T2	T2
Ulangan 4	T2	T2	T2	T2

Tabel 6. Rancangan percobaan 40 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T2	T2	T2	T2
Ulangan 2	T2	T2	T2	T2
Ulangan 3	T2	T2	T2	T2
Ulangan 4	T2	T2	T2	T2

Tabel 7. Rancangan percobaan 48 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T3	T3	T3	T3
Ulangan 2	T3	T3	T3	T3
Ulangan 3	T3	T3	T3	T3
Ulangan 4	T3	T3	T3	T3

Tabel 8. Rancangan percobaan 56 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T3	T3	T3	T3
Ulangan 2	T3	T3	T3	T3
Ulangan 3	T3	T3	T3	T3
Ulangan 4	T3	T3	T3	T3

Tabel 9. Rancangan percobaan 64 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T3	T3	T3	T3
Ulangan 2	T3	T3	T3	T3
Ulangan 3	T3	T3	T3	T3
Ulangan 4	T3	T3	T3	T3

Tabel 10. Rancangan percobaan 72 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T4	T4	T4	T4
Ulangan 2	T4	T4	T4	T4
Ulangan 3	T4	T4	T4	T4
Ulangan 4	T4	T4	T4	T4

Tabel 11. Rancangan percobaan 80 Jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T4	T4	T4	T4
Ulangan 2	T4	T4	T4	T4
Ulangan 3	T4	T4	T4	T4
Ulangan 4	T4	T4	T4	T4

Tabel 12. Rancangan percobaan 88 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T4	T4	T4	T4
Ulangan 2	T4	T4	T4	T4
Ulangan 3	T4	T4	T4	T4
Ulangan 4	T4	T4	T4	T4

Tabel 13. Rancangan percobaan 96 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T5	T5	T5	T5
Ulangan 2	T5	T5	T5	T5
Ulangan 3	T5	T5	T5	T5
Ulangan 4	T5	T5	T5	T5

Tabel 14. Rancangan percobaan 104 jam

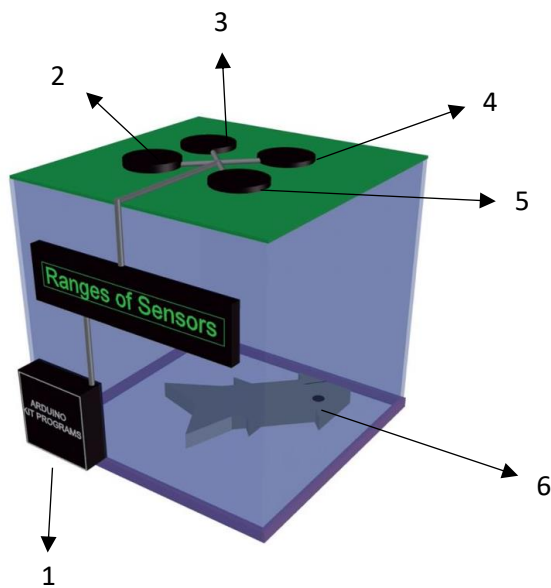
Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T5	T5	T5	T5
Ulangan 2	T5	T5	T5	T5
Ulangan 3	T5	T5	T5	T5
Ulangan 4	T5	T5	T5	T5

Tabel 15. Rancangan percobaan 112 jam

Ulangan	ADC 1	ADC 2	ADC 3	ADC 4
Ulangan 1	T5	T5	T5	T5
Ulangan 2	T5	T5	T5	T5
Ulangan 3	T5	T5	T5	T5
Ulangan 4	T5	T5	T5	T5

3.4 Kriteria Desain

Alat ini dirancang untuk mengukur nilai kesegaran ikan tongkol menggunakan sensor *E-nose*. Jaringan Saraf Tiruan digunakan untuk memperoleh model matematika yang akan di input ke *mikrokontroler*. Kemudian mencari persentase kesegaran ikan menggunakan rumus Jaringan Saraf Tiruan dan menginput nilai yang sudah didapatkan. Dalam proses ini terdapat nilai tegangan (ADC) yang berfungsi untuk mengubah analog sinyal menjadi digital. Tahap selanjutnya hasil yang diperoleh dari *mikrokontroler* diuji ulang untuk melakukan proses validasi. Sehingga diperoleh nilai kesegaran ikan tongkol dengan akurasi 90% dalam waktu hanya 25 menit. Gambar Rancangan alat pendeteksi kesegaran ikan dapat dilihat pada gambar 7



Keterangan:

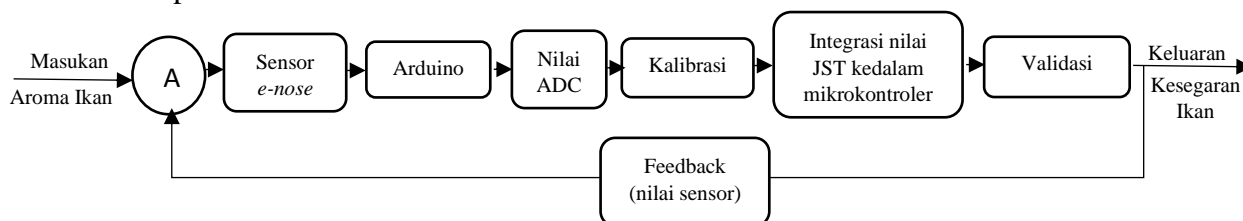
1. Arduino
2. Sensor TGS 822
3. Sensor TGS 813
4. Sensor TGS 2602
5. Sensor MQ 136
6. Sampel Ikan

Gambar 7. Desain alat pengukur kesegaran ikan

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimulai dengan mencari sumber tentang kesegaran ikan tongkol menggunakan sensor *E-nose*. Rancangan pengambilan data dengan *E-nose* merupakan langkah yang digunakan guna mendapatkan data yang diperlukan. Proses pengambilan data dengan melakukan pengecekan kesegaran ikan secara bertahap hingga ikan tersebut busuk. Data yang dihasilkan akan diolah menggunakan JST. JST tersebut dirancang dengan mengganti fungsi aktivasi dan nilai node sehingga mendapatkan nilai berupa R^2 terbesar dan RMSE terkecil. Setelah memperoleh nilai R^2 dan RMSE akan diperoleh nilai bobot dan bias. Untuk memastikan data sesuai dengan kriteria desain yang distandarkan, kemudian dilakukan kalibrasi dan validasi dilakukan.

Langkah pertama sebelum merancang sistem adalah merancang blok diagram terlebih dahulu. Berikut adalah gambar blok diagram sistem dari aplikasi JST untuk mendeteksi aroma ikan tongkol. Berikut adalah gambar blok diagram dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Blok diagram

Fungsi dari masing-masing blok pada diagram diatas ialah sebagai berikut:

1. Sensor yang digunakan ialah 4 buah Sensor Gas yaitu MQ136, TGS 822, TGS 2602, dan TGS 813 yang berfungsi sebagai pendeteksi aroma pada ikan didalam wadah pengujian.
2. *Mikrokontroler* berfungsi untuk mengendalikan dan memproses data dari perangkat input lalu meneruskannya ke alat *output*.
3. Data Identifikasi (.txt) adalah data sensor yang digunakan sebagai input dalam proses identifikasi yang ada pada Matlab.
4. Matlab adalah *software* untuk mengidentifikasi aroma pada ikan tongkol.
5. Hasil identifikasi merupakan nilai kesegaran ikan dari hasil pengujian yang telah dilakukan menggunakan JST pada *software* Matlab.

Penelitian ini diawali dengan meletakkan ikan tongkol di dalam toples lalu dimasukkan sensor *E-nose* ke dalam toples. Kemudian diukur nilai tegangan (ADC) yang dihasilkan dari masing-masing ikan. Setelah itu input nilai tegangan (ADC) ke dalam Excel. Proses ini juga menentukan variabel dependen dan independen. Setelah didapatkan nilai variabel dependen dan independennya lalu membuat model menggunakan JST. Setelah itu dilakukan uji model R^2 hingga diperoleh hasil identifikasinya. Kemudian input model matematika yang didapatkan kedalam arduino lalu arduino akan mengukur nilai ADC dengan 27

model JST yang terpasang. Langkah terakhir dari penelitian ini yaitu melakukan validasi secara aktual.

3.6 Nilai ADC (*Analog Digital Converter*)

ADC dapat merubah nilai suatu masukan yang berupa tegangan listrik dalam voltase atau sinyal analog menjadi keluaran berupa nilai digital (angka). Sinyal analog merupakan sinyal data yang berbentuk gelombang kontinu yang mempunyai parameter frekuensi dan amplitudo. ADC berfungsi untuk mengubah sinyal dari analog menjadi digital yang proporsional. Inputan 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.

Tegangan 5 Volt diartikan menjadi nilai digital oleh ADC pada *mikrokontroler* sebesar 1024.

Tabel 16. Hubungan nilai ADC dengan tegangan

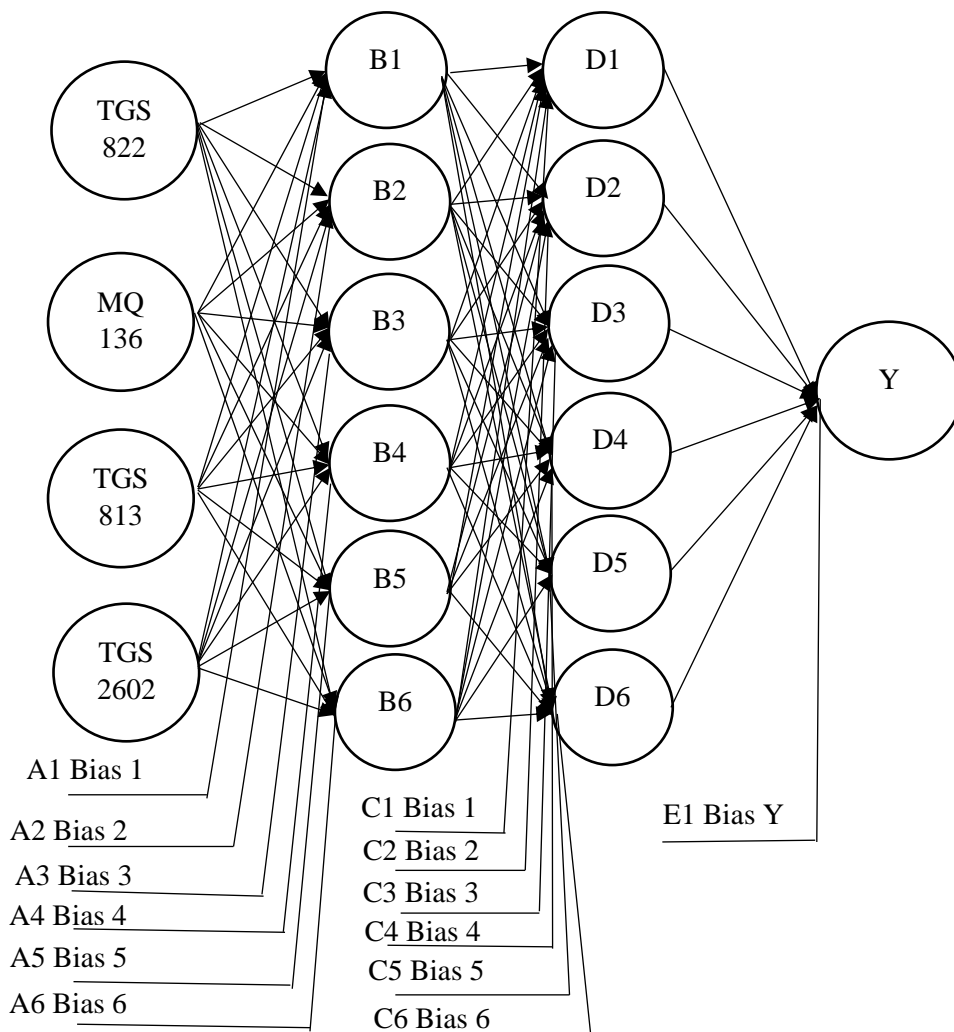
Tegangan	Nilai ADC
1 Volt	204,8
2 Volt	409,6
3 Volt	614,4
4 Volt	819,2
5 Volt	1024

3.7 Perancangan *Software*

Perancangan *software* pada penelitian ini menggunakan Matlab, dimana *software* ini dapat menjelaskan tentang pemrograman desain dan sistem aplikasi untuk melakukan perintah supaya output pada sistem dapat bekerja berdasarkan program yang dirancang.

3.7.1 Perancangan Jaringan Saraf Tiruan

Porses pertama dalam pengembangan JST adalah inisialisasi jaringan. Proses inisialisasi ini dilakukan untuk mempermudah proses kalibrasi dan pelatihan. Pada proses inisialisasi ini dilakukan dengan menggunakan komputer yang telah terinstal pada aplikasi MATLAB, pada proses ini perlu ditentukan beberapa hal yang dapat mempengaruhi proses pengolahan data yang ada pada JST. Arsitektur JST ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Arsitektur JST

3.7.2 Pembentukan Persamaan Matematika dari Model JST

Pembentukan persamaan model matematika dilakukan dengan menghitung ulang bobot dan bias yang telah didapatkan dari fungsi aktivasi terbaik dengan ketentuan perhitungan sebagai berikut :

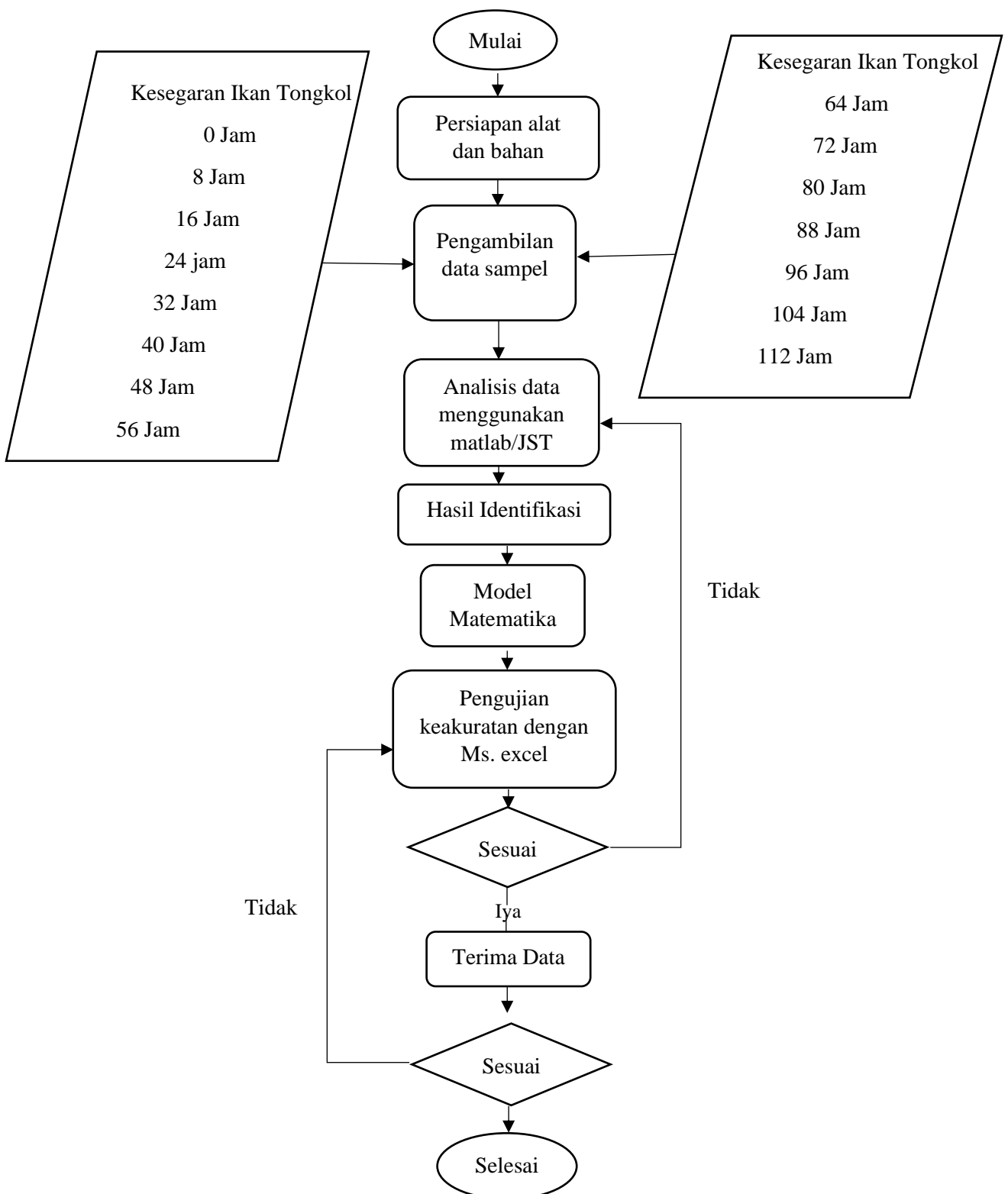
1. Pembentukan persamaan matematis dari file bobot-bias yang terekam
2. Jika dibelakang nilai ada e-01 berarti 10^{-1} atau nilai dikali 0,1.
3. Jika dibelakang nilai ada e+00 berarti 10^0 atau nilainya dikali 1 (tetap).
4. Jika dibelakang nilai ada e+01 berarti 10^1 atau nilai dikali 10.
5. Persamaan 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 Penginputan Model Persamaan Matematika Ke dalam Mikrokontroler

Model persamaan matematika yang telah dihitung akan dimasukkan ke dalam arduino untuk melakukan validasi kepada kesegaran ikan tongkol. Didalam program arduino dibuat klasifikasi setiap tingkat kesegaran ikan tongkol berdasarkan nilai JST yang didapatkan sehingga dapat mempermudah pengelompokan setiap jenis ikan tongkol .

3.8 Rancangan Pengambilan Data

Perancangan pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Diagram alir pengambilan data

3.9. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

1. Pengumpulan data: Seluruh data yang didapatkan dari sensor *Electronic Nose* dimasukkan ke dalam *Microsoft Excel* kemudian akan dianalisa untuk melihat nilai Koefisien Determinasi (R^2) dan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan kemudian 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 persamaan matematika yang telah dihitung akan dimasukkan ke dalam arduino untuk melakukan validasi kepada kesegaran ikan tongkol. Arduino akan mengukur nilai ADC dengan 27 model JST yang terpasang.

3.10. Analisis Statistik

Analisis Statistik pada penelitian ini yaitu:

1. 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 DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta pembahasan yang telah dijabarkan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan pada penelitian ini menggunakan metode *backpropagation* dengan layer pertama yaitu 4 *input* masukan (sensor TGS 822, MQ-136, TGS 813, TGS 2602), dengan dua *hidden layer* node 6-6-1 dan 1 *output* keluaran (waktu simpan ikan tongkol). *Learning rate* 0,001, tipe pelatihan yaitu *trainlm* dan jumlah *epoch* 1000. Proses pelatihan JST menggunakan 27 aktivasi dengan varian *logsig*, *tansig*, *purelin*.
2. Hasil perbandingan antara nilai ADC dengan warna insang, ikan tongkol mulai mengalami penurunan kualitas mutu (tidak segar) pada waktu simpan ke-64 jam dengan nilai ADC sensor TGS 822 sebesar 54, ADC sensor TGS 2602 sebesar 109, ADC sensor TGS 813 sebesar 42, dan ADC sensor MQ 136 sebesar 100.
3. Pada penelitian ini memberikan hasil identifikasi latih terbaik yaitu *tansig-tansig-logsig*, dengan nilai RMSE 4,438 dan nilai R^2 sebesar 0,9836. Sedangkan hasil identifikasi uji terbaik yaitu *tansig-tansig-logsig* dengan nilai RMSE 8,533 dan nilai R^2 sebesar 0,9401. Persentase ketepatan sensor e-nose dalam memprediksi kesegaran ikan tongkol sampel pertama sebesar 98,38%, sampel kedua 99,13%, sampel ketiga sebesar 98,25% serta sampel keempat sebesar 98,37%.

5.2 Saran

Saran dari penelitian yang dapat digunakan untuk pengembangan riset selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sampel data untuk selain ikan tongkol, seperti daging ataupun jenis ikan yang lain untuk lebih meningkatkan kinerja JST dalam membedakan ikan segar atau busuk.
2. Memilih sensor yang lebih sesuai dengan gas target yang akan diteliti untuk lebih memaksimalkan proses pendeteksian sampel.
3. Membersihkan *chamber* dengan maksimal sebelum dimulai agar sensor tidak mudah jenuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrizal, V., dan Aini, Q. 2013. *Kecerdasan Buatan*. Halaman Moeka. Jakarta.
- Arifin, M., Asfani, K., dan Handayani, A. N. 2018. Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Metode Perceptron Pada Pengenalan Pola Notasi. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 77–86.
- Bakshi, U.A., dan Bakshi, V.U. 2009. *Automatic Control Systems*. Technical Publications Pune. India. 764 hlm.
- Capote, P. dan Castro, M.D.L. de. 2019. Chapter 7 - Potential of Metabolomics to Breath Tests. In S. Faintuch (Eds.), *Microbiome and Metabolome in Diagnosis, Therapy, and other Strategic Applications*. Hal. 69–81.
- Chen, S; Wang, Y; dan Choi S. 2013. Application and technology of Electronic Nose for clinical diagnosis. *Open journal of applied biosensor*.
- Cheng, J., Wang, X., Si, T., Zhou, F., Zhou, J., dan Cen, K. 2016. Ignition temperature and activation energy of power coal blends predicted with *back-propagation neural network models*. *Fuel*, 173(January), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.01.043>
- Djuandi, Feri, 2011. *Pengenalan Arduino*. Penerbit Elexmedia. Jakarta
- Hendri, 2012. Karakterisasi TiO₂ (CuO) dengan Metoda Keadaan Padat (Solid State Reaction) sebagai Sensor Gas CO₂, *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*, Vol. 1, No.1, hal. 2529.
- Hermawati, P., Adisasmita, S.A., Ramli, M.I., Hamid, S. 2018. Waktu Tempuh Perjalanan Wisatawan Mancanegara di Destinasi Berbasis Multidaya Tarik Wisata Bali. *Jurnal Transportasi*. Universitas Hasanudin 18(1): 49-58
- Iswari, N.M.S., Wella, Ranny. 2017. Fish Freshness Classification Method based on Fish Image using K-Nearest Neighbor. *International Conference on New Media Studies*.

- Jarmin, R., Khuan, L. Y., Hashim, H. and Rahman, N.H.A. 2012. A Comparison on Fish Freshness Determination Method. International Conference on System Engineering and Technology
- Lalu Zulfikri, Laili Mardiana, Rahadi Wirawan, Nurul Qomariyah dan Kasnawi Al Hadi. 2018. Sistem Deteksi Gas Sederhana untuk Klasifikasi Gaharu Berbasis Sensor Gas Resistif. *Prosiding skf*. https://ifory.id/proceedings/2018/DmfrcVE6y/skf_2018_lalu_zulfikri_djk0tul6rr.pdf
- Lelono, D., Triyana, K., Hartati, S., Amalinda, F., Kaltsum, U., Usuman, I., 2011. *Rancang Bangun Prototipe Sensor Rasa Elektronik Berbasis Membran Selektif Ion*, Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Lestari, Nurbaiti, M., Fianti, U. 2021. Efektivitas Penggunaan Sensor MQ-7 Terintegrasi Aplikasi Blynk Untuk Mendeteksi Keberadaan Gas CO di Udara. *Enviro Scientiae Journal*, 17 (1), 76–82.
- Liu, S., Xu, L., and Li, D. 2016. Multi-scale prediction of water temperature using empirical mode decomposition with back-propagation neural networks. *Computers and Electrical Engineering*, 49, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2015.10.003>
- Matondang, Zulkifli. 2013. Validitas Dan Reliabilitas Suatu Instrumen Penelitian. *Jurnal Tabularasa PPS UNIMED*. 6 (1), 87-97
- Nurjanah, T. Nurhayati, R. Zakaria. 2011. Kemunduran mutu ikan gurami (*osphronemus gouramy*) pasca kematian pada penyimpanan suhu chilling. *Jurnal Sumberdaya Perairan*. 2(5). 11-18.
- Nursaniansyah, R.F. 2020. *Rancang Bangun Perangkat Identifikasi Kemurnian Aroma Campuran Blending Biji Kopi Sangrai Natural Luwak dan Natural Arabika Menggunakan Elektronik Nose dengan Metode Pembelajaran Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation*. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.
- Pandi, I.G.S., Suryadhi. N.T., Arka, I.B., Adiputra, N. 2021. Pengaruh Penyayangan dan Suhu Penyimpanan Terhadap Kimiawi, Mikrobiologi dan Organoleptik Ikan Tongkol (*Auxis thazard*, Lac). *Jurnal Harian Regional*. Vol. 1, No. 3
- Pearce, T.C., Schiffman, S.S, Nagle, H.T. 2003. *Handbook of Machine Olfaction Electronic Nose Technology*, WILEY-VCH, UK.
- Pangestu, R.A. 2019. *Identifikasi Buah Pisang Berdasarkan Karakteristik Morfologi Buah dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan*. (Skripsi). Universitas Lampung. Lampung.

- Putra, O.A., Firdaus, Hersyah, M.H. 2016. Identifikasi Aroma Teh dengan E-Nose Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal.umj*.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/viewFile/849/782>
- Rabersyah, D., Firdaus, Derisma. 2016. Identifikasi Jenis Bubuk Kopi Menggunakan Electronic Nose Dengan Metode Pembelajaran Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. Politeknik Negri Padang. 5(3). 333-338.
- Rickenbacker, 2006. Spoilage of Fish. <http://D: Spoilage/of/fish.htm>. Diakses 2/3/2006
- Sadeghifard, S., Esmaeilani, L. 2012. A New Embedded E-nose system to Identify Smell of Smoke, 2012 7th International Conference on System of System Engineering (SoSE), Genoa. 16-19 July 2012.
- Sanger, G. 2010. Oksidasi Lemak Ikan Tongkol (*Auxis thazard*) Asap yang Direndam dalam Larutan Ekstrak Daun Sirih. *Pacific Journal*, 2, (5), 870-873.
- Simamora, J. 2017. *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kesegaran Daging Berdasarkan Sensor Bau dan Warna*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Sovia, Rini. 2018. Jaringan Saraf Tiruan Analisa Pengaruh Gizi Buruk Terhadap Perkembangan Balita dengan Algoritma Perceptron. *Jurnal Ilmiah Media SISFO*, 12 (1), 1003–1011.
- Sulasno, Prayitno, A., dan Thomas. 2006. *Teknik Sistem Control-Edisi Pertama*. Yogyakarta. Graha ilmu.
- Tan, J. and Xu, J. 2020. *Applications of Electronic Nose (E-Nose) and Electronic Tongue (E-Tongue) in Food Quality-Related Properties Determination: A Review*. *Artificial Intelligence in Agriculture*, Vol. 4, Hal. 104–115.
- Telaumbanua, M., Novita, D.D., Triyono, S., Saragih, C. 2021. Tipe Chamber dan Posisi Sensor E-Nose Untuk Mendeteksi Aroma Biji Kopi Robusta Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* 9(1), 84-95. DOI: 10.29303/jrpb.v9i1.237
- 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.
- Wibowo. R.A., Kurniawan, A.A. 2020. Analisis Korelasi Dalam Penentuan Arah Antar Faktor Pada Pelayanan Angkutan Umum di Kota Magelang. *Jurnal of Electrical Engineering*. Universitas Tidar.

Wijaya, Hadi, A. 2019. Artificial Neural Network untuk Memprediksi Beban Listrik dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal Core IT*, 5 (2), 61–70.