

**DETEKSI REMPAH-REMPAH MENGGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE*
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)
DENGAN METODE *BACKPROPAGATION***

(Skripsi)

Oleh

LARASATI HANDAYANI



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

DETEKSI REMPAH-REMPAH MENGGUNAKAN ELECTRONIC NOSE BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST) DENGAN METODE BACKPROPAGATION

Oleh

Larasati Handayani

Rempah-rempah adalah bagian tumbuhan yang berasal dari batang, daun, kulit batang, umbi, rimpang, akar, biji, bunga, atau bagian tubuh tumbuhan lainnya. Rempah-rempah memiliki banyak ragam yang bentuknya mirip. Rempah-rempah dapat dikenali dari tampilan, rasa, bahkan sifat aromanya. Salah satu teknik mengenali aroma rempah-rempah adalah indera penciuman dengan menggunakan hidung. Namun tidak semua orang memiliki indra penciuman yang baik. Ada orang yang tidak bisa mencium sama sekali (*anosmia*) dan ada yang terlalu banyak mencium (*hyperosmia*). Akibat beberapa gangguan indra penciuman, sehingga perlu untuk melakukan penelitian mengenai deteksi rempah-rempah menggunakan *electronic nose* untuk membedakan beberapa rempah-rempah. Penelitian ini menggunakan rempah-rempah yaitu jahe, kencur, kunyit dan lengkuas. Tahap penelitian meliputi pengambilan data, pelatihan jaringan syaraf tiruan, pengujian jaringan syaraf tiruan dan analisis jaringan syaraf tiruan. Sistem *e-nose* menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode *back propagation* mampu mendeteksi jahe, kencur, kunyit dan lengkuas. Arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan jumlah neuron *hidden layer* 9 merupakan jaringan syaraf tiruan dengan akurasi terbaik yang dihasilkan dari proses pelatihan. Arsitektur jaringan syaraf tiruan tersebut mampu mengidentifikasi data sampel rempah-rempah sebesar 98,75% dengan nilai standar deviasi sebesar 0,388718 dan nilai ketidakpastian relatifnya sebesar 13,2%.

Kata kunci : *Backpropagation*, *e-nose*, jaringan syaraf tiruan, *neuron hidden layer*, rempah-rempah

ABSTRACT

DETECTION OF SPICES USING ELECTRONIC NOSE BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) WITH BACKPROPAGATION METHOD

By

Larasati Handayani

Spices are plant parts derived from stems, leaves, bark, tubers, rhizomes, roots, seeds, flowers, or other plant body parts. Spices have many varieties that look similar. Spices can be recognized by their appearance, taste, and even scent. One technique to recognize the scent of spices is the sense of smell by using the nose. But not everyone has a good sense of smell. Some people can't smell at all (anosmia) and some people smell too much (hyperosmia). Due to some disturbances in the sense of smell, it is necessary to conduct research on spice detection using an electronic nose to distinguish some spices. This research uses spices, namely ginger, kaempferia galanga, turmeric and galangal. The research phase includes data collection, training of artificial neural networks, testing of artificial neural networks and analysis of artificial neural networks. The e-nose system using an artificial neural network with back propagation method is able to detect ginger, kaempferia galanga, turmeric and galangal. The artificial neural network architecture with the number of hidden layer 9 neurons is an artificial neural network with the best accuracy resulting from the training process. The artificial neural network architecture is able to identify spice sample data of 98.75% with a standard deviation value of 0.388718 and a relative uncertainty value of 13.2%.

keyword : Backpropagation, e-nose, artificial neural network, neuron hidden layer, spices

**DETEKSI REMPAH-REMPAH MENGGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE*
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN (JST)
DENGAN METODE *BACKPROPAGATION***

Oleh

LARASATI HANDAYANI

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
BANDAR LAMPUNG
2022**

Judul Penelitian : **DETEKSI REMPAH-REMPAH
MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE*
BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN
(JST) DENGAN METODE
*BACKPROPAGATION***

Nama Mahasiswa : **Larasati Handayani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1717041083

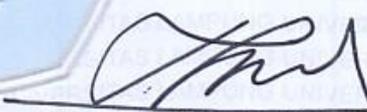
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

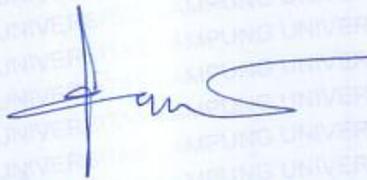


1. Komisi Pembimbing


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


Drs. Amir Supriyanto, M.Si.
NIP. 196504071991111001

2. Ketua Jurusan Fisika

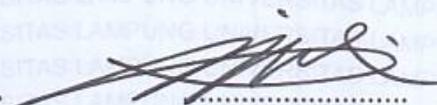

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP. 198010102005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

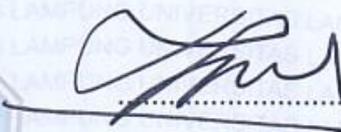
Ketua

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



Sekretaris

: Drs. Amir Supriyanto, M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing **: Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.**

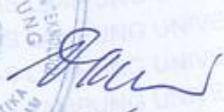


2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.

NIP. 197407052000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Juni 2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang sama persis dengan yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan ini tidak benar, maka saya bersedia dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku

Bandar Lampung, 02 Juni 2022



Larasati Handayani
NPM. 1717041083

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Larasati Handayani. Penulis dilahirkan di Sungai Langka pada 03 Februari 2022. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Sunarno dan Suwarni. memulai pendidikan taman kanak-kanak di TK Darma Wanita tahun 2004-2005 kemudian melanjutkan sekolah dasar di SDN 2 Sungai Langka tahun 2005-2011 lalu melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 1 Gedong Tataan tahun 2011-2014. Penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Gadingrejpada tahun 2014-2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui jalur PMPAP pada tahun 2017. Selama menempuh pendidikan, penulis pernah menjadi asisten praktikum Workshop Elektronika dan Instrumentasi. Penulis pernah aktif dalam kegiatan organisasi seperti menjadi anggota bidang Sains dan Teknologi HIMAFI FMIPA Unila pada tahun 2019.

Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET)-LIPI, Bandung pada tahun 2020 di bagian *Smart Sensor, Actuator* dan Transduser dengan judul laporan “**Analisis Spectrogram pada Sensor Vibrasi Berbasis Elektromagnetik Menggunakan**

Matlab". Penulis juga melaksanakan Kerja Kuliah Nyata (KKN) di Desa Sungai Langka, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran pada tahun 2020.

MOTTO

“Allah (Tuhan) tidak bermaksud menyulitkan kamu, tetapi Dia hendak membersihkan kamudan menyempurnakan nikmat-Nya bagimu, supaya kamu bersyukur”

((QS. Al-Maidah : 6)

“Jika seluruh rencana kita tidak terjadi seperti yang diharapkan, tersenyum dan ingatlah bahwa manusia mendesain dengan cita-cita, sedangkan Allah mendesain dengan cinta”

“Berpikirlah positif, tidak peduli seberapa keras kehidupanmu”

(Ali Bin Abi Thalib)

PERSEMBAHAN

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

Kedua Orang tuaku

Bapak Sunarno & Ibu Suwarni

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

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT. Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Deteksi Rempah-rempah Menggunakan *Electronic Nose* Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan Metode *Backpropagation*”**”. 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, 02 Juni 2022

Penulis,

Larasati Handayani

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 pembimbing yang selalu membimbing dan mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Amir Supriyanto, M.Si.. selaku ketua jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, dan pembimbing skripsi yang selalu membimbing, menyemangati, dan memberikan ilmu baru dalam proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Sri Wahyu Suciwati, S.Si.,M.Si.. selaku pembahas yang senantiasa mengarahkan dalam proses penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng selaku pembimbing akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan selama masa perkuliahan.
5. Seluruh dosen jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan banyak ilmu selama kuliah.
6. Novi Cahya Anggraeni, Inke Rengganis, dan Raden Ayu Nurfadhillah Rifqah yang selalu memberikan motivasi dan bantuan dalam penyusunan skripsi ini.

7. Anies Lutfiana, Saadah Mujahidah dan Maya Oktia Sari selaku teman sepembimbingan
8. Teman-teman Fisika angkatan 2017 yang selalu memberi semangat selama perkuliahan dan penusunan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis selama menyelesaikan skripsi ini.

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

Bandar Lampung, 02 Juni 2022

Penulis,

Larasati Handayani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN JUDUL	ivii
LEMBAR PERSETUJUAN	iv
LEMBAR PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
PERSEMBAHAN	x
KATA PENGANTAR	iii
SANWACANA	xii
DAFTAR ISI	xivi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terkait	6

2.2	Teori Dasar	11
2.2.1	Rempah-rempah	11
2.2.1.1	Jahe	12
2.2.1.2	Kunyit	14
2.2.1.3	Lengkuas.....	15
2.2.1.4	Kencur	16
2.2.2	<i>Electronic Nose (E-Nose)</i>	17
2.2.3	<i>Software Matlab</i>	19
2.2.4	Jaringan Syaraf Tiruan (JST).....	21
2.2.5	Metode <i>Backpropagation</i>	26
2.2.6	<i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	29

III. METODE PENELITIAN

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	37
3.2	Alat dan Bahan	37
3.3	Prosedur Penelitian	38
3.3.1.	Studi Literatur.....	39
3.3.2.	Pengumpulan Sampel	39
3.3.3.	Pengambilan Data Latih	39
3.3.4.	Pengenalan Pola Data Latih	41
3.3.5.	Pengelompokkan Pola Data Latih	42
3.3.6.	Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)	42
3.3.7.	Pengujian JST	44
3.3.8.	Analisis Sistem	45

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1.	Perancangan JST	47
4.1.1.	Perekaman Data Sampel.....	47
4.1.2.	Proses <i>Fitting Data</i>	48
4.1.3.	Penentuan Puncak.....	49
4.1.4.	Penentuan Jumlah <i>Neuron Hidden Layer</i>	50
4.1.5.	Pelatihan JST	50
4.2.	Plot PCA.....	60
4.3.	Pengujian dan Analisis Kerja JST	61

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Simpulan.....	70
5.2.	Saran	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Data latih JST untuk membedakan pasien diabetes militus dan orang sehat pada PCA.	7
Gambar 2.2 Tegangan Output Rata-rata untuk setiap sensor (a) Respon Kayu Manis (b) Respon Cengkeh (c) Respon Pala.....	8
Gambar 2.3 Respon kurva lengkap <i>e-nose</i>	9
Gambar 2.4 Jahe	13
Gambar 2.5 Kunyit	14
Gambar 2.6 Lengkuas.....	16
Gambar 2.7 Kencur.....	17
Gambar 2.8 Hasil Pelatihan 2-3-1	21
Gambar 2.9 Prinsip JST.....	23
Gambar 2.10 Arsitektur <i>backpropagation</i>	28
Gambar 2.11 Respon Luaran Sensor TGS 822 pada sampel temulawak	33
Gambar 2.12 Hasil diskriminasi PCA dari sistem <i>e-nose</i> tanpa prapemrosesan untuk ketiga jenis jamu	33
Gambar 2.13 Hasil diskriminasi PCA dari sistem <i>e-nose</i> dengan seleksi ciri dan manipulasi <i>baseline</i> diferensial untuk ketiga jenis jamu.....	34
Gambar 2.14 Hasil diskriminasi PCA dari sistem <i>e-nose</i> dengan seleksi ciri dan manipulasi <i>baseline</i> relatif untuk ketiga jenis jamu	35
Gambar 2.15 Hasil diskriminasi PCA dari sistem <i>e-nose</i> dengan seleksi ciri dan manipulasi <i>baseline</i> fraksional untuk ketiga jenis jamu.....	35
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	38
Gambar 3.2 Skema rancangan pengambilan data menggunakan <i>e-nose</i>	40
Gambar 3.3 Diagram blok sistem <i>e-nose</i>	40

Gambar 3.4 Diagram alir perancangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).	42
Gambar 4.1 Grafik respon sensor terhadap jenis sampel	52
Gambar 4.2 Arsitektur JST dengan <i>neuron hidden layer</i> 4.....	53
Gambar 4.3 Arsitektur JST dengan <i>neuron hidden layer</i> 5.....	55
Gambar 4.4 Arsitektur JST dengan <i>neuron hidden layer</i> 9.....	55
Gambar 4.5 <i>Principal Component Analysis</i> (PCA) data latih sensor untuk membedakan rempah-rempah.	60
Gambar 4.6 Tampilan GUI Jaringan Syaraf Tiruan	61
Gambar 4.7 Grafik jumlah <i>neuron hidden layer</i> terhadap nilai akurasi rerata pelatihan JST dan pengujian JST	62
Gambar 4.8 Grafik sampel terhadap nilai persentase (a) akurasi dan (b) presisi .66	
Gambar 4.9 Grafik sampel terhadap nilai persentase (a) sensitivitas dan (b) prediksi negatif.....	67
Gambar 4.10 Grafik sampel terhadap nilai persentase spesifisitas	68

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Identifikasi rempah-rempah dalam persen	9
Tabel 2.2 Hasil klasifikasi menggunakan ANFIS	10
Tabel 2.3 Hasil evaluasi cluster K-means clustering dengan fitur RA dan S dari respon e-nose terhadap 5 macam bahan herbal	11
Tabel 2.4 Perbandingan persentase PC1 ketiga jenis manipulasi <i>baseline</i>	36
Tabel 3.1 Data latih sampel.	41
Tabel 3.2 Data uji sistem <i>e-nose</i>	44
Tabel 3.3 Rancangan tabel <i>confusion matrix</i>	45
Tabel 3.4 Rancangan tabel <i>binary confusion matrix</i>	45
Tabel 4.1 Jumlah <i>neuron hidden layer</i> (m) berdasarkan metode HMLP	50
Tabel 4.2 Nilai rata-rata tegangan keluaran sensor terhadap jenis sampel.....	63
Tabel 4.3 <i>Neuron hidden layer</i> dan sensor yang berpengaruh terhadap sampel saat pelatihan dengan <i>neuron hidden layer</i> 4	64
Tabel 4.4 <i>Neuron hidden layer</i> dan sensor yang berpengaruh terhadap sampel saat pelatihan dengan <i>neuron hidden layer</i> 5	56
Tabel 4.5 <i>Neuron hidden layer</i> dan sensor yang berpengaruh terhadap sampel saat pelatihan dengan <i>neuron hidden layer</i> 9	58
Tabel 4.6 <i>Confusion matrix</i> JST saat <i>neuron hidden layer</i> 9	68
Tabel 4.7 <i>Binary confusion matrix</i> saat <i>neuron hidden layer</i> 9	68
Tabel 4.8 Nilai rerata parameter JST dalam mengenali rempah	68

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai salah satu penghasil rempah-rempah terbaik di dunia. Menurut data *Food and Agriculture Organization (FAO)* tahun 2016, Indonesia merupakan penghasil rempah terbesar keempat di dunia, dengan total output 113.649 ton dan total nilai ekspor 652,3 juta dollar AS. Menurut data dari Negeri Rempah *Foundation*, ada 400-500 rempah di dunia. Berdasarkan jumlah tersebut, 275 berlokasi di Asia Tenggara, terutama Indonesia. Dengan demikian Indonesia memiliki julukan "*mother of spices*". Di Indonesia, rempah-rempah terbaik diproduksi di banyak daerah, seperti Jambi, Jawa, Kalimantan Tengah dan Timur, serta Maluku hingga Papua (Budiana, 2019).

Rempah-rempah adalah bagian tumbuhan yang berasal dari batang, daun, kulit batang, umbi, rimpang, akar, biji, bunga, atau bagian tubuh tumbuhan lainnya. Bagian tumbuhan tersebut mengandung fitokimia yang dihasilkan tumbuhan sebagai bagian dari proses metabolisme tumbuhan (Kaharuddin, 2019). Menurut asalnya, rempah-rempah dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu: rempah-rempah berasal dari batang, rempah-rempah berasal dari bunga, rempah-rempah berasal dari biji, dan rempah berasal dari buah-buahan (Hikmatulloh dkk., 2017).

Rempah-rempah memiliki banyak ragam yang bentuknya mirip. Akibatnya banyak orang, terutama generasi muda, sulit mengenal ragam rempah-rempah

yang ada di sekitarnya. Rempah-rempah dapat dikenali dari tampilan, rasa, bahkan sifat aromanya. Salah satu teknik mengenali aroma rempah-rempah adalah indera penciuman dengan menggunakan hidung. Namun tidak semua orang memiliki indera penciuman yang baik. Ada orang yang tidak bisa mencium sama sekali (*anosmia*) dan ada yang terlalu banyak mencium (*hyperosmia*). Karena beberapa gangguan indera penciuman, perangkat elektronik dari sistem indera penciuman biologis, yang disebut *electronic nose* (*e-nose*) dikembangkan.

E-nose adalah instrumen yang menggunakan sistem sensor gas untuk mendeteksi dan mengenali bau kompleks, yang terdiri atas sensor spesifisitas rendah. Sensor ini dapat menangani semua jenis zat biologis atau kimiawi yang sensitif terhadap bau atau aroma. *Array sensor* bau membuat sidik jari tertentu (atau sidik jari aroma). Pola gas atau sidik jari dapat digunakan untuk membangun dan melatih sistem pengenalan pola untuk mendeteksi dan menganalisis bau atau aroma yang tidak diketahui (Shi dkk., 2018).

Aroma tersebut akan merespon dengan mengubah resistansi masing-masing sensor gas. Perubahan hambatan masing-masing sensor gas akan menyebabkan perubahan tegangan. Data yang diperoleh dari perubahan tegangan ini berupa data komputer digital. Data diolah dengan metode *neural network*. Prinsip pengoperasian *e-nose* meniru fungsi hidung manusia, yang menampung berbagai reseptor pengenal bau. Fungsi dari reseptor tersebut digantikan oleh sensor pada *e-nose*, setiap reseptor akan memberikan respon yang berbeda dari aroma yang sama (Rabersyah dkk., 2016). Konsep *e-nose* sangat menantang bagi para insinyur yang terlibat dalam pembuatan perangkat sensor yang lebih baik, lebih murah, dan lebih kecil (Dragonieri dkk., 2017).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi rempah-rempah menggunakan *e-nose*. termasuk Kudake dkk. (2018). Rempah-rempah yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu manis, cengkeh, dan pala. Sistem *electronic nose* ini dirancang dengan 8 array sensor MOS, yaitu: sensor TGS 800, sensor TGS 813, sensor TGS 823, sensor TGS 2602, sensor TGS 2610, sensor TGS 2611, sensor TGS 2620 dan sensor MQ 135. Teknik pengenalan pola yang digunakan untuk analisis data adalah teknik Jaringan Saraf Tiruan (JST) *feed forward* di Matlab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *e-nose* yang dirancang mampu mengidentifikasi 100% cengkeh dan kayu manis serta 40% buah pala. Kekurangan penelitian ini adalah hasil identifikasi sistem *e-nose* pada buah pala kurang maksimal. Kelebihan penelitian ini adalah sistem *e-nose* mampu mengidentifikasi cengkeh dan kayu manis dengan sangat baik.

Berdasarkan uraian di atas, meskipun hanya tiga rempah seperti kayu manis, cengkeh dan pala yang dapat diidentifikasi namun hasil yang diperoleh masih sangat baik, sehingga dipandang perlu dilakukan penelitian tentang desain dan sistem suatu sistem *e-nose* yang dapat membedakan rempah-rempah lainnya. Rempah-rempah yang digunakan dalam penelitian ini adalah jahe, kunyit, lengkuas, dan kencur. Dalam penelitian ini, sistem *e-nose* yang digunakan terdiri atas sensor gas MQ-3, TGS-2600, TGS-2602, TGS-2611 dan TGS-822. 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 membedakan beberapa ragam rempah-rempah dengan menganalisa gas rempah-rempah tersebut. Data yang diperoleh dalam proses

pembelajaran akan diolah dengan menggunakan JST. Metode JST yang digunakan adalah *backpropagation* yang dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab 2014. Setelah *e-nose* berhasil membedakan beberapa ragam rempah-rempah yang berbeda maka akan dilakukan pengumpulan data.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana mengembangkan sistem *e-nose* menggunakan JST dengan metode *backpropagation* untuk mengenali beberapa ragam rempah-rempah.
2. Bagaimana membuat program JST untuk mengenali beberapa ragam rempah-rempah dengan *e-nose*.
3. Bagaimana menganalisa pola yang terbentuk menggunakan *Principle Component Analysis* (PCA).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan sistem *e-nose* menggunakan JST dengan metode *backpropagation* untuk mengenali beberapa ragam rempah-rempah.
2. Membuat program JST untuk mengenali beberapa ragam rempah-rempah dengan *e-nose*.
3. Menganalisa pola yang terbentuk menggunakan PCA.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terealisasikannya aplikasi sistem *e-nose* menggunakan JST dengan metode *backpropagation* untuk mengidentifikasi beberapa ragam rempah-rempah.
2. Sebagai alat alternatif yang mampu membedakan beberapa ragam rempah-rempah.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode JST yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *backpropagation*.
2. *E-nose* dilatih untuk dapat membedakan beberapa ragam rempah-rempah; menggunakan JST.
3. *E-nose* dilatih menggunakan JST dari beberapa ragam rempah-rempah yang berbeda.

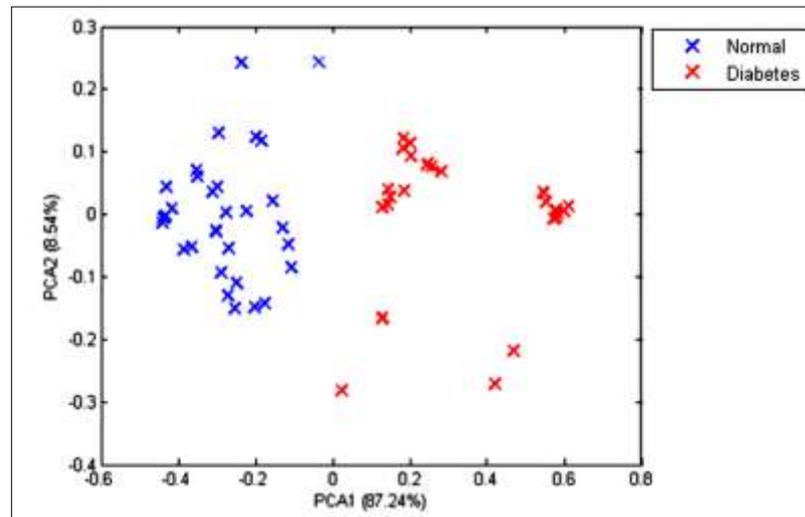
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Banyak peneliti telah melakukan penelitian untuk mengidentifikasi beberapa ragam rempah-rempah menggunakan *e-nose*, masing-masing mempunyai karakteristik yang berbeda. Beberapa diantaranya dijadikan sebagai dasar untuk mendukung pelaksanaan penelitian ini.

Fadhilillah, Rizky (2019) telah melakukan penelitian untuk mengidentifikasi diabetes militus dengan *electronic nose* menggunakan JST. sensor gas yang digunakan adalah MQ-3, TGS-2600, TGS- 2602, TGS-2611, dan TGS-822. Sensor MQ-3, TGS-2600, dan TGS-2602 digunakan untuk mendeteksi gas etanol. Sedangkan untuk TGS-2611 dan TGS- 822 digunakan untuk mendeteksi gas aseton yang dihembuskan oleh penderita penyakit diabetes militus. Sebelum digunakan, semua sensor dikalibrasi dan diuji tingkat sensitifitasnya masing-masing dengan cara memberikan gas yang mampu dideteksi sensor dengan konsentrasi *parts per million* (ppm) tertentu. Gas sampel akan dianalisa di dalam *chamber* yang terhubung dengan pompa untuk mengontrol gas yang ada di *chamber*. *E-nose* dilatih untuk membedakan penderita penyakit diabetes dengan menganalisa gas ekspirasi pasien penderita penyakit diabetes yang telah terdiagnosa dan orang normal. Data yang diperoleh dari proses pelatihan diolah menggunakan JST. Metode JST yang digunakan adalah *backpropagation* yang

dibuat menggunakan *software* Matlab 2014. Korelasi data respon sensor penderita penyakit diabetes dan orang sehat diperoleh divisualisasikan menggunakan metode PCA yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**

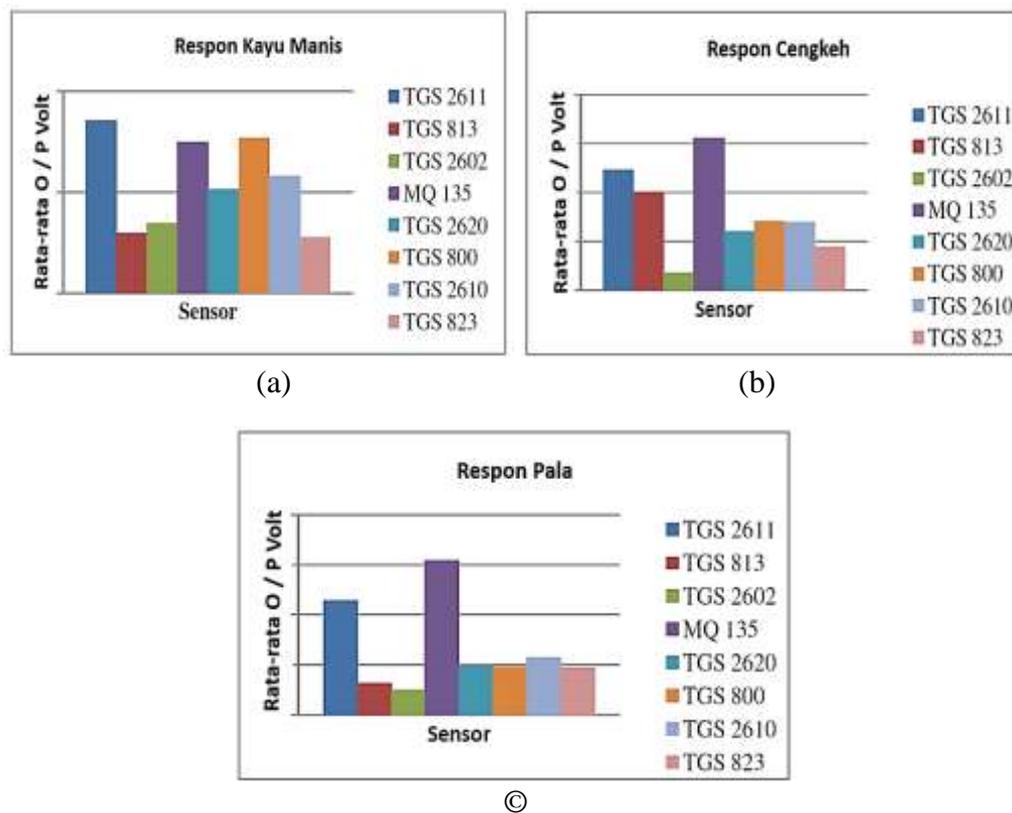


Gambar 2.1 Data latih JST untuk membedakan pasien diabetes militus dan orang sehat pada PCA

Gambar 2.1 menunjukkan dilihat bahwa PCA mampu mengklasifikasi data pasien diabetes militus dan orang sehat dengan cukup baik sehingga data ini dapat digunakan sebagai data latih JST. Nilai persentase variasinya PCA1 sebesar 87,24%, sedangkan PCA2 bernilai sebesar 8,54%. Sehingga PCA1 dan PCA2 menjelaskan 95,78% informasi pada data latih pasien diabetes militus dan orang normal.

Kudake dkk. (2018) telah melakukan penelitian untuk mengidentifikasi jenis rempah-rempah dengan *e-nose* menggunakan teknik pengenalan pola. Rempah-rempah yang digunakan pada penelitian mereka berupa kayu manis, cengkeh dan pala. Desain perangkat *e-nose* menggunakan delapan sensor MOS yaitu: TGS 800, TGS 813, TGS 823, TGS 2602, TGS 2610, TGS 2611, TGS 2620 dan MQ

135 untuk deteksi aroma. Sistem *e-nose* ini dirancang dengan 8 array sensor MOS, yaitu: sensor TGS 800, sensor TGS 813, sensor TGS 823, sensor TGS 2602, sensor TGS 2610, sensor TGS 2611, sensor TGS 2620 dan sensor MQ 135. Respon khas dari keluaran sensor relatif terhadap nomor sensor, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2. 2**.



Gambar 2.2 Tegangan Output Rata-rata untuk setiap sensor (a) Respon Kayu Manis (b) Respon Cengkeh (c) Respon Pala (Kukade dkk., 2018).

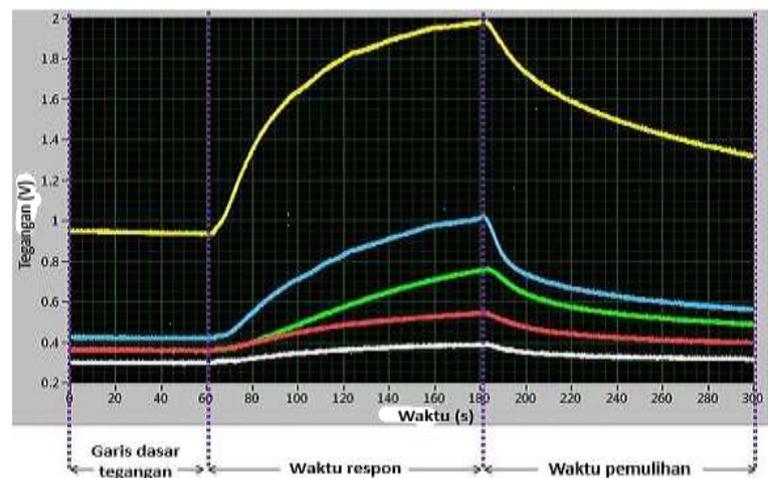
Teknik pengenalan pola yang digunakan untuk analisis data pada penelitian ini adalah teknik *JST feed forward* di Matlab. *JST feed forward* ini menggunakan 8 *neuron* masukan, 10 *neuron* tersembunyi dan 3 *neuron* keluaran yang diimplementasikan dengan 15 sampel latih dan 30 sampel uji dari 1000 *epoch* pada *software* Matlab. Ada delapan *neuron input* yang digunakan dalam jaringan

saraf karena delapan sensor digunakan untuk akuisisi data rempah-rempah, 3 *neuron* keluaran digunakan karena tiga rempah akan diidentifikasi dan identifikasi yang tepat dapat dilakukan dengan menggunakan 10 *neuron* tersembunyi. Untuk melatih JST, satu set pelatihan dan untuk menguji bumbu yang sesuai, tiga set uji disiapkan. Hasil penelitian identifikasi rempah-rempah dalam persen ditunjukkan pada **Tabel 2. 1**.

Tabel 2.1 Identifikasi rempah-rempah dalam persen

Nama rempah-rempah	Kayu manis	Cengkeh	Pala
Identifikasi	100%	100%	40%

Soh dkk. (2018) telah melakukan penelitian untuk mengembangkan *e-nose* untuk klasifikasi herbal aromatik menggunakan teknik kecerdasan buatan. Penelitian ini menggunakan sensor gas *Metal Oxide Semiconductor* (MOS) yaitu; sensor TGS 2610, TGS 2611, TGS 2620, TGS 823 dan TGS 832. Respon kurva lengkap *e-nose* pada penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 2. 3**.



Gambar 2.3 Respon kurva lengkap *e-nose* (Soh dkk., 2018).

JST dan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) digunakan pada penelitian ini sebagai alat untuk mengklasifikasikan spesies tanaman ke dalam

kelompok yang sesuai. Hasilnya menunjukkan bahwa teknik ANFIS memiliki kinerja yang lebih baik daripada teknik JST, dengan persentase akurasi dari teknik JST 91,7% .dan teknik ANFIS 94,8% yang ditunjukkan pada **Tabel 2. 2**.

Tabel 2.2 Hasil klasifikasi menggunakan ANFIS

Masukan	RMSE	Akurasi
TGS 2610	8.6912E-4	85.4%
TGS 832		
TGS 2610	4.301E-4	92.7%
TGS 823		
TGS 832		
TGS 2610	2.713E-4	94.7%
TGS 2611		
TGS 823		
TGS 832		
TGS 2610	2.472E-4	94.8%
TGS 2611		
TGS 2620		
TGS 823		
TGS 832		

Sitompul dkk. (2020) telah melakukan penelitian untuk menganalisis *cluster* bahan herbal berdasarkan fitur respon *e-nose*. Bahan herbal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jahe, kencur, kunyit, lengkuas dan jahe. Penelitian ini menggunakan dua metode ekstraksi ciri yaitu *Relative Amplitude* (RA) dan *Surface* (S), untuk mendapatkan fitur terbaik untuk pengelompokan data respon *electronic nose* lima ramuan herbal. Metode analisis *clustering* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *k-means clustering* yang diekstraksi dengan metode RA dan S untuk *clustering set* data respon. Hasil penelitian *clustering* pada lima komponen herbal pada fitur RA dengan metode *K-means clustering* ditunjukkan pada **Tabel 2. 3**.

Tabel 2.3 Hasil evaluasi cluster K-means clustering dengan fitur RA dan S dari respon e-nose terhadap 5 macam bahan herbal

Metode Ekstraksi Fitur	E	P	K
RA	0,53	0,83	5
S	0,57	0,80	5

Dari hasil tersebut, fitur RA merupakan fitur yang lebih efektif dalam menghasilkan solusi *cluster* terbaik untuk membedakan kelima bahan herbal (Sitompul dkk., 2020).

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Rempah-rempah

Rempah-rempah dapat berasal dari berbagai bagian tanaman, yaitu bunga, buah, kulit, batang, umbi, daun dan rimpang. Rempah-rempah pada awalnya diklasifikasikan sebagai batang dengan batang, daun dan daun, bunga, buah, dan biji. rempah-rempah memiliki aroma atau rasa yang kuat, biasanya dikeringkan untuk mengawetkannya atau diletakkan dalam wadah tertutup yang terlindung dari cahaya. Rempah-rempah adalah bahan aromatik yang berasal dari bagian tumbuhan seperti bunga, buah, kulit, batang dan biji yang digunakan dalam masakan. Menurut asalnya, rempah-rempah dibedakan menjadi 4, yaitu: bumbu berasal dari batang, bumbu berasal dari bunga, rempah berasal dari biji, dan rempah berasal dari buah (Hikmatulloh dkk., 2017).

Contoh rempah-rempah yang merupakan bibit tanaman antara lain biji adas, jintan dan ketumbar. Rempah-rempah rimpang yang didapat antara lain dari jahe, kunyit, lengkuas, jahe dan kapulaga (Kaharuddin, 2019).

2.2.1.1 Jahe

Jahe merupakan bumbu dapur yang biasa digunakan sebagai pelengkap kue, permen, bumbu masak, dan digunakan untuk membuat bumbu dapur dan bumbu dapur lainnya. Jahe memiliki efek antioksidan karena mengandung senyawa *fenolik oleoresin* seperti *gingerol* dan *pinealol*. Jahe memiliki bahan utama *gingerol*, yang dapat menurunkan kadar gula darah dan meningkatkan produksi *hormon insulin*. Jahe mengandung minyak jahe dan senyawa *fenol* jahe yang akan menghasilkan rasa yang kuat saat dimakan (Helmalia dkk., 2019).

Jahe sendiri memiliki nama latin *Zingiber officinale* *Rosc* yang termasuk ke dalam golongan suku *Zingiberaceae*. Nama *Zingiber* ini diambil dari bahasa Sanskerta yang artinya “*singabera*”, sedangkan *Zingiberi* berasal dari bahasa Yunani yang berarti tanduk. Penamaan ini mungkin dikarenakan jahe sendiri memiliki bentuk yang menyerupai sebuah tanduk rusa. Sedangkan nama *Officinale* diambil dari bahasa latin *Officina* yang berarti pengobatan. Lebih jelasnya, tanaman rimpang ini memiliki klasifikasi sebagai berikut:

- a) divisi : *Pteridophyta*;
- b) sub-divisi : *Angiospermae*;
- c) kelas : *Monocotyledoneae*;
- d) ordo : *Scitamineae*;
- e) famili : *Zingiberaceae*;
- f) genus : *Zingiber*;
- g) spesies : *Zingiber officinale* *Rosc.*

Beberapa saudara jahe dalam keluarga temu-temuan di antaranya temu lawak, temu hitam, lengkuas, kencur, dan kunyit. Keluarga tanaman temu-temuan ini

sendiri bisa ditemui di berbagai tempat, salah satunya di daerah tropis dan subtropis. Beberapa di antara yang bisa hidup di daerah tropis dan subtropis, terbagi atas 47 genus dan 1.400 spesies (Sartika, 2017). Dalam genus *Zingiber* (jahe dan kerabatnya) sendiri saja sudah terdapat 80 spesies yang bisa hidup di daerah 9 tropis dan subtropis, salah satunya adalah jahe, yang ditunjukkan pada **Gambar 2. 4.**



Gambar 2. 4 Jahe (Isnaini, 2019).

Jahe sangat manjur untuk menghangatkan badan ketika musim penghujan seperti saat ini. Tak hanya itu bumbu dapur ini ternyata juga dapat meredakan stres. Menurut ahli gizi, Alice Mackintosh, jahe dapat mengatasi stres psikologis sebab kandungan antioksidan yang kuat serta gingerol dalam jahe dapat membersihkan zat kimia berbahaya yang dihasilkan tubuh saat muncul rasa cemas. Untuk merangsang pencernaan dengan baik, Alice menyarankan agar jahe yang sudah dicincang dicampur dengan air panas dan irisan lemon. Minuman ini dapat memecah asam lambung yang dikeluarkan sistem pencernaan manusia saat sedang stres. Kandungan antioksidan dalam jahe membuat jahe memiliki banyak manfaat bagi kesehatan, seperti meringankan gejala flu, menurunkan berat badan.

Serta mengatasi diare, mencegah pembekuan darah, menurunkan kolesterol jahat, serta mengembalikan suasana hati yang buruk (Firdaus, 2021).

2.2.1.2 Kunyit

Kunyit merupakan tumbuhan tropis dengan akar berbonggol. Lebih tepatnya, kunyit adalah ramuan rimpang abadi yang berasal dari Asia. Kunyit memiliki aroma lembut yang mirip dengan tanah dan sebenarnya berhubungan dengan jahe. Kunyit kaya vitamin dan mineral, terutama vitamin C. Nama biologi latin dari kunyit adalah *Curcuma longa* yang ditunjukkan pada **Gambar 2. 5**.



Gambar 2. 5 Kunyit (Adnan, 2020).

Kunyit biasanya digunakan dalam bentuk bubuk. Artinya, rimpang tersebut direbus, kemudian dikeringkan dalam oven, lalu dipres menjadi bubuk. Minyak atsiri diekstraksi dengan distilasi uap atau distilasi CO₂. Di beberapa daerah, seperti jahe, kunyit segar digunakan (Heshelow, 2017).

Kunyit banyak digunakan sebagai obat untuk mengobati maag, menurunkan kolesterol, diare, kram haid, penyakit kuning dan penyembuhan luka. Bahan aktif dalam kunyit adalah *kurkumin*. *Kurkumin* merupakan zat kuning, antioksidan, dan memiliki beberapa khasiat, antara lain penurun *kolesterol*, *kolin*, empedu,

antibakteri, antispasmodik, anti hepatotoksisitas, dan antiradang. Berbagai penelitian telah mengkonfirmasi keefektifan *kurkumin* dalam pengobatan, terutama sebagai obat *anti hepatotoksik* dan *anti kolesterol*, serta obat anti kanker dan anti kanker. Komponen fenolik pada kunyit dapat menghambat pertumbuhan kanker dan memiliki efek *anti mutasi*. Selain itu, kunyit juga dapat menghambat pertumbuhan kanker usus besar, kanker payudara, kanker paru-paru, dan kanker kulit (Sari, 2016).

2.2.1.3 Lengkuas

Lengkuas (*Languas galanga*) merupakan tumbuhan yang telah digunakan secara pengobatan sejak abad ke-6. Tumbuhan tersebut pertama kali muncul di Indonesia di Sumatera Selatan. Menurut penjelasan Marco Pollo, orang Jawa tidak mulai menanam dan memperdagangkan lengkuas sampai abad ke-13. Lengkuas diolah menjadi obat herbal yang disebut *Kudu Laos*. Ramuan ini bisa mencegah sakit perut, masuk angin, dan menambah nafsu makan. Jamu *Kudu Laos* terdiri dari bawang putih, buah mengkudu, lada putih, buah asam jawa, gula rafinasi, gula jawa dan garam. Bawang putih memiliki efek *antiseptik, antibakteri* dan *anti-inflamasi*. Sebagai tambahan, ada ramuannya, lengkuas, daun lengkuas, dan lada putih. Khasiat ramuan ini baik untuk penderita masalah kulit seperti herpes (Army, 2018).

Lengkuas adalah tanaman tropis dalam keluarga jahe. Ada beberapa varietas. Dua yang digunakan di dapur adalah lengkuas yang lebih besar dan yang lebih sedikit lengkuas. Saat ini lengkuas ditanam di China dan Asia Tenggara. Lengkuas yang tinggi bisa tumbuh hingga setinggi 6 kaki. Bagian bawah biasanya mencapai

ketinggian tidak lebih dari 3 kaki. Seperti jahe dan kunyit, lengkuas adalah rimpang atau akar bawah tanah yang digunakan untuk memasak. Lengkuas segar yang lebih besar biasanya memiliki kulit berwarna merah jingga dan lingkaran berwarna lebih gelap yang ditunjukkan pada **Gambar 2. 6**.



Gambar 2.6 Lengkuas (Salbiah, 2019).

Lengkuas yang lebih kecil memiliki kulit berwarna jingga-merah sampai kecokelatan dan bercirikan cincin-cincin berwarna coklat muda, dan daging buahnya berwarna coklat muda, kadang-kadang dengan rona merah muda. Aroma lengkuas seperti jahe, tetapi memiliki aroma pedas. Rasanya tidak setajam akar jahe, terkadang dengan sedikit rasa jeruk. Lengkuas bagian bawah lebih panas dari pada lengkuas yang lebih besar. Lengkuas yang dihancurkan memiliki rasa yang kuat dan panas. Rimpang kering yang diiris tipis dapat disimpan hingga tiga tahun. Jika disimpan kedap udara, bedak akan bertahan lama setidaknya selama enam bulan (Lakshmi, 2016).

2.2.1.4 Kencur

Kencur (*Kaempferia galanga L.*) merupakan tanaman yang berasal dari India dan telah menyebar ke Asia Tenggara dan Cina. Tanaman ini dikenal luas di

masyarakat karena rimpangnya banyak digunakan sebagai bumbu masakan, minuman dan obat tradisional, sedangkan daunnya dimakan. Kencur dapat tumbuh dari dataran rendah sampai ketinggian 50–1000 mdpl. Curah hujan yang ideal adalah 2500–4000 mm per tahun dan merata selama masa pertumbuhan. Suhu optimal 25–32 °C, kelembaban tinggi dan radiasi cukup, tanaman kencur merambat melalui rimpang. Rimpang diekstraksi dari tanaman tua, rimpang terpilih sehat dan utuh, berat 5–10 gram, panjang 3 cm, dengan 2–3 tunas baru yang ditunjukkan pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7 Kencur (Lestari, 2019).

Rimpang yang sudah berkecambah diperoleh dengan cara *aerasi* (dibiarkan menyebar tipis-tipis) di tempat yang sejuk selama 2–3 minggu, biasanya di rak atau wadah yang terbuat dari kayu atau bambu. Rimpang dengan tunas baru tumbuh lebih baik dibandingkan dengan tunas sepanjang 1,5–3 cm (Evizal, 2013).

2.2.2 *Electronic Nose (E-Nose)*

E-nose adalah sejenis alat untuk mendeteksi dan mengidentifikasi bau yang kompleks dengan menggunakan sistem sensor gas, sistem sensor terdiri dari

sensor dengan spesifisitas rendah). Sensor ini dapat menangani semua jenis zat biologis atau kimiawi yang peka terhadap bau. Rangkaian sensor bau membuat sidik jari tertentu (atau sidik jari bau). Pola gas atau sidik jari dapat digunakan untuk membangun dan melatih sistem pengenalan pola untuk mendeteksi dan menganalisis bau yang tidak dikenal. Saat menggunakan *e-nose* untuk mendeteksi dan menyuntikkan sampel ke ruang kepala, bau akan diserap oleh sistem sensor dan sinyal yang dihasilkan sebelum sinyal pemrosesan produk dikirim ke sistem akan diteruskan ke sistem *Pattern Recognition* (PR) (Shi dkk., 2018).

Prinsip kerja *e-nose* meniru fungsi hidung manusia, yang didalamnya terdapat berbagai *reseptor* pengenal bau. Fungsi dari *reseptor* ini digantikan oleh sensor pada *e-nose*, setiap *reseptor* akan merespon secara berbeda karena aroma yang sama (Rabersyah dkk., 2016).

Konsep *e-nose* sangat menantang bagi para insinyur yang terlibat dalam pembuatan perangkat sensor yang lebih baik, lebih murah, dan lebih kecil. Kebanyakan *e-nose* yang ada didasarkan pada sensor gas kimia, meskipun prinsip kerja inovatif baru-baru ini digunakan untuk mencoba mereproduksi fungsi *receptor bio-olfa*. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi *e-nose* telah diuji di setiap bidang yang dapat dibayangkan yang melibatkan bau dan ang mudah menguap dan tidak berbau, terutama di industri makanan dan minuman, pemantauan lingkungan, keperluan militer, dan diagnosis penyakit terkini (Dragonieri dkk., 2017).

2.2.3 Software Matlab

Matlab adalah perangkat lunak untuk pemrograman, analisis, dan teknik berbasis matriks dan perhitungan matematis. Matlab adalah singkatan dari *Matrix Laboratory* karena dapat menyelesaikan perhitungan dalam bentuk matriks. Versi pertama Matlab dirilis oleh Cleve Moler pada tahun 1970. Awalnya, Matlab bertujuan untuk menyelesaikan masalah persamaan aljabar linier (Tjolleng, 2017).

Selama proses pengembangan, Matlab mampu mengintegrasikan beberapa perangkat lunak matriks sebelumnya ke dalam satu perangkat lunak untuk perhitungan matriks. Tidak hanya itu, Matlab juga dapat melakukan perhitungan simbolik yang biasa dilakukan oleh MAPLE (Kustian, 2016).

Matlab terdiri atas 5 komponen utama yaitu:

- a) *toolbar* berisi berbagai *tool control* untuk Matlab;
- b) *current folder* berfungsi sebagai tempat *folder* atau *file* yang sudah tersimpan dan terhubung dengan Matlab;
- c) *command windows* berfungsi sebagai lembar kerja utama di Matlab tempat pengguna membangun *scrips* agar langsung dieksekusi;
- d) *workspace* berfungsi sebagai tempat ruang kerja tempat menyimpan berkas atau variabel yang sedang digunakan di *command windows*;
- e) *command history* berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan semua aktivitas yang ada di *command* (Syaharuddin dan Mandailina, 2017).

Matlab dapat digunakan untuk tujuan berikut:

- 1) perhitungan matematis yang sederhana dan kompleks;
- 2) perhitungan numerik;

- 3) simulasi dan pemodelan;
- 4) visualisasi dan analisis data;
- 5) membuat grafik untuk keperluan keilmuan dan keteknikan;
- 6) pengembangan aplikasi (Muchyidin, 2017).

Sudarsono (2016) melakukan penelitian untuk mempelajari JST dengan *backpropagation* yang diimplementasikan dengan Matlab. Tujuan pengujian perangkat lunak ini adalah untuk membuktikan bahwa arsitektur jaringan yang dibangun terutama pada kasus prediksi pertumbuhan penduduk diaplikasikan pada perangkat lunak yang dipilih yaitu Matlab. Pengujian JST dilakukan dengan arsitektur 2-3-1 dengan perintah sebagai berikut:

```
>> net.trainParam.epochs = 20000;  
>> net.trainParam.goal = 1e-2;  
>> net.trainParam.lr = 0,5;  
>> net.trainParam.show = 50;  
>> net.trainParam.mc = 0,8;  
>> net.trainParam.(net,pn,tn)
```

Dari proses pelatihan tersebut dilakukan fungsi pelatihan TrainScg, dengan 2 *input*, 3 *hidden layer* dan 1 *output*. dapat dilihat seperti terlihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Hasil Pelatihan 2-3-1(Sudarsono, 2016).

Gambar 2.8 merupakan hasil dari pelatihan pola 2-3-1 yang nilai *performance* terbaiknya terlihat pada *epochs* 2522, dengan *best validation performance* 0,075491.

2.2.4 Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

JST adalah 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 *cluster*, *regresi non-parametrik* atau model kumpulan jaringan saraf, dan *kloning* biologis (Lestari dkk., 2017).

Secara umum arsitektur jaringan dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

a) *Single-Layer Feedforward Networks*

JST berlapis adalah jaringan *neuron* yang diorganisasikan dalam bentuk lapisan-lapisan. Hanya terdapat *input layer* dengan *node* sumber yang terproyeksi kedalam *output layer* dari neuron, tetapi tidak sebaliknya. Dengan kata lain, jaringan ini adalah jaringan jenis *feedforward* yang tepat.

2. Multi Layer FeedForward Networks

Kelas kedua dari *feedforward neural networks* adalah jaringan dengan satu atau lebih lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dengan *neuron* yang berhubungan disebut *hidden neurons*.

b) Recurrent Networks

Recurrent neural networks adalah jaringan yang mempunyai minimal satu *feedback loop*.

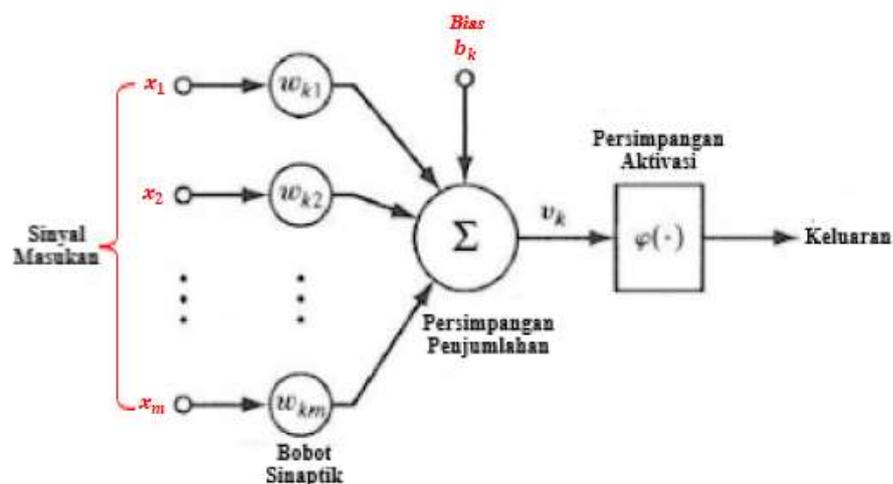
c) Lattice Structure

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).

Prinsip JST ditentukan oleh tiga elemen dasar model saraf, yaitu:

- a. Satu set sinapsis atau jembatan, masing-masing diklasifikasikan menurut beratnya.
- b. Penambah menambahkan sinyal input sebanding dengan kekuatan sinaptik setiap *neuron*.
- c. Aktifkan fungsi untuk membatasi amplitudo keluaran *neuron*. Fungsi ini dirancang untuk membatasi kisaran amplitudo yang diijinkan dari sinyal keluaran ke jumlah yang terbatas.

Prinsip JST secara sederhana digambarkan pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Prinsip JST (Hizham dkk., 2018).

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

JST *backpropagation* pertama kali diusulkan oleh Rumelhart, Hinton dan William pada tahun 1986, kemudian dikembangkan oleh Rumelhart dan Mc Clelland pada tahun 1988. Algoritma tersebut termasuk dalam *supervised learning*, dan fitur dari metode ini adalah meminimalkan kesalahan pada keluaran yang dihasilkan oleh jaringan. Algoritma propagasi balik jaringan saraf biasanya diterapkan ke jaringan multilayer. Algoritma memiliki setidaknya satu bagian masukan, bagian keluaran, dan beberapa lapisan antara masukan dan keluaran. Lapisan tengah (juga dikenal sebagai lapisan tersembunyi) bisa berupa satu lapisan, dua lapisan, tiga lapisan,

dan seterusnya. Keluaran dari lapisan terakhir di 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 pendekatan yaitu 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)**.

$$Z = X \quad (2.1)$$

2. Pendekatan 2

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

$$Z = Y \quad (2.2)$$

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)**.

$$Z = X + Y \quad (2.3)$$

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)**.

$$AC = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (2.4)$$

2. Sensitivitas

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

Persamaan (2.5).

$$SN = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (2.5)$$

3. Spesifisitas

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

Persamaan (2.6).

$$SP = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\% \quad (2.6)$$

4. Presisi

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

$$PR = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (2.7)$$

5. Prediksi Negatif

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

$$PN = \frac{TN}{TN + Fn} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan:

AC	= Akurasi
SN	= Sensitivitas
SP	= Spesifisitas
PR	= Presisi
PN	= Prediksi Negatif
TP (<i>True Positive</i>)	= Jumlah prediksi yang benar dan jumlah nilai asli yang benar untuk setiap kelas yang diuji
TN (<i>True Negative</i>)	= Jumlah prediksi yang bernilai salah dan jumlah nilai asli yang salah untuk setiap kelas yang diuji
FP (<i>False Positive</i>)	= Jumlah prediksi yang bernilai benar dan jumlah nilai asli yang salah untuk setiap kelas yang diuji
FN (<i>False Negative</i>)	= Jumlah prediksi yang bernilai salah dan jumlah nilai asli yang benar untuk setiap kelas yang diuji

2.2.5 Metode *Backpropagation*

Metode *backpropagation* merupakan model yang menggunakan pembelajaran terpandu di JST. Algoritma ini biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah

yang kompleks, karena algoritma dilatih menggunakan metode pembelajaran. Dalam jaringan ini, sepasang pola yang terdiri dari pola masukan dan pola yang diinginkan diberikan. Metode *backpropagation* memiliki proses pembelajaran maju dan fungsi koreksi kesalahan mundur (Suhartanto dkk., 2017)

Backpropagation memiliki ciri yang unik yaitu setelah di lakukan propagasi maju akan dilakukan propagasi mundur untuk melakukan perbaikan bobot, kemudian dilakukan perubahan bobot, proses ini dilakukan terus menerus sampai mencapai batas iterasi atau minimum error yang ditentukan (Jauhari dkk., 2016).

Secara garis besar pelatihan jaringan dengan metode *backpropagation* meliputi tiga tahapan.

a. Tahap maju (*feedforward*)

Tahap *feedforward* adalah proses pengolahan pola input training pada *input layer* hingga respon yang dihasilkan mencapai *output layer*

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

Jika kriteria untuk kondisi berhenti tidak terpenuhi, masuk ke tahap ketiga (*adjustment of the weights and biases*). Namun, jika kondisi berhenti terpenuhi, proses penghitungan berhenti.

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

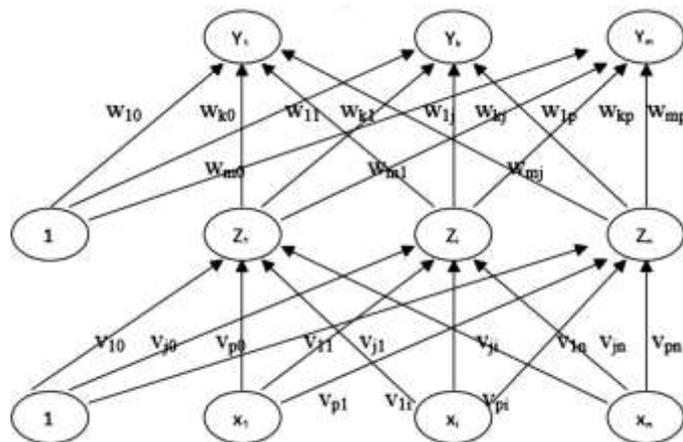
Jika keluaran yang diharapkan tidak sesuai, ini akan terjadi, dan kemudian jaringan akan mundur (*backward*) dari lapisan keluaran ke lapisan masukan dan akan memperbarui bobot dan mengulangi proses dari tahap 1 (Satria, 2018).

Tujuan dari metode ini adalah 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 (Wijaya, 2019).

Metode *backpropagation* memiliki keunggulan kemampuan bersifat *adaptive* (kumpulan data dapat disesuaikan) dan *fault tolerance* (kesalahan *error* kecil) yang dapat menyelesaikan masalah dalam sistem (Razak dan Riksakomara, 2017).

Backpropagation terdiri dari n buah masukan (ditambah sebuah bias), sebuah layer tersembunyi yang terdiri dari p unit (ditambah sebuah bias), serta m buah unit keluaran. V_{oj} dan W_{ok} masing-masing adalah bias untuk unit tersembunyi ke- j dan untuk *output* ke- k . Bias V_{oj} dan W_{ok} berperilaku seperti bobot dimana *output* bias ini selalu sama dengan 1. Arsitektur *Backpropagation* ditunjukkan pada **Gambar 2. 10**.



Gambar 2. 10 Arsitektur *backpropagation* (Sudarsono, 2016).

Arsitektur *backpropagation* menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah mundur (*backward*). Pada saat perambatan maju, neuron-neuron diaktifkan dengan menggunakan fungsi aktivasi yang didefinisikan, seperti sigmoid:

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (2.9)$$

atau tansig:

$$y = f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.10)$$

(Ritonga & Atmojo, 2018).

Algoritma pelatihan menggunakan metode propagasi mundur muncul pada tahun 1969. Metode propagasi balik JST memperkenalkan jaringan *multilayer*, yaitu:

- a) nilai dikirim melalui lapisan masukan ke lapisan tersembunyi (diteruskan) ke lapisan keluaran (keluaran aktual);
- b) bandingkan output aktual dengan output yang diharapkan, jika terdapat perbedaan ditunjukkan sebagai kesalahan;
- c) kemudian mengirimkan *error* dari *output layer* kebelakang ke *hidden layer*, lalu meneruskan ke *input layer* (Kurniawansyah, 2018).

2.2.6 *Principal Component Analysis (PCA)*

PCA adalah alat tradisional tanpa pengawasan yang banyak digunakan untuk mengurangi ukuran kumpulan data secara linier. Data berdimensi tinggi direpresentasikan dalam subruang berdimensi rendah baru, yang direntangkan oleh komponen utama dari varian terbesar dalam variabel asli. PCA banyak digunakan dalam aplikasi *e-nose* (Karakaya dkk., 2020).

Secara matematis, PCA mentransformasikan variabel untuk membangun sistem pengenalan wajah yang baik sehingga dapat diterapkan pada sistem pengenalan

manusia yang harus memenuhi berbagai kriteria, antara lain akurasi pengenalan dan kecepatan pengenalan (Salamun dan Wazir, 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 (Hakim dkk., 2018).

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).

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).

Algoritma PCA melakukan penguraian citra wajah kedalam kumpulan fitur karakteristik yang disebut sebagai "*eigenface*". Di dalam PCA, setiap gambar

dalam set pelatihan di representasikan sebagai kombinasi linear dari vektor *eigen*.

Berikut penjelasan mengenai penyusunan algoritma PCA.

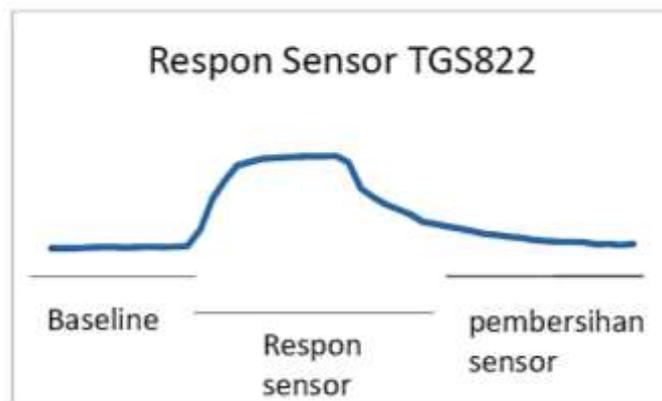
- a) pertama, pencarian nilai eigen terlebih dahulu perlu melakukan perhitungan nilai rata-rata dari sebuah citra;
- b) kedua, menghitung matriks normalisasi;
- c) ketiga, adalah proses mencari nilai dari matriks kovarian citra;
- d) langkah keempat mengurutkan nilai *eigen value* (D) dan *eigen vector* (V) dari besar ke kecil berdasarkan urutan nilai eigen. Kemudian hitung nilai matriks *eigenface*;
- e) langkah kelima hitung *project image* dari citra (Fadillah dkk., 2019).

Agustika dkk., (2016) melakukan penelitian untuk menentukan metode yang dapat mengurangi adanya sensor drift dengan tahapan manipulasi *baseline* dan memilih jenis manipulasi *baseline* yang optimal saat sistem sensor gas mendeteksi tiga jenis jamu yang berbeda. Data yang telah diseleksi ciri kemudian diterapkan tiga jenis manipulasi *baseline* yang berbeda (diferensial, relatif dan fraksional) dan dimasukkan ke sistem pengenalan pola PCA. Penelitian ini menggunakan *e-nose* untuk mendiskriminasi tiga jenis jamu yaitu beras kencur, kunir asam dan temulawak. *E-nose* yang digunakan terdiri dari enam sensor metal oksida TGS yang terdiri dari TGS813 (sensor metana), TGS822 (sensor uap air pelarut organik), TGS825 (sensor H₂S), TGS826 (sensor NH₃ dan amino), TGS2611 (sensor metana), TGS2620 (sensor alkohol).

Penelitian ini dimulai dengan cara memanaskan sensor gas pada *e-nose* selama 10 menit sebelum digunakan. Sampel uji diletakkan di ruang sampel dan setelah selesai pengujian, sensor dibersihkan dengan menyalakan kipas yang berfungsi

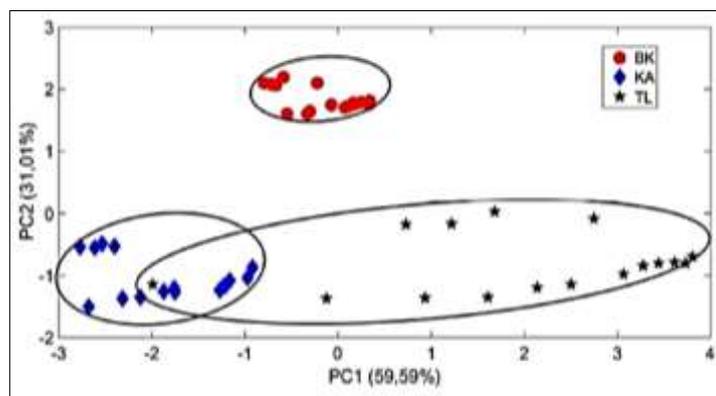
untuk menghisap udara bebas ke dalam ruang sensor. Data respon sensor diukur setiap 5 detik. Untuk respon sensor terhadap udara bebas pengambilan data dilakukan selama 1 menit sehingga diperoleh 12 titik data. Sedangkan untuk respon sensor terhadap sampel uji, pemaparan sensor terhadap sampel uji dilakukan selama 1 menit kemudian sampel diambil dari ruang sensor dan proses penurunan sinyal sebelum kembali ke *baseline* memakan waktu 20 detik (4 titik data) sehingga untuk satu sampel diperoleh 16 titik data. Proses pembersihan dilakukan selama 2 menit. Data yang diperoleh dari respon luaran sensor diprapemroseskan dengan menggunakan seleksi ciri dan manipulasi *baseline*. Manipulasi *baseline* yang digunakan adalah diferensial, relatif dan fraksional. Selanjutnya data hasil manipulasi *baseline* diolah menggunakan sistem pengenalan pola PCA. Sistem pengenalan pola PCA akan menentukan manipulasi *baseline* manakah yang memberikan hasil optimal dan akan digunakan untuk pengolahan data selanjutnya.

Data respon luaran salah satu sensor dari *e-nose* yaitu TGS 822 pada sampel temulawak terlihat pada **Gambar 2. 11**. Gambar ini merupakan tipikal respon sensor gas pada saat sensor terpapar udara bebas, pengambilan data hingga pembersihan.



Gambar 2.11 Respon Luaran Sensor TGS 822 pada sampel temulawak (Agustika & Triyana, 2016).

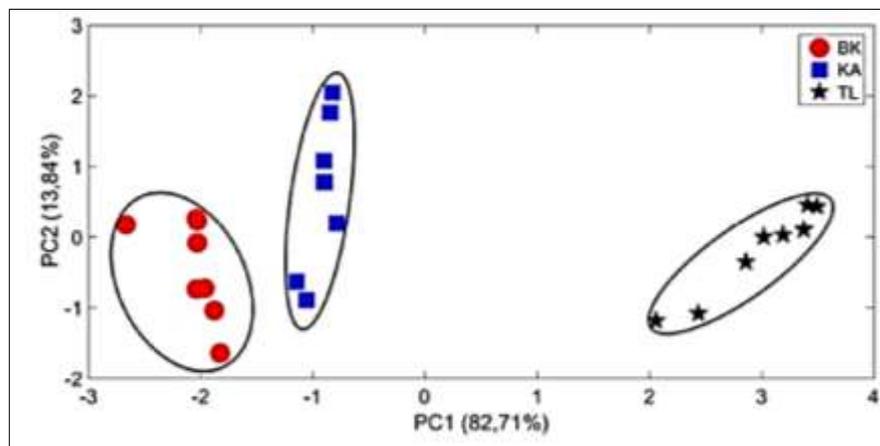
Untuk mengetahui pentingnya tahapan prapemrosesan, data respon luaran sensor tanpa melalui tahapan prapemrosesan langsung diolah dengan menggunakan PCA dan hasilnya terlihat pada **Gambar 2. 12**.



Gambar 2.12 Hasil diskriminasi PCA dari sistem *e-nose* tanpa prapemrosesan untuk ketiga jenis jamu (Agustika & Triyana, 2016).

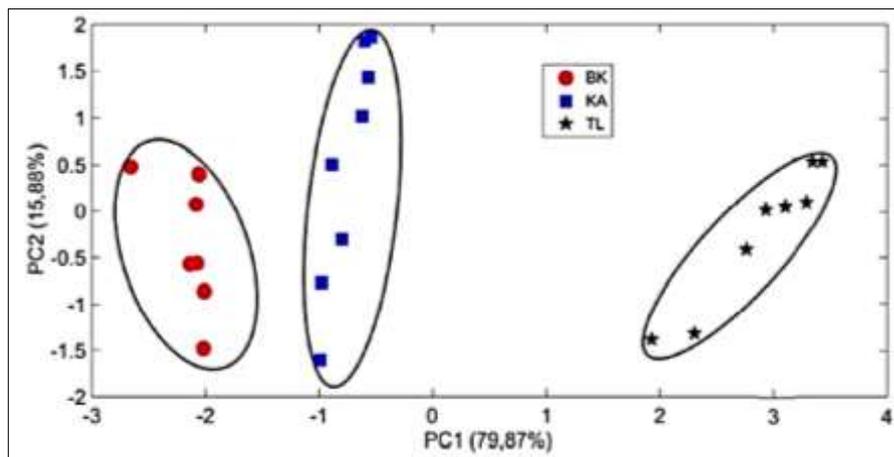
Gambar 2.12 menunjukkan bahwa kelompok/cluster data kunyit asem tumpang tindih dengan kelompok data temulawak yang menandakan sistem tanpa prapemrosesan tidak dapat mendiskriminasi sampel yang berbeda. Oleh karenanya dibutuhkan tahapan prapemrosesan dengan seleksi ciri dengan memilih data pada titi-titik stabil kemudian menerapkan manipulasi *baseline* kemudian hasilnya diolah dengan sistem pengenalan pola PCA. Berdasarkan ketiga macam

manipulasi *baseline* akan ditentukan jenis apakah yang memberikan hasil diskriminasi yang optimal. **Gambar 2.13** menunjukkan data yang telah diseleksi ciri dan dilakukan manipulasi *baseline* relatif.

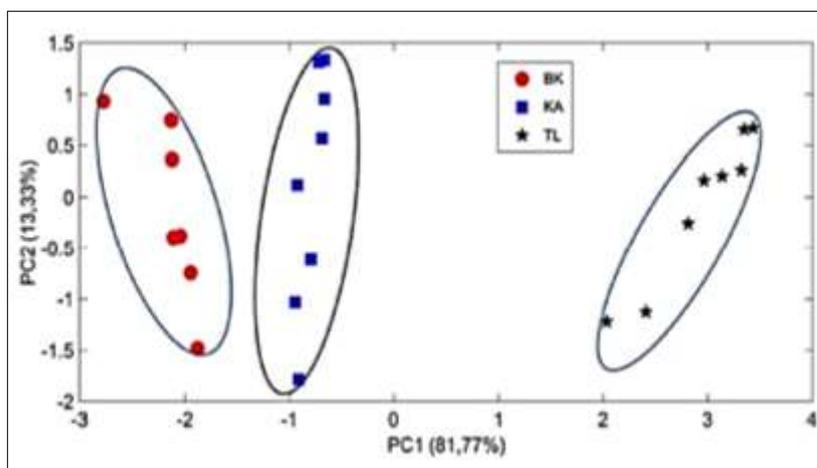


Gambar 2.13 Hasil diskriminasi PCA dari sistem *e-nose* dengan seleksi ciri dan manipulasi *baseline* diferensial untuk ketiga jenis jamur (Agustika & Triyana, 2016).

Nilai persen variansi PC1 dan PC2 pada **Gambar 2.13** adalah 82,71% dan 13,84%. Jumlah persen variansi komponen PC1 dan PC2 mencapai 96,55%.. Dari gambar terlihat bahwa pemisahan antara kelompok temulawak dengan beras kencur dan kunir asem cukup lebar hal ini sesuai dengan variansi antara kedua kelompok ini yang besar yaitu nilai persen variansi PC1 mencapai 82,71%. Untuk optimasi hasil diskriminasi sistem, digunakan pula manipulasi *baseline* lainnya yaitu relatif dan fraksional. **Gambar 2.14** menunjukkan hasil olahan manipulasi *baseline* fraksional.



Gambar 2.14 Hasil diskriminasi PCA dari sistem *e-nose* dengan seleksi ciri dan manipulasi *baseline* relatif untuk ketiga jenis jamur (Agustika & Triyana, 2016).



Gambar 2.15 Hasil diskriminasi PCA dari sistem *e-nose* dengan seleksi ciri dan manipulasi *baseline* fraksional untuk ketiga jenis jamur (Agustika & Triyana, 2016).

Untuk *baseline* relatif nilai persen variansi PC1 79,87% dan PC2 15,88%, sedangkan *baseline* fraksional nilai persen variansi PC1 81,77% dan PC2 13,33%. PC1 menunjukkan tingkat diskriminasi ketiga jamur, sehingga untuk menentukan jenis manipulasi *baseline* mana yang memberikan hasil optimal perlu dibandingkan nilai PC1 diantara *baseline* diferensial, relatif dan fraksional. Perbandingan nilai PC1 terlihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Perbandingan persentase PC1 ketiga jenis manipulasi *baseline*

No.	Jenis manipulasi <i>baseline</i>	PC1(%)
1.	Diferensial	82,71
2.	Relatif	79,87
3.	Fraksional	81,77

Dari ketiga jenis manipulasi *baseline* terlihat bahwa untuk tahapan prapemrosesan pada *e-nose* yang digunakan dalam penelitian, jenis manipulasi *baseline* diferensial memberikan hasil optimal dengan %PC1 terbesar yaitu 82,71% diikuti oleh *baseline* fraksional dan relatif.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2021 sampai dengan bulan April 2022 bertempat di Laboratorium Elektronika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

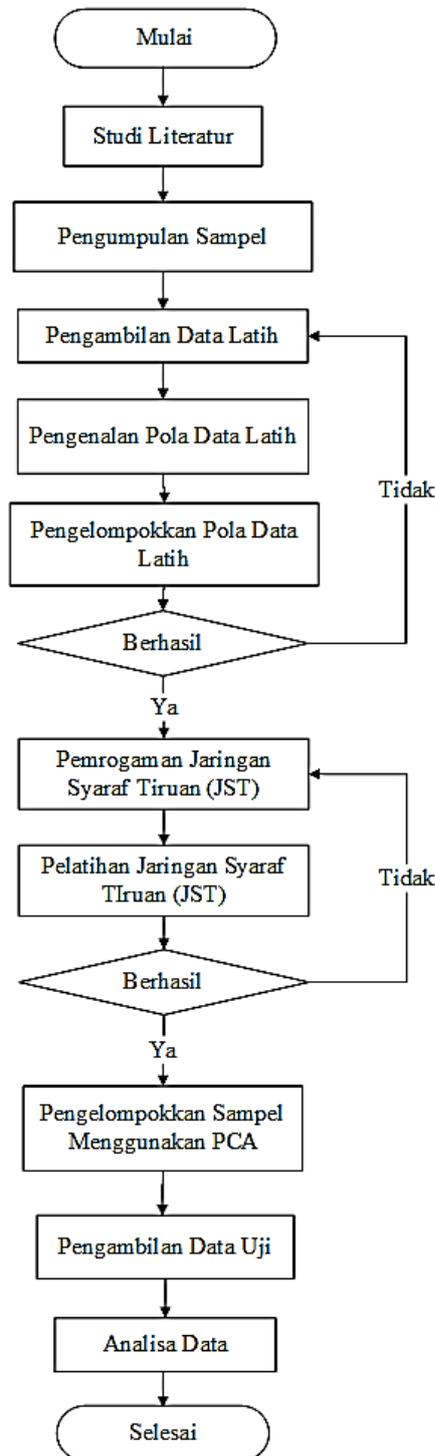
1. Sistem *e-nose* dengan sensor *array* digunakan untuk mengidentifikasi aroma sampel
2. Tabung gas nitrogen digunakan untuk menyimpan gas nitrogen.
3. PC//Komputer digunakan untuk akuisisi data dan pengelolaan sinyal input dari Arduino untuk mendapatkan data yang dibutuhkan..
4. *Software* Matlab R2014a digunakan untuk menghitung, mengelola dan menganalisa karakteristik gas dari rempah-rempah. Selain itu, *software* Matlab juga digunakan untuk merancang JST untuk mengidentifikasi rempah-rempah.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Rempah-rempah digunakan sebagai sampel dengan jenis yang berbeda.
2. Gas nitrogen digunakan untuk membersihkan ruang dan sensor. Nitrogen dipilih karena sensor tidak akan bereaksi dengan nitrogen.

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 penelitian

Dalam rangka mencapai tujuan dari penelitian ini, prosedur penelitian yang telah dirumuskan dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

3.3.1. Studi Literatur

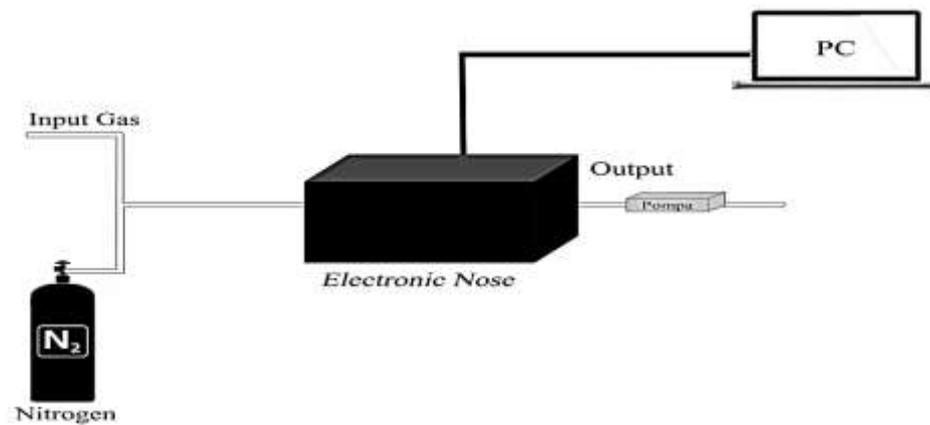
Studi literatur dilakukan untuk mengetahui konsep-konsep dasar yang menunjang penelitian ini. Literatur yang dikaji pada penelitian ini berkaitan dengan perancangan JST, pengelompokan sampel menggunakan PCA dan analisis data.

3.3.2. Pengumpulan Sampel

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan sampel yang akan digunakan pada penelitian berupa rempah-rempah. Rempah-rempah yang digunakan pada penelitian ini adalah jahe, kunyit, lengkuas dan kencur.

3.3.3. Pengambilan Data

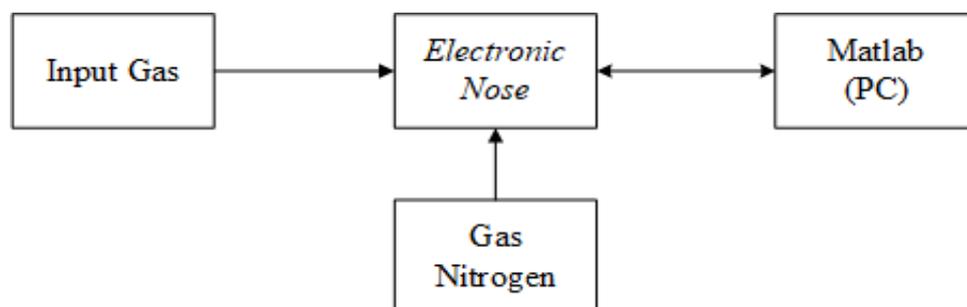
Pengambilan data dilakukan dengan gas rempah-rempah pada sensor gas yang digunakan. Dalam hal ini sistem *e-nose* yang digunakan sebelumnya dirancang oleh Fadhillah, (2019). Berikut ini merupakan skema rancangan pengambilan data menggunakan *e-nose* yang akan digunakan untuk mendeteksi rempah-rempah 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 dianalisa, 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*.

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 rempah dengan massa 50 gram yang akan dideteksi oleh *e-nose*. Perubahan tegangan yang dihasilkan oleh sensor gas yang terdapat pada *e-nose* akan dikirim ke PC untuk dianalisa menggunakan JST pada *software* Matlab. Gas nitrogen dimasukan untuk membersihkan gas sisa yang terdapat pada *chamber* di *e-nose* setelah analisa selesai.

Data latih sampel.yang diperoleh ditunjukkan pada **Tabel 3. 1**.

Tabel 3.1 Data latih sampel.

No	Nama Sampel	Uji ke	Sensor (mV)				
			MQ-3	TGS-2611	TGS-822	TGS-2600	TGS-2602
1	Jahe	1					
		2					
		3					
		...					
		15					
2	Kunyit	1					
		2					
		3					
		...					
		15					
3.	Kencur	1					
		2					
		3					
		...					
		15					
4.	Lengkuas	1					
		2					
		3					
		...					
		15					

3.3.4. Pengenalan Pola Data Latih

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

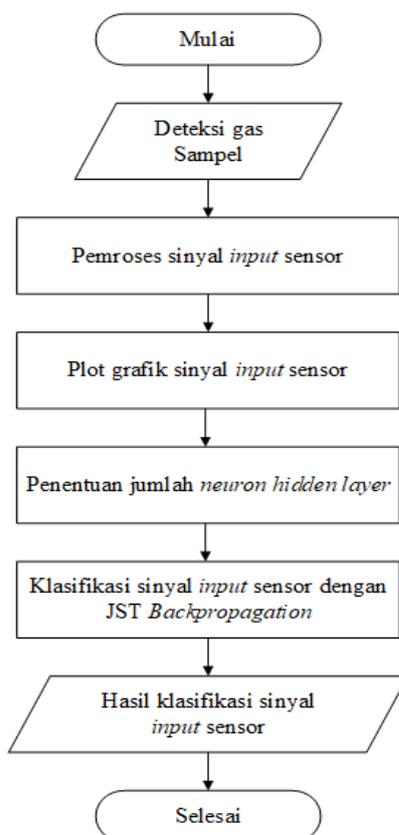
3.3.5. Pengelompokan Pola Data Latih

Tahap ini, dilakukan dengan cara mengamati apakah sensor dapat membedakan gas masing-masing sampel dari data latih yang diperoleh dari **Tabel 3.1** dan mampu mengelompokkan sesuai jenisnya menggunakan *microsoft excel*.

3.3.6. Perancangan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

Tahap perancangan JST dilakukan dengan membuat JST menggunakan *software* Matlab R2014a dan metode *backpropagation*. JST ini akan digunakan untuk mengidentifikasi rempah-rempah. Adapun alur perancangan JST dilakukan pada penelitian ini diperlihatkan dalam diagram alir perancangan JST pada **Gambar 3.4**.

3.4.

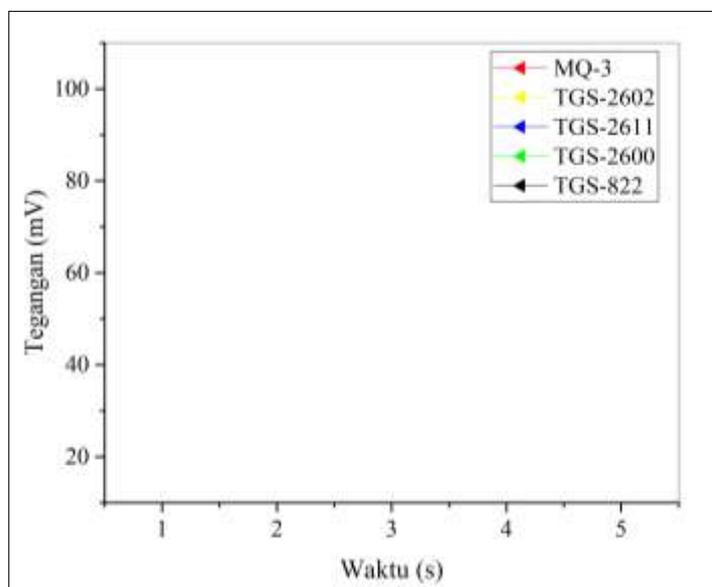


Gambar 3.4 Diagram alir perancangan JST

Tahap pendeteksian sampel dilakukan oleh sensor gas yang mengalami perubahan tegangan ketika mendeteksi sampel.

Tahap pengolahan sinyal input dari sensor merupakan proses mengubah sinyal analog yang dikirim oleh sensor ke arduino Tahap pengolahan sinyal input dari sensor merupakan proses mengubah sinyal analog yang dikirim oleh sensor ke arduino dengan mengkonversinya menjadi sinyal digital menggunakan *Analog to Digital Converter* (ADC).

Tahap plot grafik sinyal *input* larik sensor adalah proses *plotting* data yang disediakan oleh lima larik sensor. Proses *plotting* dilakukan secara *realtime* sehingga proses pengambilan data dapat langsung diamati. Untuk menampilkan grafik secara *realtime*, *software* Matlab digunakan sebagai *interface* yang ditunjukkan melalui grafik respon dari sensor pada **Gambar 3.5**.



Gambar 3.5 Grafik respon sensor

Tahap penentuan jumlah *neuron hidden layer* dilakukan untuk menentukan jumlah *neuron hidden layer* yang akan digunakan saat melatih JST.

Tahap klasifikasi sinyal input sensor dengan JST *backpropagation* merupakan proses pengklasifikasian sinyal sensor yang diperoleh. Proses ini juga dilakukan untuk melatih JST agar dapat membedakan rempah-rempah yang berbeda.

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

3.3.7. Pengujian JST

Pengujian JST dilakukan menentukan apakah JST dapat mengidentifikasi gas rempah-rempah dengan benar. Pengujian sistem JST dilakukan dengan memberikan gas rempah-rempah yang digunakan sebagai data uji dan mengubah bobot jumlah *neuron hidden layer* (m) JST dari data latih dalam penelitian ini pada GUI. Data uji GUI ditunjukkan pada **Tabel 3.2**

Tabel 3.2 Data uji GUI

No	Nama Sampel	Uji ke	Jumlah <i>neuron hidden layer</i> (m)		
			m=4	m=5	m=9
1.	Jahe	1			
		2			
		3			
		...			
		10			
2.	Kencur	1			
		2			
		3			
		...			
		10			
3.	Kunyit	1			
		2			
		3			
		...			

No	Nama Sampel	Uji ke	Output		
			m=4	m=5	m=9
		10			
4.	Lengkuas	1			
		2			
		3			
		...			
		10			

3.3.8. Analisis Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan evaluasi terhadap model JST yang telah dibuat dengan cara melakukan pengujian terhadap data yang berbeda dari data yang digunakan pada proses pelatihan JST. Analisa dilakukan dengan membentuk *confusion matrix* yang berupa nilai yang berbentuk matriks seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Rancangan tabel *confusion matrix*

Sampel sebenarnya	Sampel hasil identifikasi			
	Jahe	Kencur	Kunyit	Lengkuas
Jahe				
Kencur				
Kunyit				
Lengkuas				

Dari **Tabel 3.3** dapat dicari nilai akurasi, sensitivitas, spesifisitas, presisi, dan nilai prediksi negatif dari setiap model JST yang diperoleh dari hasil pelatihan. Hasil perhitungan data *binary confusion matrix* kemudian ditampilkan seperti pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Rancangan tabel *binary confusion matrix*

Sampel sebenarnya	Sampel hasil identifikasi	
	Jahe	Bukan Jahe

Jahe	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Jahe	FP =	TN =	Spesifisitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
	Kencur	Bukan Kencur	
Kencur	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Kencur	FP =	TN =	Spesifisitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
	Kunyit	Bukan Kunyit	
Kunyit	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Kunyit	FP =	TN =	Spesifisitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =
	Lengkuas	Bukan Lengkuas	
Lengkuas	TP =	FN =	Sensitivitas =
Bukan Lengkuas	FP =	TN =	Spesifisitas =
	Presisi =	Prediksi Negatif =	Akurasi =

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

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

1. Pengembangan sistem *e-nose* menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode *backpropagation* telah mampu mendeteksi gas rempah-rempah seperti: jahe, kencur, kunyit dan lengkuas.
2. Nilai persentase variasi yang diperoleh dari penelitian PCA1 sebesar 93,24%, sedangkan PCA2 bernilai sebesar 5,61%. Sehingga total penjumlahan PCA1 dan PCA2 menjelaskan 98,85% informasi pada data sampel rempah yaitu: jahe, kencur, kunyit dan lengkuas.
3. Arsitektur jaringan syaraf tiruan dengan jumlah neuron *hidden layer* 9 merupakan jaringan syaraf tiruan dengan akurasi terbaik yang dihasilkan dari proses pelatihan. Jaringan syaraf tersebut mampu mengidentifikasi data sampel rempah-rempah sebesar 98,75% dengan nilai standar deviasi sebesar 0,388718 dan nilai ketidakpastian relatifnya sebesar 13,2%.

5.2. Saran

Saran dari penelitian yang dapat dilakukan untuk perkembangan riset selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem *e-nose* yang lebih *portable* agar alat dapat digunakan lebih maksimal.
2. Memperbanyak sampel data latih untuk meningkatkan performa JST dalam membedakan rempah-rempah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, Ivo. 2020. Beragam Manfaat Kunyit Bagi Kesehatan, Salah Satunya Meningkatkan Daya Tahan Tubuh!. Diambil 01 Juli 2022, dari <https://albiruniherbals.co.id/beragam-manfaat-kunyit-bagi-kesehatan-salah-satunya-meningkatkan-daya-tahan-tubuh/>
- Agustika, Dyah Kurniawati dan Kuwat Triyana. 2016. Metode manipulasi baseline untuk mengatasi sensor drift pada sensor gas untuk uji diskriminasi jamu the method of baseline manipulation to overcome the sensor drift on gas sensor test for herbal drinks discrimination. *J. Sains Dasar*, 5(1), 52–56.
- Army, RI. 2018. *Jamu Ramuan Tradisional Kaya Manfaat*. Jakarta Timur: Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa.
- Azhar Razak, Muhammad dan Edwin Riksakomara. 2017. Peramalan Jumlah Produksi Ikan dengan Menggunakan Backpropagation Neural Network (Studi Kasus: UPTD Pelabuhan Perikanan Banjarmasin. *Journal of Engineering ITS*, 6(1), 142–148.
- Budiana, Oris Riswan. 2019. Sudah Tahu 7 Rempah-rempah Andalan Ekspor Indonesia? Diambil 01 Juli 2022, dari <https://www.beritabaik.id/read?editorialSlug=kuliner&slug=1542099755843-sudah-tahu-7-rempah-rempah-andalan-ekspor-indonesia>
- Dragonieri, Silvano, Giorgio Pennazza, Pierluigi Carratu dan Onofrio Resta. 2017. Electronic Nose Technology in Respiratory Diseases. *Lung*, 195(2), 157–165.
- Evizal, Rusdi. 2013. *Tanaman Rempah dan Fitofarmaka*. Bandar Lampung: Lembaga Penelitian Universitas Lampung.
- Fadhillah, Rizky. 2019. Rancang Bangun Sistem *Electronic Nose* Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan Metode *Back Propagation* untuk Mendeteksi Penyakit Diabetes Militus. *Skripsi*, Universitas Lampung.
- Fadillah, Nurul, Imanuddin dan Dewi Lestari. 2019. Hand Human Recognition Berdasarkan Geometri Telapak Tangan Menggunakan Principal Component Analysis. *Jurnal SIMETRIS*, 10(2), 771–786.
- Fibrianda, M. F., & dan Adhitya Bhawiyuga. (2018). Analisis Perbandingan Akurasi Deteksi Serangan Pada Jaringan Komputer Dengan Metode Naïve Bayes Dan Support Vector Machine (SVM). *Jurnal Pengembangan*

Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2(9), 3112–3123.

- Firdaus, Jannah. 2021. *Buah dan Tanaman Herbal yang Berkhasiat untuk Menghilangkan Stress Depresi Edisi Bilingual*. Asia Tenggara: Mediapro.
- 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.
- Helmalia, Andi Widya, Putrid dan Andi Dirpan. 2019. Potensi Rempah-Rempah Tradisional sebagai Sumber Antioksidan Alami untuk Bahan Baku Pangan Fungsional). *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 2(1), 26–31.
- Heshelow, Kathy. 2017. *Turmeric How to Use it for Your Wellness*. Park Boulevard: Sublime Beauty Naturals.
- Hikmatulloh, Erfah, Elly Lasmanawati dan Tati Setiawati. 2017. Manfaat Pengetahuan Bumbu dan Rempah pada Pengolahan Makanan Indonesia Siswa SMKN 9 Bandung. *Media Pendidikan, Gizi dan Kuliner*, 6(1), 42–50.
- Hizham, Fadhel Akhmad, Yanuar Nurdiansyah, dan Diksy Media Firmansyah. 2018. Implementasi Metode Backpropagation Neural Network (BNN) dalam Sistem Klasifikasi Ketepatan Waktu Kelulusan Mahasiswa (Studi Kasus: Program Studi Sistem Informasi Universitas Jember). *Berkala Sainstek*, 6(2), 97.
- Isnaini, Arni. 2019. Describe Ingredients Jahe. Diambil 01 Juli 2022, dari https://barniscooking.blogspot.com/2019/03/describe-ingredients_59.html
- Jauhari, Daneswara, Alfian Himawan dan Candra Dewi. 2016. Prediksi Distribusi Air PDAM menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation di PDAM Kota Malang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(2), 83.
- Kaharuddin, Kusri dan Emha Taufiq Luthfi. 2019. Klasifikasi Jenis Rempah-Rempah Berdasarkan Fitur Warna RGB dan Tekstur Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor. *Jurnal Informasi Interaktif*, 4(1), 17–22.
- Karakaya, Diclehan, Oguzhan Ulucan dan Mehmet Turkan. 2020. Electronic Nose and Its Applications: A Survey. *International Journal of Automation and Computing*, 17(2), 179–209.
- Kukade, M. V, N. M. Kulkarni, D. S. Kumbhar dan D. C. Gharpure. 2018. Identification of spices by Electronic Nose using pattern recognition technique. *International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering*, 4(3), 243 – 250.
- Kurniawan, Andi. 2017. Verifikasi Suara menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Ekstraksi Ciri Mel Frequency Cepstral Coefficient. *Jurnal Sistem*

Informasi Bisnis, 01, 32–38.

- Kurniawansyah, Arius Satoni. 2018. Implementasi Metode Artificial Neural Network dalam Memprediksi Hasil Ujian Kompetensi Kebidanan (Studi Kasus di Akademi Kebidanan Dehasen Bengkulu). *Pseudocode*, 5(1), 37–44.
- Kustian, Nunu. 2016. Principal Component Analysis untuk Sistem Pengenalan Wajah dengan menggunakan Metode Eigenface. *Jurnal String*, 1(2), 193–202.
- Lakshmi, Padma. 2016. *The Encyclopedia of Spices and Herbs*. New York City: An Imprint of HarperCollinsPublisher.
- Lestari, Muji. 2019. Kencur Bisa Menyaingi Efek Obat-obatan Modern, Ini Penjelasannya. Diambil 01 Juli 2022, dari <https://faktualnews.co/2019/04/24/kencur-bisa-menyaingi-efek-obat-obatan-modern-ini-penjasannya/136579/>
- Lestari, Novia dan Lucky Lhaura Van FC. 2017. Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Menilai Kelayakan Tugas Akhir Mahasiswa (Studi Kasus di Amik Bukittinggi). *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi Digital Zone*, 8(1), 10–24.
- 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.
- Mia, M. R., Mia, M. J., Majumder, A., Supriya, S., & Habib, M. T. 2019. Computer vision based local fruit recognition. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, Vol. 9, pp. 2810-2820.
- Mubarok, Ubaidillah Husni & Suprpto. (2018). Perbandingan Akurasi antara Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation dan Case-Based Reasoning dalam Diagnosis Penyakit Mata. *Berkala MIPA*, 25(2), 154–164.
- Muchyidin, Arif. 2017. *Catatan Kecil Belajar MATLAB Untuk Matematika Terapan dan Teknik*. Cirebon: CV. Confident.
- 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.
- Muryanto. (2020). Validasi Metode Analisa Amonia pada Air Tanah Menggunakan Metode Spektrofotometri. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(2), 40–44.

- Rabersyah, Desti, Firdaus dan Derisma. 2016. Identifikasi Jenis Bubuk Kopi menggunakan Electronic Nose dengan Metode Pembelajaran Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 5(3), 332–338.
- Ritonga, Alven Safik. dan dan Suryo Atmojo. 2018. Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Jumlah Mahasiswa Baru di PTS Surabaya (Studi Kasus Universitas Wijaya Putra). *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 12(1), 15.
- Sakinah, Nabilla Putri, Imam Cholissodin dan Agus Wahyu Widodo. 2018. Prediksi Jumlah Permintaan Koran Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(7), 2612–2618.
- Salamun dan Firman Wazir. 2016. Rancang Bangun Sistem Pengenalan Wajah Dengan Metode Principal Component Analysis. *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, 1(2), 59–75.
- Salbiah, Nurul Adriyana. 2019. Cobalah Rebusan Kaldu Lengkuas yang Punya 3 Khasiat Bagi Usus. Diambil 01 Juli 2022, dari <https://www.jawapos.com/lifestyle/06/01/2019/cobalah-rebusan-kaldu-lengkuas-yang-punya-3-khasiat-bagi-usus/>
- Sari, Ayu Nirmala. 2016. Berbagai Tanaman Rempah Sebagai Sumber Antioksidan Alami. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 2(2), 203–212.
- Sartika, Resa. 2017. *Mudah dan Praktis dari Budidaya Jahe*. Yogyakarta: Shira Media.
- 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.
- Shi, Hao, Min Zhang dan Benu Adhikari. 2018. Advances of electronic nose and its application in fresh foods: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(16), 1–44.
- Sitompul, Anggiyansah, Bambang Heru Iswanto dan Widyaningrum Indrasari. 2020. Analisis Cluster Bahan Herbal Berdasarkan Fitur Respon E-Nose. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2020, IX*, 141–146. Jakarta.
- Soh, A Che, N. F.M Radzi, U. K. Mohamad Yusof, A. J. Ishak dan M. K Hassan. 2018. Development of electronic nose for classification of aromatic herbs using artificial intelligent techniques. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(10), 3043–3057.
- Sovia, Rini dan Musli Yanto. 2018. Jaringan Syaraf Tiruan Analisa Pengaruh Gizi Buruk Terhadap Perkembangan Balita dengan Algoritma Perceptron. *Jurnal Ilmiah Media SISFO*, 12(1), 1003–1011.

- Sudarsono, Aji. 2016. Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode. *Media Infotama*, 12(1), 61–69.
- Suhartanto, Rokky Septian, Candra Dewi dan Lailil Muflikhah. 2017. Implementasi Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation untuk Mendiagnosis Penyakit Kulit pada Anak. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1(7), 555–562.
- 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.
- Syahrudin, Vera Mandailina. 2017. Pengembangan Modul Pemrograman Komputer Berbasis Matlab. *Jurnal Teori dan Aplikasi Matematika*, 1(Okttober), 01–04.
- Tjolleng, Amir. 2017. *Pengantar Pemrograman MATLAB*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Wijaya, Anggi Hadi. 2019. Artificial Neural Network untuk Memprediksi Beban Listrik dengan Menggunakan Metode Backpropagation. *Jurnal CoreIT*, 5(2), 61–70.