

**SISTEM DETEKSI KANDUNGAN DAGING BABI PADA BAKSO SAPI  
MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE (E-NOSE)* BERBASIS  
JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN METODE  
*BACKPROPAGATION***

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**Yuli Yana**

**1917041029**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### SISTEM DETEKSI KANDUNGAN DAGING BABI PADA BAKSO SAPI MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE (E-NOSE)* BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN METODE BACKPROPAGATION

Oleh

YULI YANA

Telah dilakukan penelitian mengenai sistem deteksi kandungan daging babi pada bakso sapi menggunakan *electronic nose (e-nose)* berbasis jaringan syaraf tiruan dengan metode *backpropagation*. Penelitian ini bertujuan mendeteksi kandungan daging babi pada bakso sapi menggunakan e-nose berbasis JST dengan metode *backpropagation*, membuat program JST untuk mengenali beberapa macam sampel bakso menggunakan *e-nose* dan menganalisis pola yang terbentuk menggunakan *Principal Component Analysis (PCA)*. Penelitian ini menggunakan sampel bakso sapi, bakso babi dan bakso campuran. Sistem *e-nose* yang dikembangkan menggunakan empat sensor gas, yaitu MQ-2, MQ-7, MQ-9, dan MQ-135, untuk menangkap respons aroma bakso. Tahap penelitian meliputi pengambilan data, pelatihan JST, pengujian JST dan analisis JST. Sistem *e-nose* menggunakan JST dengan metode *backpropagation* mampu mendeteksi bakso sapi, bakso babi, dan bakso campuran. Arsitektur JST dengan jumlah *neuron hidden layer* 9 merupakan JST dengan akurasi terbaik yang dihasilkan dari proses pelatihan. Model ini menghasilkan nilai presisi sebesar 73,13%, sensitivitas sebesar 74,85%, dan akurasi sebesar 90,40%.

**Kata Kunci :** *Elektronic Nose, Jaringan Syaraf Tiruan, Backpropagation, Aroma Bakso, Principal Component Analysis.*

## **ABSTRACT**

### **PORK CONTENT DETECTION SYSTEM IN BEEF MEATBALLS USING AN ELECTRONIC NOSE (E-NOSE) BASED ON AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK WITH THE BACKPROPAGATION METHOD**

**By**

**YULI YANA**

A study has been conducted on a pork meat detection system in beef meatballs using an electronic nose (e-nose) based on an artificial neural network (ANN) with the backpropagation method. This research aims to detect the presence of pork in beef meatballs using an ANN-based e-nose with the backpropagation method, to develop an ANN program for recognizing various types of meatball samples using an e-nose, and to analyze the patterns formed using Principal Component Analysis (PCA). This study used samples of beef meatballs, pork meatballs, and mixed meatballs. The developed e-nose system employed four gas sensors, namely MQ-2, MQ-7, MQ-9, and MQ-135, to capture the aroma responses of meatballs. The research stages included data acquisition, ANN training, ANN testing, and ANN analysis. The e-nose system using an ANN with the backpropagation method was able to detect beef meatballs, pork meatballs, and mixed meatballs. The ANN architecture with nine hidden layer neurons produced the best performance obtained from the training process. This model achieved a precision of 73.13%, sensitivity of 74.85%, and accuracy of 90.40%

**Keywords:** Electronic Nose, Artificial Neural Network, Backpropagation, Meatball Aroma, Principal Component Analysis.

**SISTEM DETEKSI KANDUNGAN DAGING BABI PADA BAKSO SAPI  
MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE (E-NOSE)* BERBASIS  
JARINGAN SYARAF TIRUAN DENGAN METODE  
*BACKPROPAGATION***

Oleh

**YULI YANA**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar

**SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2026**

Judul Penelitian : Sistem Deteksi Kandungan Daging Babi Pada Bakso Sapi Menggunakan *Electronic Nose (E-Nose)* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode *Backpropagation*

Nama Mahasiswa : Yuli Yana

Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041029

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 198206182008121001

**Dr. Sri Wahyu Suciayati, S.Si., M.Si**  
NIP. 197108291997032001

2. Ketua Jurusan Fisika

**Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**  
NIP. 199011252019032018

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

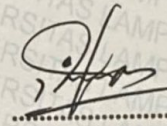
Ketua

Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.



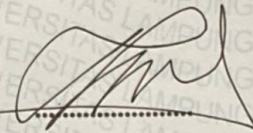
Sekretaris

Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Drs. Amir Supriyanto, M.Si.

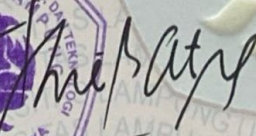


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Heri Satria, S.Si., M.Si.

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 Juni 2026

## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yuli Yana  
Nomor Pokok Mahasiswa : 1917041029  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan bahwa dalam skripsi saya dengan judul “**Sistem Deteksi Kandungan Daging Babi Pada Bakso Sapi Menggunakan *Elektronic Nose (E-Nose)* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode *Backpropagation***” adalah benar hasil karya saya sendiri, baik ide, hasil maupun analisisnya. Selanjutnya saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sepenuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 17 Juni 2026  
Penulis,



**Yuli Yana**  
NPM. 191704102

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Yuli Yana. Penulis dilahirkan di Tanjung Iman pada 14 Juni 2001. Penulis merupakan anak bungsu dari pasangan Bapak Ibrahim dan Ibu Sakilah. Penulis menyelesaikan Pendidikan di SDN O6 Tanjung Aman pada tahun 2013, SMP Kemala Bhayangkari pada tahun 2016, dan MAN 1 Lampung Utara pada tahun 2019.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2019. Selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung, penulis aktif dalam kegiatan organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2020 penulis menjadi Anggota Biro Dana dan Usaha (DANUS) Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) dan pada tahun 2021 penulis menjadi Ketua Biro Dana dan Usaha Himpunan Mahasiswa Fisika.

Penulis telah menyelesaikan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di Balai Standarisasi dan Jasa Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Bandar Lampung, dengan judul “Penentuan *Biochemical Oxygen Demand* Secara Respirometrik Menggunakan Sensor MPX2200A di Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Bandar Lampung”. Penulis juga melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung Periode II tahun 2022 di Desa Nibung Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten Lampung Timur.

## MOTTO

*“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

(QS. Al-Baqarah : 286)

*“Allah tidak mengatakan hidup itu mudah. Tetapi Allah berjanji sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”*

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

*“Saya tidak berjalan secepat yng diharapkan banyak orang, tetapi saya terus berjalan hingga sampai pada tujuan ”*

(Penulis)

## **PERSEMBAHAN**

Dengan Penuh Rasa Syukur Kepada Allah Subhanahu wa ta'ala, karya ini dipersembahkan kepada:

Kedua Orang tuaku

### ***Bapak Ibrahim & Ibu Sakilah***

Terimakasih untuk segala do'a dan usaha yang selalu diberikan demi kesuksesan putrinya hingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai sarjana

### ***Keluarga Besar & Teman-teman***

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat tetap bertahan dalam keadaan suka maupun duka

### ***Bapak/Ibu Dosen***

Terimakasih telah memotivasi, memberikan dukungan, ilmu dan membimbing hingga dapat menyelesaikan Pendidikan di tingkat Universitas sebagai sarjana.

### ***Almamater Tercinta***

UNIVERSITAS LAMPUNG

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem Deteksi Kandungan Daging Babi Pada Bakso Sapi Menggunakan *Elektronik Nose (E-Nose)* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Dengan Metode *Backpropagation*”**. Tujuan dari penulisan skripsi ini sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis, tapi juga untuk para pembaca.

Bandar Lampung, 17 Juni 2026

Penulis,

Yuli Yana

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah, Rabb semesta alam yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari tidak sedikit hambatan dan kesulitan yang dihadapi, namun berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis mengucapkan terimakasih telah membantu penyusunan skripsi ini kepada:

1. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, dan mengarahkan dalam proses penyusunan dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng., (Alm.) selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing, dan memberikan saran dalam proses penyusunan dan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciwati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah melanjutkan memberi bimbingan dan mengarahkan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini.
4. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Bapak Dr. Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
6. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.

8. Bapak dan Ibu Dosen serta staff Jurusan Fisika atas segala ilmu yang telah diberikan selama penulis menjadi mahasiswa Universitas Lampung.
9. Kedua Orang Tua Penulis, Bapak Ibrahim dan Ibu Sakilah yang telah memberi kasih sayang, dukungan dan semangat yang tulus kepada penulis.
10. Teman-teman Seperjuangan Windi, Siti Aisyah, Tresna Ananda, Nur Annisa, Aryu Kusmita, Miranti Adelia, Fidhea Pining Gusti yang telah memberikan motivasi, bantuan, dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan studi.
11. Teman-teman dan keluarga besar HIMAFI Universitas Lampung yang telah memberikan pengalaman yang luar biasa.
12. Seluruh mahasiswa/mahasiswi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2019, dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas dengan yang lebih baik dan menjadi pemberat amal di akhirat nanti. Aamiin.

Bandar Lampung, 17 Juni 2026

Penulis,

Yuli Yana

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>MENGESAHKAN</b> .....	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>viii</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>x</b>
<b>SANWACANA</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>16</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	17
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	6
2.2 Teori Dasar .....	8
2.2.1 Daging Sapi.....	8
2.2.2 Daging Babi .....	10

2.2.3	Kandungan Gas pada Daging Sapi dan Daging Sapi.....	11
2.2.4	Perbedaan Karakteristik Daging Sapi dan Daging Babi .....	11
2.2.5	<i>Electronic Nose (E-Nose)</i> .....	12
2.2.6	Jaringan Syaraf Tiruan (JST) .....	14
2.2.7	Metode <i>Backpropagation</i> .....	20
2.2.8	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	21
2.2.9	Software <i>Matrix Laboraratory (Matlab)</i> .....	22

### III. METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2	Alat dan Bahan .....	25
3.2.1	Alat Penelitian .....	25
3.2.2	Bahan Penelitian.....	26
3.3	Prosedur Penelitian .....	26
3.3.1	Studi Literatur .....	28
3.3.2	Pembuatan Sampel .....	28
3.3.3	Pengambilan Data .....	28
3.3.4	Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	31
3.3.5	Pengujian dan Analisis Sistem <i>E-Nose</i> .....	33

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	37
4.1.1	Perekaman Data Sampel .....	37
4.1.2	Proses <i>Fitting Data</i> .....	39
4.1.3	Ekstraksi Nilai Puncak .....	41
4.1.4	Penentuan Jumlah <i>Neuron Hidden Layer</i> .....	43
4.1.5	Plot PCA .....	43
4.2	Pelatihan JST .....	45
4.3	Analisis JST Pada GUI.....	52

### V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1	Simpulan.....	58
-----	---------------	----

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2. 1</b> Daging Sapi . . . . .	8
<b>Gambar 2. 2</b> Daging Babi . . . . .	10
<b>Gambar 2. 3</b> Arsitektur JST Tunggal . . . . .	14
<b>Gambar 2. 4</b> Arsitektur JST . . . . .	15
<b>Gambar 2. 5</b> Tampilan <i>Command Windows</i> . . . . .	24
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir . . . . .	28
<b>Gambar 3. 2</b> Skema rancangan pengambilan data menggunakan <i>e-nose</i> . . . . .	29
<b>Gambar 3. 3</b> Diagram blok sistem <i>e-nose</i> . . . . .	29
<b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir Perancang JST. . . . .	31
<b>Gambar 3. 5</b> Grafik respon sensor <i>array</i> . . . . .	32
<b>Gambar 4. 1</b> PCA Sensor Dari Variasi Bakso . . . . .	44
<b>Gambar 4. 2</b> Arsitektur JST Dengan Jumlah Hidden Layer 4. . . . .	47
<b>Gambar 4. 3</b> Arsitektur JST Dengan Jumlah Hidden Layer 5. . . . .	49
<b>Gambar 4. 4</b> Arsitektur JST Dengan Jumlah Hidden Layer 9. . . . .	51
<b>Gambar 4. 5</b> Tampilan GUI JST. . . . .	53
<b>Gambar 4. 6</b> Grafik Parameter JST . . . . .	55

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 3. 1</b> Alat penelitian. ....	25
<b>Tabel 3. 2</b> Bahan Penelitian.....	26
<b>Tabel 3. 3</b> Jenis sensor gas beserta fungsi yang digunakan.....	28
<b>Tabel 3. 4</b> Data pengujian gas sensor. ....	30
<b>Tabel 3. 5</b> Jumlah <i>node</i> pada lapisan tersembunyi. ....	33
<b>Tabel 3. 6</b> Data latih sistem <i>e-nose</i> .....	34
<b>Tabel 3. 7</b> Data uji sistem <i>e-nose</i> . ....	35
<b>Tabel 3. 8</b> Rancangan Tabel <i>binary confusion matrix</i> .....	36
<b>Tabel 4. 1</b> Jumlah <i>neuron hidden layer</i> (m) berdasarkan metode HMLP. ....	43
<b>Tabel 4. 2</b> <i>Hidden Layer 4</i> yang Berpengaruh pada Konsentrasi Sampel.....	47
<b>Tabel 4. 3</b> Total Bobot Positif pada <i>Hidden Layer 4</i> .....	48
<b>Tabel 4. 4</b> <i>Hidden Layer 5</i> yang Berpengaruh pada Konsentrasi Sampel.....	49
<b>Tabel 4. 5</b> Total Bobot Positif pada <i>Hidden Layer 5</i> .....	50
<b>Tabel 4. 6</b> <i>Hidden Layer 9</i> yang Berpengaruh pada Konsentrasi Sampel.....	51
<b>Tabel 4. 7</b> Total Bobot Positif pada <i>Hidden Layer 9</i> .....	52
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Prediksi <i>Hidden Layer 9</i> .....	54
<b>Tabel 4. 9</b> <i>Binary Confusion Matrix Hidden Layer 9</i> .....	54
<b>Tabel 4. 10</b> Analisis Parameter JST <i>Hidden Layer 9</i> . ....	56
<b>Tabel 4. 11</b> Nilai rerata parameter JST dalam mengenali sampel.....	57

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bakso banyak digemari oleh berbagai kalangan masyarakat karena rasanya yang enak, harga yang relatif terjangkau, dan mengandung nilai gizi seperti protein, lemak, dan karbohidrat. Kandungan gizi pada bakso ditentukan oleh daging dan komposisi bahan tambahan lain yang digunakan, seperti tepung, garam, dan bumbu-bumbu lainnya. Bahan baku bakso dapat dibuat dari berbagai macam daging. Umumnya, bakso yang banyak dijual di pasaran berbahan daging sapi. Bakso dapat dibuat dengan bahan baku daging ayam, ikan, jamur, hingga daging babi. Keanekaragaman bahan baku bakso ini dapat memunculkan kekhawatiran adanya kontaminasi atau pencampuran produk bakso sapi dengan daging lain, khususnya daging babi (Fendy, 2016).

Pencampuran bahan baku bakso bertujuan untuk menurunkan harga produksi dengan harga jual tetap tinggi, serta meningkatkan cita rasa. Sayangnya produk bakso tidak disertai informasi yang jelas kepada masyarakat, sehingga masyarakat tidak mengetahui informasi rinci produk olahan tersebut tersebut mengandung daging yang tidak halal seperti daging babi. Padahal masyarakat muslim diharamkan mengkonsumsi daging yang tidak halal, beberapa golongan masyarakat juga mempunyai hipersensitivitas atau intoleran terhadap daging babi (Ong dkk., 2007).

Indonesia sebagai negara dengan penduduk beragama Islam terbesar di dunia yakni 87% dari jumlah penduduk yaitu 269,6 juta jiwa adalah Muslim. Hal ini mendorong Lembaga Pengkajian Pangan, Obat-obatan, dan Kosmetika Majelis Ulama Indonesia (LPPOM MUI) untuk menyusun sistem sertifikasi halal dan sistem

jaminan halal yang digunakan untuk menjamin hak konsumen muslim di Indonesia. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 1999 (PP 69/1999) tentang label dan iklan pangan dalam pasal 1 ayat 5 disebutkan bahwa pangan halal adalah pangan yang tidak mengandung unsur atau bahan baku pangan, bahan tambahan pangan, bahan bantu dan bahan penolong lainnya termasuk bahan pangan yang diolah melalui proses pengolahan harus dilakukan sesuai dengan ketentuan hukum agama islam.

Meskipun peraturan mengenai pangan halal telah ditetapkan, di Indonesia masih banyak ditemukan kasus pangan tercemar bahan tambahan yang haram seperti yang terjadi pada Januari 2019, dua pedagang ditangkap polisi di pasar Wonosari karena mencampur daging sapi dengan daging babi. Pada Maret 2018, dua pedagang bakso digerebek polisi karena memasukkan daging babi ke dalam bakso di daerah kampus Universitas Jambi. Kasus lain, Kepolisian Resor Bogor membongkar praktik pembuatan bakso yang dicampur menggunakan daging babi di sebuah ruko di wilayah Citeureup, Kabupaten Bogor (Zilhadia et al., 2020). Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan uji analisis dengan menggunakan instrumen dan metode yang praktis dengan analisis data yang cepat dan biaya yang murah namun dengan hasil yang dapat diandalkan. Hal itu tentunya mendorong para peneliti untuk mengembangkan *electronic nose* (Rosyad dan Lenono, 2016). *E-nose* telah banyak dikembangkan dan diterapkan dalam berbagai bidang di antaranya untuk mengenali, mengidentifikasi, dan menganalisis aroma (Anggara dkk., 2017). *E-nose* adalah jenis instrumen yang digunakan untuk mendeteksi dan mengenali bau kompleks, dengan menggunakan seperangkat sensor gas yang terdiri atas sensor spesifitas rendah. Sensor ini juga dapat menangani semua jenis zat biologis atau kimiawi yang sensitif terhadap bau atau aroma. Sensor *array* membuat sidik jari tertentu (sidik jari aroma). Pola atau sidik jari dari gas yang diketahui dapat digunakan untuk membuat dan melatih sistem pengenalan pola yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis bau yang tidak diketahui (Shi et al., 2017).

Aroma atau bau akan memberikan respon berupa perubahan resistansi dari masing-masing sensor gas. Ketika resistansi setiap sensor gas berubah, tegangannya pun

berubah. Data yang diperoleh dari perubahan tegangan ini berupa data digital komputer. Selanjutnya, data tersebut akan diolah dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan. Prinsip pengoperasian *e-nose* meniru fungsi hidung manusia, yang menampung berbagai reseptor pengidentifikasi aroma. Fungsi dari reseptor tersebut digantikan oleh sensor pada *e-nose*, setiap reseptor akan memberikan reseptor yang berbeda dari aroma yang sama (Rabersyah dkk., 2016).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendeteksi berbagai jenis aroma. Termasuk Rosyad dan Lenono (2016). Penelitian ini dilakukan untuk mengklasifikasi daging sapi menggunakan *e-nose* dengan metode PCA. Sampel daging sapi campuran dibuat dengan variasi kandungan daging babi sebesar 20%, 40%, 60%, dan 80% dari total massa sampel, dengan massa sampel adalah 20 gram. Dari penelitian yang telah dilakukan, di dapatkan hasil bahwa *electronic nose* dapat membedakan antara daging sapi murni dengan daging sapi campuran. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Anggara *et al.* (2017) telah melakukan penelitian ini untuk mendeteksi daging sapi murni menggunakan *e-nose* dengan algoritma *Bidirectional Associative memory* (BAM) yang memiliki kelebihan dalam memproses data input yang tidak lengkap dan terdapat *noise*. Jumlah sensor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 5 sensor, yaitu terdiri dari TGS 2610, TGS 2602, TGAS 2620, TGS 2611, TGS 2600. Sampel yang digunakan adalah daging sapi, daging babi, daging campuran babi 20%, daging campuran babi 40%, daging campuran babi 60%, dan daging campuran babi 80%.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, maka penelitian ini difokuskan untuk mendeteksi kandungan daging babi pada bakso sapi dengan menggunakan *electronic nose*. Untuk mengidentifikasi diperlukan sebuah komputasi berupa pengenalan pola berbasis jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Sensor yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sensor MQ-2, MQ-7, MQ-9, MQ-135 untuk mendeteksi gas hidrogen ( $H_2$ ), gas karbon monoksida (CO), gas metana  $CH_4$  dan gas ammonia  $NH_3$  Sebelum digunakan, sensitivitas semua sensor akan dikalibrasi dan diuji dengan memberikan gas dengan massa sampel tertentu. Sampel gas akan dianalisis di *chamber* yang terhubung ke pompa untuk mengontrol gas di ruang

*chamber*. *E-nose* akan dilatih untuk mendeteksi kandungan daging babi pada bakso sapi. Data yang diperoleh dari proses pelatihan akan diolah menggunakan JST Metode JST yang digunakan adalah *backpropagation* yang dibuat menggunakan *software* Matlab 2014. Setelah *e-nose* berhasil mendeteksi kandungan daging babi pada bakso sapi, maka akan dilakukan pengambilan data.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka muncul perumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana mendeteksi sistem *e-nose* berbasis JST menggunakan metode *backpropagation* untuk mendeteksi campuran daging babi pada bakso sapi?
2. Bagaimana membuat program JST untuk mengenali beberapa macam sampel bakso menggunakan *e-nose*?
3. Bagaimana menganalisis pola yang terbentuk menggunakan *Principle Component Analysis* (PCA)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeteksi kandungan daging babi pada bakso sapi menggunakan *e-nose* berbasis jaringan syaraf tiruan (JST) dengan metode *backpropagation*.
2. Membuat program jaringan syaraf tiruan (JST) untuk mengenali beberapa macam sampel bakso menggunakan *e-nose*.
3. Menganalisis pola yang terbentuk menggunakan PCA.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terealisasikannya sistem *electronic nose* (*e-nose*) yang mampu mendeteksi campuran daging babi pada bakso sapi berbasis jaringan syaraf tiruan (JST) menggunakan metode *backpropagation*.
2. Sebagai alat alternatif yang mampu mendeteksi campuran daging babi pada bakso sapi.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode JST yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *backpropagation*.
2. Menggunakan JST dengan *Principal Component Analysis* (PCA) pada metode *backpropagation* untuk mengenali dalam membedakan sampel.
3. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah bakso sapi, bakso babi, dan bakso campuran daging babi sebesar 30%, 50%, 70%, dan 100%.
4. Sensor gas yang digunakan adalah digunakan adalah MQ-2, MQ-7, MQ-9, dan MQ-135.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian tentang *electronic nose* telah dilakukan oleh Rosyad dan Lenono (2016). Penelitian ini dilakukan untuk mengklasifikasi daging sapi menggunakan *e-nose* dengan metode PCA. Sampel daging sapi campuran dibuat dengan variasi kandungan daging babi sebesar 20%, 40%, 60%, dan 80% dari total massa sampel, dengan massa sampel adalah 20 gram. Pengambilan data selama 10 hari dilakukan dengan proses *sensing* dan *flushing* masing-masing selama 180 detik dengan pengulangan sebanyak 6 kali per hari. Pengolahan data dilakukan dalam beberapa tahap yang meliputi prapemrosesan sinyal dengan manipulasi *baseline*, ekstraksi ciri dengan menghitung luas kurva sinyal menggunakan pendekatan integral aturan trapesium, dan analisis *multivariat* menggunakan PCA. Hasil persentase variansi kumulatif dua komponen utama pada pengujian klasifikasi antara daging sapi dengan daging babi adalah sebesar 99,9%, sedangkan pada pengujian klasifikasi antara daging sapi murni dengan daging sapi campuran adalah sebesar 99,6%. Dengan demikian, *electronic nose* dapat membedakan antara daging sapi murni dengan daging sapi campuran.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Anggara dkk., (2017). Penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi daging sapi murni menggunakan *e-nose* dengan algoritma *Bidirectional Associative memory* (BAM) yang memiliki kelebihan dalam memproses data input yang tidak lengkap dan terdapat *noise*. Jumlah sensor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan 5 sensor, yaitu terdiri dari TGS 2610, TGS 2602, TGAS 2620, TGS 2611, TGS 2600. Sampel yang digunakan adalah daging sapi, daging babi, daging campuran babi 20%, daging campuran babi 40%, daging campuran babi 60%, dan daging campuran babi 80%. Pengolahan data

yang dilakukan ada beberapa tahap yaitu normalisasi *baseline* dan ekstraksi ciri. Pengolahan data hasil pembacaan sampel dimulai dengan melakukan proses manipulasi *baseline* untuk membuat nilai *baseline* menjadi 0, kemudian hasil tersebut dilakukan ekstraksi ciri *difference* dan integral untuk mendapatkan informasi penting dari masing-masing sampel. Data ekstraksi ciri akan diubah menjadi pola matriks bipolar (1 dan -1) untuk dapat digunakan sebagai data pada algoritma BAM sehingga diperlukan data *threshold* untuk dapat menentukan data ekstraksi ciri menjadi bipolar. Data yang sudah menjadi matriks bipolar akan digunakan sebagai data uji dan data acuan pada program dengan pengujian *cross validation* sehingga didapat persentase kebenaran deteksi daging menggunakan *e-nose* berbasis BAM. Deteksi daging dengan BAM menggunakan ekstraksi ciri integral dengan bipolar cara pertama menghasilkan persentase keberhasilan 14,8% dan bipolar cara kedua menghasilkan persentase keberhasilan 15,7%. Ekstraksi ciri *difference* dengan bipolar cara pertama menghasilkan persentase keberhasilan 17,3% dan bipolar cara kedua menghasilkan persentase keberhasilan 16,4%.

Hendriyawan dan Aries (2021) telah melakukan penelitian untuk membedakan antara daging sapi dengan daging babi berdasarkan karakteristik aroma menggunakan *electronic nose*. Alat ini menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang dibuat dan dilatih pada aplikasi MATLAB untuk melakukan klasifikasi terhadap data sampel daging sehingga dapat diketahui mana sampel daging sapi yang mengandung daging babi dan mana yang murni. Pada penelitian ini sampel daging yang diuji adalah daging sapi dan daging babi yang masih segar dan tidak berumur lebih dari setengah hari sejak dibeli dari pedagang. Sampel yang diuji terdiri dari 4 macam yaitu daging sapi tanpa campuran babi dan daging sapi mengandung babi 25%, 50% dan 75%. Identifikasi kandungan daging babi pada sampel daging sapi hanya dilakukan berdasarkan karakteristik aroma/*odor* yang diperoleh dari rangkaian sensor gas dan tidak menggunakan karakteristik lain seperti warna, tekstur atau serat dari daging. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa penerapan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* pada sistem *electronic nose* berbasis arduino dapat mengklasifikasi sampel daging sapi murni dan daging campuran yang diuji dengan

tingkat akurasi diatas 80% berdasarkan karakteristik aroma/*odor*. Sensor TGS2602, TGS2620, TGS2610 dan TGS2611 digunakan sebagai komponen utama sistem *electronic nose* untuk mengukur senyawa volatil yang menguap dari sampel daging. Sistem elektronik pengendali utama berbasis Arduino membaca tingkat konsentrasi senyawa volatil dalam bentuk sinyal analog untuk kemudian diklasifikasi dalam dua kelas yaitu murni dan campuran dengan menggunakan algoritma jaringan syaraf tiruan (JST). Model Jaringan syaraf tiruan dilatih menggunakan metode *backpropagation* melalui aplikasi matlab hingga didapat matrik nilai bobot latih, bias dan fungsi normalisasi. Pengujian terhadap purwarupa *electronic nose* menggunakan sampel daging segar sebanyak 30 memberikan hasil akurasi = 100%, presisi = 100%, dan *recall* = 100%.

## 2.2 Teori Dasar

### 2.2.1 Daging Sapi



**Gambar 2. 1** Daging Sapi (Aisah, 2018).

Daging sapi adalah urat daging yang melekat pada kerangka kecuali urat dari daging bagian bibir, hidung dan telinga yang berasal dari sapi yang sehat waktu dipotong. Daging merah memiliki proporsi serat yang sempit dan kaya *moglobin*. Jumlah *mioglobin* daging sapi 0,46% dari berat segar secara umum daging terbentuk dari

beberapa komponen seperti air, protein, lemak dan abu. Komposisi ini dipengaruhi oleh jenis ternak, kondisi lemak, jenis potongan karkas, proses pengawetan, penyimpanan dan cara pengepakan. Faktor yang mempengaruhi kualitas daging adalah warna, daya mengikat air oleh protein daging yang mempengaruhi daya serap air pada produk, pH dan kekenyalan.

Keadaan fisik daging dapat dikelompokkan menjadi daging yang dilayukan atau tanpa pelayuan, daging yang dilayukan kemudian didinginkan (daging dingin), daging yang dilayukan, didinginkan, kemudian dibekukan (daging beku). Daging masak, daging asap, dan daging olahan. Daging yang dapat dikonsumsi adalah daging yang berasal dari hewan yang sehat. Saat penyembelihan dan pemasaran berada dalam pengawasan petugas rumah potong hewan serta terbebas dari pencemaran mikroorganisme. Secara fisik, kriteria atau ciri-ciri daging yang baik adalah berwarna merah segar, berbau aromatis, memiliki konsistensi yang kenyal dan bila ditekan tidak terlalu banyak mengeluarkan cairan. Daging sebagai sumber protein hewani memiliki nilai hayati (*biological value*) yang tinggi, mengandung 19% protein, 5% lemak, 70% air, 2,3% zat-zat non protein dan 2,5 % mineral dan bahan-bahan lainnya. Secara umum komposisi kimia daging terdiri atas 70% air, 20% protein, 9% lemak dan 1% zat-zat protei yang dapat larut. Jumlah ini akan berubah bila hewan digemukkan yang akan menurunkan persentase air dan protein serta meningkatkan persentase lemak (Sarah, 2015).

### 2.2.2 Daging Babi



**Gambar 2. 2** Daging Babi (Aisah, 2018).

Daging babi merupakan sumber protein hewani yang harganya murah dan mudah diperoleh di pasaran. Daging babi sering digunakan sebagai campuran bakso, siomay, dan bakmi goreng. Pencampuran bertujuan untuk menurunkan harga produksi namun harga jual tetap tinggi, serta meningkatkan cita rasa. Pencampuran ini tidak disertai informasi yang jelas kepada masyarakat, sehingga masyarakat tidak mengetahui produk olahan tersebut mengandung babi. Padahal masyarakat Muslim diharamkan mengkonsumsi daging babi, beberapa golongan masyarakat juga mempunyai hipersensitivitas atau intoleran terhadap daging babi (Fibriana dkk., 2012).

Ada banyak penyakit yang disebabkan karena mengkonsumsi daging ini, contohnya penyakit cacing pita, salah satunya cacing *schistosoma japonicum* yang dapat menyebabkan kelumpuhan dan kematian, serta dapat menyebabkan *arteriosclerosis*, peningkatan tekanan darah, dan *angina pectoris* (Fitrilia dkk., 2017).

### **2.2.3 Kandungan Gas pada Daging Sapi dan Daging Sapi**

Pada penelitian (Rahmawati dan Setiawan 2017) menyatakan bahwa menggunakan sensor gas MQ-135 berfungsi untuk mengukur konsentrasi amonia ( $\text{NH}_3$ ) yang dihasilkan oleh daging sapi. Jadi pada penelitian ini disimpulkan bahwa kandungan gas yang dihasilkan pada daging sapi adalah amonia.

Daging babi, seperti daging lainnya tidak secara alami mengandung gas dalam kondisi segar. Namun, selama proses penyimpanan atau pengolahan aktivitas mikroorganisme dapat menghasilkan gas sebagai produk sampingan metabolisme. Gas-gas ini, seperti amonia ( $\text{NH}_3$ ) dan hidrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dapat mempengaruhi kualitas dan keamanan daging.

### **2.2.4 Perbedaan Karakteristik Daging Sapi dan Daging Babi**

Berikut adalah perbedaan karakteristik daging sapi dan daging babi yang harus kita pahami.

1. Perbedaan karakteristik daging sapi dan daging babi dapat diketahui dari warna daging. Untuk karakteristik daging babi, warna dagingnya cenderung lebih pucat dari pada daging sapi. Selain itu, jika dilihat secara detail, daging babi ini akan sangat mirip dengan daging ayam.
2. Perbedaan karakteristik daging sapi dan daging babi dapat dilihat dari serat dagingnya. Karakteristik daging sapi ini seratnya sangat terlihat jelas. Selain itu, seratnya juga terlihat sangat padat dan garis-garis pada dagingnya juga tampak sangat jelas. Sedangkan serat daging babi tidak sejelas dari pada daging sapi. Seratnya terlihat samar-samar dan rengang. Sehingga perbedaan antara keduanya, sangat jelas. Kita bisa melihat perbedaan seratnya hanya dengan membentangkan daging-daging tersebut.
3. Perbedaan karakteristik daging sapi dan daging babi dapat dilihat dari penampakan lemaknya. Setiap daging pasti memiliki kandungan lemak. Namun perbedaan kandungan lemaknya berbeda-beda antara satu daging

dengan daging lainnya. Jika dilihat dari kandungan lemaknya, karakteristik daging babi ini memiliki kandungan lemak yang berbentuk elastis, basah, dan susah untuk dilepaskan. Sedangkan pada daging sapi, kandungan lemaknya lebih kaku. Namun jika dilihat secara kasat mata, bentuk lemak daging babi dan lemak daging ayaam hamper sama.

4. Perbedaan karakteristik daging sapi dan daging babi dapat dilihat dari tekstur dagingnya. Tekstur daging sapi lebih kaku dan padat. Sedangkan tekstur pada daging babi lebih lembek dan elastis atau sangat mudah untuk diregangkan. Sehingga tekstur daging babi terasa sangat kenyal.
5. Perbedaan daging sapi dan daging babi dapat dilihat dari aroma dagingnya. Antara daging babi dan daging sapi ada perbedaan yang sangat jelas, yaitu pada aromanya dimana aroma dari daging sapi lebih anyir dari pada aroma pada daging babi.

Perbedaan karakteristik daging babi dan daging sapi jika dilihat secara detail, bisa kita lihat dari warnanya, seratnya, teksturnya, serta baunya. Maka dari itu, kita harus banyak-banyak mencari informasi tentang kedua jenis daging tersebut agar resiko mengalami kesalahan dalam membeli daging dapat terhindari (Aisah, 2018).

### **2.2.5 *Electronic Nose (E-Nose)***

*E-Nose* merupakan rangkaian dari sensor gas yang dapat menirukan cara kerja hidung manusia. Dengan adanya sistem ini, dapat membantu mengklasifikasikan bau yang tidak dapat tercium oleh hidung manusia dan meningkatkan akurasi pendeteksian terhadap bau-bauan yang ada. Cara kerja dari *e-nose* dalam mendeteksi bau adalah dengan memanfaatkan reseptor yang berbeda untuk mengklasifikasikan bau dan setiap reseptor memberikan hasil respon yang berbeda untuk jenis bau yang diuji (Putra dkk., 2016). *E-Nose* memiliki tiga komponen fungsional utama yang berporosi yaitu tempat sampel, susunan sensor (*sensor array*) dan sistem akuisisi data. Aroma sampel dialirkan ke ruang susunan sensor yang terdapat pada ruang sensor menggunakan sistem aliran udara. Sensor gas disusun menjadi susur gas sensor untuk merespon aroma (senyawa kimia) pada sampel yang akan menghasilkan sinyal analog kemudian ditangkap oleh ADC

(*Analog to Digital Converter*) sehingga dapat di tampilkan oleh komputer (Lintang dkk., 2016).

*E-nose* yang terdiri atas larik sensor gas kimia tak selektif berfungsi menangkap dan mentransformasikan aroma menjadi sinyal listrik atau respon sensor. Sinyal listrik yang dihasilkan ini merupakan senyawa berbentuk aroma tumpang tindih (*overlapping*) yang dikumpulkan oleh sejumlah sensor dengan sensitivitas berbeda. Kemudian, sinyal listrik berupa sensor ini membentuk pola tertentu untuk jenis aroma yang akan ditangkap. Adapun untuk mengidentifikasi atau mengklasifikasikan pola-pola tersebut tidak dapat dilakukan hanya dengan melihat pola-pola yang dihasilkan secara kuantitatif, namun diperlukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan pengenalan pola (Rahmani dkk., 2018). E-Nose terdiri dari larik sensor (*array sensor*) gas sebagai pengganti reseptor penciuman yang berfungsi untuk mendeteksi bau atau aroma. Aroma yang dideteksi oleh beberapa sensor gas ini kemudian akan membentuk suatu pola tertentu. Pola ini kemudian akan dikenali menggunakan sistem pengenalan pola. Saat ini, *e-nose* digunakan untuk aplikasi kontrol kualitas dalam industri makanan, minuman, kosmetik, bioteknologi, pengobatan, dan perlindungan lingkungan (Lintang dkk., 2016).

*E-nose* memiliki serangkaian sensor gas yang masing-masing bereaksi terhadap perubahan bau atau aroma. Aroma atau bau akan memberikan respon berupa perubahan resistansi dari masing-masing sensor gas. Ketika resistansi setiap sensor gas berubah, tegangannya pun berubah. Data yang diperoleh dari perubahan tegangan ini berupa data digital komputer. Selanjutnya, data tersebut akan diolah dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan (Rabersyah dkk., 2016). Saat ini, *e-nose* digunakan untuk aplikasi kontrol kualitas dalam industri makanan, minuman, kimia, bioteknologi, kesehatan, pertahanan, perlindungan lingkungan dan lain-lain. Di industri makanan, *e-nose* dapat digunakan untuk identifikasi aroma yang berguna dalam pemantauan proses produksi, seperti penelitian tentang klasifikasi jamur patogen yang menyerang pertanian buah stroberi, untuk mendeteksi kesegaran makanan seperti daging sapi, daging babi, dan tahu (Sari dkk., 2018).

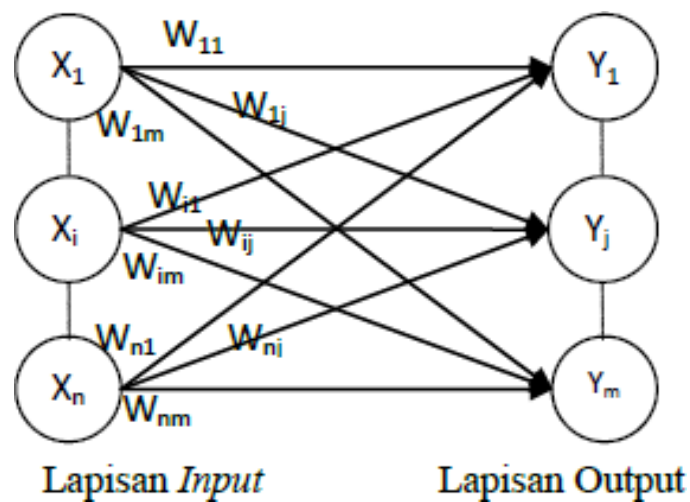
### 2.2.6 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Jaringan syaraf tiruan (JST) sesuai dengan namanya merupakan teknologi yang dapat menirukan jaringan syaraf biologis yang dimiliki manusia dengan menerima data masukan, memprosesnya dalam neuron, dan menerima data keluaran (Satria et al., 2020). JST juga disebut sebagai jaringan adaptif karena dapat mengubah strukturnya ketika menyelesaikan suatu masalah berdasarkan sumber data eksternal dan internal yang mengalir melalui jaringan (Taufik dan Sitio, 2018).

JST memiliki beberapa arsitektur yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Arsitektur JST tersebut, yaitu:

#### 1. Jaringan Saraf Tiruan Tunggal

JST tunggal adalah jaringan yang hanya memiliki satu buah lapisan yang memiliki bobot saling terhubung satu sama lain. Lapisan ini setelah memasukkan nilai bobot pada *input layer* langsung mengolah hasil nilai keluaran tanpa melalui *hidden layer* terlebih dahulu seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.

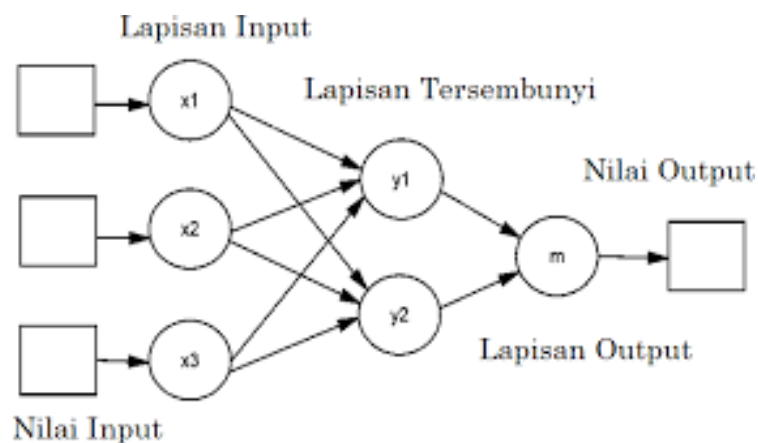


**Gambar 2. 3** Arsitektur JST Tunggal (Masrizal dan Hadiansa, 2017).

Pada **Gambar 2.3** diatas hanya terdiri 2 lapisan yaitu lapisan *input* dan lapisan *output*. Pada lapisan *input* memiliki 3 *neuron* yang disimbolkan dengan  $X_1$ ,  $X_i$ , dan  $X_n$  dan *output* disimbolkan dengan  $Y_1$ ,  $Y_j$ , dan  $Y_m$ . Neuron-neuron pada kedua lapisan saling terhubung secara langsung taanpa melalui *hidden layer*.

## 2. Jaringan Saraf Tiruan Jamak

JST jamak merupakan jaringan yang memiliki lapisan tambahan untuk menghubungkan yang lebih lapisan *input* dan lapisan *output* yang disebut dengan lapisan tersembunyi atau *hidden layer*. JST jamak ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan JST tunggal walaupun lebih rumit dan memerlukan waktu yan lebih lama seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2. 4** Arsitektur JST Jamak (Masrizal dan Hadiansa, 2017).

Secara umum JST dibagi menjadi dua bagian yaitu pelatihan dan pengujian. Selama pelatihan, konfigurasi jaringan dapat dilatih untuk mempelajari data historis yang tersedia. Dengan adanya pelatihan dilakukan, pengetahuan yang terdapat dalam data dapat diserap dan direpresentasikan oleh nilai bobot koneksi. Sedangkan pengujian merupakan proses pengujian ketepatan model yang diperoleh dari model proses pelatihan (Kurniawan, 2017).

Secara umum metode yang sering digunakan dalam membuat e-nose adalah JST. Pendekatannya adalah pengenalan pola, yaitu mempelajari pola atau contoh yang telah dicoba sebelumnya untuk dapat dikenal oleh sistem untuk mencapai hasil yang

diinginkan. Hasil studi literatur yang dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa penerapan JST dengan metode *backpropagation* bekerja dengan baik dalam pendeteksian dan identifikasi bau (Hasanati dan Meidelfi, 2020). Setiap model data *input* dan *output* yang di berikan ke JST diproses dalam *neuron*. *Neuron* di kumpulkan dalam lapisan yang disebut lapisan *neuron*. Lapisan-lapisan penyusun JST tersebut dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:

1. Lapisan masukan, unit dari lapisan input disebut unit masukan. Unit- unit input tersebut menerima pola data dari luar yang menjelaskan suatu permasalahan.
2. Lapisan tersembunyi, unit lapisan tersembunyi disebut unit tersembunyi. Dimana keluarannya tidak dapat diamati secara langsung.
3. Lapisan keluaran, unit- unit dari lapisan keluaran disebut unit keluaran. keluaran dari lapisan ini adalah solusi JST terhadap suatu permasalahan (Lesnussa dkk., 2017).

JST *backpropagation* pertama kali diperkenalkan oleh Rumelhart, Hinton serta William pada tahun 1986, kemudian dikembangkan oleh Rumelhart dan Mc Clelland pada tahun 1988. Algoritma ini termasuk dalam *supervised learning*, dimana metode ini dicirikan dengan meminimalkan kesalahan pada keluaran yang diterima oleh jaringan. Algoritma *backpropagation* dalam jaringan syaraf tiruan biasanya diterapkan pada jaringan berlapis banyak (*multilayer*). Algoritma ini memiliki setidaknya satu bagian masukan, bagian keluaran, dan beberapa lapisan antara masukan dan keluaran. Lapisan tengah ini dikenal sebagai lapisan tersembunyi bisa berupa satu lapisan, dua lapisan, tiga lapisan, dan seterusnya. Keluaran dari lapisan terakhir dari lapisan tersembunyi secara langsung digunakan sebagai keluaran dari jaringan saraf (Sakinah dkk., 2018).

Penentuan jumlah *neuron hidden layer* (m) pada JST ini yang mengacu pada teknik *Hidden Multi Layer Perceptrons* (HMLP). Metode ini memiliki 3 buah yaitu pendekatan sebagai berikut (Sundaram dan Karthigai, 2019).

1. Pendekatan 1

Jumlah total *neuron hidden layer* sama dengan jumlah keseluruhan *neuron input layer*. Pendekatan 1 dihitung berdasarkan **Persamaan (2.1)**.

$$N_h = N_i \quad (2.1)$$

2. Pendekatan 2

Jumlah total *neuron hidden layer* sama dengan jumlah total *neuron output layer*. Pendekatan 2 dihitung berdasarkan **Persamaan (2.2)**.

$$N_h = N_o \quad (2.2)$$

3. Pendekatan 3

Jumlah total *neuron hidden layer* sama dengan jumlah *neuron layer input* ditambah dengan *neuron output layer*. Pendekatan 3 dihitung berdasarkan **Persamaan (2.3)**.

$$N_h = N_i + N_o \quad (2.3)$$

Evaluasi kinerja JST dilakukan menggunakan *confusion matrix*. *Confusion matrix* merepresentasikan hasil prediksi dan kondisi sebenarnya dari data yang dihasilkan oleh JST, berdasarkan *confusion matrix* akan diketahui nilai *True Negative* (TN), *True Positive* (TP), *False Negative* (FN), *False Positive* (FP) sehingga dapat diperoleh nilai parameter-parameter yang menggambarkan kinerja JST. Berikut adalah parameter-parameter yang dapat digunakan untuk meningkatkan performa JST (Mazen dan Nashat, 2019).

1. Akurasi

Akurasi merupakan rasio prediksi benar (TN) dan (TP) terhadap total data. Akurasi dihitung menggunakan **Persamaan (2.4)**.

$$AC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2.4)$$

## 2. Sensitivitas

Sensitivitas merupakan rasio prediksi benar positif (TP) terhadap data benar positif (TP) dan salah negatif (FN). Sensitivitas dihitung menggunakan **Persamaan (2.5)**.

$$SN = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.5)$$

## 3. Spesifisitas

Spesifisitas merupakan rasio prediksi benar negatif (TN) terhadap data benar negatif (TN) dan salah positif (FP). Spesifisitas dihitung menggunakan **Persamaan (2.6)**.

$$SN = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2.6)$$

## 4. Presisi

Presisi merupakan rasio prediksi benar positif (TP) terhadap data benar positif (TP) dan salah positif (FP). Presisi dihitung menggunakan **Persamaan (2.7)**.

$$PR = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.7)$$

## 5. Prediksi Negatif

Prediksi negatif merupakan rasio prediksi benar negatif (TN) terhadap data benar negatif (TN) dan salah negatif (FN). Prediksi negatif dihitung menggunakan **Persamaan (2.8)**.

$$PN = \frac{TN}{TN+FN} \quad (2.8)$$

Hasil perhitungan kemudian dikoversi ke dalam bentuk persentase dengan mengalikan nilai yang diperoleh sebesar 100%

Keterangan:

AC = Akurasi

SN = Sensitivitas

SP = Spesifisitas

PR = Presisi

PN = Prediksi Negatif

TP (*True Positive*) = Jumlah prediksi yang benar dan jumlah nilai asli yang benar untuk setiap kelas yang diuji

TN (*True Negative*) = Jumlah prediksi yang bernilai salah dan jumlah nilai asli yang salah untuk setiap kelas yang diuji

FP (*False Positive*) = Jumlah prediksi yang bernilai benar dan jumlah nilai asli yang salah untuk setiap kelas yang diuji

FN (*False Negative*) = Jumlah prediksi yang bernilai salah dan jumlah nilai asli yang benar untuk setiap kelas yang diuji

JST memiliki sejumlah besar kelebihan dibandingkan dengan metode perhitungan yaitu, sebagai berikut.

1. Kemampuan mengakuisisi pengetahuan walaupun dalam kondisi ada gangguan dan ketidakpastian. Hal ini karena JST mampu melakukan generalisasi, abstraksi, dan ekstraksi terhadap sifat statistik dari data.
2. Kemampuan mempresentasikan pengetahuan secara fleksibel. JST dapat menciptakan sendiri representasi melalui pengaturan diri sendiri atau kemampuan belajar (*self organizing*).
3. Kemampuan untuk memberikan toleransi atau suatu distorsi (*error/fault*), dimana gangguan kecil pada data dapat dianggap hanya sebagai *noise*.
4. Kemampuan memproses pengetahuan secara efisien karena memakai sistem parallel, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengoperasikannya menjadi lebih singkat.

### 2.2.7 Metode *Backpropagation*

*Backpropagation* merupakan salah satu metode pelatihan JST, dimana metode tersebut ditandai dengan meminimalisir *error* pada *output* yang dihasilkan oleh jaringan. Propagasi mundur melatih jaringan untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan jaringan dalam mengenali pola yang digunakan selama pelatihan dan kemampuan jaringan untuk merespons dengan benar pola masukan yang serupa (tetapi tidak sama) dengan pola yang digunakan selama pelatihan (Purwanto, 2016).

*Backpropagation* merupakan salah satu metode pelatihan JST yang terawasi (*supervised learning*) yang terdiri atas 3 langkah utama, yaitu:

1. Data dimasukkan kedalam *input* jaringan (*feed forward*).
2. Perhitungan dan propagasi balik dari *error* yang ditemukan (*backpropagasi*).
3. Pembaruan bobot dan bias.

Secara umum *backpropagation* digunakan pada jaringan *multilayer* yang terdiri dari beberapa unit tersembunyi dan bertujuan untuk meminimalkan *error* pada *output* yang dihasilkan oleh jaringan. Semakin banyak jumlah layer dan unit tersembunyi yang digunakan menunjukkan semakin kompleks jaringan yang dibangun, semakin baik hasil prediksinya dan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk pelatihan (Andrian dan Putra, 2014).

Secara garis besar, *training* jaringan dengan dengan metode *backpropagation* meliputi tiga tahap:

a. Tahap maju (*feedforward*)

Tahap *feedforward* yang dimaksud adalah proses pengolahan *input* dari pola *input training* pada *input layer* sampai respon yang dihasilkan mencapai *output layer*.

b. Tahap perhitungan *error* propagasi balik (*backpropagation of error*)

Respon yang dihasilkan pada *output layer* akan dibandingkan dengan *output target*, kemudian dihitung erornya. Bila kriteria untuk kondisi berhenti (*stopping condition*) belum terpenuhi, maka dilanjutkan ke tahap ketiga (*adjustment of the*

*weights and biases*). Namun jika kondisi berhenti sudah terpenuhi, maka proses perhitungan berhenti.

c. Tahap pembaharuan bobot dan bias (*adjustment of the weights and biases*)

Kondisi ini terjadi jika *output* yang diharapkan tidak sesuai, maka jaringan akan bergerak mundur (*backward*) dari *output layer* menuju ke *input layer* dan akan melakukan *update* bobot dan bias serta mengulangi proses dari tahap 1 (Satria, 2018).

Metode ini bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara kemampuan jaringan dalam mengenali pola yang digunakan dalam proses pelatihan dan kemampuan jaringan dalam merespons dengan benar pola masukan yang berbeda dengan pola masukan pelatihan. Metode ini juga memiliki keunggulan kemampuan bersifat *adaptive* (kumpulan data dapat disesuaikan) dan *fault tolerance* (kesalahan error kecil) yang dapat menyelesaikan masalah dalam sistem (Wijaya, 2019).

### **2.2.8 Principal Component Analysis (PCA)**

PCA adalah metode tanpa pengawasan tradisional dan banyak digunakan untuk pengurangan dimensi linier suatu kumpulan data. Data berdimensi tinggi direpresentasikan dalam subruang baru berdimensi lebih rendah yang mencakup komponen utama varian terbesar dari variabel asli. PCA banyak digunakan di dalam aplikasi *e-nose* (Karakaya et al., 2020). Prosedur PCA pada dasarnya bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara mengurangi (mereduksi) dimensinya. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel bebas melalui transformasi variabel bebas semula ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali tanpa menghilangkan informasi penting yang ada di dalamnya atau yang biasa disebut dengan *principal component*. Dengan reduksi ini maka waktu komputasi dapat dikurangi dan kompleksitas dari citra wajah yang tidak perlu dapat dihilangkan. PCA menggunakan vektor-vektor yang disebut dengan *eigenvector* dan nilai-nilai yang disebut dengan *eigenvalue* untuk mendapatkan fitur yang paling signifikan pada dataset (Kustian, 2016).

Tujuan PCA adalah untuk menjelaskan bagian dari variasi dalam kumpulan variabel yang diamati atas dasar beberapa dimensi. Dari variabel yang banyak dirubah menjadi sedikit variabel. Tujuan khusus PCA yaitu untuk meringkas pola korelasi antar variabel yang diobservasi, mereduksi sejumlah besar variabel menjadi sejumlah kecil faktor, memberikan sebuah definisi operasional (sebuah persamaan regresi) dimensi pokok penggunaan variabel yang diobservasi serta menguji teori yang mendasarinya (Maslakhah dkk., 2018).

Manfaat utama PCA adalah efisiensi dalam pengamatan visual citra, serta efisiensi proses klasifikasi multispektral (mengurangi jumlah saluran masukan, tanpa mengurangi kandungan informasi). PCA menghitung variabel baru yang disebut principal components yang merupakan hasil kombinasi linier dari variabel asli. Hasil dari komponen pertama memiliki variansi yang lebih banyak (Muna dkk., 2020).

Prosedur PCA pada dasarnya adalah bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara mereduksi dimensinya. Hal ini dilakukan dengan cara menghilangkan korelasi diantara variabel prediktor melalui transformasi variabel prediktor asal ke variabel baru yang tidak berkorelasi sama sekali (Mayapada dkk., 2019). Setelah beberapa komponen hasil PCA yang bebas multikolinearitas diperoleh, maka komponen-komponen tersebut menjadi variabel bebas baru yang akan diregresikan atau dianalisis pengaruhnya terhadap variabel tak bebas dengan menggunakan analisis regresi. Keunggulan metode PCA diantaranya adalah dapat menghilangkan korelasi secara bersih tanpa harus mengurangi jumlah variabel asal (Ifadah, 2011).

### **2.2.9 Software *Matrix Laboratory* (Matlab)**

Matlab adalah program perhitungan analisis numerik yang dikembangkan berdasarkan pemikiran yang memanfaatkan sifat dan bentuk matriks. Matlab juga merupakan bahasa pemrograman matematika tingkat lanjut. Program ini, awalnya merupakan *interface* untuk kumpulan rutinitas numerik dari proyek LINPACK dan EISPACK yang dikembangkan menggunakan FORTRAN namun sekarang

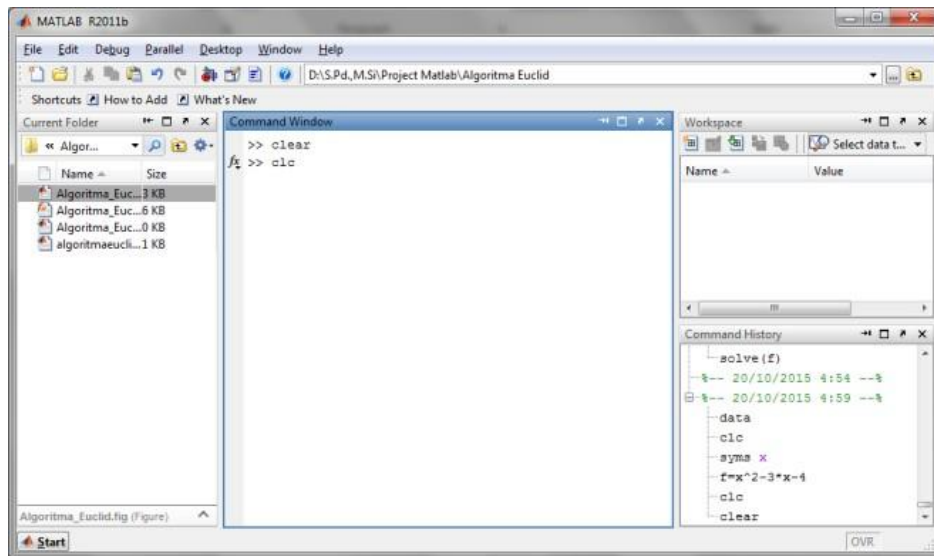
merupakan produk komersial dari perusahaan *Mathworks, Inc.* yang dalam perkembangan selanjutnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan *assembler* (utamanya untuk fungsi-fungsi dasar matlab) .

Matlab telah berkembang menjadi sebuah *environment* pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi *built-in* untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linear, dan kalkulasi matematis lainnya. Matlab juga berisi *toolbox* yang berisi fungsi-fungsi tambahan untuk aplikasi khusus. Matlab bersifat *extensible*, dalam arti bahwa seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan pada *library* ketika fungsi-fungsi *built-in* yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu. Kemampuan pemrograman yang dibutuhkan tidak terlalu sulit bila telah memiliki pengalaman dalam pemrograman bahasa lain seperti C++, PASCAL atau FORTRAN. Matlab hanya memiliki dua jenis tipe data yaitu *numeric* dan *string*. Dalam matlab setiap variabel akan disimpan dalam bentuk matrik. User dapat langsung menuliskan variabel baru tanpa harus mendeklarsikannya terlebih dahulu pada *command window* (Cahyono, 2013).

Matlab mempunyai 5 komponen utama, yaitu.

1. *Toolbar* berisi berbagai *tool control* untuk matlab.
2. *Current Folder* sebagai tempat *folder* atau *file* yang sudah tersimpan dan terhubung dengan matlab.
3. *Command Windows* sebagai lembar kerja utama di matlab untuk tempat pengguna membangun scribs biasa langsung eksekusi .
4. *Workspace* sebagai tempat ruang kerja tempat menyimpan berkas atau variabel yang sedang digunakan di *Command Windows*.

5. *Command History* sebagai tempat untuk menyimpan semua aktivitas yang ada di *Command Windows*.



**Gambar 2. 5** Tampilan Command Windows (Syaharuddin dan Mandailina, 2017).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2025 sampai dengan bulan Mei 2025. Kegiatan penelitian ini terdiri atas studi literatur, pengumpulan sampel, pengambilan data latih, pengenalan pola data latih, pengelompokan pola data latih, pemrograman JST, pelatihan JST, pengambilan data uji, analisis hasil data dan penulisan laporan.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

##### 3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1**

**Tabel 3. 1** Alat penelitian.

No	Alat	Fungsi
1	<i>Electronic Nose</i>	Mendeteksi sampel yang akan digunakan dengan menggunakan sensor MQ-2, MQ-7, MQ-9, MQ-135
2	Laptop	Mengakuisisi data dan pengelolaan sinyal input dari Node MCU ESP32 untuk mendapatkan data yang dibutuhkan
3	<i>Software Matlab</i>	Komputasi data mengolah dan menganalisis karakteristik kandungan gas dari bakso dan merancang JST untuk mengidentifikasi kandungan bakso.
4	Timbangan <i>Digital</i>	Menimbang sampel

### 3.2.2 Bahan Penelitian

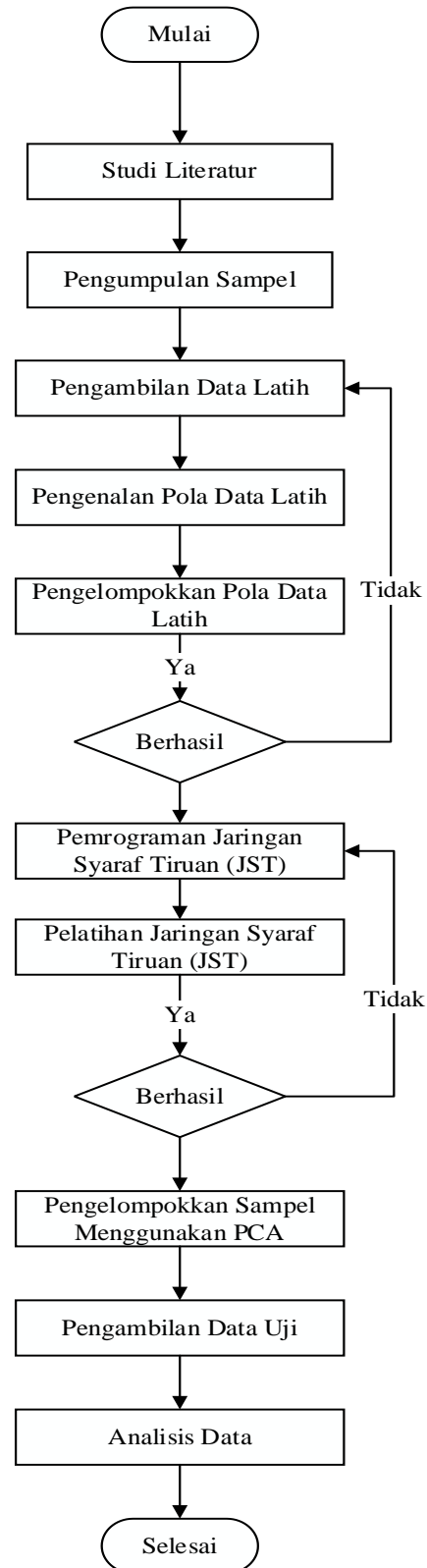
Bahan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3. 2** Bahan Penelitian.

No	Bahan	Kegunaan
1.	<i>Chamber</i>	Sebagai ruang untuk sensor menganalisis gas yang akan dimasukkan
2.	Sensor MQ-2	Untuk mendeteksi gas hidrogen
3.	Sensor MQ-7	Untuk mendeteksi gas karbon monoksida
4.	Sensor MQ-9	Untuk mendeteksi gas metana
5.	Sensor MQ-135	Untuk mendeteksi amonia
6.	Selang kecil	Untuk mengalirkan gas keluar dari <i>chamber</i> saat proses analisis
7.	Pompa	Membuang gas yang ada di <i>chamber</i> setelah selesai melakukan analisis
8.	250 gram daging sapi	Sebagai bahan pokok pembuatan bakso sapi
9.	250 gram daging babi	Sebagai bahan pokok pembuatan bakso sapi
10.	Tepung terigu	Sebagai bahan campuran bakso
11.	Tepung sagu	Sebagai bahan campuran bakso
12.	Telur ayam dan bumbu secukupnya	Sebagai bahan campuran bakso

### 3.3 Prosedur Penelitian

Secara umum, prosedur yang dilakukan pada penelitian ini diperlihatkan dalam diagram alir penelitian pada **Gambar 3. 1**



**Gambar 3. 1** Diagram alir.

### 3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui konsep-konsep dasar yang menunjang penelitian ini. Literatur yang dikaji pada penelitian ini berkaitan dengan perancangan JST, pengelompokan sampel menggunakan PCA dan analisis data.

### 3.3.2 Pembuatan Sampel

Pada tahap ini, dilakukan pembuatan sampel yang akan digunakan pada penelitian ini berupa bakso. Bakso yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 3 sampel yaitu bakso dengan sampel daging sapi, daging babi dan campuran antara keduanya. Sampel ini menggunakan takaran yang sama yaitu 100 gram untuk bakso sapi dan bakso babi, sedangkan pada bakso campuran menggunakan campuran daging babi 30%, campuran daging babi 50% dan campuran daging babi 70%.

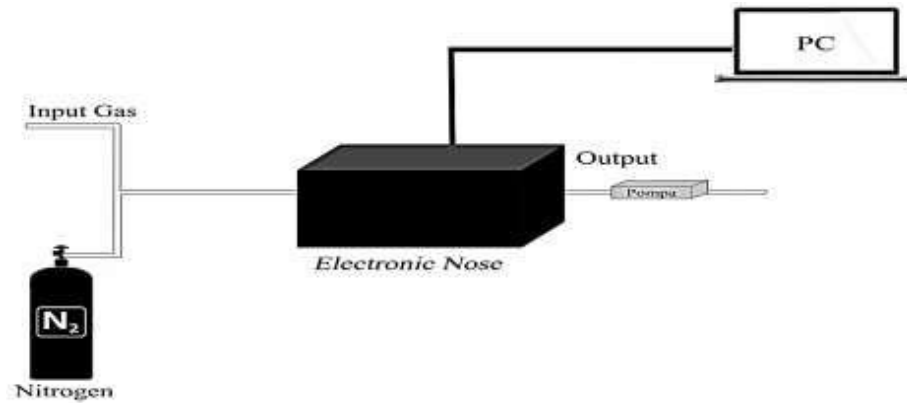
### 3.3.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan gas bakso pada sensor gas yang digunakan. dalam hal ini sistem *e-nose* yang digunakan sebelumnya dirancang oleh (Kusmita *et al*, 2023). Terdapat 4 jenis sensor gas yang digunakan, setiap sensor memiliki gas yang berdeda-beda untuk dideteksi. **Tabel 3.3** menunjukkan sensor yang digunakan.

**Tabel 3. 3** Jenis sensor gas beserta fungsi yang digunakan.

No	Jenis Sensor	Gas yang dideteksi
1.	Sensor MQ-2	Mendeteksi gas hydrogen
2.	Sensor MQ-7	Mendeteksi gas karbon monoksida
3.	Sensor MQ-9	Mendeteksi gas metana
4.	Sensor MQ-135	Mendeteksi gas ammonia

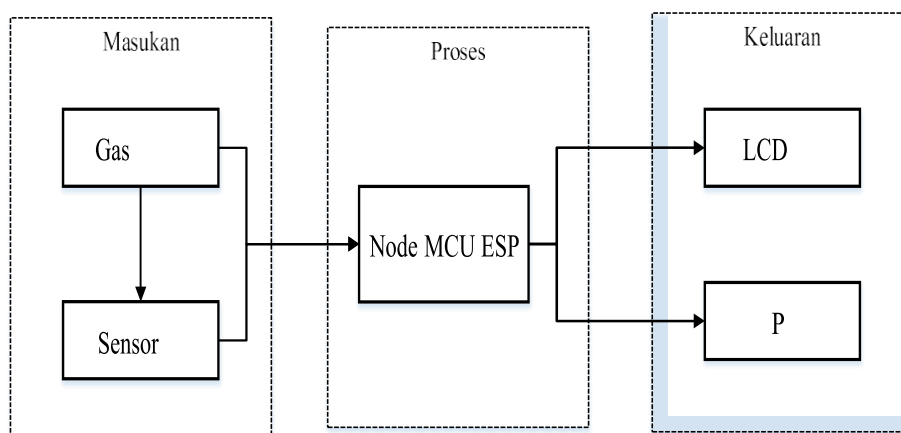
Berikut ini merupakan skema rancangan pengambilan data menggunakan *e-nose* yang akan digunakan untuk mendeteksi bakso yang diperlihatkan pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3. 2** Skema rancangan pengambilan data menggunakan e-nose.

*E-nose* dihubungkan dengan PC untuk mengolah keluaran sensor gas yang diterima menggunakan kabel USB yang terhubung langsung dengan arduino yang terdapat pada *e-nose*. Terdapat dua lubang pada *e-nose* dengan fungsi masing-masing lubang yaitu, untuk memasukkan gas sampel yang akan dianalisis, memasukkan gas nitrogen untuk membersihkan *chamber*, dan untuk mengeluarkan gas yang ada di dalam *chamber* yang terdapat pada *e-nose*. Selanjutnya pada lubang untuk mengeluarkan gas dipasang pompa yang berfungsi menarik gas keluar *chamber* yang dikendalikan oleh NodeMCU ESP32. NodeMCU ESP32 diletakan diluar *chamber* dan dihubungkan ke PC untuk mengolah keluaran sensor gas yang diterima.

Sedangkan diagram blok sistem *e-nose* yang akan digunakan untuk pengambilan data yang diperlihatkan pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3. 3** Diagram blok sistem e-nose.

Gas masukan berupa gas dari masing-masing bakso dengan massa 50 gram yang akan dideteksi oleh *e-nose*. Sensor gas yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah MQ-2, MQ-7, MQ-9, dan MQ-135. Perubahan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor diterima oleh NodeMCU ESP 32 dan diubah menjadi data berbentuk *array*. *Array* data yang diterima oleh arduino dikirim ke PC untuk dianalisis menggunakan JST pada *software* Matlab R2016a. NodeMCU ESP32 berfungsi mengendalikan pompa yang akan membuang gas masukkan setelah proses analisis selesai. Setelah proses analisis selesai, alat akan menampilkan hasil nilai ADC untuk masing-masing sensor pada LCD.

Pengujian sensor menggunakan gas sampel ditunjukkan pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3. 4** Data pengujian gas sensor.

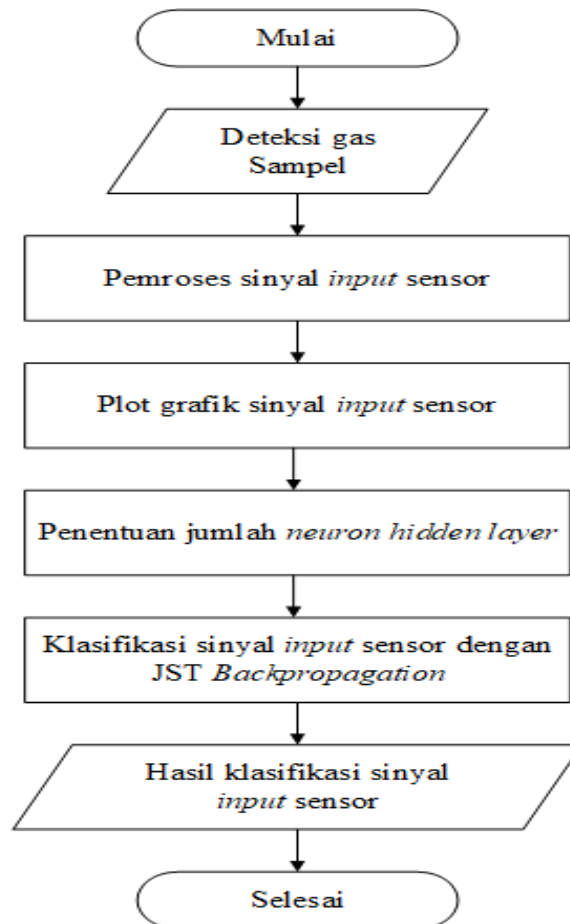
No	Nama Sampel	Uji ke	Sensor (mV)			
			MQ-2	MQ-7	MQ-9	MQ-135
1	Bakso Sapi	1				
		2				
		3				
		...				
		15				
2	Bakso Babi	1				
		2				
		3				
		...				
		15				
3	Bakso Campuran (Bakso Sapi & Bakso Babi)	1				
		2				
		3				
		...				
		15				

Tahap pengenalan pola data latih sensor dilakukan dengan cara memplot grafik dari data latih berdasarkan kepekaan masing masing sensor terhadap gas yang dideteksi.

Tahap pengelompokkan pola data latih sensor dilakukan dengan cara mengamati apakah sensor dapat membedakan gas masing-masing sampel dari data latih yang diperoleh dari **Tabel 3.4** dan mampu menelompokkan sesuai dengan jenisnya menggunakan *microsoft excel*.

### 3.3.4 Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Tahap perancangan JST dilakukan dengan membuat JST menggunakan *software* Matlab R2013a dan metode *backpropagation*. JST ini akan digunakan untuk mengidentifikasi aroma gas yang dihasilkan formalin yaitu metana dan amonia. Metode ini terdiri dari dua tahap, yaitu *feedforward* dan tahap *back propagation error* yang disajikan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.

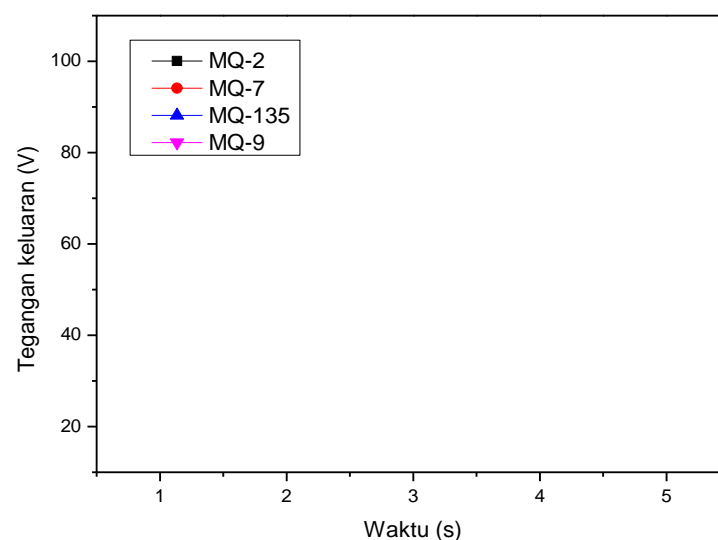


**Gambar 3. 4** Diagram Alir Perancang JST.

**Gambar 3.4** menunjukkan proses perancangan JST pada penelitian yang dimulai dengan tahap pendeteksian gas sampel. Tahap pendeteksian gas sampel merupakan tahap pendeteksian oleh *array* sensor untuk mendeteksi gas metana dan amonia yang dimasukkan ke dalam *chamber*. Kemudian data hasil pengujian bakso tersebut dianalisis menggunakan *JST backpropagation*. Sinyal-sinyal yang didapatkan dalam sensor diproses kedalam NodeMCU ESP32 dan dikirimkan ke PC menggunakan komunikasi serial.

Tahap pemrosesan sinyal masukan sensor *array* merupakan proses konversi sinyal-sinyal analog yang dikirim oleh sensor *array* ke NodeMCU ESP32 ke dalam bentuk data-data digital. Konversi analog ke digital menggunakan ADC pada NodeMCU ESP 32. Hal ini dilakukan karena sinyal-sinyal yang dikirim oleh sensor masih berbentuk sinyal analog.

Tahap plot grafik sinyal masukan sensor *array*. *Plotting* dilakukan secara *real time* sehingga proses pengambilan data dapat langsung diamati. Untuk menampilkan grafik secara *real time* digunakan *Software Matlab Graphical user interface (GUI)* sebagai *interface*. Adapun grafik sensor respon *array* ditunjukkan pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3. 5** Grafik respon sensor array.

Tahap klasifikasi sinyal masukan sensor *array* dengan JST *Backpropagation* merupakan proses pengklasifikasian sinyal sensor yang didapatkan. Proses ini juga dilakukan untuk melatih JST agar dapat mengenali bakso sapi, bakso babi, dan bakso campuran daging babi 30%, 50 %, dan 70%.. JST yang digunakan pada penelitian ini menggunakan empat *node input* pada lapisan masukan dan dua *node output* pada lapisan keluaran, hal ini sesuai dengan jumlah masukan dari sensor yang digunakan untuk membaca empat parameter. Pada lapisan tersembunyi, fungsi aktivasi yang digunakan pada model JST ini adalah *sigmoid*, sedangkan pada lapisan keluaran fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi Relu. Pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*), jumlah *node* yang digunakan ditentukan berdasarkan pendekatan yang tertera pada **Persamaan 2.1** sampai **Persamaan 2.3**. Dengan menggunakan nilai  $N_i = 4$  dan  $N_o = 3$ , jumlah *neuron* pada lapisan tersembunyi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

**Tabel 3. 5** Jumlah node pada lapisan tersembunyi.

Model	Jumlah <i>node</i> pada lapisan tersembunyi
JST -1	$N_h = N_i = 4$
JST -2	$N_h = N_o = 5$
JST-3	$N_h = n + N_o = 9$

Berdasarkan **Tabel 3.4** terdapat tiga model JST yang digunakan pada penelitian ini. Masing-masing model JST memiliki jumlah *node* pada lapisan tersembunyi yang berbeda. Kinerja masing-masing JST yang digunakan pada penelitian ini akan dihitung berdasarkan nilai pada **Persamaan (2.4)** sampai **Persamaan (2.8)**. Kinerja ketiga model JST kemudian dibandingkan untuk menentukan model JST mana yang paling baik tingkat kinerjanya.

Tahap hasil klasifikasi sinyal masukan sensor *array* akan menampilkan hasil dari proses klasifikasi sinyal masukan sensor *array*. Hasil yang ditampilkan adalah apakah gas yang dianalisis diklasifikasikan sebagai gas dari bakso.

### 3.3.5 Pengujian dan Analisis Sistem *E-Nose*

Pengujian sistem *e-nose* ini dilakukan untuk mengenali profil gas dengan baik menggunakan JST. Pengujian dari sistem JST, yaitu dengan memberikan gas yang

terkandung dalam bakso dengan berbagai variasi sample. Berikut ini merupakan tabel data hasil pengujian data latih sistem *e-nose* yang ditunjukkan pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3. 6** Data latih sistem e-nose.

Pesentase Daging		Sampel	Dikenali Sebagai		
Sapi	Babi	Uji Ke	Bakso Sapi	Bakso Babi	Bakso Campuran
100%	0%	1			
		2			
		...			
		15			
70%	30%	1			
		2			
		...			
		15			
50%	50%	1			
		2			
		....			
		15			
30%	70%	1			
		2			
		...			
		15			
0%	100%	1			
		2			
		...			
		15			

Setelah melakukan pengujian data latih *e-nose* dilakukan pengujian data uji *e-nose* yang ditunjukkan pada **Tabel 3.7**.

**Tabel 3. 7** Data uji sistem e-nose.

Pesentase Daging		Sampel	Dikenali Sebagai		
Sapi	Babi	Uji Ke	Bakso Sapi	Bakso Babi	Bakso Campuran
100%	0%	1			
		2			
		...			
		10			
70%	30%	1			
		2			
		...			
		10			
50%	50%	1			
		2			
		....			
		10			
30%	70%	1			
		2			
		...			
		10			
0%	100%	1			
		2			
		...			
		10			

Pengujian JST dilakukan dengan menganalisis data uji berdasarkan nilai bobot hidden layer ( $v$ ) dan bobot output layer ( $w$ ) dari pelatihan JST pada GUI. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap model JST yang telah dibuat dengan cara melakukan pengujian terhadap data yang berbeda dari data yang digunakan pada proses pelatihan JST. Analisis dilakukan dengan membentuk *confusioon matrix* yang berupa nilai bebentuk *matrix* untuk mencari nilai akurasi, sensitivitas,

spesifikasi, presisi, dan nilai prediksi negatif dari setiap model JST yang diperoleh dari hasil pelatihan. Hasil perhitungan data *binary confusion matrix* untuk sampel kandungan gas formulin pada konsentrasi ditunjukkan pada **Tabel 3.8**.

**Tabel 3. 8** Rancangan Tabel binary confusion matrix.

Sampe Hasil Identifikasi			
Sampel	Sapi	Bukan Sapi	Keterangan
Sapi	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Sapi	FP =	TN =	Spesifitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
Sampel	Babi	Bukan Babi	Keterangan
Babi	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Babi	FP =	TN =	Spesifitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
Sampel	Campuran 30%	Campuran 30%	Keterangan
Campuran 30%	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Campuran 30%	FP =	TN =	Spesifitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
Sampel	Campuran 50%	Campuran 50%	Keterangan
Campuran 50%	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Campuran 50%	FP =	TN =	Spesifitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
Sampel	Campuran 50%	Campuran 50%	Keterangan
Campuran 70%	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Campuran 70%	FP =	TN =	Spesifitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan diperoleh beberapa simpulan sebagai berikut.

1. Sistem *electronic nose* dengan sensor MQ-135, MQ-9, MQ-2, dan MQ-7 mampu mendeteksi serta membedakan karakteristik aroma dari setiap jenis bakso berdasarkan respons sinyal yang dihasilkan sensor.
2. Nilai persentase variasi yang diperoleh dari penelitian PCA1 sebesar 53,07% sedangkan PCA2 bernilai sebesar 18,69%. Sehingga total penjumlahan PCA1 dan PCA2 menjelaskan 71,77% informasi pada data sampel bakso yaitu : bakso sapi, bakso babi, bakso campuran 30%, bakso campuran 50%, dan bakso campuran 70%.
3. Berdasarkan hasil pengujian atau pelatihan, arsitektur JST dengan *hidden layer* 9 memberikan performa terbaik dibandingkan *hidden layer* 4 dan 5. Model ini menghasilkan nilai presisi sebesar 76,13%, sensitivitas sebesar 74,85%, dan akurasi sebesar 90,40%, sehingga mampu memberikan hasil klasifikasi yang paling optimal.

### 5.2 Saran

Saran dari peneliti yang dapat dilakukan untuk pengembangan riset selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem e-nose yang lebih *portable* agar alat yang digunakan lebih maksimal.

2. Pengembangan metode klasifikasi lain, seperti *Support Vector Machine* (SVM) atau *Deep Learning*, dapat dilakukan untuk membandingkan performa dengan metode JST *backpropagation*.

3. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan kombinasi sensor gas tambahan untuk meningkatkan sensitivitas spesifik terhadap senyawa volatile tertentu pada daging sapi dan daging babi.
4. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan variasi arsitektur JST yang lebih beragam agar diperoleh model klasifikasi yang lebih optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aisah, S. A. (2018). Identifikasi Perbedaan Daging Sapi Dengan Daging Babi Berdasarkan Ciri Warna dan Tekstur Menggunakan Metode Support Vector Machine (SVM). *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Andrian, Y., & Putra, P. H. (2014). Analisis Penambahan Momentum Pada Proses Prediksi Curah Hujan Kota Medan Menggunakan Metode Backpropagation Neural Network. *Seminar Nasional Informatika*, 165–172.
- Anggara, E. F., Widodo, T. W., & Lelono, D. (2017). Deteksi Daging Sapi Menggunakan Electronic Nose Berbasis Bidirectional Associative Memory. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 7(2),
- Cahyono, B. (2013). Penggunaan Software Matrix Laboratory (MATLAB) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Jurnal Phenomenon*, 1(1), 45–62.
- Fendy, N. 2016. *Deteksi Cemaran Daging Babi pada Bakso Sapi di Kota Malang dengan Metode PCR-RFLP*. *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Fibriana, F., Widiyanti, T., Retnoningsih, A., & Susanti. (2012). Deteksi Daging Babi Pada Produk Bakso di Pusat Salatiga Menggunakan Teknik Polymerase Chain Reaction. *Journal Biosantifika*, 4(2).
- Fitrilia B, Deswinar D, & Raihana, N. (2017). Deteksi Kandungan Gen Sitokrom B (Cyt b) Babi Pada Bakso Yang Beredar Di Kota Jambi Menggunakan Teknik Polymerase Chain Reaction. *Scientia Journal*, 6(01), 21–25.
- Hendriyawan, M. S., & Aries, B. (2021). Implementation of artificial neural network on smart electronic nose for pork meat detection. *Telematika: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 18(3), 282–296.
- Hakim, Abdul, Roihatul Muti'ah, Risma Aprinda, Arief Suryadinata dan Fitrotun Nasikhatul Maslakhah. 2018. Metabolite Profiling Bagian Akar, Batang, Daun, Dan Biji Helianthus annuus L. Menggunakan UPLC-MS. *64 Media Pharmaceutica Indonesiana*, 2(2), 72.
- Hasanati, Z., & Meidelfi, D. (2020). Kajian Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Metode Backpropagation untuk Deteksi Bau. *Journal of Applied Computer Science and Technology (JACOST)*, 1(2), 90–95.

- Ifadah, A. (2011). Analisis Metode Principal Component Analysis (Komponen Utama) dan Regresi Ridge Dalam Mengatasi Dampak Multikolinearitas Dalam Analisis Regresi Linear Berganda. In *Skripsi*. Universitas Negeri Semarang.
- Karakaya, D., Ulucan, O., & Turkan, M. (2020). Electronic Nose and Its Applications: A Survey. *International Journal of Automation and Computing*, 17(2), 179–209.
- Kurniawan, A. (2017). Verifikasi Suara menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Ekstraksi Ciri Mel Frequency Cepstral Coefficient. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 7(1), 32.
- Kustian, N. (2016). Prinsipal Component Analysis Untuk Sistem Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Metode Eigenface. *Jurnal String*, 1(2), 193–202.
- Lesnussa, Y. A., Sinay, L. J., & Idah, M. R. (2017). Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation untuk Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD) di Kota Ambon. *Jurnal Matematika Integratif*, 13(2), 63.
- Lintang, C. A., Widodo, T. W., & Lelono, D. (2016). Rancang Bangun Electronic Nose untuk Mendeteksi Tingkat Kebusukan Ikan Air Tawar. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*, 6(2), 129–140.
- Maslakhah, F.N., Mutiah, R., Hakim, A., Aprinda, R., dan Suryadinata, A. 2019. Metabolite Profiling Bagian Akar, Batang, Daun, dan Biji *Helianthus annuus* L. Menggunakan Instrumen UPLC-MS. *Media Pharmaceutica Indonesiana*, 2(2): 64–81.
- Masrizal, & Hadiansa, A. (2017). Prediksi Jumlah Lulusan Mahasiswa STMIK Dumai Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Jurnal Informatika, Manajemen dan Komputer*, 9(2), 9–14.
- Muna, Nailatul, Yudo Prasetyo dan Bandi Sasmito. 2020. Analisis Perbandingan Metode PCA (Principal Component Analysis) dan Indeks Mineral Lempung untuk Pemodelan Sebaran Kandungan Bahan Organik Tanah Menggunakan Citra Satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(1), 325–334.
- Mayapada, Retno, Georgina M. Tinungki dan Nurtiti Sunusi. 2019. Penerapan Sparse Principal Component Analysis dalam Menghasilkan Matriks Loading yang Sparse. *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi*, 15(2), 44.
- Mazen, F. M. A., dan Nashat, A. A. (2019). Ripeness Classification of Bananas Using an Artificial Neural Network. *Arabian Journal For Science and Engineering*, 44, 6901–6910.
- Ong, S., Zuraini, M. I., Cheach, Y. ., Tunung, R., Chai, L. ., Haryani, Y., Ghazali, F. ., & Son, R. (2007). Meat Molecular Detection: Sensitivity of Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism in Species Differentiation of Meat From Animal Origin. *ASEAN Food Journal*, 14(1), 51–58.

- Purwanto, S. D. (2016). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Sebagai Estimasi Laju Tingkat Pengangguran Terbuka Pada Provinsi Jawa Timur. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia*, 4(9), 6–7.
- Putra, O. A., Firdaus, & Heryansyah, M. H. (2016). Identifikasi Aroma Teh dengan E-nose Menggunakan Metode Backpropagation. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 34(1), 1–8.
- Rabersyah, D., Firdaus, & Derisma. (2016). Identifikasi Jenis Bubuk Kopi Menggunakan Electronic Nose Dengan Metode Pembelajaran Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(3).
- Rahmani, I. N., Lelono, D., & Triyana, K. (2018). Klasifikasi Kakao Berbasis e-nose dengan Metode Neuro Fuzzy. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*, 8(1), 49–60.
- Rahmawati, A. N., & Setiawan, E. 2017. Sistem Klasifikasi Kualitas Daging Sapi Berdasarkan Warna dan Gas Amonia Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JPTIIK)*, 1(1): 1–9.
- Rosyad, F., & Lenono, D. (2016). Klasifikasi Kemurnian Daging Sapi Berbasis Electronic Nose dengan Metode Principal Component Analysis. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*, 6(1), 47.
- Sakinah, N. P., Cholissodin, I., & Widodo, A. W. (2018). Prediksi Jumlah Permintaan Koran Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK)*, 2(7), 2612–2618.
- Sarah, D. 2015. Analisis Nilai Tambah dan Bauran Pemasaran Produk Olahan Daging Sapi dan Daging Ayam pada CV Fifafood dan Meat Supply. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Sari, G. Y., Wildian, & Firmawati, N. (2018). Rancang Bangun Sistem Electronic Nose (E-Nose) Untuk Deteksi Sampel Kanker Payudara Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Ilmu Fisika*, 10(1), 1–10.
- Satria, Budy. 2018. Prediksi Volume Penggunaan Air PDAM Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 2 (3), 674–684.
- Satria, W. A., Fitri, I., & Ningsih, S. (2020). Prediction of Customer Churn in the Banking Industry Using Artificial Neural Networks. *Jurnal Mantik*, 4(1), 936–943.
- Shi, H., Zhang, M., & Adhikari, B. 2018. Advances of Electronic Nose and Its Application in Fresh Foods: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(16): 2700–2710.

- Sundaram, K. M., & Karthigai, S. 2019. Determining hidden neurons with variant experiments in multilayer perceptron using machine learning neural network. *International Journal of Technology and Exploring Engineering*, Vol. 8, pp. 2278-3075
- Syharuddin, & Mandailina, V. (2017). Pengembangan Modul Pemrograman Komputer Berbasis Matlab. *Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika*, 1(1), 1–4.
- Taufik, I., & Sitio, A. S. (2018). Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Pengelompokan Minat Kompetensi Mahasiswa STMIK Pelita Nusantara Medan. *Jurnal Mantik Penusa*, 2(2), 80–83.
- Wijaya, A. H. (2019). Artificial Neural Network untuk Memprediksi Beban Listrik dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal CoreIT*, 5(2), 61–70.
- Zilhada, Adhiyanto, C., Fajrin, A. G., & Khairunnisa, N. 2020. Analisis Cemarkan Daging Babi pada Bakso Sapi yang Dijual di Tanjung Priok Menggunakan Real-Time Polymerase Chain Reaction (RT-PCR). *Jurnal Farmasi dan Sains*, 5(2): 120–128.