

**KLASIFIKASI POLA RASA DAGING SAPI DAN DAGING BABI  
BERBASIS *ELECTRONIC TONGUE* DENGAN 17 ARRAY SENSOR  
MENGUNAKAN METODE *PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS*  
(PCA) DAN *CLUSTER ANALYSIS* (CA)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**NIZARA ISNANDA RAHMA**

**NIM. 12640005**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**KLASIFIKASI POLA RASA DAGING SAPI DAN DAGING BABI  
BERBASIS *ELECTRONIC TONGUE* DENGAN 17 ARRAY SENSOR  
MENGUNAKAN METODE *PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS*  
(PCA) DAN *CLUSTER ANALYSIS* (CA)**

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**NIZARA ISNANDA RAHMA  
NIM. 12640005**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2016**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**KLASIFIKASI POLA RASA DAGING SAPI DAN DAGING BABI BERBASIS  
ELECTRONIC TONGUE DENGAN 17 ARRAY SENSOR MENGGUNAKAN  
METODE PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA) DAN CLUSTER  
ANALYSIS (CA)**

**SKRIPSI**

Oleh:

**NIZARA ISNANDA RAHMA**

**NIM. 12640005**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,  
Pada tanggal: 21, Juni 2016

Pembimbing I,



Imam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II,



Umayyatus Syarifah, M.A

NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si

NIP. 19811119 200801 2 009

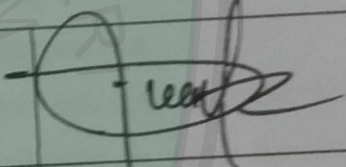
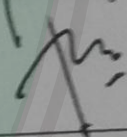
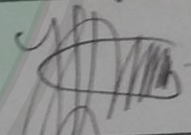
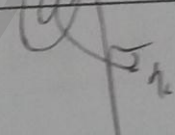
HALAMAN PENGESAHAN

KLASIFIKASI POLA RASA DAGING SAPI DAN DAGING BABI BERBASIS  
ELECTRONIC TONGUE DENGAN 17 ARRAY SENSOR MENGGUNAKAN  
METODE PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA) DAN CLUSTER  
ANALYSIS (CA)

SKRIPSI

Oleh:  
NIZARA ISNANDA RAHMA  
NIM. 12640005

Telah Dipertahankan didepan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 28 Juni 2016

Penguji Utama	: <u>Drs. H. M. Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Ketua Penguji	: <u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Sekretaris Penguji	: <u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	: <u>Umairatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Fisika

  
Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

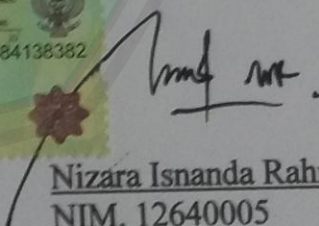
Nama : Nizara Isnanda Rahma  
NIM : 12640005  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Klasifikasi Pola Rasa Daging Sapi dan Daging Babi Berbasis *Electronic Tongue* dengan 17 Array Sensor Menggunakan Metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur penjiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 21 Juni 2016  
Yang membuat Pernyataan,



  
Nizara Isnanda Rahma  
NIM. 12640005

## MOTTO

The secret of change is to focus all of your energy, not on fighting the old, but on building the new – *Socrates*

It's nice to be important, but it's more important to be nice – *John Cassis*

If you wanna succes, don't be your self but be your best self

-*Merry Riana*-



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucap syukur sedalam-dalamnya penulis persembahkan karya tulis ini teruntuk kedua orangtua tercinta,

***“Ayahanda Nur Ali dan Ibunda Siti Aliyah”***

Terima kasih atas doa, restu, dan dukungan yang tiada henti,

Kakak tercinta, Emma Provita Rahma dan adik-adik tersayang, Rizqy Mafluhatur Rahma dan Nashrillah Azka Maulana, serta

Sensor Team,



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

*Alhamdulillahirobbil'alamiin*, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Klasifikasi Pola Rasa Daging Sapi dan Daging Babi Berbasis *Electronic Tongue* dengan 17 Array Sensor Menggunakan Metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA)” ini. Tidak lupa pula sholawat serta salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah menuntun manusia dari zaman jahiliyah menuju zaman yang terang benderang, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Dengan ini penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan penulisan skripsi ini.

Ucapan terima kasih yang sebesar-sebesarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku ketua jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Imam Tazi, M.Si Selaku Dosen pembimbing skripsi ini yang memberikan banyak kesabaran, waktu dan ilmu dalam membimbing penulis agar skripsi ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.

6. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengajaran.
7. Kedua orang tua, ayahanda Nur Ali dan Ibunda Siti Aliyah tercinta dan keluarga yang selalu mendoakan, menjadi panutan serta memberi restu dan dukungan yang berharga.
8. Sensor team, Anis Choiriyah, Ayu Tsaqifa, Nur laila Isnaini, Rahmat Aditya, M. Nashir sebagai tim penelitian atas diskusi, semangat dan dukungan selama penulisan skripsi ini.
9. Teman-teman Fisika angkatan 2012 dan teman-teman Elektronika Instrumentasi yang selalu menjalin kekompakan dan memberi dukungan,
10. Rina Agustina, Irene Romadhona, Intan Putri Nazila, Anis Choiriyah atas dukungan, semangat, doa dan perjuangan bersama dari awal perkuliahan.
11. Teman-teman kos 512A, Jiwati Arum, Isna Vitasari, Nailatul Muna, Ernanda Widya dan Fitriatul Laili yang selalu menghibur, memberi semangat serta mendoakan.
12. Teman-teman sepermainan, Rosma Nur Amalia, Anisa Nuur Rahma, Anggi Mega, Maya Nabila yang senantiasa menghibur, mendukung dan memberikan semangat selama penulisan karya tulis ini.
13. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan. Dengan kerendahan hati, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menambah khasanah pustaka dan bermanfaat bagi orang lain.

Malang, 13 Mei 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Manfaat Penelitian .....	7
1.5 Batasan Penelitian .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Daging .....	8
2.2 Daging Sapi dan Daging Babi dalam Perspektif Islam .....	9
2.3 Rasa Daging .....	12
2.4 Indera Pengecap dan Rasa .....	15
2.5 Sensor .....	18
2.6 Sensor Rasa dan Lidah Elektronika .....	20
2.7 Membran Lipid .....	21
2.8 Elektrokimia .....	28
2.8.1 Elektroda Kerja .....	29
2.8.2 Elektroda Pembanding .....	30
2.9 Sensor pH .....	31
2.10 Arduino .....	32
2.11 Akuisi Data .....	34
2.12 NI LabVIEW 2014 .....	35
2.13 Principal Component Analysis .....	36
2.14 Cluster Analysis .....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
<b>3.1 Jenis Penelitian</b> .....	<b>44</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	<b>44</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	<b>44</b>
3.3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian .....	44
3.3.2 Bahan Pembuat Membran .....	46
3.3.3 Bahan untuk Membuat Probe Sensor .....	46
3.4 Rencana Penelitian .....	47
3.5 Tahap dan Alur Penelitian .....	50

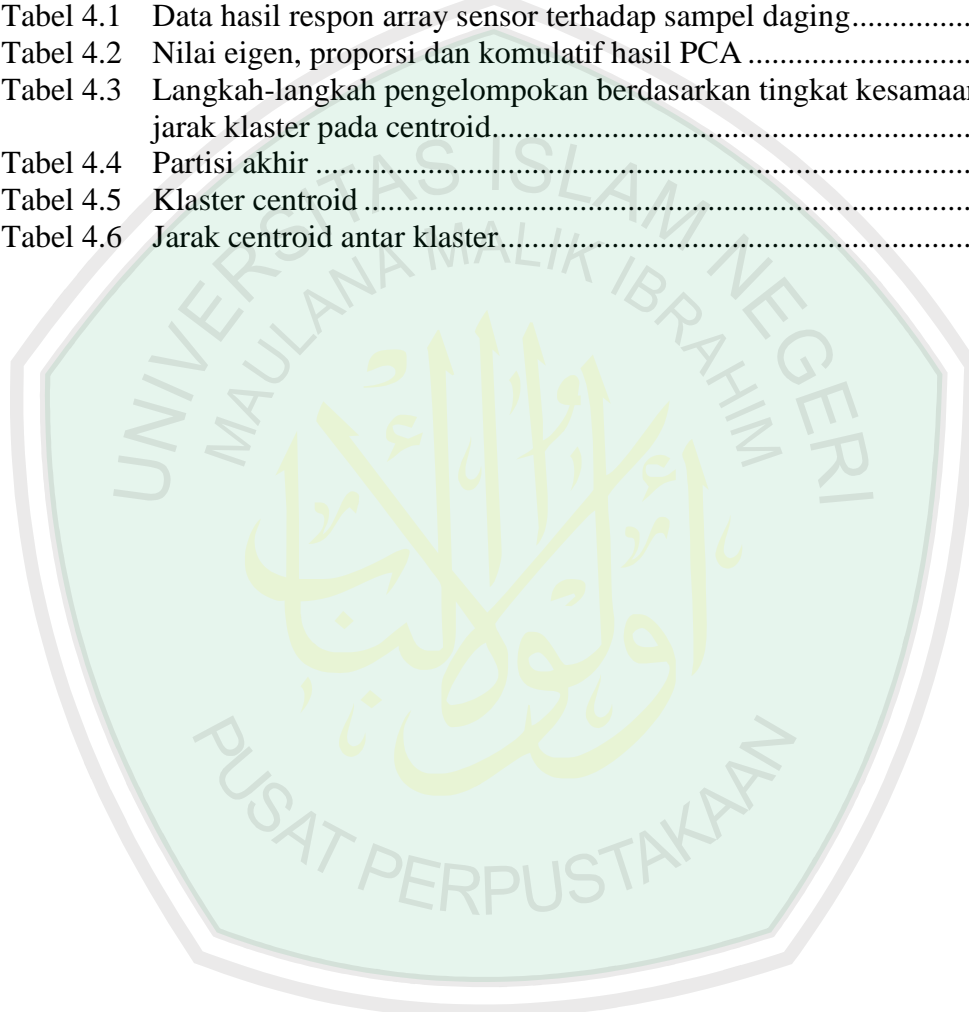
3.5.1	Susunan Membran dan Pembuatan Membran Sensor .....	48
3.5.2	Pembuatan Probe Sensor Lidah Elektronik .....	50
3.5.3	Pembuatan Software dan Hardware Sensor Lidah Elektronik .....	51
3.5.4	Pengambilan Data .....	54
3.5.5	Pengolahan Data .....	55
3.5.6	Analisis Data .....	56
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil Pembuatan Sistem Lidah Elektronik .....	58
4.1.1	<i>Array</i> Sensor Lidah Elektronik .....	59
4.1.2	<i>Interface</i> Sensor Lidah Elektronik .....	60
4.1.3	Software Sistem Akuisisi Data Lidah Elektronik .....	61
4.2	Preparasi Sampel dan Proses Pengujian Rasa Daging.....	70
4.3	Data Hasil Penelitian .....	71
4.3.1	Respon <i>Array</i> Sensor Lidah Elektronik terhadap Daging Sapi dan Daging Babi.....	71
4.3.2	Praprosesing Data.....	72
4.3.3	Hasil Pengolahan Data PCA .....	74
4.3.4	Hasil Pengolahan Data CA .....	75
4.4	Pembahasan .....	77
4.4.1	Respon Sensor Lidah Elektronik terhadap Daging .....	79
4.4.2	Pengolahan Data PCA .....	82
4.4.2.1	Analisis <i>Loading Plot</i> PCA .....	85
4.4.2.2	Analisis <i>Score Plot</i> PCA .....	86
4.4.3	Pengolahan Data CA.....	89
4.5	Kajian Integrasi Islam tentang Lidah Elektronik dan Rasa Makanan .....	91
<b>BAB V PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	94
5.2	Saran .....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Peta sensitifitas lidah terhadap rasa dasar.....	16
Gambar 2.2	Komponen Hardware dan Software lidah elektronik .....	20
Gambar 2.3	Model membran lipid .....	23
Gambar 2.4	Interaksi ion sampel terhadap membran sel .....	24
Gambar 2.5	Mekanisme respon membran.....	24
Gambar 2.6	Skema elektroda sensor pH .....	31
Gambar 2.7	Board Arduino Uno dan mega.....	33
Gambar 2.8	NI LabVIEW .....	36
Gambar 2.9	Contoh hasil plot data dengan metode PCA .....	39
Gambar 2.10	Dendogram hasil pengolahan data metode <i>Cluster Analysis</i> ....	43
Gambar 3.1	Rencana penelitian .....	47
Gambar 3.2	Diagram pembuatan membran .....	49
Gambar 3.3	Diagram pembuatan probe sensor .....	50
Gambar 3.4	Skema desain pembuatan probe sensor .....	51
Gambar 3.5	Sistem lidah elektronik.....	52
Gambar 3.6	Diagram alir program sistem akuisisi data.....	53
Gambar 3.7	Pengambilan data.....	54
Gambar 3.8	Diagram pengolahan data .....	56
Gambar 4.1	Sistem lidah elektronik.....	58
Gambar 4.2	Probe sensor lidah elektronik .....	60
Gambar 4.3	Inisialisasi PORT arduino dengan PC pada LabVIEW .....	62
Gambar 4.4	Blok diagram untuk menutup komunikasi port arduino dan PC .	63
Gambar 4.5	Blok diagram untuk mengukur output sinyal analog pada pin ADC arduino dari 17 sensor.....	63
Gambar 4.6	<i>Mathscript.vi</i> untuk proses kalibrasi.....	64
Gambar 4.7	Proses <i>smoothing</i> sinyal .....	65
Gambar 4.8	Blok diagram <i>moving average</i> pada proses <i>smoothing</i> sinyal....	65
Gambar 4.9	Blok diagram inisialisasi file logging.....	66
Gambar 4.10	Blok diagram visualisasi grafik dan penyimpanan logger data pada keadaan <i>true</i> .....	67
Gambar 4.11	Blok diagram visualisasi grafik dan penyimpanan logger data pada keadaan <i>false</i> .....	68
Gambar 4.12	Blok diagram pengaturan waktu.....	69
Gambar 4.13	<i>User interface</i> software sistem akuisisi data <i>array</i> sensor lidah elektronik.....	69
Gambar 4.14	Proses pengambilan data .....	71
Gambar 4.15	Respon <i>array</i> sensor lidah elektronik terhadap daging .....	72
Gambar 4.16	Elektroda kerja, elektroda pembanding dan sensor pH dalam sampel.....	78
Gambar 4.17	Respon <i>array</i> sensor pada daging sapi perulangan ke-1 .....	80
Gambar 4.18	<i>Scree</i> plot nilai eigen <i>array</i> sensor lidah elektronik.....	84
Gambar 4.19	<i>Loading</i> plot <i>array</i> sensor lidah elektronik .....	86
Gambar 4.20	<i>Score</i> plot 2 dimensi PCA daging sapi dan daging babi .....	87
Gambar 4.21	<i>Score</i> plot 3 dimensi PCA daging sapi dan daging babi .....	88
Gambar 4.22	Dendogram hasil <i>Cluster Analysis</i> .....	90

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perkiraan kandungan air, protein, lemak, mineral (dalam %), dan kalori (dalam kilojoule) dalam daging per 100 gram .....	9
Tabel 2.2	Rasa dan aroma dengan senyawa volatil dalam daging sapi.....	13
Tabel 2.3	Jenis lipid dan <i>plasticizer</i> .....	27
Tabel 2.4	Spesifikasi arduino uno dan arduino mega 2560 .....	33
Tabel 3.1	Komposisi membran sensor <i>E-tongue</i> .....	48
Tabel 4.1	Data hasil respon array sensor terhadap sampel daging.....	73
Tabel 4.2	Nilai eigen, proporsi dan komulatif hasil PCA .....	75
Tabel 4.3	Langkah-langkah pengelompokan berdasarkan tingkat kesamaan jarak kluster pada centroid.....	76
Tabel 4.4	Partisi akhir .....	77
Tabel 4.5	Kluster centroid .....	77
Tabel 4.6	Jarak centroid antar kluster.....	77



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 2 Skematik Hardware *Interface* Sistem Akuisisi Data *Array* Sensor Lidah Elektronik
- Lampiran 3 Blok Diagram Software Sistem Akuisisi Data *Array* Sensor Lidah Elektronik pada LabVIEW
- Lampiran 4 Algoritma PCA (*Mathscript* MATLAB)
- Lampiran 5 Nilai PC1 – PC2
- Lampiran 6 Jarak Euclidian CA
- Lampiran 7 Grafik Respon Sensor pada Daging
- Lampiran 8 Bukti Konsultasi Skripsi



## ABSTRAK

Rahma, Nizara Isnanda. 2016. **Klasifikasi Pola Rasa Daging Sapi dan Daging Babi Berbasis *Electronic Tongue* dengan 17 Array Sensor Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Imam Tazi, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

---

**Kata Kunci:** Rasa, Daging Sapi, Daging Babi, Lidah Elektronik, Sistem Akuisisi Data, Membran Lipid, *Principle Component Analysis* (PCA), *Cluster Analysis*(CA)

Pengklasifikasian daging sapi dan daging babi berdasarkan rasa dapat dilakukan dengan menggunakan lidah elektronik berbasis membran lipid. Lidah elektronik yang dibuat terdiri atas 16 membran lipid yang berdasarkan pada konsep selektifitas global sebagai sensor, *interface* dan software akuisisi data yang dibangun menggunakan aplikasi LabVIEW. Hasil respon *array* sensor diolah menggunakan analisis multivariat *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA) untuk mengklasifikasikan pola rasa daging. Hasil pengolahan data PCA diperoleh nilai proporsi kumulatif PC1, PC2 dan PC3 sebesar 97.4% yang mewakili kovarian seluruh data. Hasil klasifikasi daging sapi dan daging babi menunjukkan hasil yang sangat baik. Hasil analisis CA dengan metode *single linkage* diperoleh ketepatan akurasi sebesar 100% dengan jarak antar centroid klaster 355.091 dalam mengklasifikasikan daging sapi dan daging babi.

## ABSTRACT

Rahma, Nizara Isnanda. 2016. **Flavor Pattern Classification of Beef and Pork with Electronic Tongue-Based by Using 17 Array Sensors with Principal Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA) Methods.** Essay. Physics Department, Science and Technology Faculty, State Islamic University Maulana Malik Ibrahim, Malang. Advisor: (I) Imam Tazi, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

---

**Key Words:** Flavor, Beef, Pork, Electronic Tongue, Data Acquisition System, Lipid Membrane, Principle Component Analysis (PCA), Cluster Analysis (CA)

Classification of beef and pork based on flavor can be done by using electronic tongue with lipid membrane-based. Electronic tongue is made by 16 lipid membranes based on global selectivity concept as sensor, interface and data acquisition software which is built by using LabVIEW application. The result from array sensor is managed using multivariate analysis, they are Principle Component Analysis (PCA) and Cluster Analysis (CA) to classify the flavor pattern of meat. The result of PCA shows the accumulation of proportion value PC1, PC2 and PC3 is 97.4% which is representative all of co-variant data. Classification result of beef and pork shows a very good result. CA analysis result with single linkage method shows the precision accuracy 100% with distance between centroid cluster 355.091 in classifying beef and pork.

## الملخص

رحمة، نيزارا اسنندا. 2016. تصنيف نمط النكهة اللحم البقر على لحم الخنزير باستناد علي اللسانية الاللكترونية *Electronic Tongue* مع *Array 17* الاستشعار عن طريق *Principal Component Analysis (PCA)*، وتحليل الكتلة (*Cluster Analysis (CA)*). بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، الجامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف: إمام التازي، الماجستير وأمية الشريفة، الماجستير

كلمات البحث: النكهة، لحم البقر، لحم الخنزير، اللسان إلكترونيات، نظام الاستحواذ البيانات، غشاء الدهن، *Principle Component Analysis (PCA)* و *Cluster Analysis (CA)*

تصنيف نكهة لحم البقر ولحم الخنزير على أساس النكهة الذي يمكن القيام بها باستخدام اللسان الإللكتروني استنادا علي الغشاء الدهني. اللسان الإللكترونية التي جعلت تتكون من 16 نسبة الدهون في غشاء على أساس مفهوم الانتقائية العالمية كالاستشعار، *interface*، واجهات وبرامج جمع البيانات تم تطويرها باستخدام تطبيق LabVIEW. تتم معالجة نتائج استجابة *array* الاستشعار باستخدام التحليل متعدد المتغيرات *Principle Component Analysis (PCA)*، و *Cluster Analysis (CA)* لتصنيف أنماط نكهة اللحم. الحصول على نتائج معالجة البيانات و *PCA* بلغت قيمة نسبة تراكمية *PC1*، *PC2* و *PC3* إلى 97.4% وهو ما يمثل التغيرات من جميع البيانات. وأظهرت نتائج تصنيف اللحم البقر واللحم الخنزير نتائج ممتازة. حصلت على نتائج تحليل *CA* مع طريقة *single linkage* بدقة 100% دقة مع المسافة بين *klaster centroid* يعني 355.091 في تصنيف لحم البقر ولحم الخنزير.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Protein merupakan zat yang mengandung gizi utama dan sangat penting untuk tubuh manusia dalam melakukan aktivitas kehidupan. Bersama dengan zat-zat lain seperti karbohidrat dan lemak, protein juga merupakan sumber energi yang dibutuhkan tubuh. Zat pembangun dan pendorong metabolisme pada tubuh manusia merupakan fungsi dari protein tersebut.

Salah satu sumber protein yang banyak diminati oleh masyarakat adalah daging sapi. Soeparno (1992) menyatakan bahwa daging sapi merupakan salah satu sumber protein hewani yang sangat potensial untuk pemenuhan kebutuhan protein, karena mempunyai kandungan nilai gizi yang tinggi dan asam amino esensial lengkap bagi tubuh. Pada bahan pangan hewani, daging memenuhi syarat sebagai pangan yang bergizi tinggi.

Meningkatnya kebutuhan konsumsi protein hewani, khususnya daging, tidak terlepas dari beragam masalah, diantaranya mahalnnya harga daging sapi, ketersediaan daging sapi yang langka dan kekhawatiran adanya kandungan hewan lain, seperti babi, sebagai bahan baku dalam produk olahan ataupun sebagai pengganti daging sapi. Ketersediaannya yang langka dan harga yang mahal menjadi kesempatan beberapa orang untuk memalsukan daging sapi menggunakan kandungan hewan lain.

Daging yang digunakan beberapa orang sebagai pengganti daging sapi (daging palsu) adalah daging babi karena harganya relatif lebih murah. Selain itu,

daging babi mudah dipalsukan menjadi daging sapi dengan menyiramkan darah sapi segar pada daging babi. Daging babi warna merah pucat, mempunyai serat daging halus dan lemaknya berwarna putih (Sudarisman, 1996). Bagi penjual yang terbiasa dengan daging dan masyarakat yang teliti, mereka dapat membedakan daging sapi dan daging babi yang masih mentah melalui warna, tekstur, rasa, dan seratnya. Namun bagi masyarakat awam, terlebih jika daging babi sudah dimanipulasi menyerupai daging sapi, mereka akan sulit membedakannya.

Islam jelas mengharamkan daging babi untuk dikonsumsi jika ditinjau dari segi hukumnya, sebagaimana disebutkan dalam al-Quran :

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَلَحْمَ الْخِنزِيرِ وَمَا أُهِلَّ بِهِ لِغَيْرِ اللَّهِ ۖ فَمَنْ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ ۗ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَحِيمٌ

*“Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang”* (QS. Al Baqarah (2): 173).

Surat al-Baqarah (2): 173 menjelaskan tentang berbagai makanan yang haram untuk dimakan, diantaranya bangkai, darah, daging babi dan hewan-hewan yang disembelih tanpa menyebut asma Allah SWT. وَلَحْمَ الْخِنزِيرِ (daging babi) dalam ayat ini disebutkan secara spesifik bagian daging karena merupakan bagian yang paling diminati. Sedangkan bagian tubuh lainnya, seperti lemak, bulu, dan tulang juga termasuk di dalamnya (Suyuthi, 2008).

Selain surat al-Baqarah (2): 173, juga terdapat beberapa ayat dalam al-Quran yang menyebutkan haramnya mengkonsumsi daging babi, diantaranya dalam QS. al-Maidah (5): 3, QS. al-An'am (6): 145, QS. An-Nahl (16): 115. Hal ini menyatakan Islam sangat menekankan keharaman mengkonsumsi daging babi.

Daging babi, secara ilmiah telah diteliti oleh beberapa ahli. Daging babi mengandung bahan-bahan berbahaya dan berdampak buruk bagi manusia. Salah satu penelitian yang mengkaji bahaya dari daging babi yaitu penelitian yang dilakukan oleh Donoghue (2008), menyatakan bahwa dari 21.000 sampel daging babi mentah dan produk daging babi mentah yang diuji selama tahun 2003-2004 di Republik Irlandia, terdeteksi bakteri *Salmonella* sebesar 2,1 %. *Salmonella typhimurium* adalah salah satu *strain* tertentu yang paling umum.

Beberapa cara untuk mengetahui perbedaan antara daging babi dan daging sapi, yaitu dengan pengujian sensoris dan analisis kimia. Uji sensoris menggunakan tester manusia untuk pengujian rasa daging. Namun, hasil yang diperoleh dengan menggunakan tester manusia ini cenderung subyektif bergantung pada kondisi psikologis dan perbedaan persepsi masing-masing individu. Selain itu, daging yang akan dibedakan adalah daging mentah dan seperti yang disebutkan sebelumnya tentang keharaman dan buruknya konsumsi daging babi sehingga tester manusia tidak disarankan untuk membedakan daging sapi dan babi. Pengujian sifat kimiawi pada daging babi dan sapi adalah cara lain yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR), dan metode *Cromatografi*. Namun, kedua metode tersebut relatif

mahal, dan analisis yang dihasilkan pun merupakan analisis kandungan kimia daging bukan kualitas rasa dari daging.

Daging sapi dan babi mempunyai spesifikasi rasa (manis, asin, asam, pahit, dan umami) yang berbeda. Perbedaan rasa tersebut disebabkan oleh kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat dalam kedua daging tersebut. Salah satu cara untuk mengetahui perbedaan rasa kedua daging tersebut adalah menggunakan sensor rasa yang sangat peka terhadap kelima rasa dasar tersebut. Sensor rasa digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan lidah manusia dalam membedakan rasa daging sapi dan babi.

Lidah manusia mempunyai ribuan sensor untuk mengenali rasa. Rasa yang sering kita kenal adalah lima rasa dasar yaitu manis, asin, asam, pahit, dan umami. Ribuan sensor rasa tersebut diposisikan secara acak pada seluruh bagian lidah, dengan hanya akumulasi minimum wilayah yang lebih spesifik (Lindemann, 1999). Menjadi suatu ketertarikan khusus bagi ilmuwan mengenai struktur indera perasa. Perangkat sensor rasa meniru fungsi lidah manusia yang telah dikembangkan yaitu lidah elektronik. Lidah elektronik berarti suatu *array* sensor yang dicelupkan dalam cairan, untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik fisika-kimia sebagai contoh rasa (Peres, 2013).

Kobayashi (2010) mengembangkan lidah elektronik/sensor rasa berbasis membran lipid buatan yang dikembangkan berdasarkan konsep selektifitas global dan berkorelasi tinggi dengan nilai sensorik manusia yang dapat diaplikasikan untuk makanan, minuman, dan produk farmasi. Sensor ini dapat mengukur rasa dasar seperti asin, asam, pahit, manis, dan umami.

Lidah elektronik adalah sistem dengan beberapa sensor, seperti elektroda selektif ion (ESI) dan analisis data menggunakan analisis multivariat atau jaringan saraf tiruan (Toko, 2013). Penelitian ini mencoba untuk membuat lidah elektronik dengan menggunakan bahan lipid seperti *oleyl alcohol*, *trioktil methyl ammonium chlorida*, *oleic acid*, *octadecylamine* dan Plasticizier: *2-NPOE*, *bis (2 ethylhexyl) phosphate*, *bis(2-ethylhexyl) sebacate*, dan *bis(1-butylpentyl) adipate*, serta PVC (*polivinil chloride*), diaplikasikan ke bentuk 16 array sensor dan dikombinasikan dengan sensor pH sebagai alat peniru lidah manusia yang dapat mengklasifikasi rasa.

Bahan-bahan kimia di atas dibuat untuk mengetahui kerja cairan kimia dalam daging sapi dan daging babi. Dengan membuat lidah elektronik diharapkan dapat mengklasifikasikan pola rasa daging sapi dan daging babi yang sulit dibedakan oleh lidah manusia. Masing-masing bahan memiliki fungsi tersendiri dalam merespon rasa, dengan memanfaatkan kerja membran polimer lipid untuk mengetahui beda respon interaksi elektrostatis.

Nakamura (2014) dalam penelitiannya, mengklasifikasikan kualitas rasa beberapa jenis obat dengan *array* sensor lidah elektronik berupa membran lipid. Output dari sistem lidah elektronik yang dianalisis dengan metode analisis multivariat PCA. Output dari sistem ini adalah kualitas dan intensitas rasa, bukan jumlah zat rasa. Sehingga, dengan mengelompokkan tingkat respon yang terkumpul dari masing-masing daging, diharapkan pola rasa daging sapi dan babi dapat diklasifikasikan dengan menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA).

*Principal Component Analysis* (PCA) adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk yang mentransformasikan data yang berkorelasi tinggi menjadi tidak berkorelasi, menyederhanakan data dimensi yang besar menjadi lebih kecil tanpa mengurangi informasi didalamnya. Sedangkan *Cluster Analysis* (CA) adalah analisis untuk mengelompokkan data berdasarkan kemiripan jaraknya. Sehingga dari kedua metode ini diharapkan pola rasa daging sapi dan daging babi dapat terklasifikasi.

Berdasarkan latar belakang diatas, dilakukan penelitian tentang lidah elektronik dengan 17 *array* sensor dan diolah menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA) untuk mengklasifikasikan pola daging sapi dan daging babi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana klasifikasi perbedaan pola rasa daging sapi dan daging babi dengan memanfaatkan perangkat lidah elektronik menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA)?
2. Bagaimana akurasi hasil analisis menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA) dalam mengklasifikasikan daging sapi dan daging babi?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Dapat mengklasifikasikan perbedaan pola rasa daging sapi dan daging babi dengan memanfaatkan perangkat lidah elektronik menggunakan metode PCA dan CA.

2. Dapat mengetahui akurasi hasil analisis menggunakan metode PCA dan CA dalam mengklasifikasikan daging sapi dan daging babi.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat membedakan rasa dari daging sapi dan daging babi tanpa mengkonsumsinya.
2. Dapat membedakan pola rasa daging sapi dan daging babi menggunakan 17 array sensor.
3. Dapat memberikan informasi mengenai perkembangan aplikasi dari sensor lidah elektronik.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Batasan dalam penelitian ini antara lain:

1. Daging yang digunakan yaitu daging sapi dan daging babi bagian has luar yang merupakan bagian daging yang sering dikonsumsi masyarakat.
2. Sampel yang digunakan berfasa cair atau larutan.
3. Daging diasumsikan daging sapi dan daging babi ternak dengan konsumsi yang teratur.
4. Sensor lidah elektronik hanya dapat membaca pola rasa daging, bukan kandungan gizi daging.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Daging**

Daging adalah semua bagian dari hewan yang diinginkan atau telah ditetapkan aman dan sesuai dengan konsumsi manusia. Daging terdiri dari air, sedikit karbohidrat, protein dan asam amino, mineral, lemak, vitamin dan komponen bioaktif lainnya (Heinz, 2007).

Kualitas daging bergantung pada perubahan fisik dan kimia yang terjadi pada daging sebelum, ketika, dan setelah hewan dipotong. Konversi glikogen menjadi asam laktat yang terjadi setelah hewan dipotong menjadi satu hal yang penting dalam kualitas daging karena asam laktat akan mengakibatkan penurunan pH daging sehingga akan mempengaruhi warna daging yang menjadi salah satu penilaian kualitas daging (Prieto, 2007).

Ciri-ciri daging babi segar bervariasi dengan berwarna merah muda keabuan sampai merah (Singhal, 1997). Menurut Buege (1998), terdapat 4 jenis daging babi berdasarkan warna, tekstur, dan basahnya daging, antara lain PSE (pucat, lembut, dan eksudatif), DFD (gelap, keras, dan agak kering), RFN (merah, keras, tidak mengeluarkan eksudat), dan RSE (merah, lembut, dan eksudatif). Kemudian, menurut RFN merupakan daging babi yang kualitas baik, sedangkan PSE merupakan daging dengan kualitas yang sangat buruk. DFD dan RSE merupakan daging yang kurang baik. Insidens daging DFD dan PSE adalah 6% dan 5% (Singhal, 1997).

Ciri-ciri daging sapi mirip dengan daging babi, hanya daging sapi memiliki lebih banyak mioglobin sehingga warnanya lebih merah. Karena memiliki mioglobin, warna daging sapi juga dapat berubah menjadi ungu atau coklat (Singhal, 1997).

Adapun kandungan daging sapi dan babi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Perkiraan Kandungan Air, Protein, Lemak, Mineral dan Kalori dalam Daging per 100 gram (Heinz, 2007)

Produk	Air (%)	Protein (%)	Lemak (%)	Mineral (%)	Kalori (kilojoule)
Daging sapi (kurus)	75.0	22.3	1.8	1.2	116
Daging sapi	54.7	16.5	28.0	0.8	323
Daging sapi berlemak (subkutan)	4.0	1.5	94.0	0.1	854
Daging babi (kurus)	75.1	22.8	1.2	1.0	112
Daging babi	41.1	11.2	47.0	0.6	472
Daging babi berlemak (lemak pada punggung)	7.7	2.9	88.7	0.7	812

## 2.2 Daging Sapi dan Daging Babi dalam Perspektif Islam

Pembahasan masalah makanan halal dan haram memiliki kedudukan khusus dalam ajaran Islam. Islam menegaskan agar makanan dan minuman yang dikonsumsi termasuk dalam kategori halal dan *thayyib* (baik). Karena, makanan yang halal dan baik menjadi sumber energi yang bersih bagi tubuh untuk melakukan aktivitas dalam mendekati diri kepada Allah SWT (Shihab, 1996).

Allah SWT telah memerintahkan manusia untuk makan makanan yang halal dan juga baik, sebagaimana Allah SWT berfirman dalam QS. an-Nahl (16) ayat 114:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِنَّ كُنتُمْ لِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

*“Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezeki yang telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu hanya kepada-Nya saja menyembah”* (QS. an-Nahl (16): 114)

Kata *كُلُوا* (makan) mengandung arti mengambil manfaat dengan segala bentuknya (Qurthubi, 2007). Kata *حلال* ditafsirkan dengan kata *الطاهر غير النجس* “makanan yang suci tidak najis”, sedangkan kata *طيبا* ditafsirkan dengan *غير الضار* “makanan yang bermanfaat dan tidak membahayakan” (Qarni, 2007). Kata *thayyib/ baik* juga dapat diartikan sebagai makanan yang bersih, sehat, bergizi, dan sedap menurut selera (Ali, 2009).

Menurut ilmu kesehatan, makanan sehat adalah makanan yang mengandung zat-zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan harus memiliki beberapa syarat, yaitu higienis, bergizi, dan berkecukupan, tetapi tidak harus makanan mahal dan enak. Makanan higienis adalah makanan yang tidak terkena kuman atau zat yang dapat mengganggu kesehatan. Makanan bergizi adalah makanan yang memiliki jumlah kandungan karbohidrat, protein, lemak, dan vitamin yang cukup untuk tubuh. Sedangkan makanan berkecukupan adalah makanan yang sesuai dengan kebutuhan berdasarkan usia dan kondisi tubuh. Selain persyaratan di atas, makanan sehat itu dipengaruhi oleh cara memasaknya, suhu makanan pada saat penyajian dan bahan makanan yang mudah dicerna (Andrianto, 2015).

Halalnya daging binatang ternak telah dijelaskan dalam al-Quran surat an-Nahl ayat (16): 5:

وَالْأَنْعَامَ خَلَقَهَا لَكُمْ فِيهَا دِفْءٌ وَمَنْفَعٌ وَمِنْهَا تَأْكُلُونَ

*“Dan Dia telah menciptakan binatang ternak untuk kamu; padanya ada (bulu) yang menghangatkan dan berbagai-bagai manfaat, dan sebahagiannya kamu makan”* (QS. an-Nahl (16): 5).

QS. An Nahl (16): 5 menjelaskan tentang halalnya binatang ternak untuk dimakan dan mengambil manfaat daripadanya. وَالْأَنْعَامِ (dan binatang ternak) yang dimaksud yakni unta, sapi, dan kambing (Suyuthi, 2008). Binatang ternak yang diharamkan salah satunya adalah sapi yang dapat dikonsumsi daging, susu, kulit, dan bagian tubuh lainnya.

Selain makanan halal yang sudah dijelaskan di atas, juga terdapat makanan haram yang perlu dan penting untuk kita ulas, mengingat semakin banyak jenis makanan di sekitar kita. Makanan haram adalah makanan yang tidak dibenarkan untuk dikonsumsi. Selain tidak dibenarkan, makanan haram juga merupakan makanan yang tidak baik untuk dikonsumsi, mengingat makanan tersebut tidak jelas kebersihannya. Salah satu contoh makanan haram adalah daging babi. Pada dasarnya, babi merupakan binatang yang diharamkan dalam Islam. Pengharamannya jelas dalam al-Quran dan al-Sunnah serta ijma para ulama. Pengharaman ini berdasarkan beberapa kemudharatan baik dari aspek kimia, mikrob, maupun psikologi (Jamaluddin, 2011). Larangan mengonsumsi daging babi disebutkan dalam al-Quran surat al-Baqarah (2): 173:

إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمُ الْمَيْتَةَ وَالدَّمَ وَحُلْمَ الْخِنْزِيرِ وَمَا أُهْلِيَ بِهِ لَعَيَّرَ اللَّهُ ۖ فَمَنْ اضْطُرَّ غَيْرَ بَاغٍ وَلَا عَادٍ فَلَا إِثْمَ عَلَيْهِ ۗ إِنَّ اللَّهَ غَفُورٌ رَّحِيمٌ

*“Sesungguhnya Allah hanya mengharamkan bagimu bangkai, darah, daging babi, dan binatang yang (ketika disembelih) disebut (nama) selain Allah. Tetapi barangsiapa dalam keadaan terpaksa (memakannya) sedang dia tidak menginginkannya dan tidak (pula) melampaui batas, maka tidak ada dosa baginya. Sesungguhnya Allah Maha Pengampun lagi Maha Penyayang”* (QS. al-Baqarah: 173).

Surat al-Baqarah (2): 173 menjelaskan tentang makanan-makanan yang haram untuk dimakan, diantaranya bangkai, darah, daging babi, dan hewan-hewan yang disembelih tanpa menyebut asma Allah SWT. Kalimat **إِنَّمَا حَرَّمَ عَلَيْكُمْ** (sesungguhnya diharamkan atas kamu) mempunyai maksud haram untuk memakannya, mengingat pada ayat sebelumnya konteks pembicaraan menyangkut masalah makanan, sehingga berlaku juga untuk ayat sesudahnya. **وَلَحْمَ الْخِنْزِيرِ** (daging babi) dalam ayat ini disebutkan secara spesifik bagian daging karena merupakan bagian yang paling diminati. Sedangkan bagian tubuh lainnya, seperti lemak, bulu, dan tulang juga termasuk di dalamnya (Suyuthi, 2008).

### 2.3 Rasa Daging

Rasa pada daging merupakan kombinasi dari 5 rasa dasar (manis, asam, pahit, asin, dan umami) yang berasal dari senyawa yang larut dalam air dengan komposisi yang berbeda. Rasa pada daging umumnya yang berkembang selama pemanasan. Ketika zat yang larut dalam air yang berasal dari prekursor senyawa larut dalam air liur, ia mengikat rasa dan merangsang respon yang dirasakan di otak (Brewer, 2006).

Beragam volatil dari flavor aktif yang terjadi pada daging sapi antara lain asam, alkohol, aldehida, senyawa aromatik, ester, eter, furan, hidrokarbon, keton, lakton, *pirazin*, *piridina*, *pyrrole*, *sulfida*, *thiazole*, *thiophenes*. Hubungan antara beberapa volatil lebih sering terjadi pada daging sapi dan rasa masing-masing ditunjukkan pada Tabel 2.2 (Brewer, 2006).

Tabel 2.2 Rasa dan aroma dengan senyawa volatil dalam daging sapi (Brewer, 2006).

Compounds	Taste, Aroma	Compounds	Taste, Aroma
Pentanal	Pungent	1-Octene-3-ol	Mushroom
Hexanal	Green, grassy, fatty	2-methyl-3-[methylthio]furan	Meaty, sweet, sulfurous
Heptanal	Green, fatty, oily	4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone (HMF)	Meaty
Nonanal	Soapy	Methylpyrazine, 2,5- (and 2,6-) dimethylpyrazine	Roasted, nutty, Pyrazines Nutty, cracker-like, bell pepper
Methional	Cooked potato	Amino acids: glycine, alanine, lysine, cysteine, methionine, glutamine, succinic	Sweet
12-methyltridecanal	Beefy	Organic acids: lactic, inosinic, ortho-phosphoric, and pyrrolidone carboxylic	Sweet
Nona-2(E)-enal	Tallowy, fatty	Sugars: glucose, fructose, ribose	Sweet
Deca-2(E), 4(E)-dienal	Fatty, fried potato	Amino acids: aspartic acid, histidine, asparagines	Sour
Butanoic Acid	Rancid	Organic acids: succinic, lactic, inosinic, ortho-phosphoric, pyrrolidone carboxylic	Sour
Hexanoic Acid	Sweaty	Hypoxanthine, anserine, carnosine	Bitter
Delta-nonalactone	Sweet, dairy, or waxy notes	Amino acids: arginine, leucine, tryptophan	Bitter
Decan-2-one	Musty, fruity	Monosodium glutamate (MSG), inosine and guanosine monophosphate (IMP,GMP)	Savory, brothy, beefy
3-Hydroxy-2-butanone	Buttery	Bis(2-methyl-3-furyl) disulfide	Roasted meat
2,3-Octanedione	Warmed over flavor, lipid oxidation	2-methyl-3-furanthiol	Roasted meat
2-Pentyl furan	Metallic, green, earthy, beany		

Daging terdiri dari air, protein, lipid, karbohidrat, mineral dan vitamin. Dari jumlah tersebut, protein, lipid, mineral dan karbohidrat memainkan peran utama dalam pengembangan rasa karena mereka termasuk banyak senyawa yang mampu berkembang menjadi prekursor rasa penting ketika dipanaskan. Senyawa yang menimbulkan berbagai rasa yang memiliki ambang persepsi yang berbeda (Brewer, 2006).

Daging mentah memiliki rasa seperti darah. Namun, itu adalah pusat senyawa yang berfungsi prekursor rasa. Pemanasan asam lemak tak jenuh menginduksi oksidasi menghasilkan hidroperoksida menengah yang terurai melalui mekanisme radikal bebas akhirnya menghasilkan aldehida, alkohol tak jenuh, keton dan lakton, yang memiliki deteksi ambang relatif rendah. Khususnya aldehida yang memiliki lemak dan bau lemak. Karbohidrat menimbulkan furan yang bereaksi dengan sulfur yang mengandung asam amino sistein untuk menghasilkan aroma daging panggang. Dan juga dapat menghasilkan lakton yang mempunyai rasa manis (Brewer, 2006).

Rasa manis pada daging berasal dari gula, asam amino dan asam organik. Rasa asam berasal dari asam amino yang bergabung dengan asam-asam organik. Garam anorganik dan garam sodium dari glutamat membentuk rasa asin. Rasa pahit kemungkinan terbentuk dari *hypoxanthine*, *anserine* dan *carnosine* seperti beberapa asam amino (MacLeod, 1994).

Umami adalah rasa yang dideskripsikan sebagai lezat, gurih (kaldu). Hal ini dihasilkan dari komponen potensial rasa seperti MSG (*monosodium glutamate*), IMP (*5-nucleotides, 5'-inosine monophosphate*) and GMP (*5'-*

*guanosine monophosphate*). Lapisan-lapisan rasa umami mengizinkan persepsi perbedaan rasa terjadi pada waktu yang berbeda, lapisan-lapisan tersebut kemudian berkombinasi untuk membentuk rasa (Marcus, 2005). Delapan asam amino BMP (*Beefy Meaty Peptide*), yaitu: Lys-Gly-Asp-Glu-Glu-Ser-Leu-Ala memperlihatkan karakteristik rasa umami. Peptida ini dapat ditemukan pada daging dan mempunyai kandungan rasa seperti MSG tanpa terasa penambahan keasinan (Spanier, 1992).

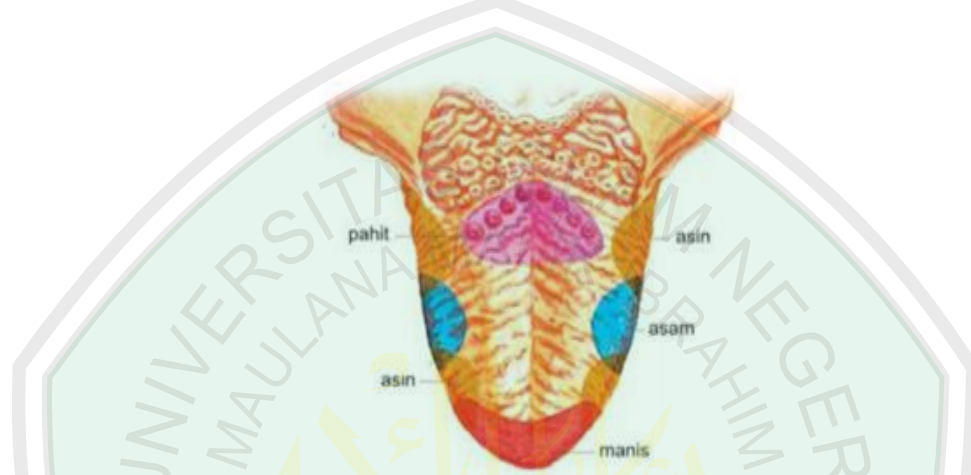
#### **2.4 Indera Pengecap dan Rasa**

Lidah merupakan kumpulan otot rangka pada mulut yang ditutup oleh membran mukosa (selaput lendir). Selaput lendir ini tampak kasar karena adanya tonjolan-tonjolan yang disebut *papila* yang merupakan ujung saraf pengecap dan terletak pada seluruh permukaan lidah. Saraf-saraf pengecap inilah yang dapat membedakan rasa makanan. Orang yang mempunyai banyak *papila* akan lebih peka terhadap rasa (Pearce, 2008).

Sel reseptor pengecap adalah sel epitel termodifikasi dengan banyak lipatan permukaan atau mikrovili. Membran plasma mikrovili mengandung reseptor yang berikatan secara selektif dengan molekul zat kimia. Hanya zat kimia dalam larutan atau zat padat yang telah larut dalam air liur yang dapat berikatan dengan sel reseptor (Amerongen, 1991).

Makanan mengandung banyak sekali substansi kimia. Misalnya pada teh atau kopi terdapat lebih dari 1000 substansi kimia (Toko, 1996). Lidah manusia tidak mampu mengenali substansi kimia, namun mengklasifikasikan substansi kimia tersebut ke dalam lima kualitas rasa (manis, asam, asin, pahit dan umami).

Seluruh rasa dapat dirasakan oleh seluruh permukaan lidah, tetapi satu jenis rasa akan lebih sensitif pada daerah tertentu. Lidah manusia terbagi menjadi beberapa daerah berdasarkan kesensitifannya terhadap kualitas rasa tertentu, seperti dilukiskan dalam Gambar 2.1 (Jacob, 2010):



Gambar 2.1 Peta sensitifitas lidah terhadap rasa dasar (Jacob, 2010)

Setiap kualitas rasa dihasilkan oleh sumber yang berbeda-beda pula.

Berikut pembagian lima rasa dasar beserta sumbernya:

#### 1. Rasa Manis

Beberapa jenis zat kimia yang menyebabkan rasa ini meliputi: gula, glikol, alkohol, aldehida, keton, amida, ester, asam amino, asam sulfonat, asam halogen, dan garam anorganik dari timah hitam dan berilium. Hampir semua zat yang menyebabkan rasa manis merupakan zat kimia organik; satu-satunya zat anorganik yang menimbulkan rasa manis merupakan garam-garam tertentu dari timah hitam dan berillium (Guyton, 2009).

#### 2. Rasa Asam

Rasa asam disebabkan oleh suatu golongan asam. Konsentrasi ion hidrogen maupun intensitas sensasi rasanya kira-kira sebanding dengan

logaritma konsentrasi ion hidrogen. Oleh sebab itu, makin asam suatu makanan maka sensasi rasa asamnya semakin kuat (Guyton, 2009).

### 3. Rasa Asin

Rasa asin ditimbulkan oleh garam terionisasi terutama konsentrasi ion sodium. Kualitas rasa asin sedikit berbeda dari satu garam dengan garam lainnya karena beberapa jenis garam juga mengeluarkan rasa lain di samping rasa asin (Guyton, 2009).

### 4. Rasa Pahit

Rasa pahit seperti rasa manis, tidak disebabkan satu jenis agen kimia, tetapi zat-zat yang memberikan rasa pahit semata-mata hampir merupakan zat organik. Pembagian kelas zat yang sering menyebabkan rasa pahit adalah: (1) Zat organik rantai panjang yang berisi nitrogen, dan (2) alkaloid. Alkaloid terdiri dari banyak obat yang digunakan dalam kedokteran seperti kuinin, kafein, striknin, dan nikotin (Guyton, 2009).

### 5. Rasa Umami

Umami berasal dari bahasa Jepang yang artinya enak. Rasa umami mempunyai ciri khas yang jelas berbeda dari keempat rasa lainnya, termasuk sinergisme peningkat rasa antara dua senyawa umami, L-glutamat dan 5'-ribonucleotides, serta rasa yang bertahan lama setelahnya. Umami adalah rasa yang dominan ditemukan pada makanan yang mengandung *L-glutamat* (terdapat pada ekstrak daging dan keju) (Guyton, 2009). Rasa umami terdapat pada monosodium glutamat (MSG) terutama

ditemukan pada ganggang laut, disodium inosinat (IMP) pada daging, dan disodium guanilat (GMP) pada jamur (Nagamori, et al, 1999).

## 2.5 Sensor

Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisika atau kimia menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu (Gardner, 1994). Fenomena fisika yang dimaksud disini adalah: temperatur, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, pergerakan dan sebagainya sedangkan fenomena kimia adalah dapat berupa konsentrasi dari bahan kimia baik cairan maupun gas. Sensor kimia dapat didefinisikan sebagai alat yang mengubah bentuk informasi kimia antara suatu konsentrasi kimia kedalam bentuk sinyal. Perangkat Sensor kimia adalah sebuah alat yang mengubah informasi kimia, mulai dari konsentrasi komponen sampel tertentu terhadap komposisi total analisis, menjadi sinyal analitik yang berguna (Wahab, 2014).

Istilah sensor berbeda dengan istilah transduser. Sensor adalah pengonversi semua tipe energi menjadi energi lain, pengonversi semua tipe energi ke dalam bentuk energi listrik. Transduser digunakan sebagai aktuator dalam berbagai sistem. Sebuah aktuator dideskripsikan sebagai lawan dari sensor, aktuator mengonversi sinyal listrik menjadi bentuk energi non listrik (Fraden, 2010).

Sebuah sensor tidak mungkin difungsikan sendiri, sensor selalu menjadi bagian dari sistem yang besar mungkin menggabungkan beberapa detektor, pengondisi sinyal, pemroses sinyal, device memori, penyimpan data

dan sebuah aktuator. Sensor dapat ditempatkan pada bagian luar yang secara langsung mengukur fenomena fisik dan di bagian dalam untuk mengukur bagian alat lainnya. Sensor selalu menjadi bagian dari sebuah data akuisisi sistem (Fraden, 2010).

Sinyal-sinyal listrik dari sensor dimasukkan ke multiplexer (MUX), yang merupakan switch atau gerbang. Fungsinya adalah untuk menghubungkan satu per satu sensor ke Analog to Digital Converter (A/D atau ADC) jika sensor menghasilkan sinyal analog, atau langsung ke komputer jika sensor menghasilkan sinyal dalam format digital. Komputer mengendalikan multiplexer dan A/D Converter untuk waktu yang tepat. Juga, mungkin mengirim sinyal kontrol ke aktuator, yang bertindak pada objek. Contoh aktuator seperti sebuah motor listrik, solenoid, relay, dan katup pneumatik. Sistem ini berisi beberapa perangkat peripheral (misalnya, perekam data, layar, alarm, dll) dan sejumlah komponen yang tidak ditampilkan dalam diagram blok, seperti filter, amplifier, dan sebagainya (Fraden, 2010).

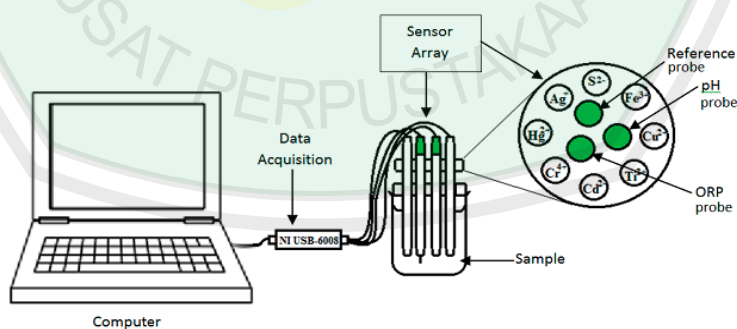
Sensor kimia mengandung dua unit fungsional dasar yaitu bagian reseptor dan bagian transduser. Pada beberapa sensor kimia, terdapat sebuah membran dimana membran ini ditempatkan diantara kedua bagian tersebut. Bagian reseptor dari sensor berfungsi mengubah informasi kimia menjadi bentuk energi yang dapat diukur dengan transduser. Bagian transduser adalah perangkat yang mampu mengubah energi yang membawa informasi kimia tentang sampel menjadi sinyal analitik yang berguna. Di dalam mengubah informasi kimia menjadi sinyal

analitik yang berguna, transduser tidak menunjukkan sebuah selektifitas terhadap informasi kimia yang masuk dari reseptor (Wahab, 2014).

## 2.6 Sensor Rasa dan Lidah Elektronik

Lidah elektronik berarti suatu array sensor yang dicelupkan dalam cairan, untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik fisika-kimia sebagai contoh rasa (Peres, dkk., 2013). Nama lidah elektronik mengacu pada lidah manusia, yang mengandung molekul penerima yang membangkitkan sinyal saraf ketika molekul penerima bertemu molekul rasa, penyampai kemudian mendeteksi rasa yang berbeda (manis, asin, asam, pahit) (Rintiasti, 2010).

Lidah elektronik terdiri dari komponen hardware dan perangkat lunak. Hardware yang digunakan untuk pengukuran kapasitas pada unit-unit sensor dan perangkat lunak mengontrol akuisisi data, melakukan perhitungan dan analisa sinyal elektrik (Ristianti, 2010).



Gambar 2.2 Komponen Hardware dan Software lidah elektronik (Zakaria, dkk., 2014)

Sensor rasa ‘lidah’ *multichannel* dengan selektivitas yang baik terdapat beberapa membran lipid/polimer yang mengubah informasi zat yang dihasilkan

dalam bentuk rasa menjadi sinyal listrik. Sinyal yang didapat dianalisis dengan komputer dan output sensor telah menunjukkan hasil pola yang berbeda untuk masing-masing kelompok bahan kimia dan zat rasa yang sama dengan menggunakan sensor rasa. Bentuk rasa seperti minuman dan makanan dapat diaplikasikan secara kuantitatif. Meskipun sensor rasa hanya diterapkan untuk rasa, tetapi dalam perkembangan sensor untuk evaluasi berbagai produk makanan semakin berkembang (Nakamura, 2002).

Lidah elektronik adalah sistem dengan beberapa sensor, seperti elektroda selektif ion (ESI), yang menganalisis data menggunakan analisis multivariat atau jaringan saraf tiruan (Toko, 2013). Sensor rasa menggunakan lipid/ membran polimer memiliki konsep selektivitas umum yang berarti kemampuan untuk mengklasifikasikan sejumlah besar bahan kimia dalam beberapa kelompok sesuai dengan selera mereka (Toko, 2005).

Berbagai jenis lipid yang digunakan untuk mempersiapkan membran; lipid yang digunakan adalah, misalnya, *asam oleat* (OA), *oleil amina* (OAm), *desil alkohol* (DA), dll. Tergantung pada item yang akan diukur, kita menyiapkan bahan lipid yang berbeda. Sebagai contoh, campuran membran hibrida terdiri dari *dioktil hidrogen fosfat* (DOP) dan *metiltrioktilamoniumnitrat klorida* (TOMA) juga digunakan. Masing-masing lipid/ membran polimer adalah, film yang lembut transparan dengan ketebalan ~ 200 um (Toko, 2005).

## **2.7 Membran lipid**

Membran ialah sebuah penghalang selektif antara dua fasa. Membran berfungsi memisahkan material berdasarkan ukuran dan bentuk molekul, menahan

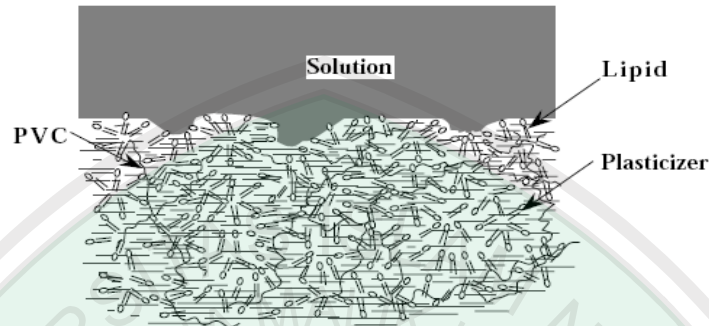
komponen dari umpan yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil (Agustina dkk, 2006).

Molekul lipid tersusun sedemikian rupa sehingga merupakan lapisan bagian dalam. Bagian molekul lipid yang bersifat polar berikatan dengan molekul protein. Sedangkan bagian non polar berada dibagian dalam bersama dengan cairan yang terdapat di lapisan tengah. Adanya lapisan protein di bagian luar menjadikan membran sel bersifat hidofil, artinya molekul air dapat dengan mudah menempel pada membran (Pudjiadi, 1990).

Semua asam lemak bersifat hidrofobik (takut air), sedangkan gliserol dengan atom oksigennya lebih bersifat hidrofilik (suka air), karena oksigen dapat membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air. Pada semua membran bagian lipid yang bersifat hidrofilik akan terikat pada molekul-molekul air dan berada pada permukaan kedua sisi membran, sedangkan bagian asam lemak akan terdorong ke bagian internal dari membran. Asam-asam lemak pada bagian internal membran akan saling tarik menarik oleh tenaga penarik Waals. Hal itulah yang menyebabkan membran tersusun dari dua lapisan lipid (Lakitan, 1993).

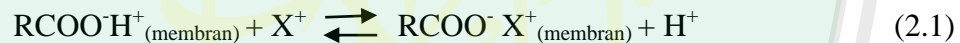
Adanya gugus karboksil pada kedudukan tertentu dalam struktur polimer membran polimer cair dengan matriks PVC, menyebabkan membran mempunyai muatan tetap negatif. Senyawa asam oleat mempunyai sifat nonpolar pada salah satu ujungnya (alkena) dan polar pada ujung lainnya (karboksil). Hal ini menyebabkan orientasi dari kedua gugus tersebut pada permukaan membran menjadi berbeda ketika dihubungkan dengan larutan sampel. Ujung yang polar

berorientasi ke arah sistem *aqueous*, dan ujung yang nonpolar ke pusat membran, seperti tampak pada Gambar 2.4 di bawah ini (Toko, 1998):



Gambar 2.3 Model membran lipid (Toko, 1998)

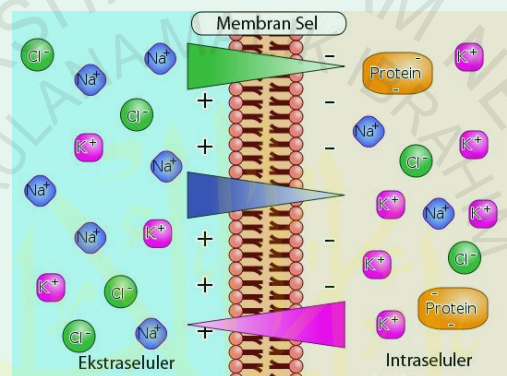
Apabila membran dicelupkan dalam larutan yang mengandung kation  $X^+$ , akan terjadi proses pertukaran ion seperti persamaan (2.1) berikut (Evans, 1991):



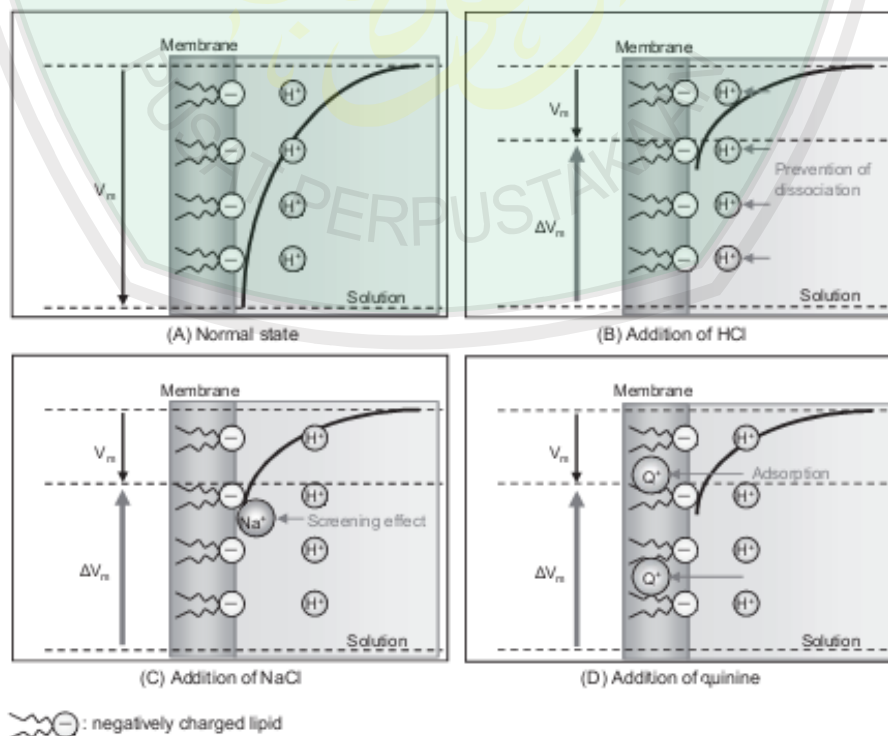
$RCOO^-$  disebut material aktif membran, karena material ini yang berikatan dengan ion sampel.

Potensial membran adalah beda potensial elektrik antara dinding sebelah luar dan sebelah dalam dari suatu membran sel yang berkisar antara -50 hingga -200 milivolt (tanda minus menunjukkan bahwa di dalam sel bersifat negatif dibandingkan dengan di luarnya). Semua sel memiliki tegangan melintasi membran plasmanya, dimana tegangan ialah energi potensial listrik-pemisahan muatan yang berlawanan. Sitoplasma sel bermuatan negatif dibandingkan dengan fluida ekstraseluler disebabkan oleh distribusi anion dan kation pada sisi membran yang berlawanan yang tidak sama. Potensial membran bertindak seperti baterai, suatu sumber energi yang memengaruhi lalu lintas semua substansi bermuatan

yang melintasi membran. Karena di dalam sel itu negatif dibandingkan dengan di luarnya, potensial membran ini mendukung transpor pasif kation ke dalam sel dan anion ke luar sel. Dengan demikian, dua gaya menggerakkan difusi ion melintasi suatu membran: gaya kimiawi (gradien konsentrasi ion) dan gaya listrik (pengaruh potensial membran pada pergerakan ion). Gambar 2.3 di bawah menunjukkan interaksi ion pada membran sel (Evans, 1991).



Gambar 2.4 Interaksi ion terhadap membran sel (Evans, 1991)



Gambar 2.5 Mekanisme respon membran (Toko, 2013)

Gambar 2.5 menunjukkan diagram mekanisme respon membran bermuatan negatif ke zat rasa asam, garam dan pahit  $V_m$ : potensial membran;  $\Delta V_m$ : perubahan potensial membran (output sensor);  $H^+$ : Zat proton;  $V_m$ : potensial membran;  $\Delta V_m$ : perubahan potensial membran (output sensor);  $H^+$ : proton yang dipisahkan dari molekul lipid;  $Na^+$ : ion natrium;  $Q^+$ : ion kina. Kurva hitam mewakili perubahan dalam lapisan ganda listrik terhadap jarak (Kobayashi, 2010).

Ketika membran direndam dalam larutan air, lapisan ganda listrik dibentuk oleh disosiasi kelompok asam dalam molekul lipid. Hal ini menyebabkan perubahan dalam potensial membran, dan permukaan membran menjadi bermuatan negatif, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5A (Kobayashi, 2010).

Tanggapan dari membran bermuatan negatif untuk bahan asam, HCl, menunjukkan bahwa bahan-bahan asam menyebabkan perubahan positif dalam potensial membran dengan mencegah disosiasi molekul lipid (Gambar 2.5B). Tanggapan membran untuk NaCl menunjukkan bahwa zat asin menyebabkan perubahan dalam potensial membran dengan mempengaruhi lapisan ganda listrik pada permukaan sensor, yaitu, terjadi efek *screening* (Gambar 2.5C) (Kobayashi, 2010).

Respon sensor untuk hidroklorida kina menunjukkan mekanisme respon yang berbeda dengan NaCl dan HCl. Hasil mekanisme menunjukkan bahwa nitrogen yang terkandung dalam membran meskipun tidak ada nitrogen di salah satu komponen membran. Hasil percobaan ini membuktikan bahwa bahan pahit menyebabkan perubahan dalam potensial membran dengan menembus ke dalam

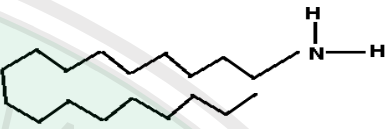
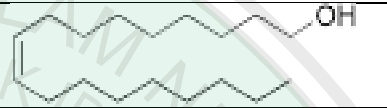

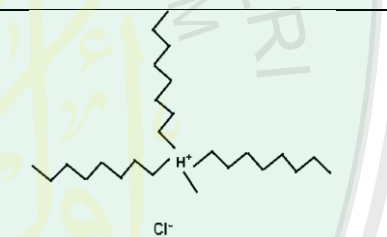

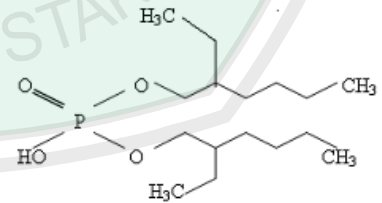
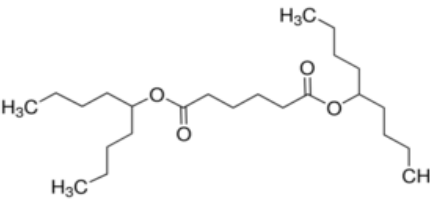
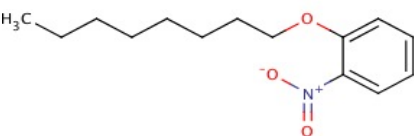
membran dan kemudian yang diserap pada bagian hidrofobik dari molekul lipid (Gambar 2.5D) (Kobayashi, 2010).

Mekanisme respon terhadap zat umami menegaskan bahwa respon sensor untuk monosodium glutamat (MSG) menyiratkan mekanisme respon yang berbeda dengan NaCl dan HCl. Pengukuran sensor telah menunjukkan bahwa muatan negatif dari kenaikan sensor dengan konsentrasi MSG. Oleh karena itu, hasil ini menunjukkan bahwa MSG memiliki seperti interaksi hidrofobik yang lemah dengan membran lipid yang dapat dengan mudah diserap dari membran dengan membilasnya dengan air murni sebelum analisis ESCA. Sebagai salah satu kemungkinan penjelasan untuk mekanisme respon, MSG berinteraksi dengan lipid bermuatan negatif menggunakan gugus amino bermuatan positif, sedangkan kelompok karboksil bermuatan negatif membuat potensial membran lebih negatif (Kobayashi, 2010).

Komponen utama penyusun membran adalah lipid/polimer sebagai zat aditif lipofilik, dioktil ftalat (DOP) sebagai *plasticizer*, polivinil klorida (PVC) sebagai matriks pendukung, dan THF. Setiap bahan mempunyai peranan masing-masing dalam membran. Lipid mempunyai fungsi yang sama dengan lipid pada membran biologi yaitu menyaring ion-ion yang melewati membran (penentu selektivitas). *Plasticizer* sebagai pelarut membran agar lebih lentur. PVC seperti plastik yang keras mempunyai peran mensupport membran agar lebih kuat. Sedangkan THF berfungsi untuk melarutkan komponen-komponen penyusun membran yang lain serta membantu mempercepat proses pengeringan membran (Kadidae, 2000).

Jenis-jenis lipid dan *plasticizer* yang digunakan pada sensor rasa ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Jenis lipid dan *plasticizer* (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>)

No	Nama kimia	Rumus Molekul	Struktur Kimia
Lipid			
1	Octadecylamine	$C_{18}H_{39}N$	
2	Oleyl Alcohol	$C_{18}H_{36}O$	
3	Oleic Acid	$C_{18}H_{34}O_2$	
4	Methyltrioctyl Ammonium Chloride	$C_{25}H_{54}ClN$	
Plasticizer			
1	Bis(2-Ethylhexyl) Sebacate	$C_{26}H_{50}O_4$	
2	Bis(2-Ethylhexyl) Phosphate	$C_{16}H_{35}O_4P$	
3	Bis(1-Butylpentyl) Adipate	$C_{24}H_{46}O_4$	
4	2-NPOE	$C_{14}H_{21}NO_3$	

## 2.8 Elektrokimia

Elektrokimia merupakan bidang yang mempelajari bagaimana reaksi kimia dapat menimbulkan tegangan listrik dan tegangan listrik terbalik dapat menyebabkan reaksi kimia dalam sel elektrokimia. Konversi energi dari bentuk kimia ke bentuk listrik dan sebaliknya adalah inti dari elektrokimia (Wahab, 2014). Ada dua jenis sel elektrokimia, yaitu sel elektrokimia yang melakukan kerja dan melepaskan energi dari reaksi spontan yang disebut sel galvani dan sel elektrokimia yang menyerap energi dari sumber listrik untuk menggerakkan reaksi non spontan yang disebut sel elektrolisis (Harmesa, 2012).

Penerapan prinsip kerja elektrokimia saat ini sudah masuk ke dalam bidang sensor, salah satunya dalam bidang sensor kimia. Dalam bidang kimia telah dibuat berbagai macam sensor kimia seperti sensor potensiometer, konduktometri, voltametri, dan lain-lain. Potensiometri merupakan salah satu metode analitik pada ilmu kimia yang paling sering digunakan untuk analisis kimia, dimana cara kerjanya adalah pengukuran perubahan potensial dari elektroda untuk mengetahui konsentrasi ion dari suatu larutan. (Wahab, 2014). Instrumen yang biasa digunakan dalam elektrokimia adalah potensiostat. Potensiostat merupakan alat elektronik yang mengontrol beda potensial antara elektroda kerja dan elektroda pembanding dalam suatu sel kimia (Harmesa, 2012).

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit, misal semikonduktor, elektrolit atau vakum. Nilai absolut dari potensial suatu elektroda (elektroda kerja) tidak dapat ditentukan, hanya dapat ditentukan dengan mengukur nilainya relatif

terhadap potensial elektroda yang lain, dalam hal ini digunakan elektroda referensi yang mempunyai potensial stabil (Trisunaryanti, 2006). Nilai relatif potensial kerja memenuhi persamaan berikut (Kobayashi, 2010):

$$V = V_s - V_r \quad (2.2)$$

Dimana  $V$  adalah beda potensial,  $V_r$  adalah nilai tetapan potensial dari elektroda pembanding dan  $V_s$  adalah nilai potensial dari elektroda kerja.

### 2.8.1 Elektroda Kerja

Elektroda indikator (elektroda kerja) adalah suatu elektroda yang potensial elektrodanya bervariasi terhadap konsentrasi (aktivitas) analit yang diukur. Elektroda indikator harus memenuhi beberapa syarat antara lain harus memenuhi tingkat kesensitifan yang terhadap konsentrasi analit. Tanggapannya terhadap keaktifan teroksidasi dan tereduksi harus sedekat mungkin dengan yang diramalkan dengan persamaan Nernst. Sehingga adanya perbedaan yang kecil dari konsentrasi analit, akan memberikan perbedaan tegangan (Day, 2002).

Elektroda indikator secara umum dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu:

a. Elektroda indikator logam

Elektroda logam adalah elektroda yang dibuat dengan menggunakan lempengan logam atau kawat yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit. Elektroda logam dapat dikelompokkan ke dalam elektroda jenis pertama, elektroda jenis kedua, elektroda jenis ketiga, elektroda redoks (Day, 2002).

b. Elektroda indikator membran

Elektroda indikator ini biasanya peka/sensitif terhadap satu jenis ion saja. Tegangan yang ditimbulkan bergantung pada banyaknya ion dalam larutan

yang mengenai permukaannya. Hal ini dapat dilihat dari jumlah atau konsentrasi ion dalam larutan (Day, 2002).

### 2.8.2 Elektroda Pemanding

Di dalam beberapa analisis elektrokimia, diperlukan suatu elektroda pembanding (*reference electrode*) yang memiliki syarat harga potensial setengah sel yang diketahui, konstan dan sama sekali tidak peka terhadap komposisi larutan yang sedang diselidiki. Pasangan elektroda pembanding adalah elektroda indikator (*working electrode*) yang potensialnya bergantung pada konsentrasi zat yang sedang diselidiki (Rot, 1998).

Elektroda pembanding ada beberapa macam, diantaranya:

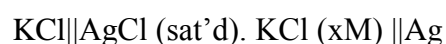
1. Elektroda Kalomel (*Saturated Calomel Electrode*)

Elektroda Kalomel merupakan elektroda yang terdiri dari lapisan Hg yang ditutupi dengan pasta merkuri (Hg), merkuri klorida ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) dan kalium klorida (KCl). Setengah sel elektroda kalomel ditunjukkan sebagai berikut:

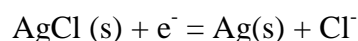


2. Elektroda Perak / Perak Klorida

Elektroda perak/ perak klorida merupakan elektroda yang terdiri dari suatu elektroda perak yang dicelupkan ke dalam larutan KCl yang dijenuhkan dengan AgCl. Setengah sel elektroda perak dapat ditulis:

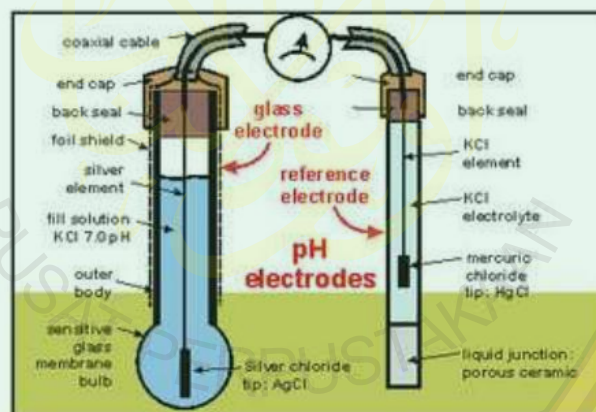


Reaksi setengah selnya adalah:



## 2.9 Sensor pH

Pengukuran pH dapat dilakukan dengan menggunakan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan (Matiin, 2012). Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektrokimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam gelas elektroda yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar gelas elektroda yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektrokimia dari ion hidrogen atau diistilahkan dengan potensial hidrogen (Welander, 2010).



Gambar 2.6 Skema elektroda sensor pH (Kristianto, 2012)

Sensor pH akan mengukur potensial listrik (pada Gambar 2.6 alirannya searah jarum jam) antara merkuri klorida ( $\text{HgCl}$ ) pada elektroda pembanding dan *potassium chloride* ( $\text{KCl}$ ) yang merupakan larutan didalam gelas elektroda serta potensial antara larutan dan elektroda perak. Tetapi potensial antara sampel yang tidak diketahui dengan elektroda gelas dapat berubah tergantung sampelnya, oleh

karena itu perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan yang ekuivalen yang lainnya untuk menetapkan nilai dari pH (Kristianto, 2012).

## 2.10 Arduino

Arduino adalah *platform* pembuatan prototipe elektronik yang bersifat *open-source* hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan (Simanjuntak, 2012).

*Platform* arduino terdiri dari arduino *board*, *shield*, bahasa pemrograman arduino, dan *arduino development environment*. Arduino *board* biasanya memiliki sebuah chip dasar mikrokontroler Atmel AVR ATmega8 berikut turunannya. Blok diagram arduino *board* yang sudah disederhanakan dapat dilihat pada Gambar 2.16. *Shield* adalah sebuah papan yang dapat dipasang diatas arduino *board* untuk menambah kemampuan dari arduino *board* (Simanjuntak, 2012).

Bahasa pemrograman arduino adalah bahasa pemrograman yang umum digunakan untuk membuat perangkat lunak yang ditanamkan pada arduino board. Bahasa pemrograman arduino mirip dengan bahasa pemrograman C++ (Simanjuntak, 2012).

*Arduino Development Environment* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis dan meng-*compile* program untuk arduino. *Arduino Development Environment* juga digunakan untuk meng-*upload* program yang sudah di-*compile* ke memori program arduino board. Perangkat lunak yang ditulis menggunakan *Arduino Development Environment* disebut *sketch*. *Sketch* ditulis pada *editor* teks. *Sketch* disimpan dengan file berekstensi *.ino*. Area pesan memberikan memberikan informasi dan pesan *error* ketika kita menyimpan atau

membuka *sketch*. Konsol menampilkan output teks dari *Arduino Development Environment* dan juga menampilkan pesan *error* ketika kita mengkompilasi *sketch*. Pada sudut kanan bawah dari jendela *Arduino Development Environment* menunjukkan jenis *board* dan *port serial* yang sedang digunakan. Tombol *toolbar* digunakan untuk mengecek dan mengupload *sketch*, membuat, membuka atau menyimpan *sketch*, dan menampilkan serial monitor (Simanjuntak, 2012).

Berikut ringkasan singkat spesifikasi arduino uno dan arduino mega 2560 (arduino.cc):

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Uno dan arduino mega 2560 (arduino.cc)

Spesifikasi	Arduino Uno	Arduino Mega 2560
Microcontroller	Atmega328P	ATmega2560
Operating Voltage	5V	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)	54 (of which 15 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6	16
Analog Input Pins	6	16
DC Current per I/O Pin	20 mA	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	2 KB	8 KB
EEPROM	1 KB	4 KB
Clock Speed	16 Hz	16 Hz



(a)



(b)

Gambar 2.7 (a) *Board* Arduino Uno (b) *board* arduino mega 2560 (Simanjuntak, 2012)

## 2.11 Akuisisi Data

Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki. Jenis serta metode yang dipilih pada umumnya bertujuan untuk menyederhanakan setiap langkah yang dilaksanakan pada keseluruhan proses (Rakhmat, 1999).

Sistem akuisisi data terdiri dari sejumlah elemen atau komponen yang saling berhubungan satu dengan yang lain dibentuk sedemikian rupa sehingga sistem tersebut dapat berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyimpan data secara cepat, *realtime* dan akurat sehingga kemudian data siap untuk diproses lebih lanjut. Elemen-elemen tersebut adalah obyek pengukuran, transduser, amplifier, multiplexer, *data acquisition card*, komputer dan perangkat lunak akuisisi data (Rakhmat, 1999).

Sistem Akuisisi data ini terdiri dari sensor (yang mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik) dan sistem mikrokontroler yang mengolah besaran listrik menjadi kuantitas yang terukur yang berbentuk data digital yang siap diolah atau dianalisis (Gifson, 2009).

Dalam ruang lingkup yang luas, penggunaan sistem akuisisi data (DAQ) tidak hanya untuk mendapatkan data. Data akuisisi memiliki cakupan yang luas dan mencakup aspek kontrol dari keseluruhan sistem. Kontrol adalah proses dimana sinyal digital dari sistem hardware yang diperoleh akan diolah untuk mengendalikan aktuator dan *relay*. Perangkat ini yang kemudian mengontrol

sistem atau proses, dimana sistem ini yang disebut sistem akuisisi data atau *DAQ system* (Park, 2003).

## 2.12 NI LabVIEW 2014

Dalam pengembangan sistem data akuisisi data dibutuhkan ada suatu software yang handal. *Laboratory Virtual Instrument Enggining Workbench* atau LabVIEW adalah software yang dibuat oleh National Instrument yang dapat menampilkan secara visual keseluruhan sistem kontrol dengan menggunakan layar monitor komputer. LabVIEW berfungsi untuk pengembangan desain kontrol dan pengetesan sistem serta melakukan simulasi-simulasi. Sebelum membuat alat, semua proses kontrol dapat disimulasikan pada program LabVIEW agar mudah melakukan *troubleshooting* (Arman, tanpa tahun).

LabVIEW adalah bahasa pemrograman grafis yang menggunakan ikon bukan teks baris untuk membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks bahasa, dimana instruksi menentukan pelaksanaan program, LabVIEW menggunakan pemrograman data flow, dimana aliran data menentukan eksekusi (National Instruments, 2001).

Di LabVIEW, membangun *user interface* dengan menggunakan satu set alat dan benda-benda. *User interface* dikenal sebagai *front panel*. Kemudian menambahkan kode menggunakan representasi grafis dari fungsi untuk mengontrol objek *front panel*. Diagram blok berisi kode. Dalam beberapa hal, diagram blok menyerupai diagram alur (National Instruments, 2001).



Gambar 2.8 NI LabVIEW (National Instruments, 2001)

### 2.13 *Principle Component Analysis*

*Principal Component Analysis* atau PCA adalah suatu metode yang melibatkan prosedur matematika yang mengubah dan mentransformasikan sejumlah besar variabel yang berkorelasi menjadi sejumlah kecil variabel yang tidak berkorelasi, tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya (Sunaryo, 2006). *Principal Component Analysis* (PCA) adalah sebuah cara untuk mengidentifikasi pola pada data dan kemudian mengekspresikan data tersebut ke bentuk yang lain untuk menunjukkan perbedaan dan persamaan antar pola (Lim, 2002).

Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi yang besar dari ruang data (*observed variables*) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (*independent variables*), yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan data lebih sederhana. Ruang fitur adalah ciri yang digunakan sebagai kriteria dalam pengklasifikasian (Pratiwi, 2013).

Variabel-variabel baru dalam PCA disebut sebagai *principle component* (PC) dan nilai-nilai bentukan dari variabel ini disebut sebagai *principle component score*. Variabel yang baru merupakan kombinasi linier dari variabel-variabel asli dan seluruh variabel baru tidak saling berkorelasi (Sharma, 1996).

Perhitungan analisis dengan menggunakan metode PCA adalah masalah memecahkan persamaan eigen. Adapun algoritma PCA secara umum sebagai berikut (Johnson, 2007):

- a. Hitung matriks kovarian dengan persamaan berikut:

$$Cov(xy) = \frac{\sum xy}{n} - (\bar{x})(\bar{y}) \quad (2.3)$$

- b. Hitung nilai eigen dengan menyelesaikan persamaan berikut:

$$(A - \lambda I) = 0 \quad (2.4)$$

Dimana A merupakan matriks data,  $\lambda$  merupakan nilai eigen, dan I adalah matriks identitas.

- c. Hitung vektor eigen dengan menyelesaikan persamaan berikut:

$$[A - \lambda I][X] = 0 \quad (2.5)$$

Dimana A merupakan matriks data,  $\lambda$  merupakan nilai eigen, I adalah matriks identitas, dan X adalah vektor eigen.

- d. Tentukan variabel baru (PC) dengan mengalikan variabel asli dengan matriks vektor eigen.

Sedangkan variansi/proporsi yang dapat dijelaskan oleh variabel baru ke-i bergantung pada kontribusinya. Dari masing-masing nilai eigen variabel baru (PC), variansi/proporsi PC dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Johnson, 2007):

$$\text{Proporsi PC ke-i} = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \times 100\% \quad (2.6)$$

Vektor koefisien dari PC1 dipilih sedemikian rupa sehingga proporsi PC1 maksimum di antara vektor koefisien yang lain. Selanjutnya, PC2 adalah kombinasi linier dari variabel terobservasi yang bersifat ortogonal terhadap PC1

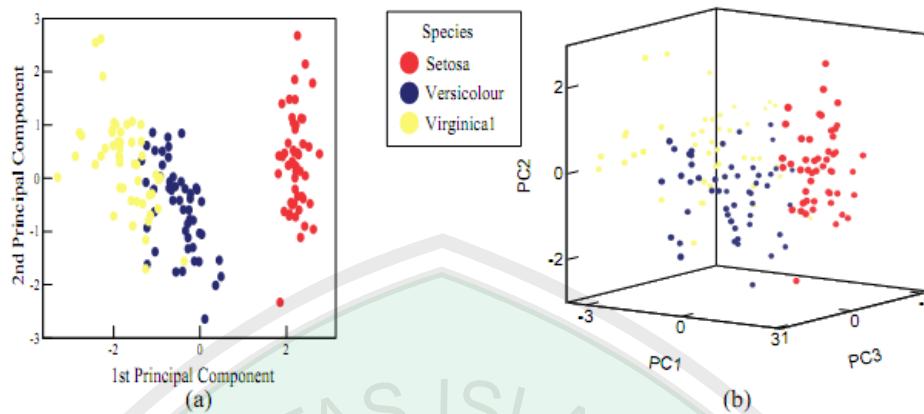
dan memiliki proporsi yang minimum dari proporsi sebelumnya dan maksimum dalam PC2 ( Djakaria, 2010).

Ada 2 cara yang digunakan untuk menentukan jumlah komponen utama (PC) yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Pertama, dengan melihat total proporsi yang dapat dijelaskan lebih dari 80%. Kedua adalah dengan mengamati *scree* plot yaitu dengan cara melihat patahan siku dari *scree* plot (Jhonson, 2007).

Interpretasi PCA dapat diperoleh dari analisis loading. Loading adalah korelasi antara variabel asli dengan variabel baru. Loading memberikan indikasi variabel asli mana yang sangat penting atau berpengaruh pada pembentukan variabel baru. Semakin tinggi nilai loading, maka variabel lama tersebut semakin berpengaruh terhadap pembentukan variabel baru. Loading dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Sharma, 1996):

$$l_{ij} = \frac{w_{ij}}{s_j} \sqrt{\lambda_i} \quad (2.7)$$

$l_{ij}$  merupakan loading plot variabel ke-j untuk PC ke-i.  $w_{ij}$  adalah bobot dari variabel ke-j terhadap PC ke-i.  $\lambda_i$  adalah nilai eigen dari PC ke-i dan  $s_j$  adalah standart deviasi dari variabel ke-j.



Gambar 2.9 Contoh hasil plot data dengan metode PCA (a) 2 dimensi, (b) 3 dimensi (Djakaria, dkk., 2010)

#### 2.14 Cluster Analysis (CA)

*Cluster Analysis* (CA) adalah metode multivariat yang bertujuan untuk mengklasifikasikan sampel subyek (atau benda) atas dasar satu set variabel yang diukur menjadi beberapa kelompok yang berbeda sehingga subyek yang sama ditempatkan dalam kelompok yang sama (Cornish, 2007).

*Cluster Analysis* merupakan suatu metode dalam analisis peubah ganda yang bertujuan untuk mengelompokkan  $n$  satuan pengamatan ke dalam  $k$  kelompok dengan  $k < n$  berdasarkan  $b$  peubah. Sehingga unit-unit pengamatan dalam satu kelompok mempunyai sifat-sifat yang lebih mirip dibandingkan dengan unit pengamatan lain yang terdapat dalam kelompok yang berbeda (Pontoh, 2009). Adapun ciri-ciri *cluster* (kelompok) adalah (Sitepu, 2011):

1. Homogenitas (kesamaan) yang tinggi antar anggota dalam satu *cluster*.
2. Heterogenitas (perbedaan) yang tinggi antar *cluster* yang satu dengan *cluster* yang lain.

Analisis *cluster* berguna untuk meringkas data dengan jalan mengelompokkan objek-objek berdasarkan kesamaan karakteristik tertentu diantara objek-objek yang akan diteliti. Analisis *cluster* terbagi atas 2 metode, yaitu (Sitepu, 2011):

a. Metode Hirarkis

Pada metode hirarki ini dimulai dengan mengelompokkan dua atau lebih objek yang mempunyai kesamaan yang paling dekat. Kemudian proses diteruskan ke objek lain yang mempunyai kedekatan kedua. Demikian seterusnya sampai *cluster* akan membentuk semacam "pohon" hierarki (tingkatan) yang jelas antar objek dari yang paling mirip sampai yang paling tidak mirip. Dendogram biasanya digunakan untuk membantu memperjelas proses hierarki tersebut.

b. Metode non-Hirarkis (*k-means cluster*)

Pada metode non-hirarki, digunakan jarak Euclidian, untuk menetapkan nilai kedekatan antara objek. Klaster pertama adalah observasi pertama dalam set data. Klaster kedua adalah observasi lengkap berikutnya yang dipisahkan dari klaster pertama oleh jarak minimum khusus. Analisis *cluster* adalah suatu alat untuk mengelompokkan sejumlah  $n$  objek berdasarkan  $p$  variabel yang secara relatif mempunyai kesamaan karakteristik diantara objek-objek tersebut, sehingga keragaman dalam suatu kelompok tersebut lebih kecil dibandingkan dengan keragaman antar kelompok. Objek tersebut akan diklasifikasikan dalam satu atau lebih

*cluster* (kelompok) sehingga objek-objek yang berada dalam satu *cluster* akan mempunyai kemiripan atau kesamaan karakter.

Pengelompokan didasarkan pada ukuran jarak sebagai ukuran kemiripan antar unit pengamatan. Konsep-konsep jarak yang digunakan dalam analisis kelompok adalah jarak euclid, jarak mahalanobis, jarak manhattan, jarak pearson, jarak kuasa dan jarak chebyshev. Konsep jarak yang sering digunakan adalah euclid dan mahalanobis (Pontoh, 2009).

#### 1) Jarak Euclidian

Jika antar peubah memiliki satuan yang sama dan tidak saling berkorelasi. Jika terdapat korelasi maka transformasi dengan menggunakan Analisis Komponen Utama. Untuk menentukan jarak euclidian digunakan persamaan berikut:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (2.8)$$

#### 2) Jarak Mahalanobis

Jarak ini digunakan jika ada korelasi antar peubah. Jarak ini jarang digunakan karena tanpa informasi awal dari kelompok-kelompok yang ada nilai S tidak dapat ditentukan. Jika situasi pengukuran yang digunakan antar peubah tidak sama, maka sebelum dilakukan perhitungan jarak perlu dilakukan transformasi kedalam bentuk baku.

Metode perbaikan jarak merupakan proses penggabungan yang dilakukan dengan memperbaiki matriks jaraknya. Beberapa metode perbaikan jarak yang dapat digunakan (Pontoh, 2009):

a) Metode Pautan Tunggal (*Single Linkage*)

Pada metode ini jarak antara dua kelompok merupakan jarak terdekat antara pengamatan di dalam satu kelompok dengan pengamatan di dalam kelompok lainnya. Metode ini merupakan metode paling sederhana diantara metode perbaikan jarak lainnya.

b) Metode Pautan Lengkap (*Complete Linkage*)

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode pautan tunggal. Perbedaannya pada metode ini jarak antara dua kelompok merupakan jarak terjauh antara pengamatan di dalam satu kelompok dengan pengamatan di dalam kelompok lainnya.

c) Metode Pautan Rataan (*Average Linkage*)

Metode ini mendefinisikan jarak antara dua kelompok merupakan rata-rata semua pasangan yang mungkin antar pengamatan dalam suatu kelompok dengan pengamatan di dalam kelompok lainnya.

d) Metode *Centroid*

Konsep metode *centroid* yaitu penggabungan dua kelompok dilakukan dengan menggunakan dua kelompok yang paling dekat/mirip vektor nilai tengahnya (*centroid*).

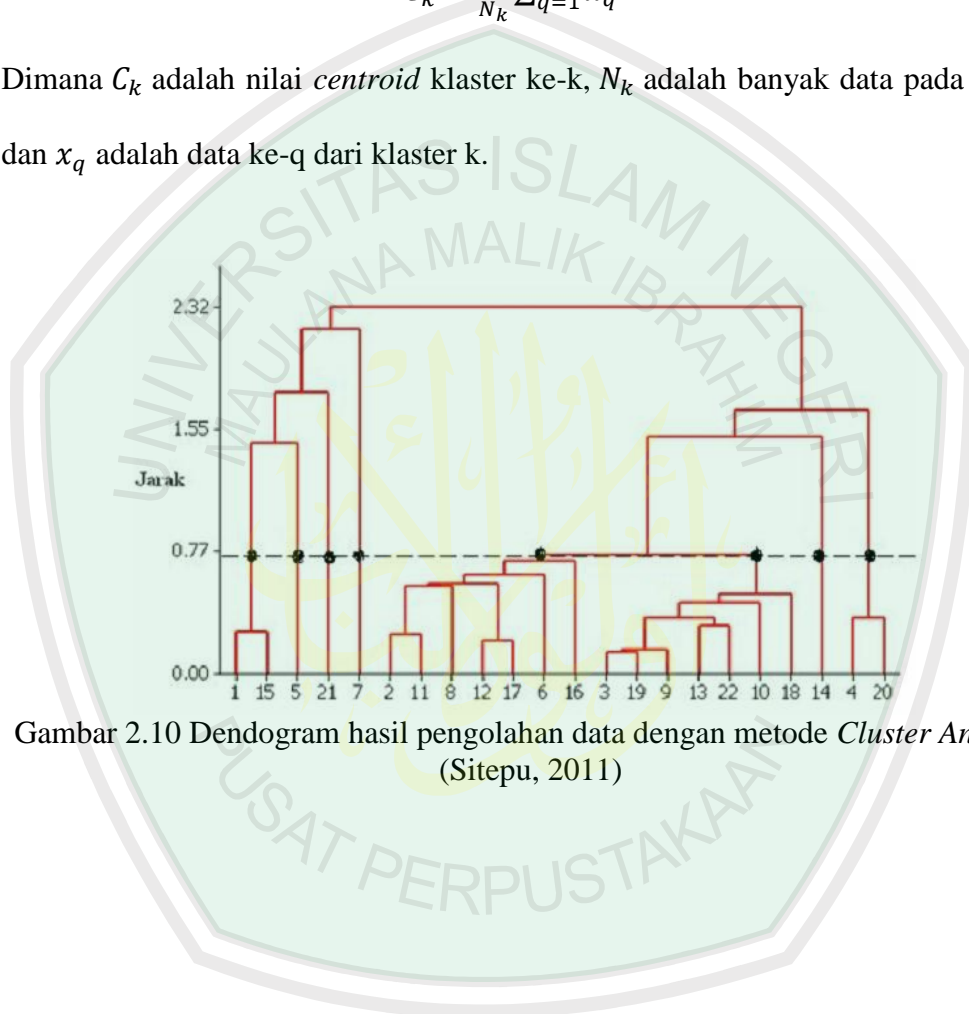
Setelah mengelompokkan  $n$  buah objek pengamatan kedalam  $m$  kelompok berdasarkan  $p$  variabel dapat diketahui bahwa tujuan utama dari pengkelompokan objek adalah untuk memperoleh kelompok objek yang memiliki nilai relatif sama. Sehingga nantinya dalam interpretasi, objek-objek yang berada pada satu *cluster*

memiliki peluang yang cukup tinggi akan muncul bersamaan pada satu individu (Sitepu, 2011).

Nilai titik centroid dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$C_k = \frac{1}{N_k} \sum_{q=1}^{N_k} x_q \quad (2.9)$$

Dimana  $C_k$  adalah nilai *centroid* kluster ke-k,  $N_k$  adalah banyak data pada kluster dan  $x_q$  adalah data ke-q dari kluster k.



Gambar 2.10 Dendrogram hasil pengolahan data dengan metode *Cluster Analysis* (Sitepu, 2011)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen untuk membuat sistem lidah elektronik, yang terdiri atas array sensor, penguat dan interface sensor, akuisisi data lidah elektronik dan logger datanya. Array sensor lidah elektronik digunakan untuk menyensing rasa dari daging dan akuisisi data digunakan untuk memperoleh pola rasa dari daging. Daging sapi dan daging babi akan diklasifikasikan dan diolah dengan statistik multivariat PCA (*Principle Component Analysis*) dan CA (*Cluster Analysis*) untuk dapat mengetahui perbedaan dari pola rasa daging sapi dan daging babi.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian tentang Klasifikasi Pola Daging Sapi dan Daging Babi Berbasis *Elektronic Tongue* dengan 16 *Array Sensor* Menggunakan Metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA), dilaksanakan pada bulan Maret sampai bulan Mei 2016 bertempat di Laboratorium Workshop Elektronika Instrumentasi Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

#### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian**

1. Elektroda kerja.
2. Elektroda *reference* Ag/AgCl

3. Sensor pH
4. ORP Adapter
5. Perangkat PC, OS Windows 7 64bit, AMD vision E3 Memori 2GB
6. Pipet tetes
7. *Beaker glass* 250 ml.
8. Statif
9. *Magnetic stirrer*
10. Botol semprot
11. Aquades
12. Timbangan digital.
13. Pengaduk.
14. *Glass membran*.
15. Blender
16. Software:
  - a. LabVIEW 2014 f.2 32bit.
  - b. *Virtual Instrument Software Architecture (VISA)*.
  - c. *LabVIEW Interface for Arduino (LIFA)*.
  - d. Arduino IDE.
  - e. Minitab 16
  - f. MATLAB 2015
17. Arduino Mega 2560 R3
18. Arduino Uno R3
19. Daging sapi segar bagian has luar

20. Daging babi segar bagian has luar

21. PCB polos *single layer*

22. Komponen elektronika, meliputi:

- a. *Connector*
- b. *Header*
- c. *Rainbow cable*
- d. *DB-25 female cable type*
- e. *DB-25 male cable type*
- f. *Shrink tube/ Selang bakar*

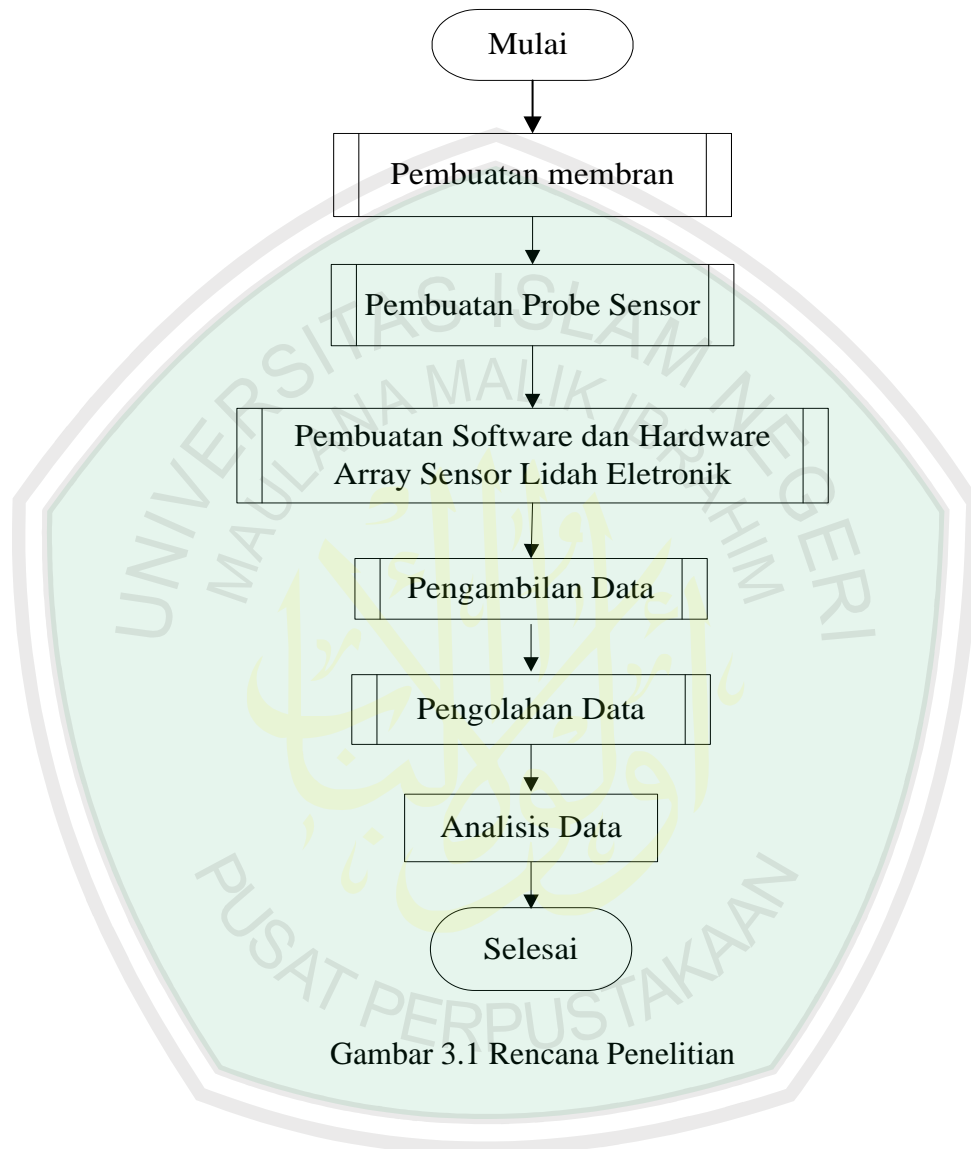
### **3.3.2 Bahan Pembuat Membran**

1. *Tetrahydrofuran (THF)*
2. *Polyvinyl chlorida (PVC)*
3. *Lipid; oleic acid (OA), trioktil methyl ammonium chlorida (TOMA), octadecylamine dan oleyl alcohol*
4. *Plasticizer; 2-NPOE, bis (2 ethylhexyl) phosphate, bis(2-ethylhexyl) sebacate, dan bis(1-butylpentyl) adipate*

### **3.3.3 Bahan untuk Membuat Probe Sensor**

1. Mika (akrilik)
2. Emas murni
3. Perak murni
4. Pelapis
5. Plastisin

### 3.4 Rencana Penelitian



Gambar 3.1 Rencana Penelitian

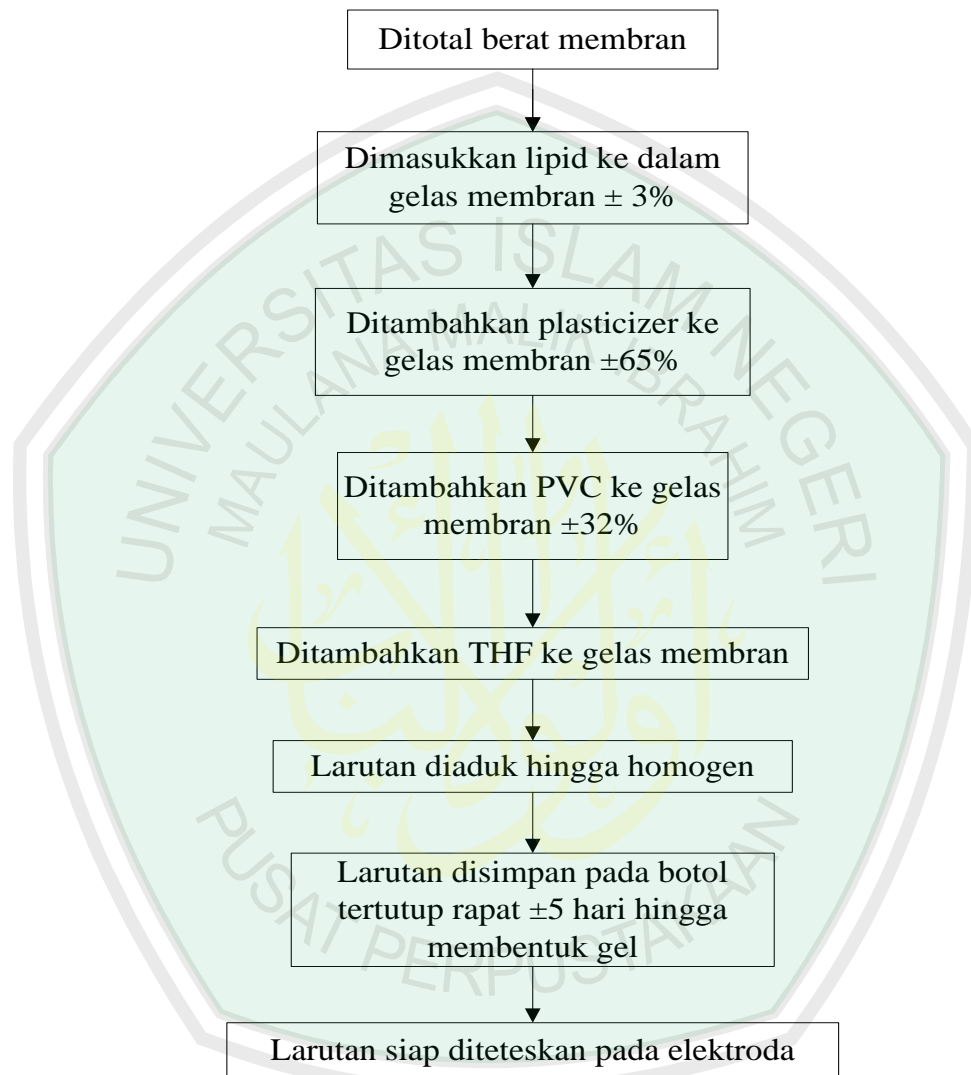
### 3.5 Tahap dan Alur Penelitian

#### 3.5.1 Susunan Membran dan Pembuatan Membran sebagai Sensor

Tabel 3.1 Komposisi membran sensor *E-tongue*

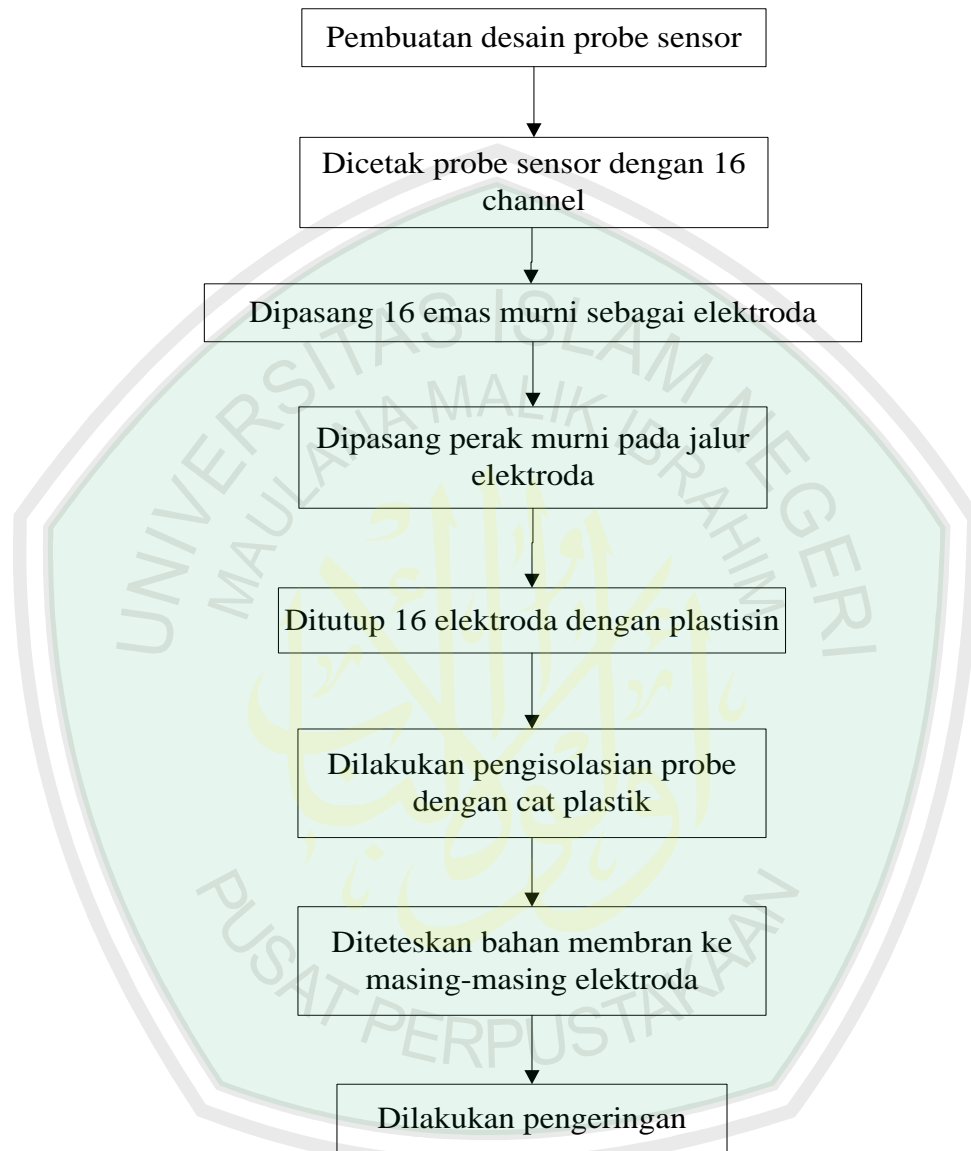
No. Sensor	Material Aktif Lipid (3%)	Plasticizer (65%)	Matrik (32%)
S1	Octadecylamine	2-NPOE	PVC
S2	Oleyl alcohol	2-NPOE	PVC
S3	Methyltrioctylammonium chloride	2-NPOE	PVC
S4	Oleic acid	2-NPOE	PVC
S5	Octadecylamine	Bis(2-ethylhexyl) sebacate	PVC
S6	Oleyl alcohol	Bis(2-ethylhexyl) sebacate	PVC
S7	Methyltrioctylammonium chloride	Bis(2-ethylhexyl) sebacate	PVC
S8	Oleic acid	Bis(2-ethylhexyl) sebacate	PVC
S9	Octadecylamine	Bis(2-ethylhexyl) phosphate	PVC
S10	Oleyl alcohol	Bis(2-ethylhexyl) phosphate	PVC
S11	Methyltrioctylammonium chloride	Bis(2-ethylhexyl) phosphate	PVC
S12	Oleic acid	Bis(2-ethylhexyl) phosphate	PVC
S13	Octadecylamine	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC
S14	Oleyl alcohol	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC
S15	Methyltrioctylammonium chloride	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC
S16	Oleic acid	Bis(1-butylpentyl)adipate	PVC

Dari komposisi susunan membran diatas, kemudian dibuat membran seperti yang dijelaskan pada gambar 3.2 sebagai berikut:

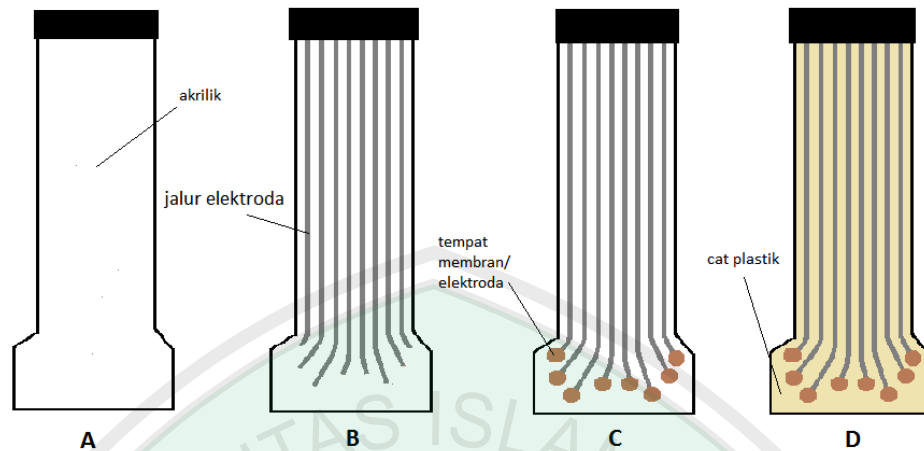


Gambar 3.2 Diagram Pembuatan Membran

### 3.5.2 Pembuatan Probe Sensor Lidah Elektronik



Gambar 3.3 Diagram Pembuatan Probe sensor Lidah Elektronik

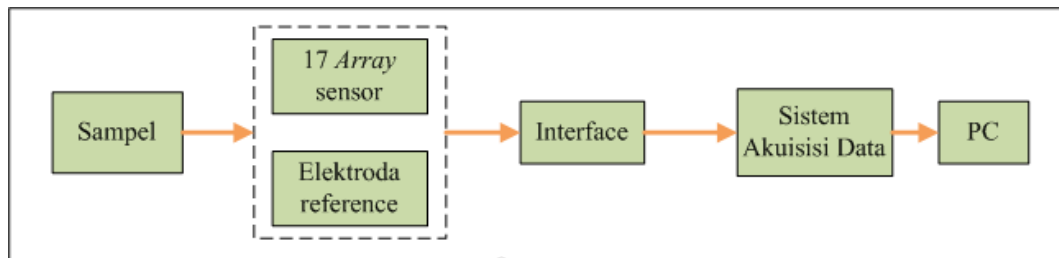


Gambar 3.4 Skema desain pembuatan probe sensor

Desain dari probe sensor dicetak pada akrilik seperti pada gambar 3.4 dengan 16 *channel*, dimana 8 channel pada layer depan dan 8 channel pada layer belakang. Gambar 3.4B menunjukkan 8 jalur elektroda yang selanjutnya dipasang perak murni pada masing-masing jalur pada kedua layer. Dipasang emas murni ujung masing-masing jalur sebagai tempat elektroda/ membran seperti pada gambar 3.4C. Masing-masing tempat elektroda ditutup dengan menggunakan plastisin. Kedua layer probe sensor dilapisi dengan cat plastik seperti ditunjukkan pada gambar 3.4.D dan membran ditetaskan pada masing-masing tempat membran.

### 3.5.3 Pembuatan Software dan Hardware Sensor Lidah Elektronik

Hardware sistem *array* sensor dibuat sebagai piranti fisik yang akan menjalankan tugas utamanya sebagai prosesor dan aktuator data *logger* sensor lidah elektronik. Berikut adalah diagram lidah elektronik yang akan di bangun.



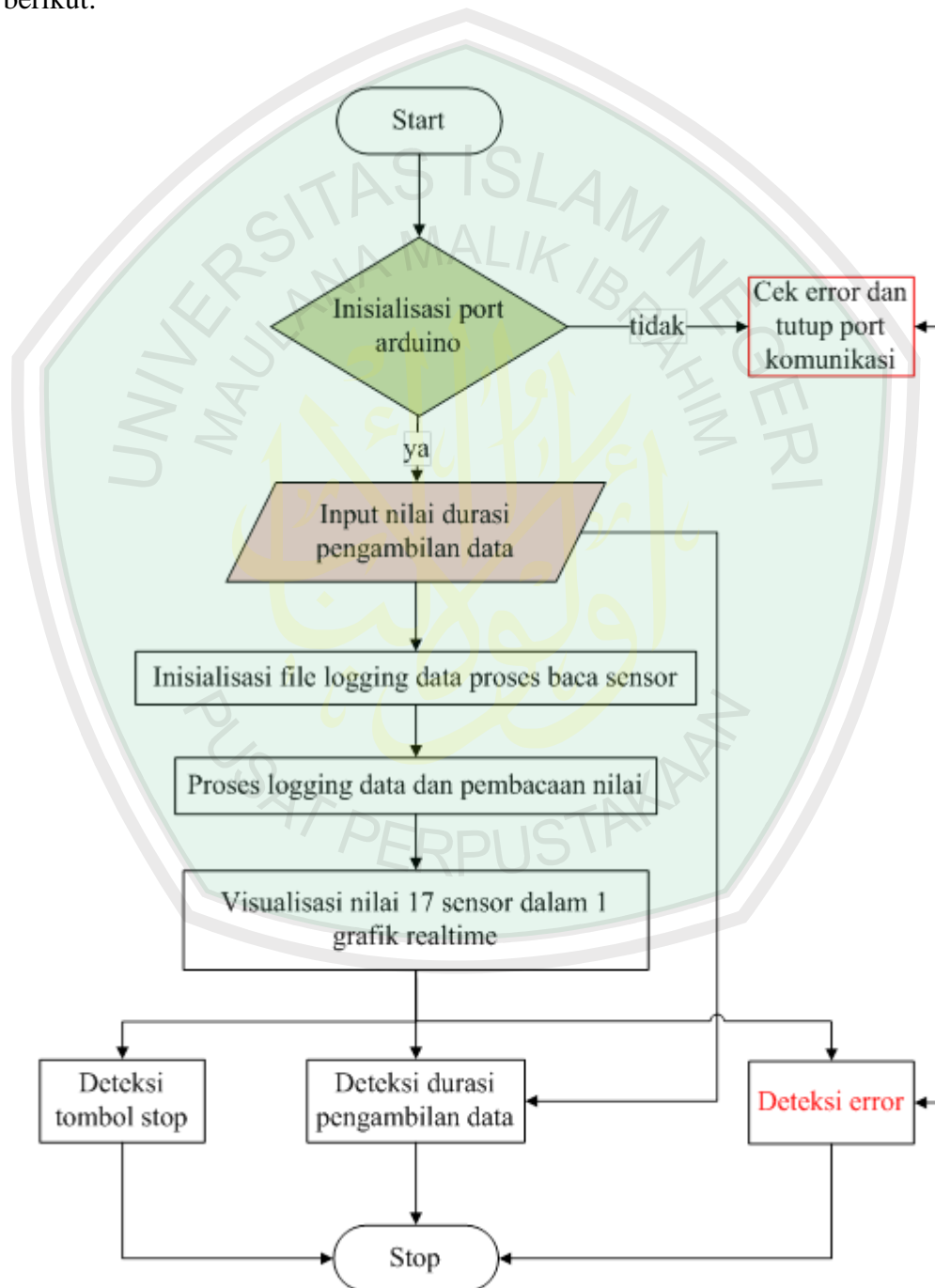
Gambar 3.5 Sistem lidah elektronik

Hardware sistem akuisisi data atau *interface* sensor pada penelitian ini terdiri dari *Buffer/ORP adapter* dan juga Arduino. *Buffer* digunakan sebagai penguat sinyal dan penyangga sinyal impedansi tinggi. Arduino sebagai *processor*. Dalam penelitian ini digunakan Arduino Mega 2560 R3 dan Arduino Uno. Arduino Mega 2560 R3 merupakan pengembangan *board* mikrokontroler yang menggunakan IC mikrokontroler dari ATMEL, Atmega 256. Arduino Mega 2560 R3 merupakan *board* pengembangan mikrokontroler 16 bit yang mempunyai kanal ADC (*Analog to Digital Converter*) atau *analog read* (Arduino) sebanyak 1. Dengan jumlah kanal sebanyak 16, Board Arduino Mega R3 mampu untuk menjalankan antarmuka yang disusun secara larik dan dijalankan secara bersamaan. Data dari kanal ADC yang telah dibaca oleh Arduino Mega 2560 R3 akan dikirimkan ke PC melalui komunikasi serial (USB, Bluetooth, XBee). PC digunakan sebagai perangkat untuk menjalankan software yang digunakan dalam sensor rasa/lidah elektronik. Pada sistem *array* sensor rasa, suplai daya diperoleh dari PC sebesar 3.3V.

Software sistem akuisisi data *logger* sensor rasa dibangun menggunakan aplikasi dari National Instrumen yaitu NI LabVIEW. Pembuatan software digunakan sebagai pengontrol hardware sistem lidah elektronik. Aplikasi pada NI

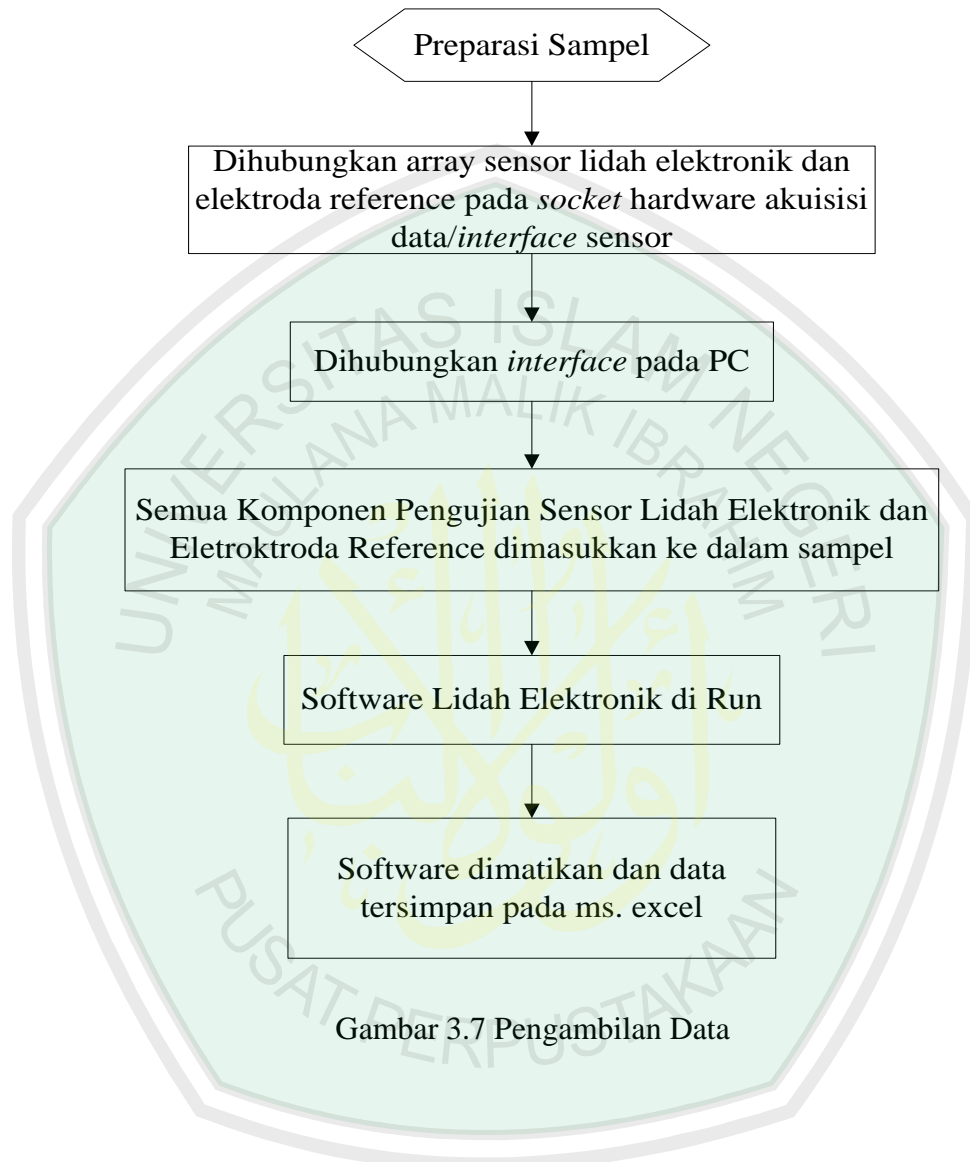
LabVIEW yang berupa objek-objek blok diagram sebagai aliran programnya yang memudahkan pengguna untuk tidak lagi membuat *script* dalam pemrograman.

*Flowchart* program sistem data *logger* pada sensor rasa adalah sebagai berikut:



Gambar 3.6 Diagram aliran program sistem akuisisi data dan data *logger* sensor rasa

### 3.5.4 Pengambilan Data



Gambar 3.7 Pengambilan Data

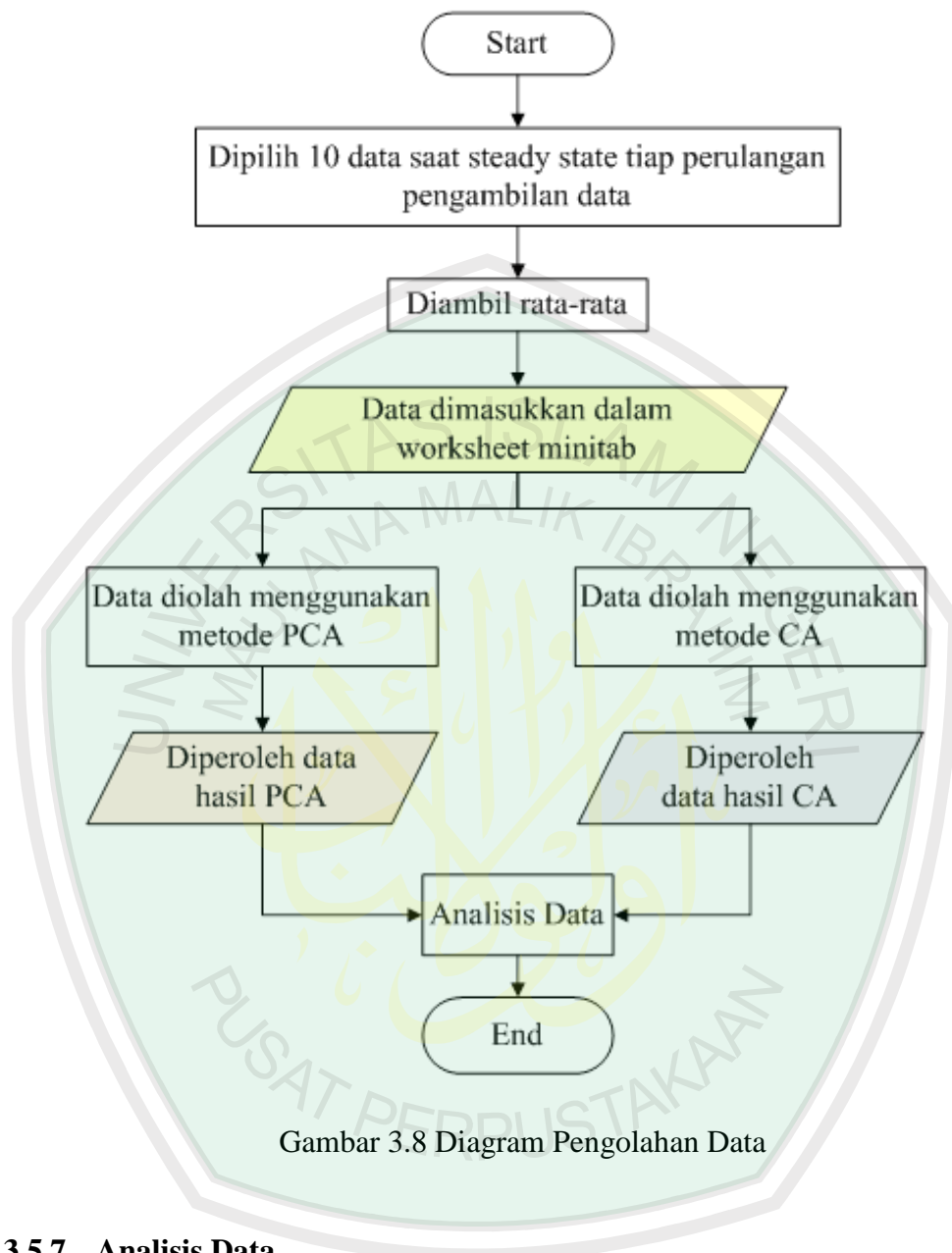
Keterangan Diagram:

1. Preparasi sampel yang akan diujikan, meliputi:
  - a. Diukur masing-masing sampel daging dengan berat 100 gram.
  - b. Diletakkan masing-masing sampel pada gelas ukur.
  - c. Ditambahkan *aquades* 100 mL pada masing-masing sampel.

- d. Dihaluskan campuran daging dan *aquades* dengan blender hingga menjadi larutan.
2. Dihubungkan *array* sensor dan elektroda *reference* pada *socket* hardware akuisisi data.
3. Dimasukkan semua komponen pengujian sensor lidah elektronik, sensor pH dan elektroda *reference* ke dalam sampel.
4. Dijalankan software akuisisi data lidah elektronik sampai *steady state*.
5. Software dimatikan dan data yang diambil tersimpan di Ms. Excel.

#### 3.5.5 Pengolahan Data

Penggunaan metode untuk analisis data menjadi faktor utama dalam pemberian informasi dari lidah elektronik. Pada penelitian ini, Pengolahan data menggunakan teknik pengenalan pola dengan menggunakan software Minitab dengan metode multivariat yakni metode *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA). Langkah prosesi data dan pengolahan data dapat dijelaskan oleh gambar 3.8



### 3.5.7 Analisis Data

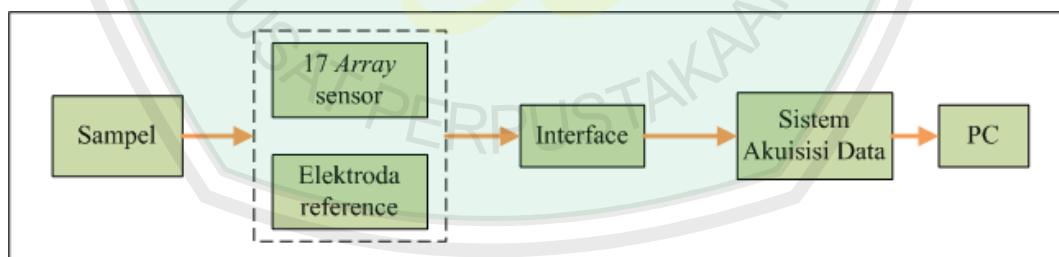
Data yang diperoleh dari *array sensor* lidah elektronik akan dianalisis dengan menggunakan analisa data *Principle Component Analysis* (PCA) dan *Cluster Analysis* (CA). Setelah data dianalisis oleh kedua metode tersebut, diperoleh keakurasian masing-masing hasil dari metode analisis yang digunakan.

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan analisis multivariat yang digunakan untuk mereduksi dimensi data berukuran besar dan saling berkorelasi menjadi dimensi kecil dan tidak saling berkorelasi. Namun walaupun dimensi data menjadi lebih kecil, tidak akan banyak informasi yang hilang karena keragaman tetap dipertahankan minimum 80% (Johnson dan Wichern, 2002). Dengan metode PCA ini, data dari daging sapi dan daging babi dapat direduksi menjadi 2 dimensi untuk mengklasifikasikan masing-masing pola rasa daging.

Sedangkan metode *Cluster Analysis* adalah analisis untuk mengelompokkan elemen yang mirip sebagai objek penelitian untuk menjadi kelompok (*cluster*) yang berbeda (Supranto, 2000). Dengan metode ini, data dari kedua daging dapat dikelompokkan berdasarkan jarak antar pola masing-masing daging.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Lidah elektronik dalam penelitian ini terdiri atas sensor lidah elektronik, *interface* sensor dan software sistem akuisisi data lidah elektronik. Sistem lidah elektronik ditunjukkan pada gambar 4.1. Sensor lidah elektronik terdiri atas 16 membran lipid yang dipasang pada probe sensor. Membran lipid berfungsi sebagai sensor yang berinteraksi dengan larutan sampel dengan konsep selektifitas global. Probe sensor berfungsi sebagai tempat dan jalur yang menghubungkan sensor ke *interface* sensor. Sensor ini yang akan dicelupkan ke dalam sampel bersama dengan elektroda pembanding dan sensor pH untuk mendapatkan nilai respon potensial listrik dari membran. Software dari sistem akuisisi data lidah elektronik dibangun menggunakan aplikasi dari National Instrumen, LabVIEW yang dikontrol dan diakuisisi melalui PC.



Gambar 4.1 Sistem lidah elektronik

## 4.1 Hasil Pembuatan Sistem Lidah Elektronik

### 4.1.1 Array Sensor Lidah Elektronik

#### A. Membran Lipid

Membran yang dibuat dalam penelitian ini terdiri atas material aktif lipid, *Plasticizer* dan PVC dengan komposisi lipid 3%, *Plasticizer* 65% dan PVC 32%. Lipid yang digunakan antara lain: *oleic acid* (OA), *trioktil methyl ammonium chlorida* (TOMA), *octadecylamine* dan *oleyl alcohol*. Lipid berfungsi sebagai material aktif membran yang berinteraksi dengan larutan sampel. *Plasticizer* yang digunakan antara lain: 2-NPOE, *bis (2 ethylhexyl) phosphate*, *bis(2-ethylhexyl) sebacate*, dan *bis(1-butylpentyl) adipate*. *Plasticizer* berfungsi sebagai pelarut membran yang juga ikut berinteraksi dengan larutan sampel. PVC (*Polivinil Chlorida*) berfungsi untuk mengeraskan atau menguatkan larutan membran. Selain 3 komposisi di atas, ditambahkan *Tetrahydrofuran* (THF) sebagai pelarut yang membantu penguapan. Dari keempat lipid dan keempat *plasticizer* di atas dikombinasikan menjadi 16 *array* sensor yang susunannya ditunjukkan pada tabel 3.1.

Pembuatan membran diawali dengan menimbang botol kosong sebagai wadah membran yang akan dibuat. Lipid diteteskan ke dalam botol dan ditimbang hingga  $\pm 3$  % dari komposisi membran. Ditambahkan *plasticizer* ke dalam botol hingga  $\pm 65$  % dari komposisi membran. Ditambahkan PVC  $\pm 32\%$  dari komposisi membran. Ditambahkan THF secukupnya setelah ketiga komposisi tercampur di dalam botol. Botol ditutup rapat dan membran dibiarkan selama  $\pm 5$  hari hingga

membentuk gel dan siap diteteskan pada probe sensor. Membran diteteskan pada probe sensor sebanyak 5 tetes dan dibiarkan selama  $\pm 1$  hari hingga menjadi padat.

#### B. Probe Sensor

Probe sensor berfungsi sebagai tempat membran dan sebagai jalur penghubung membran pada *interface array* sensor lidah elektronik. Probe sensor dibuat pada papan akrilik dengan desain seperti gambar 3.4. Desain probe sensor dicetak dengan 8 *channel* sensor di bagian depan dan 8 *channel* sensor di bagian belakang. Lingkaran tempat membran dilapisi dengan lempengan emas murni yang dihubungkan dengan perak murni sebagai jalur elektroda. Jalur elektroda dari perak murni dihubungkan menggunakan connector DB-25 *male-female cable type* dengan 16 kabel ke masing-masing input rangkaian *interface array* sensor lidah elektronik.



Gambar 4.2 Probe sensor lidah elektronik

#### 4.1.2 *Interface* Sensor Lidah Elektronik

*Interface* sensor merupakan suatu piranti yang digunakan untuk menghubungkan sensor pada PC agar output sensor dapat terbaca pada PC. Penelitian ini menggunakan rangkaian *interface* sensor yang terdiri atas *buffer* dan *board* mikrokontroler arduino uno dan arduino mega 2560. Rangkaian ini disusun

pada papan PCB dengan 2 layer, dimana 8 sensor pada layer pertama dan 8 sensor pada layer kedua. Sinyal output yang dihasilkan oleh sensor nilainya sangat kecil, sehingga dibutuhkan penguat sinyal untuk impedansi tinggi. Dalam penelitian ini digunakan *buffer* berupa *ORP adapter* sebagai penguat sinyal. Selain itu, sinyal output yang dihasilkan oleh sensor berupa sinyal analog sehingga digunakan *board* mikrokontroler berupa arduino uno dan arduino mega untuk mengonversi sinyal analog menjadi digital dapat dibaca oleh komputer.

Penelitian ini menggunakan 16 sensor dari membran lipid dan sensor pH, sehingga dibutuhkan 17 pin ADC (*Analog to Digital Converter*) pada board arduino agar semua sinyal output dapat dikonversi. Pada mikrokontroler arduino mega 2560 terdapat 15 pin input ADC yang digunakan untuk mengonversi sinyal output dari 15 sensor. Sedangkan pada board arduino uno digunakan 2 pin input ADC untuk mengonversi sinyal output dari sensor ke 16 dan sensor pH. Sinyal output dari sensor setelah dikonversi menjadi sinyal digital diumpankan ke PC menggunakan komunikasi serial (USB).

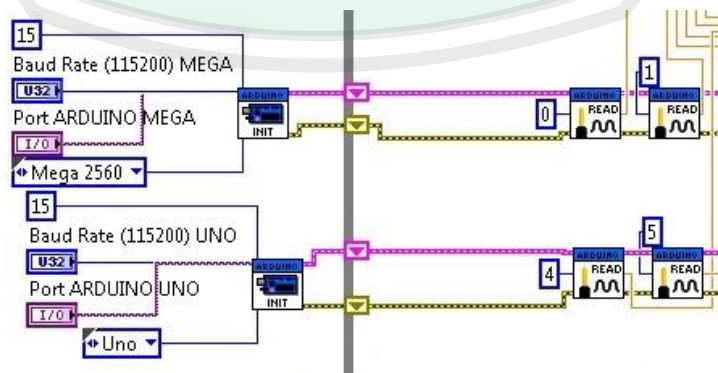
#### **4.1.3 Software Sistem Akuisisi Data Lidah Elektronik**

Sistem akuisisi data dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyiapkan data hingga memprosesnya untuk menghasilkan data yang dikehendaki (Rakhmat, 1999). Sistem akuisisi data pada lidah elektronik terdiri atas sensor berbasis membran lipid yang mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik, rangkaian *interface* dan mikrokontroler sebagai pengonversi sinyal output sensor yang berupa analog

menjadi digital dan software yang digunakan untuk mengambil, membaca dan menyimpan data secara *real-time*.

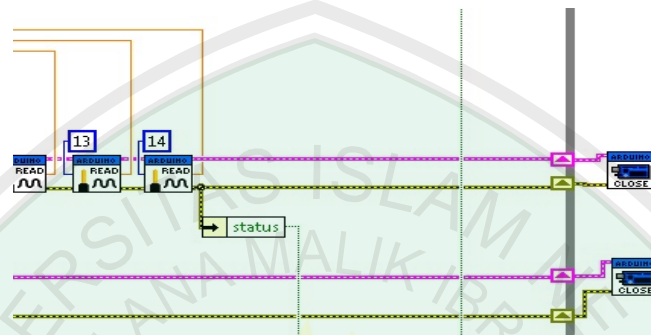
Software sistem akuisisi data lidah elektronik pada penelitian ini dibangun menggunakan aplikasi LabVIEW. Aplikasi LabVIEW terdiri atas *block diagram* yang berisi kode pemrograman dan *front panel* untuk menampilkan *user interface* yang dibangun dari *block diagram*. Untuk membuat software sistem akuisisi data lidah elektronik dengan 17 logger data dibutuhkan beberapa sub VI atau sub blok diagram.

Langkah pertama dalam pembuatan software sistem akuisisi data adalah inisialisasi port arduino. Inisialisasi ini dilakukan untuk menyambungkan port arduino dengan PC. Pada inisialisasi arduino dilakukan beberapa settingan untuk komunikasi antara arduino dan PC, diantaranya setting baudrate, COM PORT dan tipe arduino yang digunakan. Penelitian ini menggunakan dua arduino yaitu arduino uno dan arduino mega 2560, sehingga inisialisasi arduino dilakukan pada 2 sub VI. Berikut sub VI untuk inisialisasi komunikasi PORT arduino dengan PC pada LabVIEW:



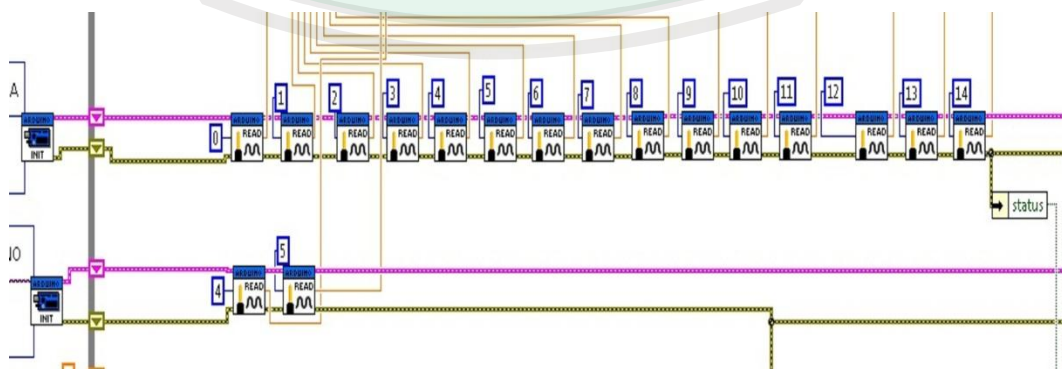
Gambar 4.3 Inisialisasi PORT arduino dengan PC pada LabVIEW

Ketika inisialisasi selesai dilakukan, port serial pada PC yang terbuka harus ditutup untuk mencegah adanya *error*. Penutupan port arduino dilakukan pada akhir jalannya program.



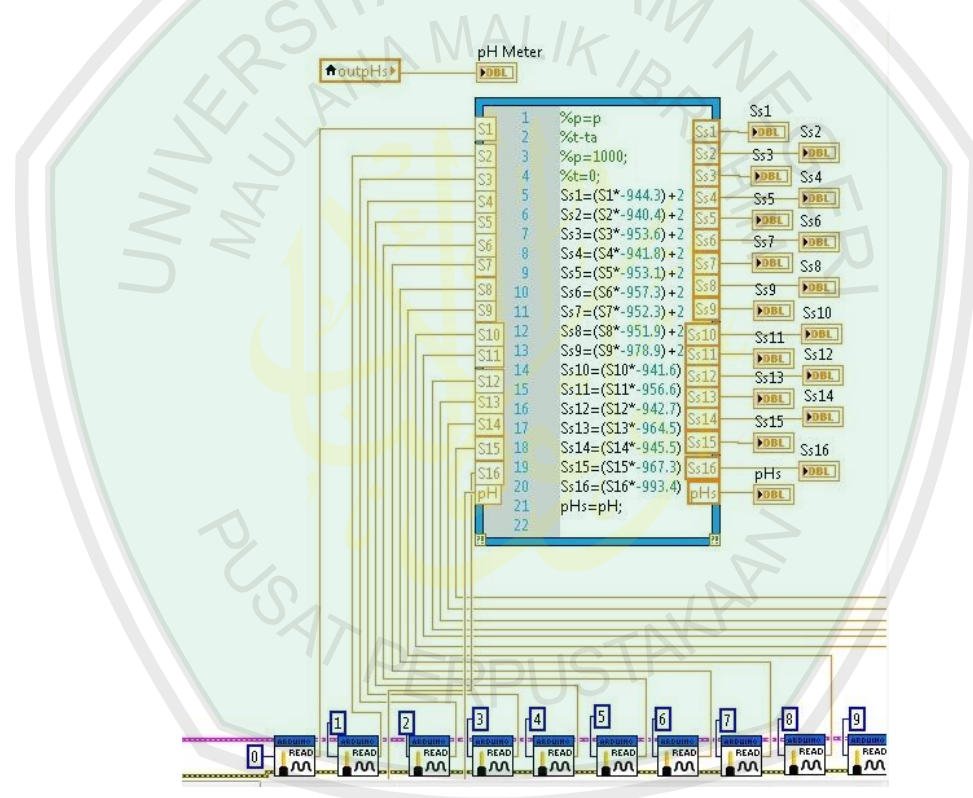
Gambar 4.4 Blok diagram untuk menutup komunikasi port arduino dan PC pada LabVIEW

Langkah selanjutnya adalah mengukur output sinyal analog dari 17 sensor. Untuk mengukur output sinyal analog dari 17 sensor diperlukan 17 Analog Read.vi yang tersedia pada tool LIFA. Dihubungkan 15 analog *read* secara seri pada arduino mega 2560 dan 2 analog read pada arduino uno. Pada masing-masing analog read juga di set nomor pinnya. Berikut blok diagram untuk mengukur output sinyal analog pada pin ADC arduino dari 17 sensor.



Gambar 4.5 Blok diagram untuk mengukur output sinyal analog pada pin ADC arduino dari 17 sensor.

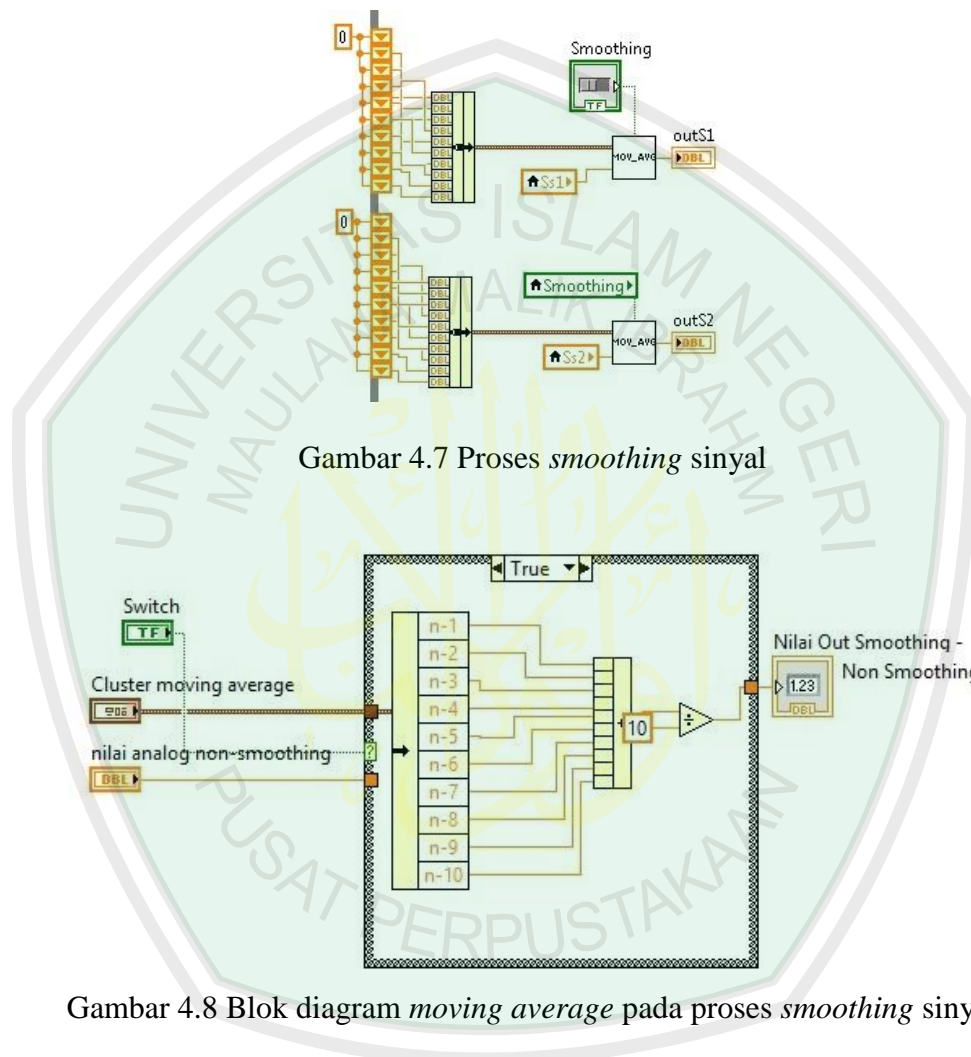
Gambar 4.5 pada arduino mega 2560 menunjukkan pin ADC 0 sampai 14 digunakan untuk mengukur output dari 15 sensor. Sedangkan pada arduino uno, digunakan pin ADC 4 dan 5 untuk mengukur output dari sensor ke-16 dan sensor pH. Setelah output ADC terukur, dilakukan proses kalibrasi dari 17 sensor yang dilakukan dengan menambahkan *mathscript.vi* pada diagram blok seperti ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Mathscript.vi* untuk proses kalibrasi

Nilai output dari sistem akuisisi data pada kenyataannya terdapat *noise* baik dari dalam maupun luar sistem. Untuk mengurangi *noise* dan memperbaiki kualitas sinyal dilakukan proses *smoothing* sinyal. Proses *smoothing* sinyal dilakukan pada masing-masing output sensor dari proses kalibrasi yang

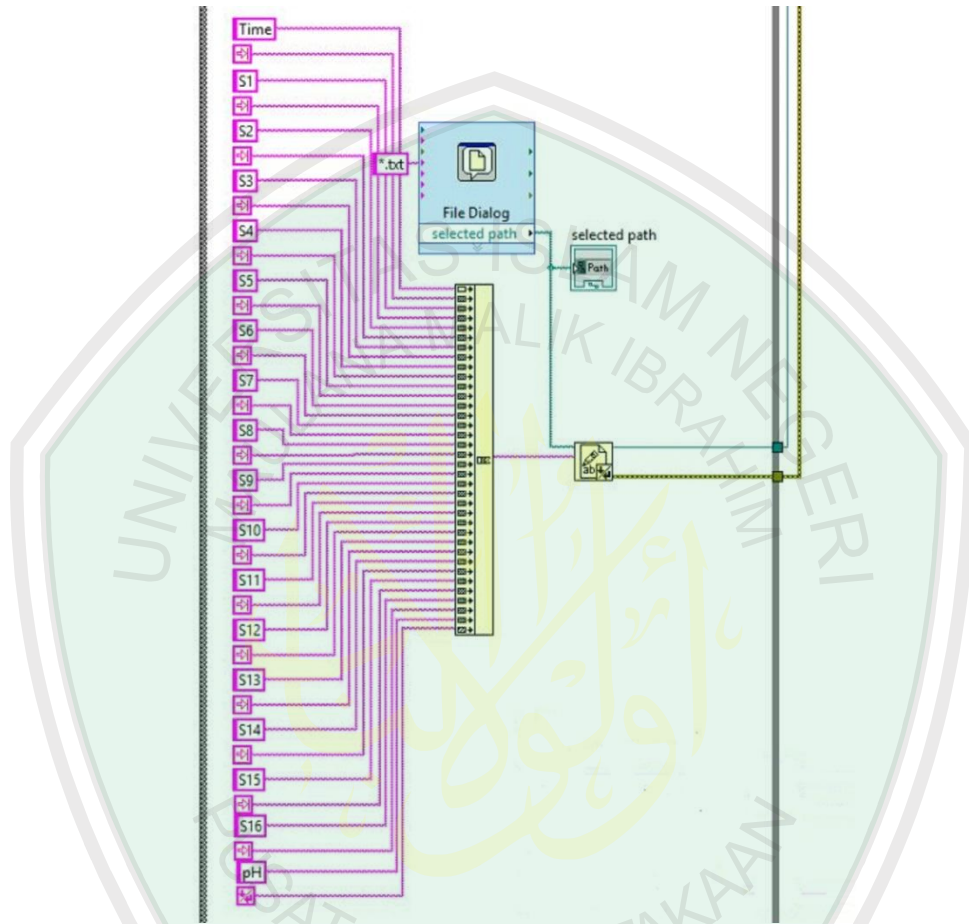
selanjutnya output dari *smoothing* ini ditampilkan pada grafik dan disimpan pada logger data.



Gambar 4.8 Blok diagram *moving average* pada proses *smoothing* sinyal

Data yang diperoleh dari sistem akuisisi data setelah proses *smoothing* divisualisasikan dalam bentuk grafik dan disimpan dalam bentuk logger data. Logger data berfungsi untuk mencatat dan menyimpan data yang diperoleh tiap sampling waktu. Untuk membangun logger data dibutuhkan beberapa pengaturan pada tool file dialog, diantaranya inialisasi file log dimana file tersebut akan disimpan, pemberian nama file, ekstensi penyimpanan file dan susunan judul tiap

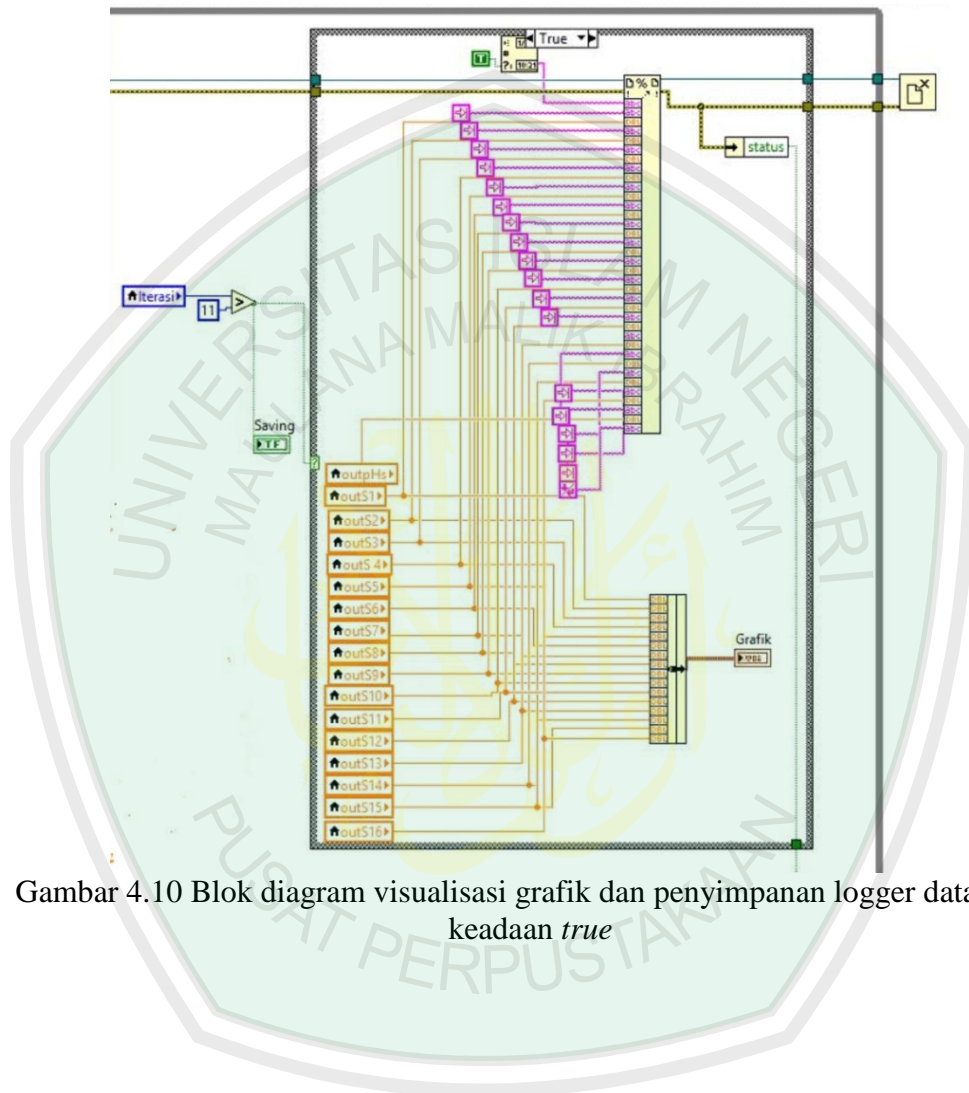
kolom pada tabel hasil penyimpanan. Diagram blok inisialisasi file log logger data ditunjukkan pada gambar 4.9 berikut.



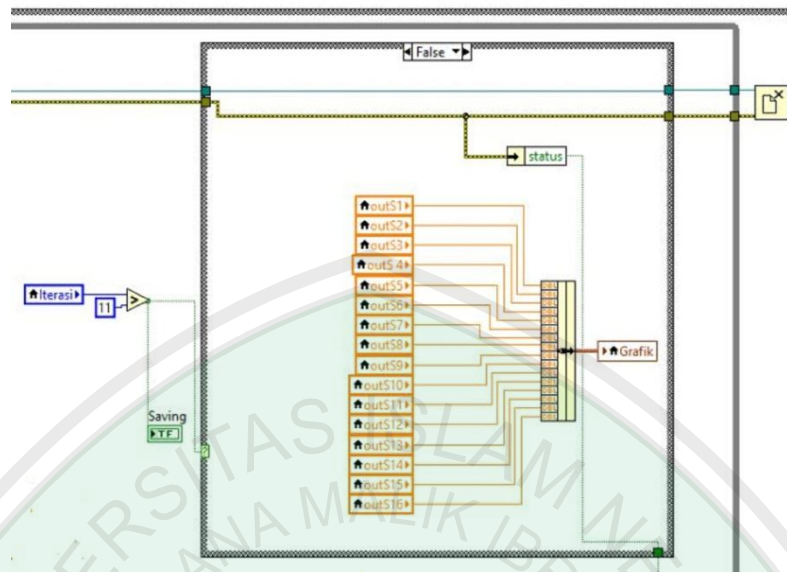
Gambar 4.9 Blok diagram inisialisasi file log

Diagram blok visualisasi data pada grafik dan penyimpanan logger data ditunjukkan pada gambar 4.10 untuk keadaan *true* dan gambar 4.11 pada keadaan *false*. Keadaan *true* berlaku ketika tidak ada *error* pada software sistem akuisisi data ketika dijalankan. Output data setelah proses *smoothing* divisualisasikan dalam grafik dan tersimpan pada file logger data pada iterasi ke 11. Sedangkan keadaan *false* berlaku ketika terjadi *error* saat software dijalankan maupun ketika inisialisasi file log. Pada diagram blok keadaan *false*, logger data hanya

ditampilkan pada grafik dan tidak disimpan dalam file dan program otomatis berhenti.

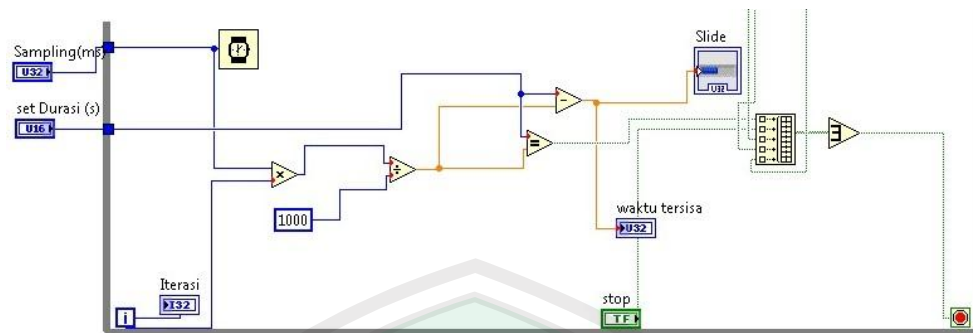


Gambar 4.10 Blok diagram visualisasi grafik dan penyimpanan logger data pada keadaan *true*



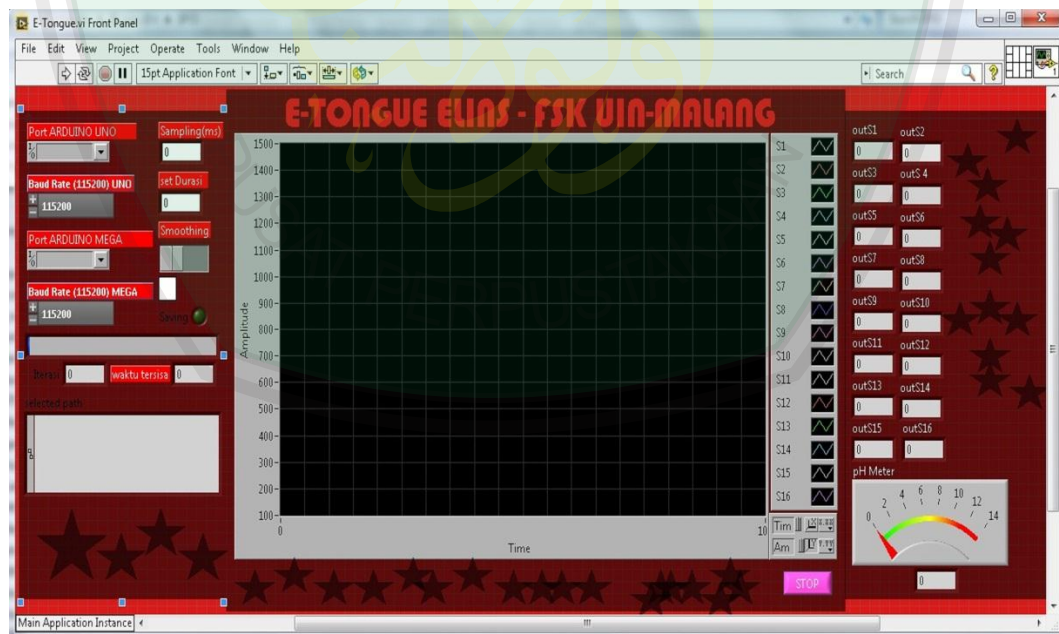
Gambar 4.11 Blok diagram visualisasi grafik dan penyimpanan logger data pada keadaan *false*

Langkah terakhir dalam pembuatan software akuisisi data *array* sensor lidah elektronik yaitu pengaturan waktu sampling dan durasi pengukuran. Diagram blok untuk pengaturan waktu dibangun menggunakan logika *boolean* yang ditunjukkan pada gambar 4.12. Waktu sampling di set dalam satuan milisekon dan durasi pengukuran di set dalam satuan sekon. Kedua pengaturan ini dapat di kontrol dari *user interface*. Waktu sampling adalah waktu yang digunakan dalam mencacah data. Sebagai contoh, ketika waktu sampling diset pada 1000ms maka software sistem akuisisi data akan satu data tiap 1000ms. Sedangkan durasi pengukuran adalah waktu yang di set untuk menentukan lamanya pengukuran.



Gambar 4.12 Blok diagram pengaturan waktu

Setelah semua pengaturan dilakukan, software sistem akuisisi data sensor lidah elektronik siap dijalankan melalui *user interface*. Tampilan *user interface* pada LabVIEW dapat diatur sesuai dengan keinginan. *User interface* software sistem akuisisi data sensor lidah elektronik pada penelitian ini dtunjukkan pada gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 *User interface* software sistem akuisisi data array sensor lidah elektronik

## 4.2 Preparasi Sampel dan Proses Pengujian Rasa Daging

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah daging sapi dan daging babi bagian has luar yang diperoleh dari Rumah Potong Hewan (RPH) Kota Malang. Pengambilan data daging sapi 1 dilakukan pada hari pertama dengan 5 kali perulangan dan daging sapi 2 dilakukan pada hari kedua dengan 5 kali perulangan. Sedangkan pengambilan data daging babi 1 dilakukan pada hari ketiga dan daging babi 2 dilakukan pada hari keempat dengan 5 kali perulangan pada masing-masing daging.

*Array* sensor lidah elektronik dalam penelitian ini hanya dapat digunakan pada sampel berfasa cair/larutan. Sedangkan sampel yang digunakan adalah daging yang berfasa padat sehingga dilakukan preparasi sampel hingga sampel siap untuk diuji. Preparasi sampel dilakukan dengan membuat larutan daging. Daging dipotong dan ditimbang dengan berat 100gram. Ditambahkan 100ml aquades dan dihaluskan dengan menggunakan blender hingga menjadi larutan. Pembuatan larutan sampel ini dilakukan pada masing-masing daging dan perulangannya.

Gambar 4.14 menunjukkan proses pengujian rasa daging menggunakan sistem lidah elektronik. *Array* sensor lidah elektronik, elektroda pembanding dan sensor pH dicelupkan ke dalam sampel dan dihubungkan pada *interface* sensor. Dihubungkan arduino uno dan arduino mega 2560 pada PC untuk menjalankan software sistem akuisisi data. Dilakukan proses inialisasi port arduino serta kontrol waktu sampling dan durasi pengukuran pada *user interface* software.

Waktu sampling diset 1000ms dan set durasi pengukuran dengan 600s tiap pengukuran sehingga diperoleh 590 baris data setiap pengukuran.

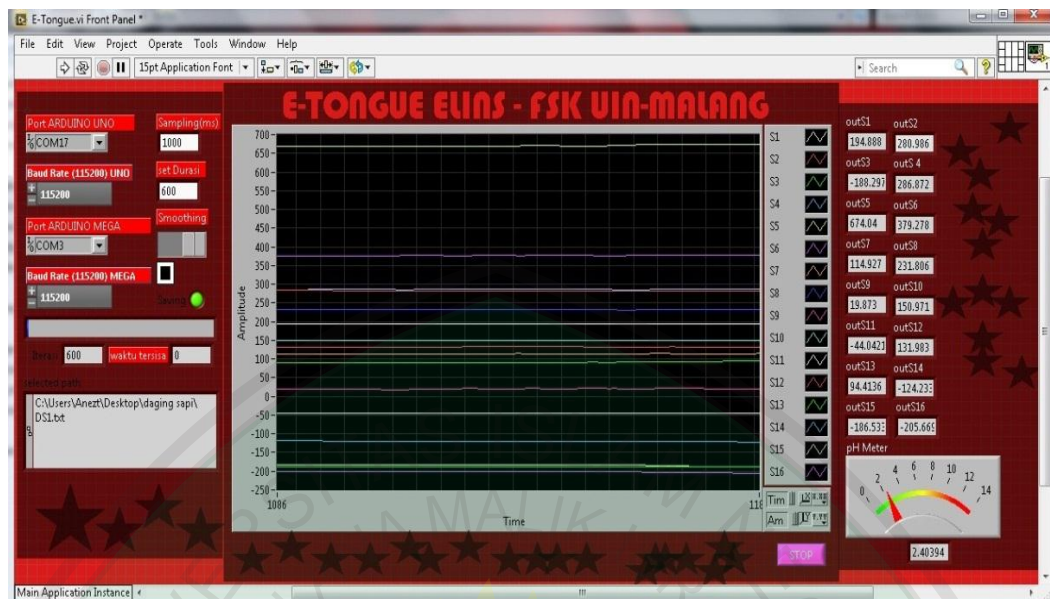


Gambar 4.14 Proses pengambilan data

### 4.3 Data Hasil Penelitian

#### 4.3.1 Respon *Array* Sensor Lidah Elektronik terhadap Daging Sapi dan Daging Babi

Respon *array* sensor lidah elektronik terhadap daging ditunjukkan pada gambar 4.14. Dengan software akuisisi data yang telah dibuat, respon *array* sensor terhadap daging dibaca dan disimpan secara *realtime*. Nilai potensial respon sensor ke-1 hingga sensor ke-16 dibaca dan disimpan pada logger data dalam satuan milivolt. Nilai potensial respon masing-masing sensor terhadap daging berbeda-beda berkisar pada -350 milivolt hingga 700 milivolt. Sedangkan nilai respon sensor pH dinyatakan dalam pH untuk daging sapi berkisar pada pH 6 dan daging babi pada pH 5.



Gambar 4.15 Respon Array sensor lidah elektronik terhadap daging pada saat *steady state*

### 4.3.2 Praprosesing Data

Data yang diperoleh dari logger data sistem *array* sensor lidah elektronik merupakan data mentah dan mempunyai dimensi yang banyak. Dari sampling 1000ms dan dalam durasi 10 menit, maka diperoleh 590 baris x 17 kolom data sehingga data tersebut belum siap untuk diolah menggunakan PCA maupun CA.

Praprosesing data dilakukan untuk mengolah data mentah menjadi data yang siap untuk diolah menggunakan PCA dan CA. Data yang siap untuk diolah diambil dari nilai rata-rata 10 data terakhir tiap sensor pada masing-masing pengukuran. Data yang siap diolah menggunakan PCA dan CA ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Respon *Array* sensor terhadap sampel daging

D	P	Respon <i>Array</i> Sensor Lidah Elektronik								
		S1 (mV)	S2 (mV)	S3 (mV)	S4 (mV)	S5 (mV)	S6 (mV)	S7 (mV)	S8 (mV)	S9 (mV)
S1	1	194.89	280.99	-188.3	286.46	673.81	379.28	114.2	232.46	19.97
	2	185.91	232.42	-183.62	272.93	701.36	359.58	92.48	197.85	17.47
	3	170.64	193.02	-183.62	263.8	678.71	313.89	73.86	185.58	12.49
	4	167.13	219.38	-178.95	254.89	669.37	313.61	69.2	162.77	7.642
	5	170.5	211.87	-192.97	254.57	679.13	313.61	68.68	158.11	7.881
S2	1	171.75	151.96	-216.33	249.95	673.76	290.06	41.2	139.03	7.018
	2	162.5	165.79	-206.99	245.34	664.65	276.08	36.53	134.79	7.881
	3	148.62	161.18	-216.71	240.35	659.56	241.84	26.83	120.14	2.221
	4	153.24	82.844	-225.68	240.03	660.4	243.25	27.2	115.66	-2.24
	5	139.36	68.513	-230.35	230.71	650.69	219.79	12.41	106.62	-6.51
B1	1	180.68	196.38	-197.78	291.49	632.24	348.84	101.9	139.45	-54.5
	2	176.1	179.61	-211.94	281.98	637.71	318.44	101.9	130.12	-64.5
	3	171.75	137.72	-216.33	277.04	638.27	311.73	92.34	122.43	-68.9
	4	153.24	64.412	-216.33	263.8	624.82	290.15	74.33	111.47	-82.5
	5	152.87	54.275	-218.44	253.65	607.3	270.78	61.22	106.8	-83.6
B2	1	143.99	27.548	-244.37	237.82	571.3	243.25	27.2	96.215	-88.1
	2	148.62	22.94	-253.71	245.34	599.32	273.83	44.93	98.687	-88.9
	3	120.85	36.764	-225.73	240.17	589.23	238.56	32.19	80.356	-92.9
	4	125.02	36.257	-229.09	249.58	617.62	255.35	45.17	87.306	-93.6
	5	129.41	56.579	-240.72	249.21	608.75	252.3	36.25	83.481	-88.5

D	P	S10 (mV)	S11 (mV)	S12 (mV)	S13 (mV)	S14 (mV)	S15 (mV)	S16 (mV)	S17	
		(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(mV)	(pH)
S1	1	150.97	-44.04	131.01	94.083	-121.82	-187.72	-204.79	2410.8	6.23
	2	155.35	-48.73	129.67	118.04	-115.15	-204.26	-221.54	2410.8	6.23
	3	122.92	-54.17	115.82	118.04	-134.43	-204.12	-224.85	2410.8	6.23
	4	90.99	-58.1	111.2	113.32	-139.06	-221.13	-239.74	2420.6	6.43
	5	95.61	-67.48	111.2	108.59	-120.53	-230.61	-247.34	2420.6	6.43
S2	1	94.27	-86.51	111.01	113.32	-125.16	-230.61	-244.61	2420.6	6.43
	2	86.38	-96.02	106.48	108.59	-125.62	-216.39	-239.69	2430.4	6.64
	3	86.19	-114.4	97.34	103.87	-125.16	-225.87	-244.61	2425.5	6.54
	4	81.77	-128.7	97.34	89.688	-136.33	-221.13	-239.74	2425.5	6.54
	5	63.31	-156.5	97.11	84.82	-134.43	-222.79	-239.74	2425.5	6.54
B1	1	54.08	-306.5	88.1	103.2	-82.769	-287.49	-303.9	2391.2	5.83
	2	30.23	-316	65.01	94.366	-93.934	-316.21	-334.52	2396.1	5.93
	3	16.57	-306.6	51.15	80.236	-102	-325.41	-341.96	2386.3	5.72
	4	-1.29	-330	32.67	66.057	-106.72	-335.13	-352.14	2391.2	5.83
	5	-6.32	-332.5	27.5	55.376	-120.71	-339.96	-356.76	2391.2	5.83

B2	1	-24.36	-339.3	18.49	51.548	-129.79	-348.73	-366.3	2391.2	5.83
	2	-33.59	-344.9	18.81	56.605	-120.53	-349.11	-367.62	2396.1	5.93
	3	-33.91	-344	0.335	56.605	-125.16	-313.13	-327.36	2396.1	5.93
	4	-38.34	-346	-1.01	61.379	-119.74	-317.07	-337.83	2386.3	5.72
	5	-42.58	-334.1	-0.22	70.783	-116.26	-268.53	-288.91	2391.2	5.83

Keterangan tabel:

D = Daging

P = Perulangan ke-

S = Daging Sapi ke-

B = Daging Babi ke-

Tabel 4.1 di atas menunjukkan nilai rata-rata 10 data terakhir dari keluaran 17 *array* sensor lidah elektronik pada masing-masing pengambilan data.

### 4.3.3 Hasil Pengolahan Data PCA

Analisis PCA dalam penelitian ini menggunakan software Minitab dan MATLAB, dimana software minitab digunakan untuk memperoleh data berupa nilai eigen, proporsi, komulatif dan nilai PC (*Principal Component*) dan visualisasi data berupa grafik untuk *scree plot*, *score plot 2D* dan *loading plot*. Sedangkan software MATLAB digunakan untuk memvisualisasikan *score plot* dalam 3D berdasarkan nilai PC yang diperoleh dari analisis menggunakan software minitab.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis PCA pada *software* minitab yaitu memasukkan data dari tabel 4.1 pada *worksheet* Minitab kemudian pilih toolbar “*Stat-Multivariate-Principal Component*”. Kemudian akan muncul menu yang terdapat pilihan variabel/matriks yang akan dianalisis, pilihan tipe matriks, dan pilihan *Graphs* untuk menentukan plot grafik yang akan ditampilkan. Pada menu variabel/matriks diisi letak kolom sensor pertama sampai sensor ke-17 pada *worksheet* Minitab. Menu pilihan tipe matriks dipilih menu kovarian matriks

dan pada menu *graphs* dipilih *scree plot*, *score plot*, dan *loading plot*. Setelah proses tersebut selesai, didapatkan nilai eigen, proporsi, dan kumulatif masing-masing sensor serta nilai *principal component* dan grafik yang dipilih sebelumnya.

Tabel 4.2 Nilai eigen, proporsi dan kumulatif hasil PCA

Variabel	Nilai Eigen	Proporsi	Kumulatif	Kumulatif (%)
PC1	38269.0	0.836	0.836	83.6
PC2	5670.4	0.124	0.960	96.0
PC3	646.9	0.014	0.974	97.4
PC4	440.6	0.010	0.984	98.4
PC5	331.8	0.007	0.991	99.1
PC6	186.4	0.004	0.995	99.5
PC7	96.9	0.002	0.997	99.7
PC8	54.1	0.001	0.998	99.8
PC9	33.9	0.001	0.999	99.9
PC10	22.8	0	0.999	99.9
PC11	10.3	0	1	100
PC12	6.8	0	1	100
PC13	4.7	0	1	100
PC14	3.0	0	1	100
PC15	1.9	0	1	100
PC16	0.7	0	1	100
PC17	0.1	0	1	100

#### 4.3.4 Hasil Pengolahan Data menggunakan CA

Analisis CA digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan pada tingkat kesamaan jarak data/klaster terhadap *centroid*. Analisis CA dalam penelitian ini menggunakan software minitab. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis CA pada *software* minitab yaitu memasukkan data dari tabel 4.1 pada *worksheet* Minitab kemudian pilih toolbar “*Stat-Multivariate-Cluster Observation*”. Kemudian muncul menu yang terdapat pilihan variabel/matriks

yang akan dianalisis, metode perbaikan jarak (*linkage method*), pengukuran jarak (*distance measure*), jumlah partisi klaster dan pilihan untuk menampilkan dendrogram. Pada menu variabel/matriks diisi letak kolom sensor pertama sampai sensor ke-17 pada *worksheet* Minitab. Menu *linkage method* dipilih metode *single* yang merupakan metode paling sederhana pada analisis klaster. Menu *distance measure* dipilih *Euclidean distance*. Jumlah partisi klaster diisi dengan angka 2 untuk membagi klaster menjadi 2 kelompok yaitu klaster daging sapi dan klaster daging babi. pilihan untuk menampilkan dendrogram dipilih.

Analisis CA yang dilakukan menghasilkan beberapa tabel antara lain langkah-langkah pengelompokan berdasarkan tingkat kesamaan jarak klaster pada *centroid*, tabel partisi akhir pengelompokan hingga menjadi 2 klaster, tabel nilai *centroid* klaster dan jarak *centroid* antar klaster serta dendrogram dalam pengelompokan daging.

Tabel 4.3 Langkah-langkah pengelompokan berdasarkan tingkat kesamaan jarak klaster pada *centroid*

Langkah ke-	Nomor klaster	Tingkat kesamaan	Jarak	Klaster yang tergabung		Klaster baru	Jumlah observasi pada klaster baru
1	19	94,4329	31.690	4	5	4	2
2	18	93.8577	34.964	6	7	6	2
3	17	93.1957	38.732	14	15	14	2
4	16	92.7114	41.488	18	19	18	2
5	15	91.2998	49.524	6	8	6	3
6	14	91.2486	49.815	16	17	16	2
7	13	91.0146	51.148	9	10	9	2
8	12	90.3803	54.758	12	13	12	2
9	11	90.1113	56.289	3	4	3	3
10	10	88.9647	62.816	14	16	14	4
11	9	88.0372	68.095	14	18	14	6
12	8	87.6829	70.112	11	12	11	3
13	7	87.1707	73.028	14	20	14	7

14	6	86.0830	79.220	3	6	3	6
15	5	85.6768	81.531	2	3	2	7
16	4	85.6375	81.755	1	2	1	8
17	3	85.4301	82.936	1	9	1	10
18	2	83.5004	93.920	11	14	11	10
19	1	53.5939	264.156	1	11	1	20

Tabel 4.4 Partisi akhir

	Jumlah observasi	Kuadrat jumlah klaster	Jarak rata-rata dari <i>centroid</i>	Jarak maksimum dari <i>centroid</i>
Klaster 1	10	125716	99.0404	189.468
Klaster 2	10	113660	98.1235	190.932

Tabel 4.5 Jarak *centroid* antar klaster

	Klaster1	Klaster2
Klaster1	0	355.091
Klaster2	355.091	0

#### 4.4 Pembahasan

Sistem *array* sensor lidah elektronik menggunakan prinsip sensor elektrokimia dengan teknik potensiometri. Elektrokimia mempelajari tentang bagaimana reaksi kimia dapat menimbulkan tegangan listrik dan sebaliknya. Cara kerja teknik potensiometri adalah pengukuran perubahan potensial dari elektroda untuk mengetahui konsentrasi dari suatu larutan. Ada 2 bagian peralatan yang digunakan dalam teknik ini, yaitu elektroda kerja dan elektroda pembanding. Pada penelitian ini, prinsip kerja sensor adalah mengukur beda potensial dari elektroda kerja dan elektroda pembanding yang diperoleh dari reaksi kimia membran terhadap zat kimia sampel.

Elektroda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah membran lipid yang bereaksi dengan larutan kimia sampel. Elektroda pembanding dicelupkan

bersama elektroda kerja ke dalam larutan sampel untuk mendapatkan nilai potensial membran terhadap sampel. Selain kedua elektroda tersebut juga dicelupkan sensor pH ke dalam sampel untuk mengukur pH sampel. Sensor pH yang digunakan berupa elektroda kaca yang terdiri atas elektroda kerja dan elektroda pembanding di dalamnya. Gambar 4.15 menunjukkan proses sensing terhadap sampel.



Gambar 4.16 Elektroda kerja, elektroda pembanding dan sensor pH dalam sampel

Lidah elektronik yang dibuat dalam penelitian ini terdiri atas kumpulan 16 sensor berbasis membran lipid dan sensor pH yang disebut juga *array* sensor lidah elektronik. Nilai beda potensial yang dihasilkan dari *array* sensor diumpankan ke PC melalui *interface* berupa rangkaian mikrokontroler arduino uno dan arduino mega 2560 agar data dapat dibaca dan disimpan. Mikrokontroler arduino berfungsi untuk mengonversi nilai potensial berupa analog menjadi digital. Dengan menggunakan software yang telah dibuat, respon potensial listrik *array* sensor dapat dibaca, divisualisasikan dalam bentuk grafik dan disimpan sebagai logger data.

#### 4.4.1 Respon *Array* Sensor Lidah Elektronik terhadap Daging

Respon *array* sensor lidah elektronik terhadap daging sapi dan daging babi berbeda-beda yang disajikan dalam bentuk potensial listrik. Nilai respon potensial listrik dari 16 sensor terhadap daging sapi berkisar pada -230 mV hingga 700 mV. Nilai respon potensial listrik sensor yang tinggi terhadap daging sapi dihasilkan oleh sensor ke-5 dan nilai terendah pada sensor ke-3. Sedangkan pada daging babi, nilai potensial responnya berkisar pada -350 mV hingga 600 mV. Nilai potensial respon sensor yang tinggi terhadap daging babi dihasilkan oleh sensor ke-5 dan nilai terendah pada sensor ke-11.

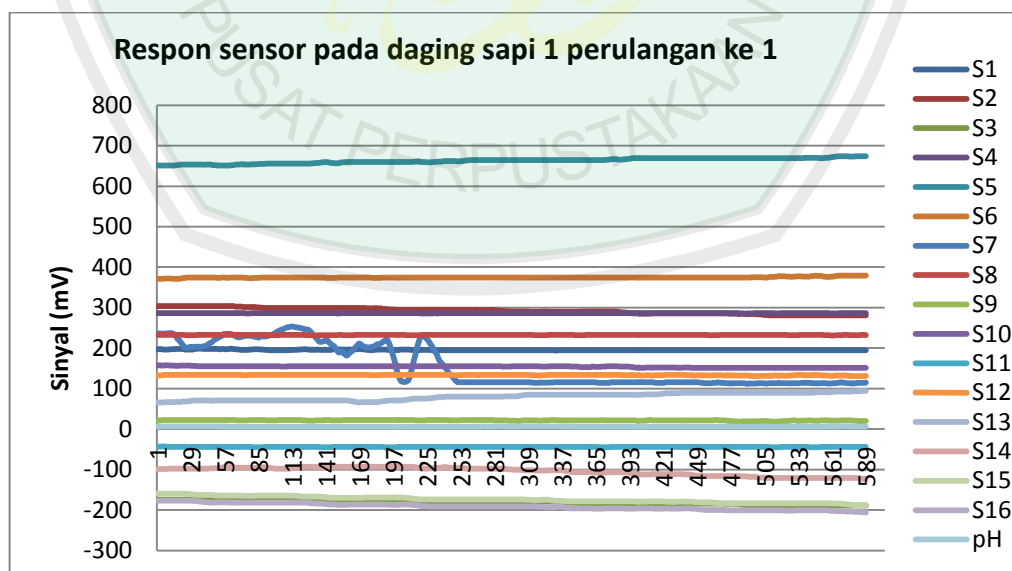
Nilai respon potensial listrik diperoleh dari beda potensial yang dihasilkan oleh elektroda kerja dan elektroda pembanding memenuhi persamaan 2.2

$$V = V_s - V_r \quad (2.2)$$

Dimana  $V$  adalah beda potensial,  $V_r$  adalah nilai tetapan potensial dari elektroda pembanding dan  $V_s$  adalah nilai potensial dari elektroda kerja. Nilai potensial elektroda pembanding merupakan suatu nilai ketetapan, sedangkan nilai potensial listrik dari elektroda kerja bergantung pada respon membran lipid terhadap sampel. Pada lidah elektronik ini, membran lipid yang digunakan merupakan membran dengan selektivitas global yang dapat merespon semua rasa dalam konsentrasi tertentu tetapi tidak secara spesifik selektif pada suatu bahan kimia tertentu. Nilai potensial membran terbentuk dari interaksi yang terjadi antara bagian hidrofilik membran dengan ion-ion sampel pada proses elektrolisis. Membran akan merespon terhadap ion sampel yang berlawanan dengan muatan membran.

Dari persamaan 2.2, nilai potensial respon dari sensor dapat bernilai positif ketika nilai potensial yang dihasilkan oleh elektroda kerja lebih besar daripada nilai tetapan potensial elektroda pembanding. Sebaliknya, nilai potensial respon dari sensor dapat bernilai negatif ketika nilai potensial yang dihasilkan oleh elektroda kerja lebih kecil daripada nilai tetapan potensial elektroda pembanding.

Gambar 4.17 Menunjukkan respon *array* sensor pada daging sapi pada pengukuran pertama. Respon dari masing-masing sensor terhadap sampel berbeda-beda. Pada pengukuran pertama daging sapi, terdapat satu sensor yang tidak stabil pada awal pengukuran yaitu sensor ke-7. Berbeda dengan sensor lainnya, sensor ke-7 mulai mencapai kestabilan pada detik ke-250. Hal ini dikarenakan sensor belum siap dan membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai repeatabilitasnya, mengingat hal ini terjadi pada saat pengambilan data pertama kali.



Gambar 4.17 Respon *array* sensor pada daging sapi perulangan ke-1

Nilai potensial dari elektroda kerja disebut juga potensial membran. Potensial membran ( $E_m$ ) tersusun atas potensial listrik permukaan ( $E_s$ ) yang terbentuk karena sampel zat cair menyentuh membran ( $E_{so}$  untuk larutan sampel/potensial luar dan  $E_{si}$  untuk larutan internal/potensial dalam membran) dan potensial difusi ( $E_d$ ) di dalam membran yang ditunjukkan oleh persamaan berikut (Wibowo, 2013):

$$E_m = E_{si} + E_d + E_{so} \quad (4.1)$$

Besarnya nilai  $E_{si}$  adalah konstan karena larutan internal membran tetap. Sedangkan besarnya  $E_{so}$  bergantung pada konsentrasi ion dari sampel uji. Besarnya  $E_{so}$  dirumuskan oleh persamaan berikut (Wibowo, 2013):

$$E_{so} = \pm 2.303 \frac{RT}{zF} \log \frac{[Ox]}{[Rd]} \quad (4.2)$$

Sehingga persamaan 4.1 dapat ditulis kembali menjadi:

$$E_m = E_{si} + E_d \pm 2.303 \frac{RT}{zF} \ln \frac{[Ox]}{[Rd]}$$

Dengan R adalah konstanta gas Reydenberg (8.314 J/K mol). T adalah suhu mutlak, z adalah muatan ion sampel, F adalah konstanta Faraday,  $[Ox]$  adalah konsentrasi oksidasi ion sampel dan  $[Rd]$  adalah konsentrasi reduksi ion sampel.

Nilai potensial membran sangat bergantung pada potensial luar membran ( $E_{so}$ ). Membran dapat menangkap ataupun melepaskan ion ketika bereaksi dengan sampel. Hal ini bergantung pada konsentrasi reduksi-oksidasi dari reduktor dan oksidator pada sampel sesuai dengan persamaan 4.2. Untuk kasus pada sensor 7 yang ditunjukkan pada Gambar 4.17, dapat diketahui bahwa respon sensor

terhadap sampel tidak stabil pada beberapa menit awal. Hal ini disebabkan karena daging mengandung konsentrasi senyawa kimia yang kompleks sehingga nilai konsentrasi ion reduksi dan oksidasi dari larutan daging berubah-ubah. Selain itu, membran membutuhkan waktu untuk mencapai kestabilan dalam bereaksi dengan ion-ion sampel.

Nilai respon sensor pH dalam penelitian ini telah dikalibrasi dari satuan milivolt ke satuan pH. Terdapat perbedaan respon dari sensor pH terhadap daging sapi dan daging babi. pH daging sapi yang diperoleh dari hasil pengukuran bernilai 6.2-6.6 lebih tinggi dibandingkan pH daging babi dari hasil pengukuran bernilai 5.7-5.9. Menurut teori, dari rentang pH 0 hingga 14, pH daging setelah di potong adalah 6.5-6.8. Namun, ada juga yang mengalami penurunan sangat cepat mencapai 5.4-5.6. Penurunan pH dapat terjadi akibat pertumbuhan mikroorganisme pada daging. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada daging babi, mikroorganisme tumbuh lebih cepat dibandingkan pada daging sapi sehingga nilai pH daging babi lebih rendah, juga pada daging babi mengandung lebih banyak bakteri dibandingkan dengan daging sapi.

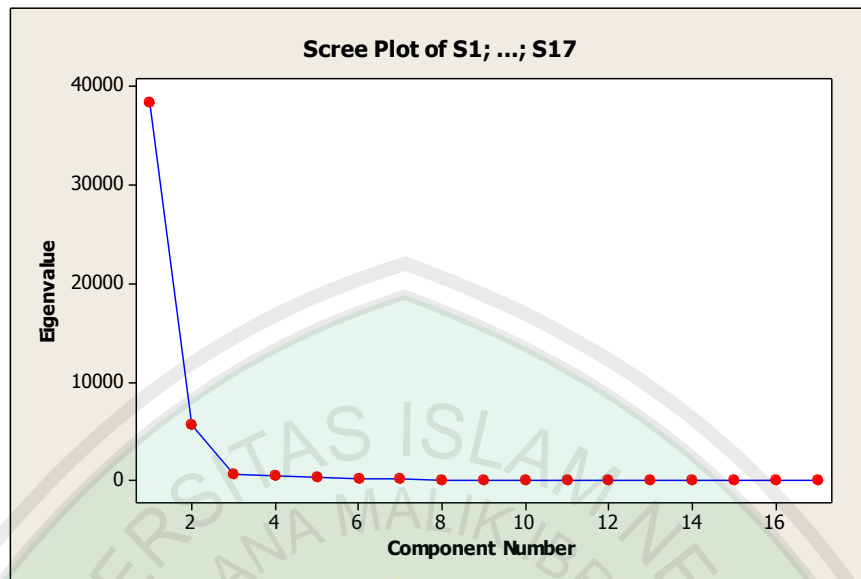
#### **4.4.2 Pengolahan Data PCA**

*Principal Component Analysis* (PCA) merupakan metode analisis multivariat yang digunakan untuk mereduksi suatu data dengan variabel yang berdimensi banyak dan saling berkorelasi menjadi variabel yang berdimensi lebih kecil tanpa mengurangi informasi penting dalam data. Metode ini baik digunakan untuk mengklasifikasikan sebaran data. Data baru hasil reduksi terbentuk dari

matriks data variabel asli, vektor eigen dan nilai eigen dari sebaran data yang disebut matrik kovarian atau komponen utama (*Principal Component*).

Komponen utama adalah kumpulan variabel baru yang merupakan kombinasi linier dari variabel-variabel yang diamati. Banyaknya komponen utama (PC) yang terbentuk sama dengan banyaknya variabel asli. Dalam penelitian ini terdapat 17 variabel yaitu sensor ke-1 sampai sensor ke-17 sehingga terbentuk 17 PC. PC memiliki sifat yang semakin mengecil, sebagian besar kovarian dari variabel asal berkumpul pada beberapa PC pertama dan semakin sedikit kovarian yang terkumpul pada PC terakhir.

Pereduksian dimensi variabel dilakukan dengan menentukan banyaknya PC yang di ambil. Ada beberapa cara untuk menentukan berapa banyak PC yang harus diambil untuk mereduksi dimensi variabel, diantaranya dengan menggunakan *scree* plot dan proporsi kumulatif. *Scree* plot merupakan plot data nilai eigen yang diperoleh dari analisis data PCA yang ditunjukkan pada tabel 4.2. dan gambar 4.18. nilai eigen masing-masing PC diperoleh menggunakan persamaan 2.4. Dengan menggunakan *scree* plot, banyaknya komponen yang diambil adalah pada titik kurva awal hingga titik kurva mulai melandai. Pada gambar 4.18 dapat dilihat bahwa kurva mulai melandai pada PC3, sehingga dari *scree* plot dapat diambil 3 komponen utama yaitu PC1, PC2 dan PC3 yang menghasilkan variabel berdimensi 3.



Gambar 4.18 Scree plot nilai eigen *array* sensor lidah elektronik

Proporsi diperoleh dari perbandingan nilai eigen masing-masing PC terhadap jumlah nilai eigen seluruh PC dengan persamaan (2.6) berikut:

$$\text{Proporsi PC ke-}i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^D \lambda_j} \times 100\% \quad (2.6)$$

$$\begin{aligned} \text{Proporsi PC1} &= \frac{\text{nilai eigen PC1}}{\text{total nilai eigen}} \times 100\% = \frac{38269}{45780.3} \times 100\% = 0.836 \times 100\% \\ &= 83.7\% \end{aligned}$$

$$\text{Proporsi PC2} = \frac{5670.4}{45780.3} \times 100\% = 0.124 \times 100\% = 12.4\%$$

$$\text{Proporsi PC3} = \frac{646.9}{45780.3} \times 100\% = 0.014 \times 100\% = 1.4\%$$

Berdasarkan presentase proporsi kumulatif, banyaknya komponen yang akan diambil harus  $>80\%$ . Dengan menggunakan 2 PC, PC1 dan PC2, jumlah proporsi kumulatif yang dihasilkan adalah 96% dan 97,4% dengan menggunakan 3 PC, PC1, PC2 dan PC3 sehingga dari PC tersebut dapat mewakili matrik

kovarian keseluruhan data dari 17 dimensi. Variabel data asli dapat di reduksi menjadi 2 dimensi atau 3 dimensi.

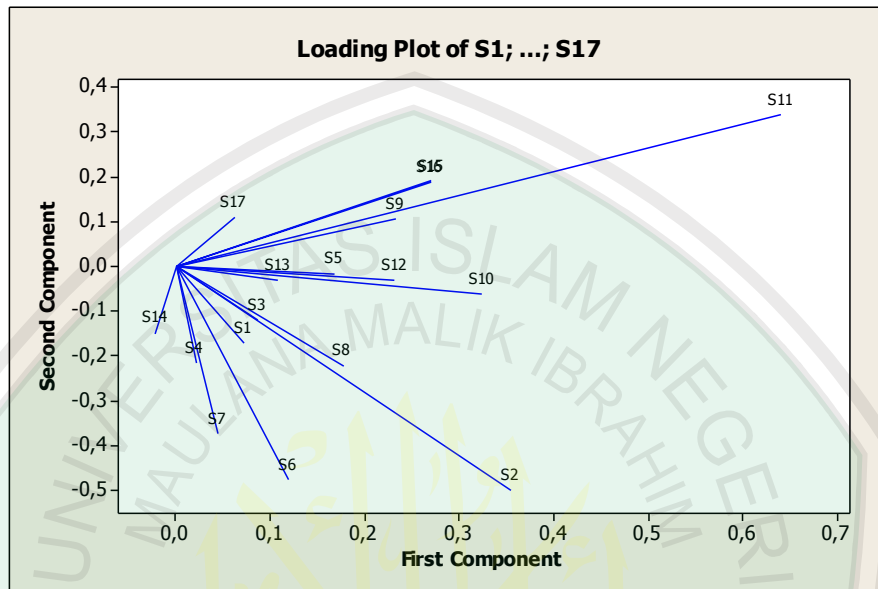
Dari kedua cara di atas, data klasifikasi daging sapi dan daging babi yang dimasukkan pada data set PCA berdimensi 20 baris x 17 kolom tereduksi menjadi 17x17 dimensi data dan dapat direduksi kembali menjadi 2 dan 3 dimensi yang mewakili keseluruhan data. Hasil reduksi tersebut dapat divisualisasikan pada *score plot* 2 dimensi dan 3 dimensi untuk mempermudah dalam pengelompokan data. Selain itu, dari data PC1 dan PC2 dapat diperoleh kontribusi masing-masing variabel/sensor terhadap pengelompokan data pada analisis *loading plot*.

#### 4.4.2.1 Analisis *Loading Plot* PCA

*Loading plot* merupakan korelasi antara variabel asli terhadap variabel baru. *Loading plot* ini memberikan indikasi variabel asli mana yang sangat penting dan berpengaruh pada pembentukan variabel baru. Semakin tinggi nilai *loading* maka semakin tinggi pengaruhnya dalam pembentukan data baru. dalam hal ini, *loading plot* merupakan gambaran kontribusi keseluruhan sensor dalam merespon sampel. Variabel baru yang terbentuk adalah variabel PC. Nilai *loading* masing-masing variabel diperoleh dari persamaan 2.7.

*Loading plot* terdiri atas resultan garis dari masing-masing variabel sensor yang terhadap nilai PC1 dan PC2, dimana PC1 dan PC2 merupakan nilai komponen utama yang mewakili seluruh matriks kovarian data. Panjang garis resultan menunjukkan perbedaan respon masing-masing sensor terhadap sampel. Semakin panjang garis yang terbentuk maka semakin besar kontribusi sensor dalam mengklasifikasikan rasa daging sapi dan daging babi. Gambar 4.18

menunjukkan hasil *loading* plot dari data klasifikasi rasa daging sapi dan daging babi.



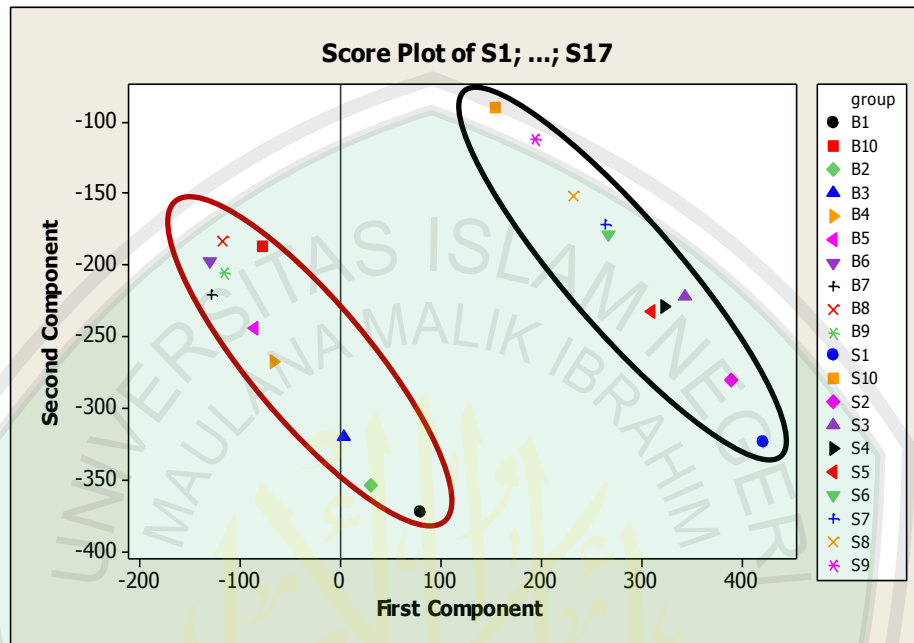
Gambar 4.19 *Loading* plot array sensor lidah elektronik

Dari gambar 4.19 menunjukkan bahwa sensor yang berkontribusi besar dalam merespon pengklasifikasian daging adalah sensor ke-11, 2, 10, 15 dan 16 dimana sensor-sensor tersebut mempunyai nilai resultan terpanjang terhadap PC1 dan PC2. Kelima sensor ini mempunyai kontribusi yang besar sebagai parameter pembeda daging sapi dan daging babi.

#### 4.4.2.2 Analisis Score Plot PCA

*Score* plot digunakan untuk memvisualisasikan plot data klasifikasi daging sapi dan daging babi. *Score* plot dapat divisualisasikan dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi. Dari keseluruhan plot, dibagi menjadi 2 kelompok yaitu kelompok daging sapi dan kelompok daging babi. *Score* plot 2 dimensi didapatkan dari program minitab dengan koordinat PC1 dan PC2 dengan nilai proporsi 83.6%

untuk PC1 dan 12.4% untuk PC2 dan proporsi kumulatif keduanya adalah 96% ditunjukkan pada gambar 4.20

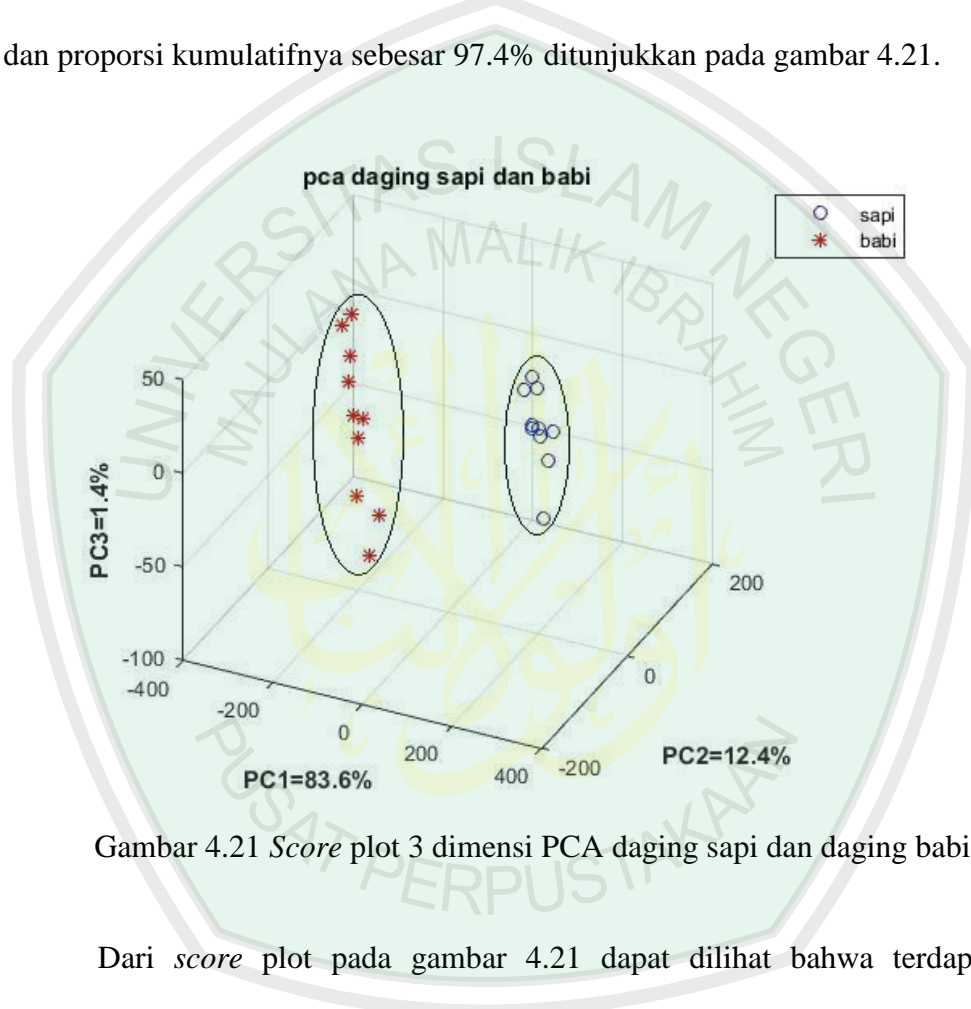


Gambar 4.20 *Score plot* 2 dimensi PCA daging sapi dan daging babi

Gambar 4.20 menunjukkan *score plot* 2 dimensi pengklasifikasian daging sapi dan daging babi. Kelompok daging sapi digambarkan oleh plot di dalam lingkaran berwarna hitam sedangkan kelompok daging babi digambarkan oleh plot di dalam lingkaran berwarna merah. Kedua daging terklasifikasi dengan baik pada dua kelompok yang berbeda. Dapat dilihat pada *score plot* bahwa masing-masing daging membentuk pola yang kurang rapat dalam masing-masing kelompok, tetapi masih mengelompok pada kelompok yang berbeda antara daging sapi dan daging babi. Hal ini dikarenakan adanya pengaruh perbedaan waktu pengukuran di tiap perulangan. Adanya aquades dalam larutan daging menyebabkan daging teroksidasi lebih cepat. Semakin lama daging tersebut

bercampur dengan aquades akan mempengaruhi kualitas rasa daging sehingga membentuk pola seperti ditunjukkan pada gambar 4.20.

Score plot 3 dimensi didapatkan dari program MATLAB dengan koordinat PC1, PC2 dan PC3 dengan nilai proporsi masing-masing 83.6% ; 12.4% ; 1.4% dan proporsi kumulatifnya sebesar 97.4% ditunjukkan pada gambar 4.21.



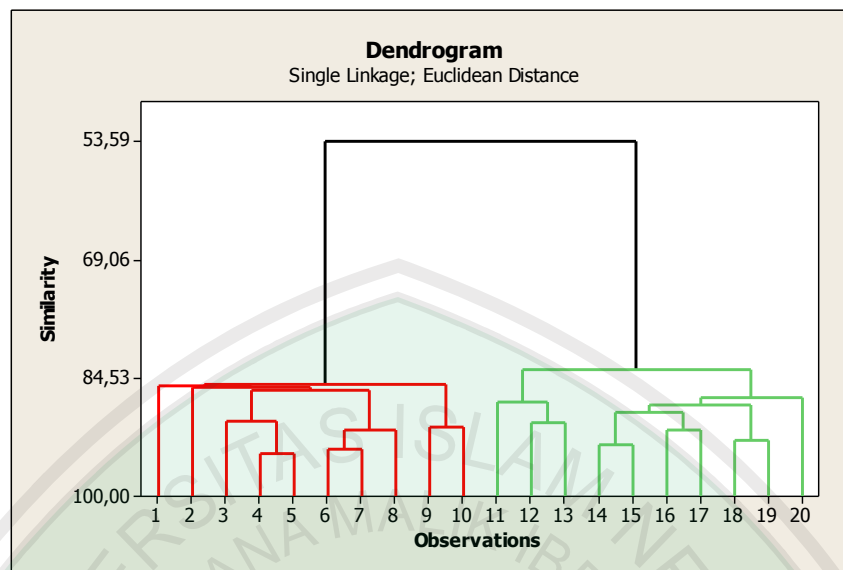
Gambar 4.21 Score plot 3 dimensi PCA daging sapi dan daging babi

Dari score plot pada gambar 4.21 dapat dilihat bahwa terdapat dua kelompok klasifikasi daging, yaitu kelompok daging sapi dan daging babi. Dengan menggunakan score plot tiga dimensi, proporsi data di dalamnya lebih besar daripada menggunakan score plot 2 dimensi sebelumnya, sehingga kedua daging terklasifikasi dengan sangat baik dan jarak antar plot pada satu kelompok semakin rapat. Dengan menggunakan 3 PC, masing-masing daging dapat mengelompok dengan tingkat akurasi 97.4%.

#### 4.4.3 Pengolahan Data CA

*Cluster Analysis* (CA) merupakan metode analisis multivariat yang digunakan untuk mengelompokkan objek atau pengamatan yang didasarkan pada kemiripan objek. Analisis *cluster* mengklasifikasi objek sehingga setiap objek yang paling dekat kesamaannya dengan objek lain berada dalam *cluster* yang sama. Dalam hal ini, metode yang digunakan adalah metode hirarki. Jenis metode yang digunakan dari metode hirarki ini adalah metode pautan tunggal (*Single Linkage*). Metode ini didasarkan pada jarak *euclidian* antar objek minimum yang dimulai dengan dua objek yang dipisahkan dengan jarak paling pendek dan ditempatkan pada kluster pertama dan seterusnya. Nilai jarak euclidian antar objek diperoleh dari persamaan 2.8.

Langkah-langkah dalam pengelompokan ditunjukkan oleh tabel 4.3. pada step pertama, kluster 4 dan 5 adalah data yang paling mirip dan paling dekat jaraknya. Dengan tingkat kemiripan 94,43% dan jarak data 31.69, kedua kluster ini membentuk kluster baru yaitu kluster 4 dan seterusnya hingga pada step 17 dan 18 terbentuk kluster baru yang masing-masing terdiri atas 10 anggota. Pada kedua step ini terbentuk kluster daging sapi dan kluster daging babi. Langkah pengelompokan ini berakhir pada step 19 yang berarti semua kluster telah terbentuk, dimana semua objek observasi tergabung dalam kluster ini. Proses pengklasteran ini digambarkan pada diagram dua dimensi yang disebut sebagai dendogram.



Gambar 4.22 Dendrogram hasil *Cluster Analysis*

Dendrogram pada gambar 4.22 di atas menggambarkan pengelompokan daging sapi dan daging babi. Sumbu-x merupakan nomor kluster atau nomor objek dan sumbu-y adalah tingkat kemiripan jarak antar kluster dalam persen. Analisis kluster pada penelitian ini digunakan untuk mengklasifikasikan sampel menjadi 2 kelompok/kluster. Kluster nomor 1 sampai 10 merupakan daging sapi yang mengelompok pada satu kluster pertama dengan tingkat kesamaan 85.4% dan kluster nomor 11 sampai 20 merupakan daging babi yang mengelompok pada satu kluster kedua dengan tingkat kesamaan 83.5%.

Tabel 4.4 menunjukkan nilai partisi akhir dari kedua kluster yang terbentuk. Diantaranya jumlah observasi, jumlah kuadrat dalam kluster, jarak rata-rata kluster dari *centroid*, dan jarak maksimum dari *centroid* pada masing-masing kluster yang terbentuk. Jumlah observasi yang terbentuk adalah 10 observasi pada masing-masing kluster. Jumlah kuadrat dalam kluster diperoleh dari persamaan berikut:

$$TSS_q = \sum_{i=1}^n (D_i - D'_q)^2 \quad (4.3)$$

Dimana  $D_i$  adalah jarak antar kluster terdekat ke- $i$  dan  $D'_q$  adalah jarak rata-rata dari seluruh anggota kluster ke- $q$ . Diperoleh jumlah kuadrat dalam kluster 1 adalah 125716 dan 113660 pada kluster 2.

Jarak rata-rata dan jarak maksimum kluster dari *centroid* dapat diperoleh melalui perhitungan titik *centroid* masing-masing anggota kluster dari persamaan 2.9 berikut:

$$C_k = \frac{1}{N_k} \sum_{q=1}^{N_k} x_q \quad (2.9)$$

Jarak antar kedua *centroid* kluster dapat diperoleh dari perhitungan masing-masing *centroid* kluster dengan persamaan 2.9 yang ditunjukkan oleh tabel 4.5 yaitu 355.091. Jarak tersebut merupakan jarak yang cukup jauh untuk membedakan kedua kelompok, sehingga kedua daging dapat dibedakan dengan sangat baik. Tidak ada kluster daging sapi yang masuk dalam kelompok daging babi dan sebaliknya, sehingga tingkat akurasi dari hasil klasifikasi menggunakan CA adalah 100%.

#### 4.5 Kajian Integrasi Islam tentang Lidah dan Rasa Makanan

Manusia membutuhkan makanan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam beraktivitas sehari-hari. Manusia adalah makhluk sempurna yang diciptakan oleh Allah SWT dengan dibekali akal dan lima indera dengan masing-masing fungsinya. Indera manusia yang berperan penting dalam proses makan adalah indera pengecap/lidah. Fungsi lidah manusia dalam proses makan adalah sebagai pengecap yang membantu mengunyah makanan, merasakan makanan dan

membedakan rasanya. Berbagai makanan yang dimakan manusia mempunyai rasa yang berbeda-beda, hal ini dijelaskan dalam QS. al-An'am (6): 141.

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أُكْلُهُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۚ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَءَاتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ ۗ وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ

*“Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). Makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan”* (QS. al-An'am (6): 141).

Kata *مُخْتَلِفًا أُكْلُهُ* berarti berbeda-beda rasanya. Secara umum, rasa makanan ada yang enak dan ada pula yang tidak enak. Kata rasa dalam bahasa arab diungkapkan dengan lafadz *الأكل* karena hanya dengan dimakan, suatu rasa makanan dapat diketahui (Qurthubi, 2008).

Sebagaimana telah dijelaskan dalam QS. al-An'am (6): 141, rasa makanan dapat diketahui melalui proses makan, dimana dalam hal ini lidah sangat berperan penting dalam menentukan rasa makanan. Lidah merupakan kumpulan otot rangka pada mulut yang ditutup oleh membran mukosa (selaput lendir). Selaput lendir ini tampak kasar karena adanya tonjolan-tonjolan yang disebut papila yang merupakan ujung saraf pengecap dan terletak pada seluruh permukaan lidah (Pearce, 2008). Papila lidah berperan sebagai reseptor rasa yang kemudian menghantarkannya ke saraf pengecap yang ada di otak. Selanjutnya otak menanggapi rangsang tersebut sehingga rasa makanan dapat ditentukan dan dibedakan apakah manis, asam, pahit, asin maupun gurih (umami).

Berkaitan dengan lidah elektronik dalam penelitian ini, prinsip kerjanya mirip dengan prinsip kerja lidah manusia dalam menentukan rasa. Membran lipid berfungsi sebagai papila lidah yang berinteraksi dengan larutan kimia sampel, *interface* sensor sebagai penghantar sinyal-sinyal listrik dari membran lipid ke PC. Kemudian sinyal-sinyal listrik tersebut diolah menggunakan analisis multivariat untuk menentukan rasa. Berbeda dengan lidah manusia, hasil output dari lidah elektronik berupa pola rasa, bukan visualisasi rasa manis, asin, asam, pahit, dan umami.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pola rasa daging sapi dan daging babi dapat diklasifikasikan menggunakan metode analisis multivariat PCA dan CA. Klasifikasi menggunakan PCA didasarkan pada 3 komponen utama (PC) terbesar yang mewakili seluruh data yaitu PC1, PC2 dan PC3 dengan proporsi kumulatif total 97.4% sebagai koordinat plot data. Hasil klasifikasi pada *score* plot menunjukkan pola yang baik dalam mengelompokkan daging sapi dan daging babi dengan tingkat akurasi pada data *training* sebesar 97.4%.

Klasifikasi menggunakan CA didasarkan pada kemiripan jarak antar objek observasi terdekat. Hasil klasifikasi menggunakan CA dapat mengelompokkan pola daging sapi dan daging babi menjadi kelompok yang berbeda dengan jarak antar *centroid* klaster sebesar 355.091. Tingkat akurasi yang dihasilkan dari metode CA pada data *training* sebesar 100%, dimana tidak ada data daging sapi yang masuk pada kelompok daging babi, dan sebaliknya.

#### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan jumlah perulangan dan variasi jenis daging sapi maupun daging babi yang digunakan sebagai sampel. Serta dikembangkan lebih lanjut pengolahan datanya menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST).

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Siti, dkk. 2006. *Penggunaan Teknologi Membran pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit*: Jurnal Penelitian. Riset Teknologi Lingkungan Kementerian Perindustrian RI.
- Ali, Abdullah Yusuf. 2009. *Tafsir Yusuf Ali; Tafsir Qur'an 30 juz*. Penerjemah Ali Audah. Bogor: Pustaka Litera AntarNusa.
- Amerongen AV Nieuw. 1991. *Ludah dan Kelenjar Ludah*. Penj. Abyono R. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Andrianto, Yuki. 2014. *Makanan Sehat*. <http://www.kerjanya.net/faq/10663> (diakses pada 04 mei 2016).
- Arduino.cc ( diakses pada 22 Februari 2016).
- Brewer, M. Susan. 2006. *The Chemistry of Beef Flavor*. Centennial: Cattlemen's beef board.
- Buege, D., 1998. *Variation in Pork Lean Quality*. Available from: <http://www.pork.org/> [Accessed 04 January 2016].
- Cornish, Rosie. 2007. *Statistics: Cluster Analysis*. Mathematics Learning Support Center.
- Day, R.A. dan Underwood. A.L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif, Edisi kelima*. Jakarta: Erlangga.
- Djakaria, Ismail., Suryo Guritno dan Sri Haryatmi Kartiko. 2010. *Visualisasi Data Iris Menggunakan Analisis Komponen Utama dan Analisis Komponen Utama Kernel*. Jurnal ILMU DASAR Vol. 11 No. 1, Januari 2010 : 31 – 38.
- Donoghue, Paula. 2008. *A Review of the Pork Food Chain*. Summary Document. Available from: [www.safefood.eu](http://www.safefood.eu). [Accessed 29 December 2015].
- Evans, D.F dkk. 1991. *Enhanced Structure of Polymers at Interfaces*. J. Chemistry Physics. 94, 8542-8557.
- Fraden, Jacob. 2010. *Handbook of Modern Sensor: Physics, Design, and Applications. Fourth Edition*. New York: Springer.
- Gifson, Albert dan Slamet. 2009. *Sistem Pemantau Ruang Jarak Jauh Dengan Sensor Passive Infrared Berbasis Mikrokontroler AT89S52*, Teknik Elektro Universitas Budi Luhur, Telkomnika Vol.7, hlm 201-206.

- Guyton AC, Hall JE. 2009. *Text book of medical physiology (Taste and smell)*. 11 th Ed. Mississippi: Elsevier Book Aid International.
- Harmesa. 2012. *Perbandingan Sensor BOD Berbasis Rhodotorula mucilaginosa UICC Y-181 dengan Candida fukuyamaensis UICC Y-247*. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Heinz, G., dan Hauzinger, P., 2007. *Meat Processing Technology: For Small- to Medium-Scale Producers*. Available from: <http://www.fao.org>. [Accessed 7 January 2016].
- Jacob, T. 2010. *A Tutorial on The Sense of Taste*. UK: Cardiff University.
- Jamaludin, M. Aizat dkk. 2011. *Panduan Makanan Halal Haram menurut Perspektif al-Qur'an: Analisis terhadap Isu-isu Makanan Semasa*. Malaysia: UPM.
- Johnson dan Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Kadidae, La Ode. 2000. *Sintesis Benzileugenol dan Pemanfaatannya sebagai Komponen Membran Elektroda Selektif Ion*. Thesis. Yogyakarta: UGM.
- Kristianto, Andrian., dkk. 2012. *Pengendalian pH Air dengan Metode PID pada Model Tambak Udang*. Semarang: Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Kobayashi, Yoshikazu., dkk., 2010. *Advanced Taste Sensors Based on Artificial Lipids with Global Selectivity to Based Taste Qualities and High Correlation to Sensory Scores*. Sensors Journal. Vol.10 pages 3411-3443.
- Lakitan, Benyamin. 1993. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Lim, Resmana., dkk. 2002. *Face Recognition Menggunakan Metode. Linear Discriminant Analysis (LDA)*. Jakarta: Proceeding Komputer dan Sistem Intelijen.
- Lindemann B. 1999. *Receptor Seeks Ligand: on The Way to Cloning The Molecular Receptors for Sweet and Bitter Taste*. Nature Medicine 5: 381.
- MacLeod, G. 1994. *The Flavor of Beef. in Flavor of Meat and Meat Products*. London: Academic and Professional.
- Marcus, J.B. 2005. *Culinary Applications of Umami*. Food Technology. 59(5): 24-30.
- Matiin, Nafi'ul., dkk. 2012. *Pengaruh Variasi Bending Sensor pH Berbasis Serat Optik Plastik Menggunakan Lapisan Silica Sol Gel Terhadap Sensitivitas*. Surabaya: ITS. Jurnal teknik pomits vol. 1, no. 1, (2012) 1-6.

- Nakamura, T. dkk. 2002. *The Effect of Various Substances on the Suppression of the Bitterness of Quinine-human Gustatory Sensation, Binding, and Taste Sensor Studies*. Tokyo: Chem Pharm Bull (12): 1589-93.
- Nagamori, Tomomi dan Kiyoshi Toko. 1998. *Quantification of Taste of Amino Acids with a Multichannel Taste Sensor*. Kyushu University.
- National Instruments. 2001. *LabVIEW User Manual*. National Instruments.
- Park, J dan Mackay, S. 2009. *Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems*. United kingdom. IDC Technologies.
- Pearce E. 2008. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis (Indera Pengecap dan Pencium)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Peres, A M., dkk. 2013. *An Electronic Tongue for Juice Level Evaluation in Non Alcoholic Beverages*.
- Pontoh, Reza Septiani. 2009. *Modul Panduan Penggunaan Minitab 14 dalam Analisis Data*. Bandung: Universitas Padjajaran.
- Pratiwi, Dian Esti dan Agus Harjoko. 2013. *Implementasi Pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Principal Component Analysis)*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Prieto, M.M., 2007. *Pork Meat Quality Evaluation from Hyperspectral Evaluation*. Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/> [Accessed 7 January 2016].
- Pudjiadi, Ana. 1990. *Dasar-dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Qarni, Aidh. 2007. *Tafsir Muyassar*. Jakarta: Qisthi Press.
- Qurthubi, Syaikh Imam. 2007. *Tafsir al-Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Rakhmat S. 1999. *Tutorial Hardware (PPI, Microcontroller & Sistem Akuisisi Data)*. Surabaya: ITS.
- Risianti, Aneke. 2010. *Tinjauan Sistem Analisa Data Lidah Elektronik*. Surabaya: Berita Litbang Industri.
- Roth, H. J dan G. Blaschke. 1998. *Analisis Farmasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Shihab, M. Quraish. 1996. *Wawasan Al-Qur'an Tafsir Maudhu'i atas Pelbagai Persoalan Umat*. Bandung: Mizan.
- Simanjuntak, Maratur Gabe. 2012. *Perancangan Prototipe Smart Building Berbasis Arduino Uno*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Sharma, Subhash. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Willey & sons.
- Singhal, R.S., dkk. 1997. *Handbook of Indices of Food Quality and Authenticity*. England: Woodhead Publishing Ltd.
- Sitepu, R. dkk. 2011. *Analisis Cluster terhadap Tingkat Pencemaran Udara pada Sektor Industri di Sumatera Selatan*. Jurnal Penelitian Sains, 11-17.
- Soeparno, 1992. *Ilmu dan Teknologi Daging*. Yogyakarta: UGM Press.
- Spanier, A.M., dkk. 1992. *Correlation of Sensory, Instrumental and Chemical Attributes of Beef as Influenced by Meat Structure and Oxygen Exclusion*. Food Science Journal. 57:10-15.
- Sudarisman dan Elvira. 1996. *Petunjuk Memilih Produk Ikan dan Daging*. Jakarta: Swadaya Jakarta.
- Suyuthi, Imam Jalaluddin dan Imam Jalaluddin al-Mahalli. 2008. *Terjemahan Tafsir Jalalain berikut Asbabun Nuzul Jilid I*. Bandung: Sinar Baru Algesindo.
- Toko, Kiyoshi., dkk., 1998. *Electronic Sensing Tastes*. Electroanalysis Journal volume 10, Issue 10, pages 657-669.
- Toko, K dan M. Habara. 2005. *Taste Sensor*. Chemical Senses vol. 30 suppl 1. England: Oxford University Press.
- Toko, Kiyoshi dkk., 2013. *Biochemical Sensors: Mimicking Gustatory and Olfactory Senses*. Taylor and Francis Group: CRC Press.
- Trisunaryanti, Wega. 2006. *Elektrokimia*. Yogyakarta: UGM
- Wahab, Abd. Wahid dan Nursiah La Nafie. 2014. *Buku Ajar Metode Pemisahan dan Pengukuran 2: Elektrometri dan Spektrofotometri*. Makasar: Universitas Hasanuddin.
- Welander, Peter. 2010. *Understanding Derivative in PID Control*. Control Engineering, 2, 24-27.
- Wibowo, Bagas Surya. dkk. 2013 *Pengembangan Sistem Sensor Rasa Berbasis Membran Selektif Ion untuk Klasifikasi Buah Jeruk*. Jurnal Fisika Indonesia no. 49, Vol XVII. Yogyakarta: UGM.

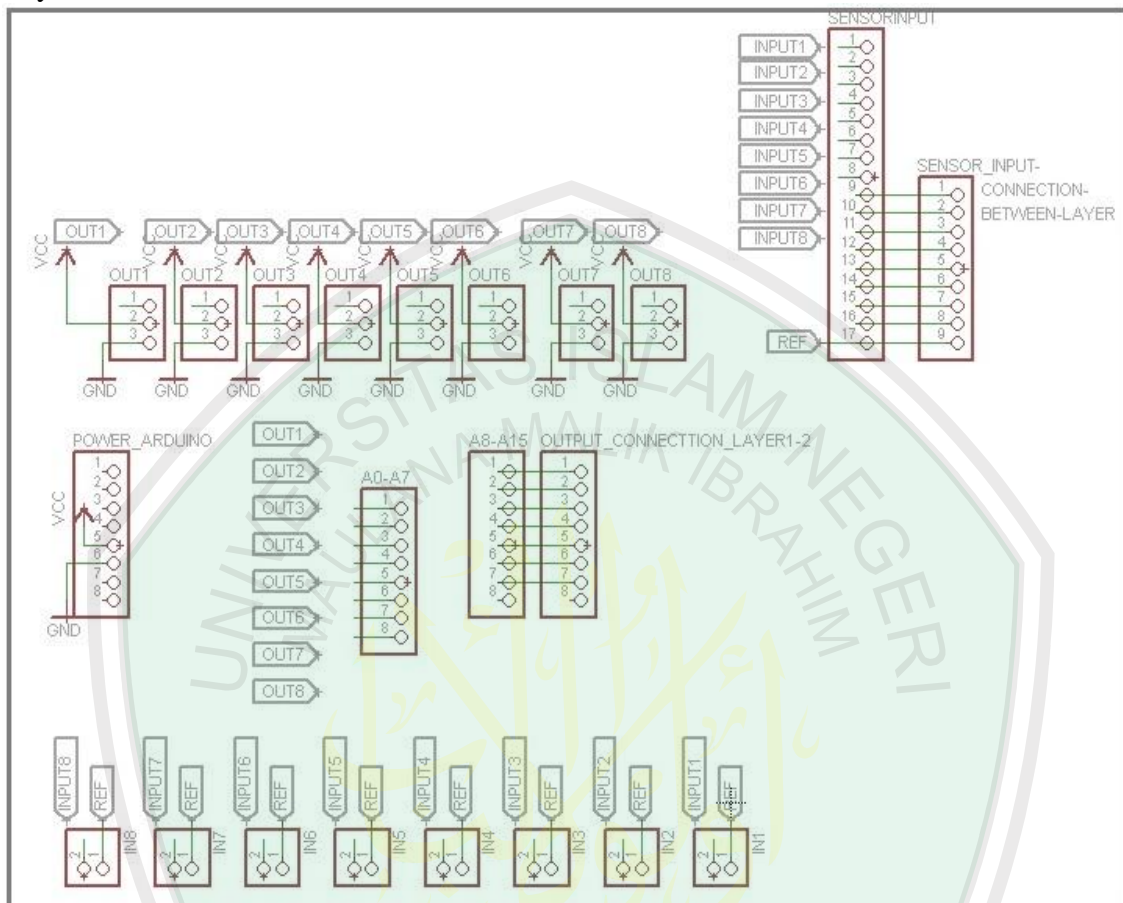


# LAMPIRAN

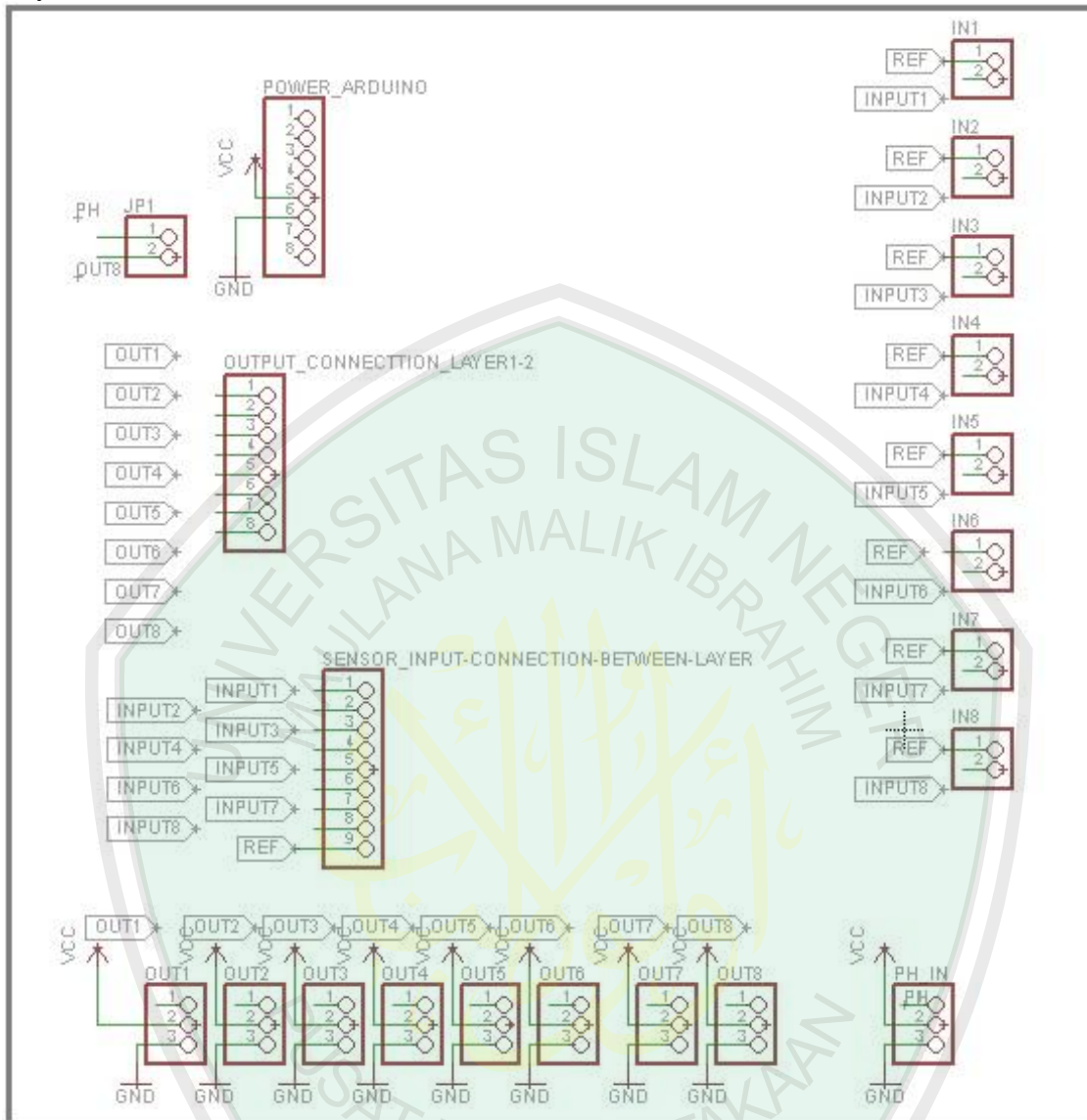


## Lampiran 2 Skematik Hardware *Interface* Sistem Akuisisi Data Array Sensor Lidah Elektronik

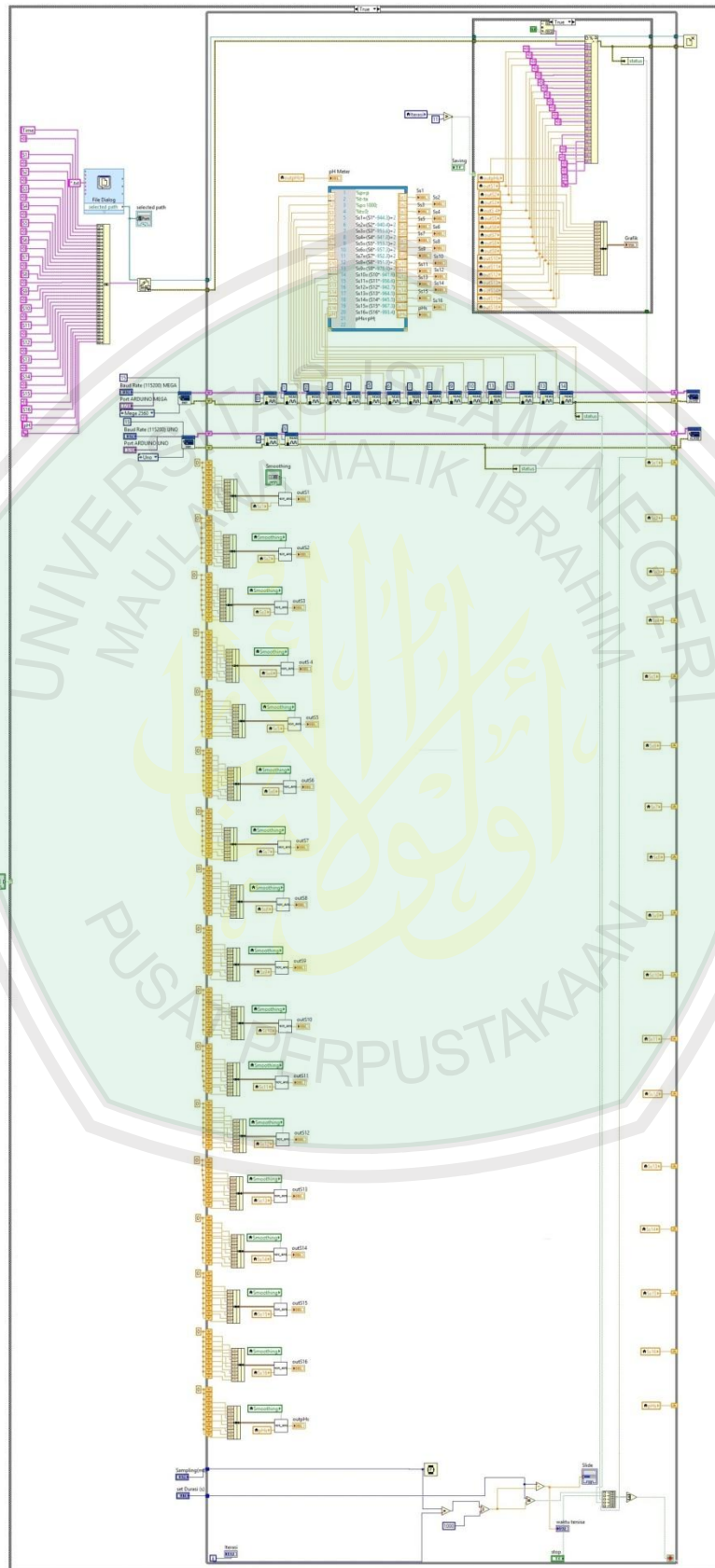
### Layer 1



## Layer 2



**Lampiran 3** Blok diagram software system akuisisi data array sensor lidah elektronik pada LabVIEW



#### Lampiran 4 Algoritma PCA (*Mathscript* MATLAB)

```
clear, clc;
x=[194.88761      280.98616     -188.29728    286.4563862  673.8067605
379.27813      114.2270455    232.4590914    19.9688972   150.97064    -44.04212
131.0130267    94.0828265     -121.824326   -187.7183515   -204.7925612
2410.8
185.9110942    232.4182616    -183.62464    272.9349636   701.3608815   359.576896
92.4822273     197.8499112    17.47466     155.353788    -48.72946     129.67345
118.0439       -115.152878    -204.2601488   -221.5373116   2410.8
170.6417632    193.0202036    -183.62464    263.79762     678.71046
313.8887962    73.86381       185.5827759    12.4861856    122.9184928   -
54.1667744    115.81576      118.0439       -134.42595    -204.1179557   -
224.8473204     2410.8
167.12519     219.3777348    -178.952      254.8910174   669.37008     313.60735
69.19754       162.7743       7.6416095     90.99072      -58.10414     111.19653
113.31785      -139.0589      -221.13373    -239.74236    2420.6
170.5029511    211.86676      -192.96992    254.56798     679.1307771   313.60735
68.6842503     158.10999      7.88144      95.60456      -67.47882     111.19653
108.5918       -120.5271      -230.61327    -247.3359096   2420.6
171.75226      151.96328      -216.33312    249.95316     673.7600586
290.0596846    41.19992       139.0329621   7.0180502     94.2665464    -
86.5094204     111.0117608    113.31785     -125.16005    -230.61327    -244.61002
2420.6
162.49812      165.78716      -206.98784    245.33834     664.6531881   276.08119
36.53365       134.78844      7.88144      86.37688      -96.0247206   106.4849154
108.5918       -125.623345    -216.39396    -239.6936834   2430.4
148.61691      161.1792       -216.7069312   240.3543344   659.562681
241.838569     26.8278084     120.1425066   2.2214402     86.1923264    -114.35222
97.33884       103.86575      -125.16005    -225.8735     -244.61002    2425.5
153.24398      82.84388       -225.6784     240.031297    660.4033152   243.2458
27.20111       115.664769     -2.2394071    81.76304      -128.6954804
97.33884       89.6876        -136.3254595   -221.13373    -239.74236    2425.5
139.36277      68.5131244     -230.35104    230.7093606   650.68932     219.79195
12.4090341     106.6160076    -6.50839      63.30768      -156.53828    97.1078785
84.8197685     -134.42595     -222.7926495   -239.74236    2425.5
180.6825051    196.3840144    -197.7827392   291.48654     632.2420695
348.8350327    101.86143      139.45275     -54.47449     54.08          -306.53316
88.10038       103.204103     -82.7685575   -287.49051    -303.8981188   2391.2
176.1017058    179.61104      -211.9408384   281.9800108   637.7061918
318.4388431    101.86143      130.12413     -64.4994049   30.2264472    -
316.0015868     65.00423       94.3663895    -93.933967    -316.2135162   -
334.5157002     2396.1
171.75226      137.7246836    -216.33312    277.0421534   638.2666146   311.731042
92.3422392     122.4280185    -68.86432     16.5694808    -306.6269068
51.14654       80.2355        -101.9953     -325.40867    -341.96322     2386.3
153.24398      64.41204       -216.33312    263.79762     624.8164674   290.1535
74.330437      111.46689      -82.5346585   -1.28608     -329.96986     32.66962
66.05735       -106.720909    -335.1251985   -352.1366294   2391.2
152.8738144    54.274528      -218.435808   253.645016    607.3032549
270.7806199    61.2182183     106.80258     -83.6378788   -6.3151656    -
332.4541502     27.4960824     55.376477     -120.712418   -339.9597639   -
356.7609064     2391.2
143.98984      27.54836       -244.36896    237.8161834   571.29609     243.2458
27.20111       96.2145963     -88.05076     -24.35528     -339.34454     18.4885839
51.5483765     -129.793       -348.7283384   -366.30152    2391.2
148.61691      22.9404        -253.71424    245.33834     599.31723     273.8296204
44.932936      98.6866806     -88.9141498   -33.58296     -344.8756012
18.81193       56.60525       -120.5271     -349.10752    -367.6157882   2396.1
```

```
120.85449 36.76428 -225.7251264 240.1697416 589.2296196
238.55503 32.1940189 80.3559423 -92.84737 -33.9059288 -344.03188
0.33501 56.60525 -125.16005 -313.1326657 -327.36024 2396.1
125.018853 36.2574044 -229.0894272 249.5839744 617.6243748
255.3479866 45.1662495 87.3057642 -93.6148276 -38.3352152 -
345.9536894 -1.0045667 61.3785605 -119.7394985 -317.0666748
-337.825709 2386.3
129.4145695 56.578508 -240.7243008 249.2147888 608.7510138
252.2989861 36.2536738 83.48103 -88.530421 -42.579948 -
334.1415926 -0.2192976 70.7834 -116.264786 -268.53143 -288.905726
2391.2];
```

```
%Loading variabel matriks data 20 x 17
```

```
%memisahkan variabel berdasarkan sensor, dari data, kolom pertama
adalah
```

```
%sensor pertama, kolom kedua adalah sensor kedua, dan seterusnya.
```

```
s1=x(:,1); %seleksi data tiap sensor
```

```
s2=x(:,2);
```

```
s3=x(:,3);
```

```
s4=x(:,4);
```

```
s5=x(:,5);
```

```
s6=x(:,6);
```

```
s7=x(:,7);
```

```
s8=x(:,8);
```

```
s9=x(:,9);
```

```
s10=x(:,10);
```

```
s11=x(:,11); %seleksi data tiap sensor
```

```
s12=x(:,12);
```

```
s13=x(:,13);
```

```
s14=x(:,14);
```

```
s15=x(:,15);
```

```
s16=x(:,16);
```

```
s17=x(:,17);
```

```
%mencari rata-rata dari setiap nilai sensor
```

```
ratas1=mean(s1);
```

```
ratas2=mean(s2);
```

```
ratas3=mean(s3);
```

```
ratas4=mean(s4);
```

```
ratas5=mean(s5);
```

```
ratas6=mean(s6);
```

```
ratas7=mean(s7);
```

```
ratas8=mean(s8);
```

```
ratas9=mean(s9);
```

```
ratas10=mean(s10);
```

```
ratas11=mean(s11);
```

```
ratas12=mean(s12);
```

```
ratas13=mean(s13);
```

```
ratas14=mean(s14);
```

```
ratas15=mean(s15);
```

```
ratas16=mean(s16);
```

```
ratas17=mean(s17);
```

```
%mengatur nilai dari tiap sensor(meng-Adjust)
```

```
s1adjust=s1-ratas1;
```

```
s2adjust=s2-ratas2;
```

```

s3adjust=s3-ratas3;
s4adjust=s4-ratas4;
s5adjust=s5-ratas5;
s6adjust=s6-ratas6;
s7adjust=s7-ratas7;
s8adjust=s8-ratas8;
s9adjust=s9-ratas9;
s10adjust=s10-ratas10;
s11adjust=s11-ratas11;
s12adjust=s12-ratas12;
s13adjust=s13-ratas13;
s14adjust=s14-ratas14;
s15adjust=s15-ratas15;
s16adjust=s16-ratas16;
s17adjust=s17-ratas17;

%membuat matriks data baru yang terdiri dari data "adjust" tiap-tiap
sensor
dataBaru=[s1adjust,s2adjust,s3adjust,s4adjust,s5adjust,s6adjust,s7adju
st,s8adjust,s9adjust,s10adjust,s11adjust,s12adjust,s13adjust,s14adjust
,s15adjust,s16adjust,s17adjust];

% Mencari covariant dari data matriks baru
covData=cov(dataBaru);

% Mencari nilai eigen dan vektor eigen dari covariant matriks data
% menyimpan nilai dari nilai eigen kedalam variabel d dan matriks eigen
pada
% variabel v
[vektorEig,d]=eig(covData);

% memilih kolom vektor dari nilai eigen terbesar
v1=vektorEig(:,17);
v2=vektorEig(:,16);
v3=vektorEig(:,15);

% reduksi dimensi vektor/matriks eigen menjadi 3 kolom dengan nilai
eigen
% terbesar
v=[v1,v2,v3];

% principle component analysis
pca=dataBaru*v; %pca=dataBaru*v (sama dengan) pca=v'*dataBaru' -->>>
pca=pca'

% memisahkan antar kolom vektor eigen
pca1=pca(:,1);
pca2=pca(:,2);
pca3=pca(:,3);

% subplot(2,2,4)
plotPCA=plot3(pca1(1:10),pca2(1:10),pca3(1:10),'bo',pca1(11:20),pca2(1
1:20),pca3(11:20),'*r');
grid on;%mengaktifkan grid di plot
title('pca daging sapi dan babi','FontWeight','Bold');

```

```

%pelabelan plot
xlabel('PC1=83.6%', 'FontWeight', 'Bold');
ylabel('PC2=12.4%', 'FontWeight', 'Bold');
zlabel('PC3=1.4%', 'FontWeight', 'Bold');
legend('sapi', 'babi');

nilai_eigen=(diag(d))'; %diag(d)=mengelompokan nilai diagonal matriks
d kedalam vektor baris, kemudian di transpose menjadi vektor kolom
%mengambil nilai eigen tiap kolom
nilai_eigen1=nilai_eigen(:,1);
nilai_eigen2=nilai_eigen(:,2);
nilai_eigen3=nilai_eigen(:,3);
nilai_eigen4=nilai_eigen(:,4);
nilai_eigen5=nilai_eigen(:,5);
nilai_eigen6=nilai_eigen(:,6);
nilai_eigen7=nilai_eigen(:,7);
nilai_eigen8=nilai_eigen(:,8);
nilai_eigen9=nilai_eigen(:,9);

%menjumlahkan semua nilai eigen
total_nilai_eigen=sum(nilai_eigen);

%bobot principle component
principle_componen1=(nilai_eigen9/total_nilai_eigen);
principle_componen2=(nilai_eigen8/total_nilai_eigen);
principle_componen3=(nilai_eigen7/total_nilai_eigen);
principle_componen4=(nilai_eigen6/total_nilai_eigen);
principle_componen5=(nilai_eigen5/total_nilai_eigen);
principle_componen6=(nilai_eigen4/total_nilai_eigen);
principle_componen7=(nilai_eigen3/total_nilai_eigen);
principle_componen8=(nilai_eigen2/total_nilai_eigen);
principle_componen9=(nilai_eigen1/total_nilai_eigen);

proporsi=[principle_componen1,principle_componen2,principle_componen3,principle_componen4,principle_componen5,principle_componen6,principle_componen7,principle_componen8,principle_componen9];

```

**Lampiran 5** Nilai PC1 - PC17

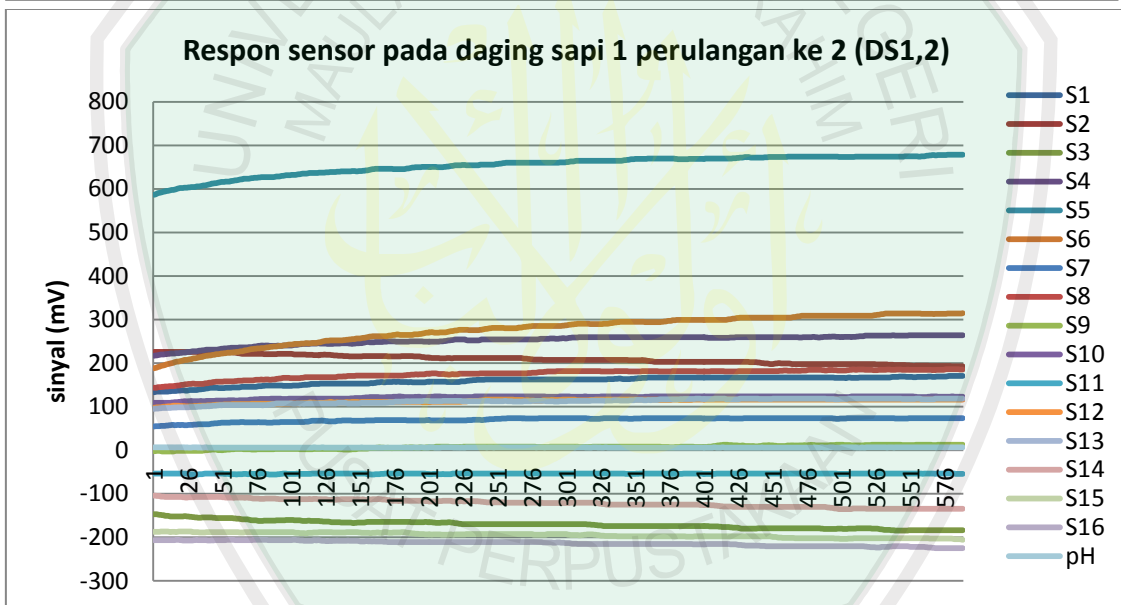
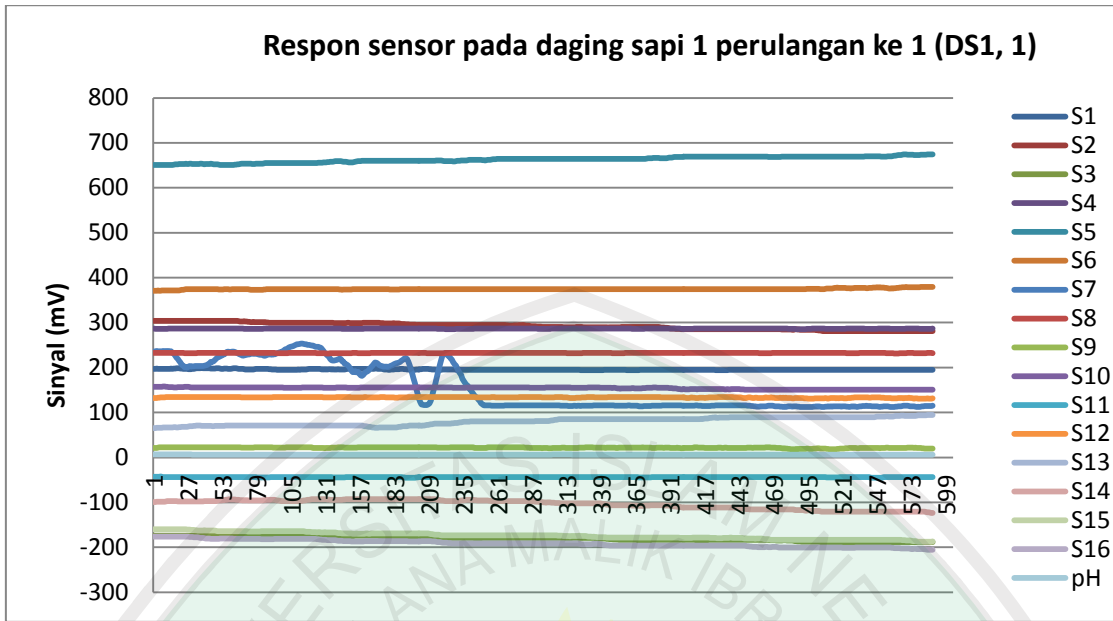
PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16	PC17
0.0721	-0.172	0.1648	-0.131	-0.15	0.0951	-0.286	-0.035	-0.213	0.1978	0.648	-0.244	-0.386	0.2577	-0.159	0.0432	2E-06
0.3558	-0.503	-0.31	-0.189	0.5682	0.2743	-0.021	0.2335	0.0681	-0.036	-0.029	0.1155	-0.091	-0.002	-0.073	-0.04	0.0033
0.0865	-0.12	-0.012	0.057	0.173	-0.225	0.7238	-0.432	-0.129	-0.2	0.1103	-0.222	-0.219	0.0082	-0.118	0.0602	-6E-04
0.0215	-0.219	-0.085	0.0034	-0.157	-0.072	0.0346	0.0567	-0.095	0.2196	0.2253	-0.201	0.2928	-0.777	-0.205	-0.169	0.0286
0.1689	-0.015	-0.014	-0.195	-0.129	-0.731	-0.026	0.4157	-0.011	-0.007	-0.174	0.1211	-0.297	0.021	-0.268	-0.052	0.0101
0.1202	-0.48	0.0962	0.3353	-0.174	-0.196	-0.391	-0.423	0.1048	-0.354	-0.042	0.2722	-0.061	-0.109	0.058	0.0445	-0.005
0.0449	-0.377	0.0238	0.1422	-0.125	-0.197	0.2055	0.267	-0.4	0.1455	0.1023	0.0612	0.3983	0.2818	0.4679	0.1188	-0.022
0.1776	-0.221	0.1912	0.437	-0.196	0.2187	0.0873	0.0945	0.0839	0.3837	-0.482	-0.319	-0.149	0.1176	-0.249	0.0528	0.007
0.2326	0.1076	0.0727	-0.203	-0.06	0.0898	-0.06	0.0382	-0.176	-0.073	-0.14	-0.076	-0.154	-0.332	0.1872	0.7975	-0.063
0.3245	-0.061	0.168	-0.219	-0.455	0.1959	0.3614	0.1016	0.5503	-0.031	0.213	0.2537	0.0128	0.006	0.1153	-0.033	0.0007
0.6418	0.3448	0.397	0.2121	0.3175	-0.137	-0.13	0.008	0.002	-0.06	0.1344	-0.15	0.2316	-0.016	0.0757	-0.161	0.009
0.2323	-0.031	0.1355	-0.47	-0.26	0.2132	-0.02	-0.24	-0.505	-0.124	-0.349	0.0634	0.0969	0.0596	-0.102	-0.339	0.0207
0.1085	-0.033	-0.118	-0.312	0.114	-0.275	-0.108	-0.495	0.2393	0.6343	-0.096	0.0294	0.1635	0.1115	0.0973	0.1111	-0.006
-0.021	-0.152	-0.145	-0.247	-0.118	-0.11	-0.155	0.0447	0.2937	-0.364	-0.095	-0.725	0.217	0.1584	0.1288	-0.01	-0.004
0.2709	0.1951	-0.547	0.1909	-0.207	0.0176	-0.034	-0.049	-0.09	0.0898	-0.019	-0.1	-0.395	-0.109	0.4815	-0.284	0.0026
0.27	0.1895	-0.529	0.1803	-0.224	0.0389	-0.023	-0.059	-0.074	-0.098	0.1347	0.0976	0.3452	0.2455	-0.484	0.2596	-0.002
0.0013	0.0023	0.0004	-0.004	0.0012	0.0018	-0.002	0.0005	-0.005	-0.007	-0.003	0.0021	-0.006	0.007	0.0332	0.069	0.997

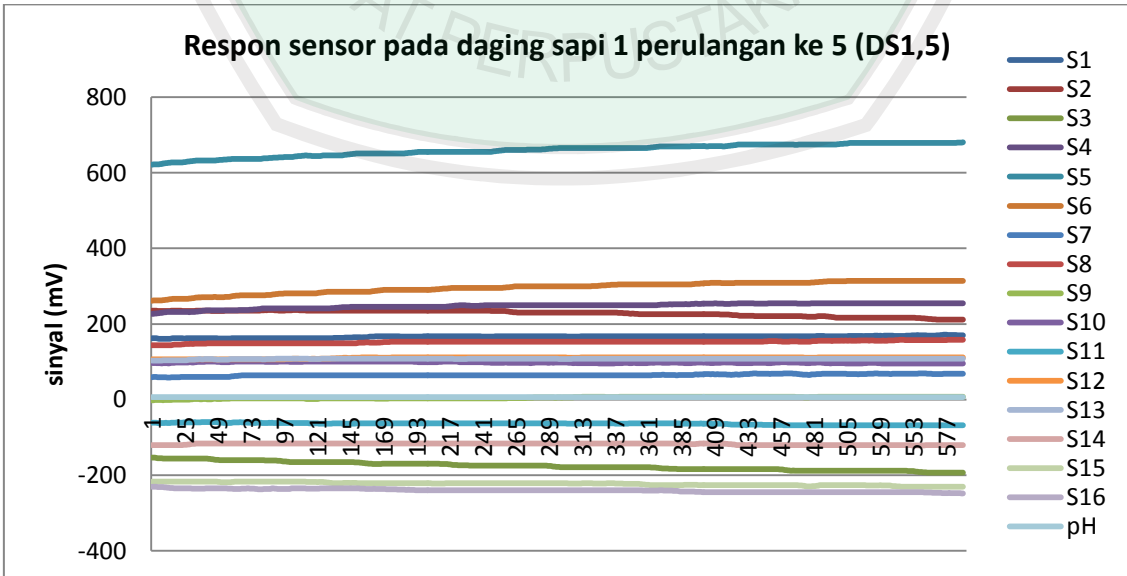
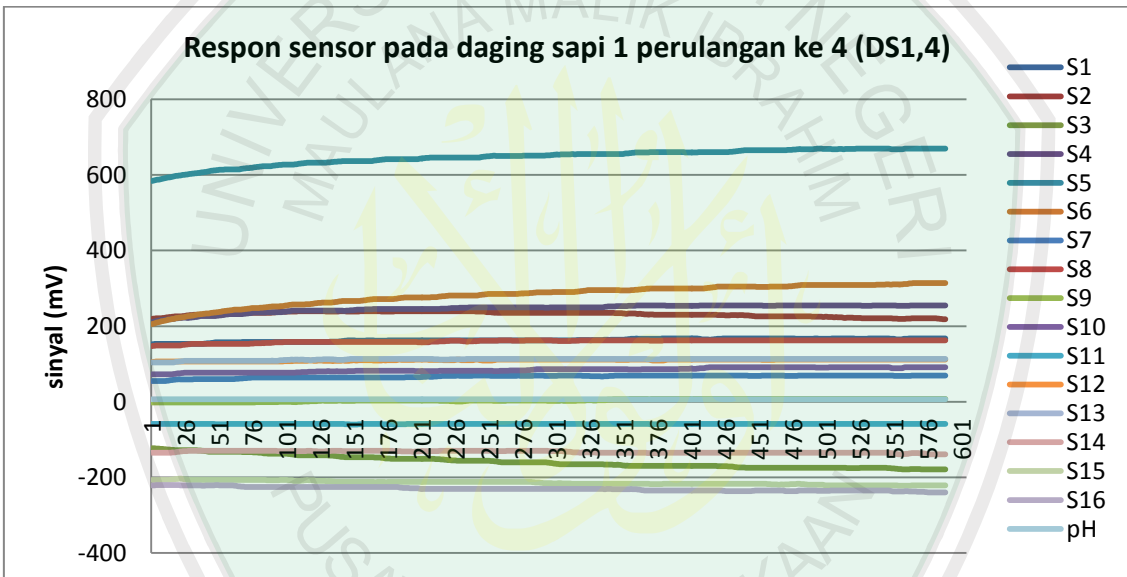
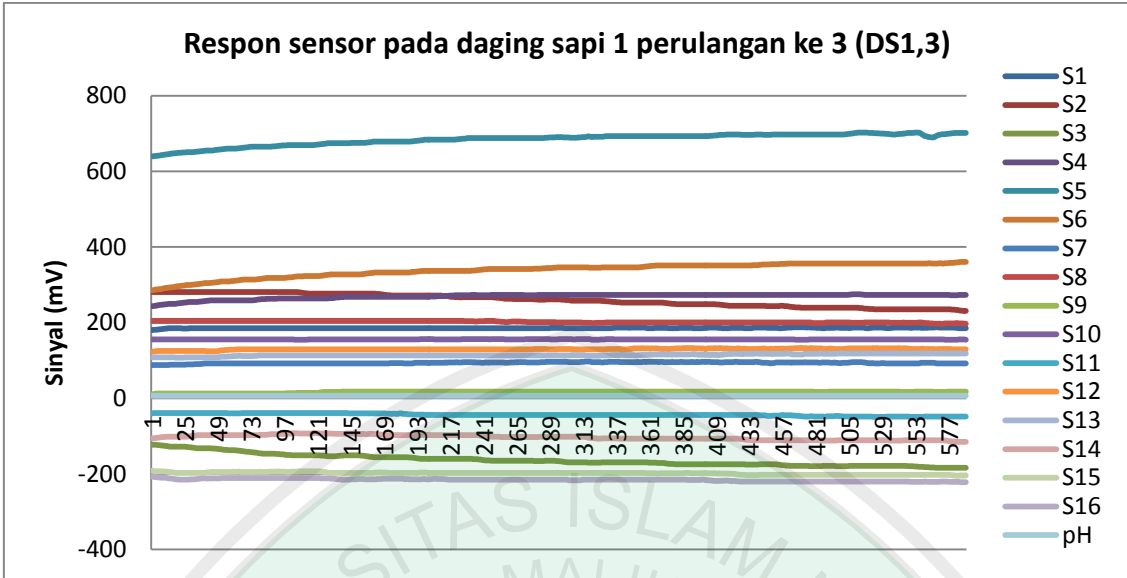
**Lampiran 6** Jarak Euclidian CA

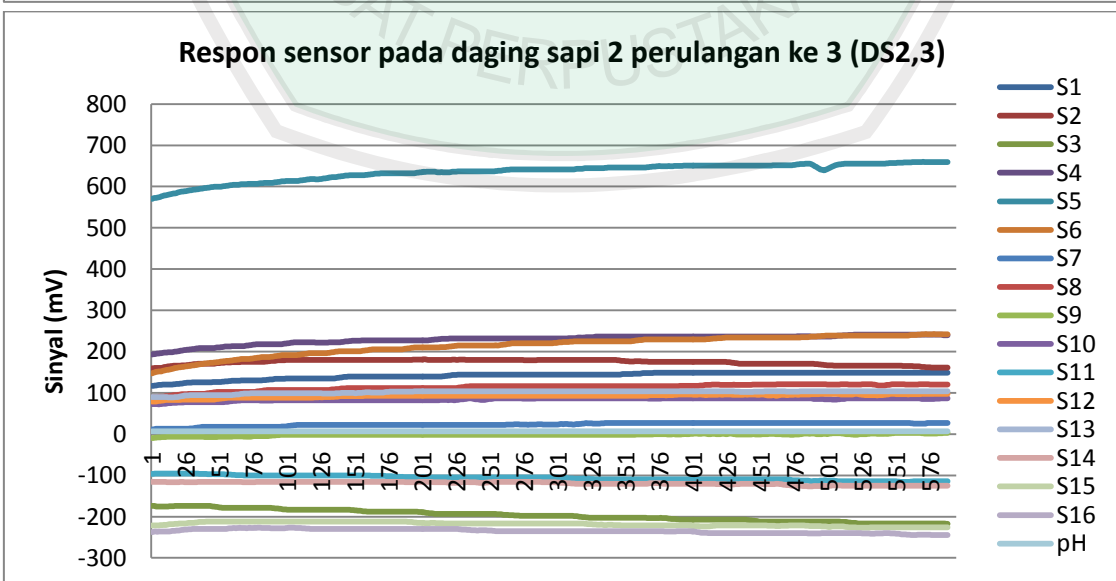
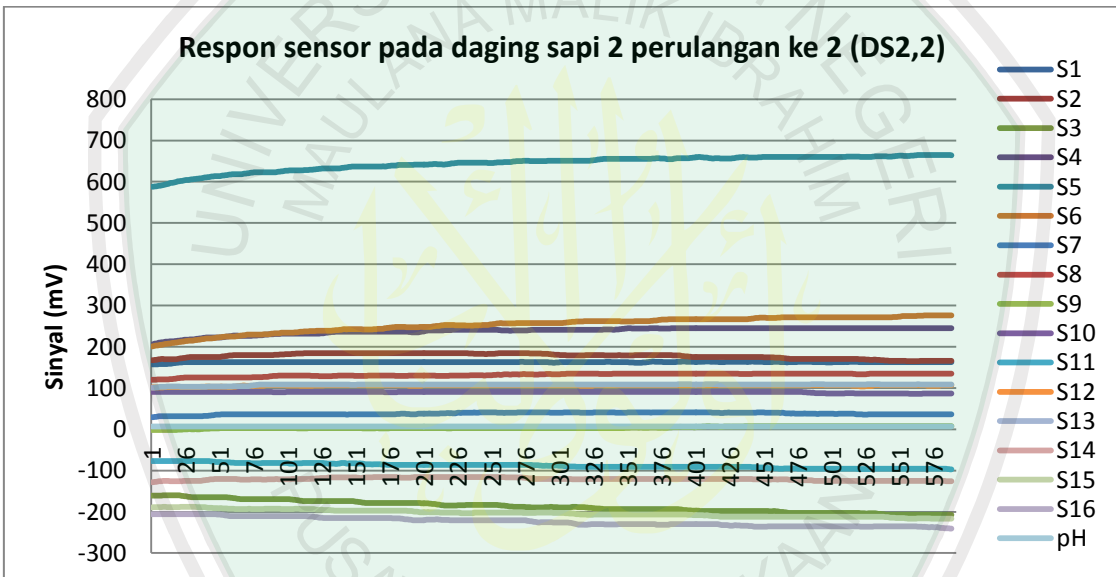
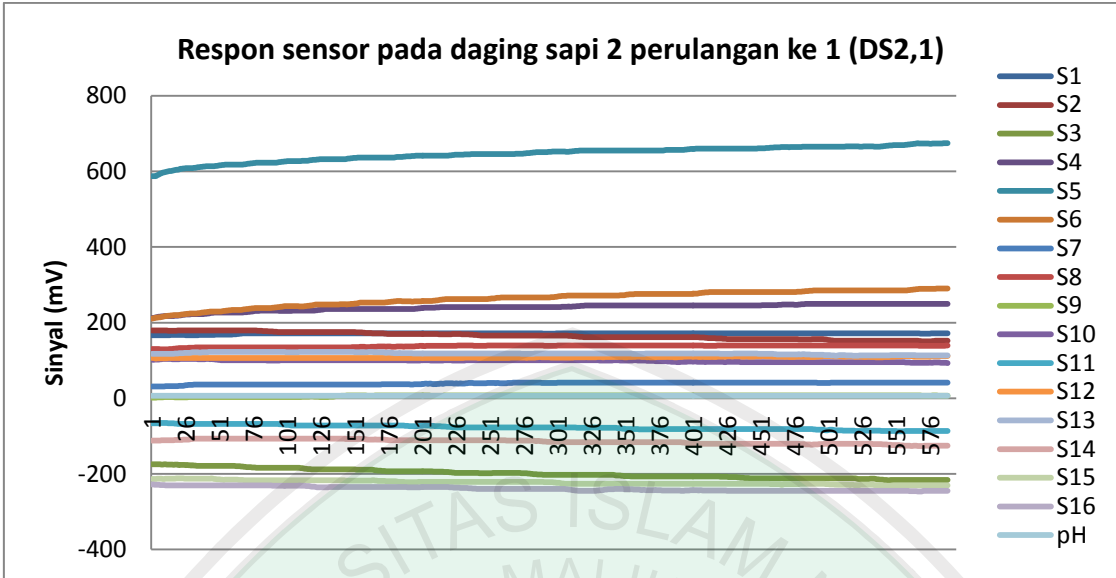
case	Euclidean Distance									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.000	81.755	139.886	155.907	162.682	225.413	230.089	269.678	317.510	361.083
2	81.755	0.000	81.531	108.416	108.474	164.369	174.372	215.557	260.473	306.493
3	139.886	81.531	0.000	56.289	62.142	99.957	106.831	148.258	191.071	236.738
4	155.907	108.416	56.289	0.000	31.690	95.047	94.096	134.115	190.264	232.382
5	162.682	108.474	62.142	31.690	0.000	79.220	83.482	123.079	179.058	221.803
6	225.413	164.369	99.957	95.047	79.220	0.000	34.964	70.632	106.991	152.234
7	230.089	174.372	106.831	94.096	83.482	34.964	0.000	49.524	103.368	143.851
8	269.678	215.557	148.258	134.115	123.079	70.632	49.524	0.000	82.936	113.000
9	317.510	260.473	191.071	190.264	179.058	106.991	103.368	82.936	0.000	51.148
10	361.083	306.493	236.738	232.382	221.803	152.234	143.851	113.000	51.148	0.000
11	348.537	323.416	305.552	288.228	273.777	270.555	269.381	268.016	283.526	289.889
12	393.406	364.085	337.642	316.538	301.033	290.006	288.721	279.312	288.610	288.049
13	416.436	382.266	348.407	328.325	312.382	291.709	292.160	279.495	276.538	271.737
14	486.573	447.169	403.647	386.643	371.303	336.376	336.327	317.313	294.214	277.366
15	507.480	468.183	420.640	402.834	388.552	350.340	348.994	326.822	300.781	279.667
16	559.624	519.949	466.732	448.327	434.985	390.092	387.444	360.603	329.669	300.995
17	553.377	513.352	464.135	446.374	431.579	388.471	388.067	364.910	332.987	307.827
18	547.703	507.571	452.340	433.811	421.753	376.965	370.538	342.314	311.391	279.702
19	541.785	500.868	448.755	430.957	417.641	374.913	370.813	345.087	314.574	286.463
20	512.025	473.571	419.134	401.999	390.210	345.713	337.804	311.673	282.233	251.882

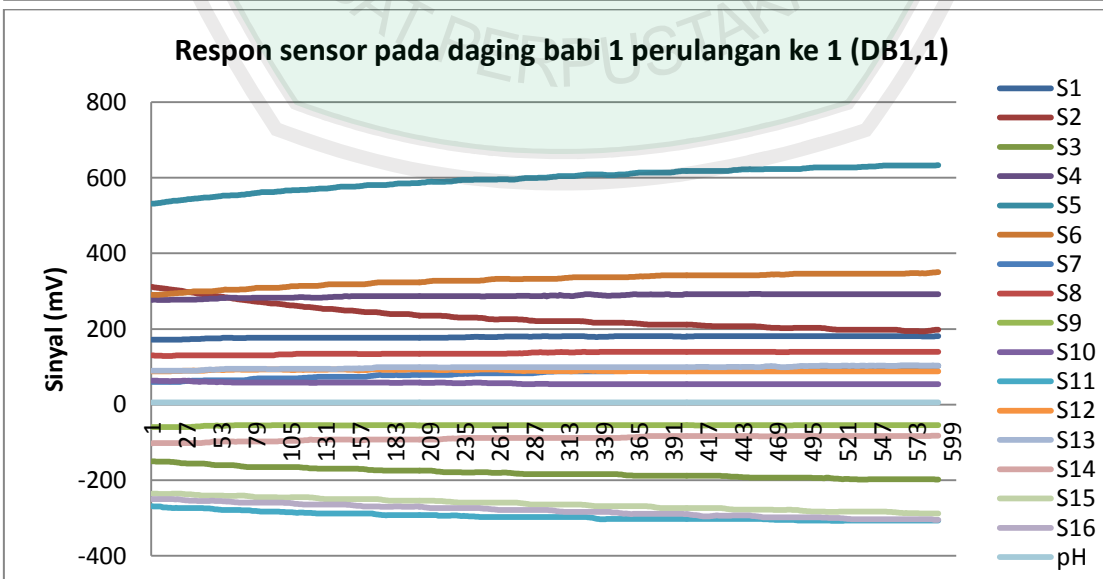
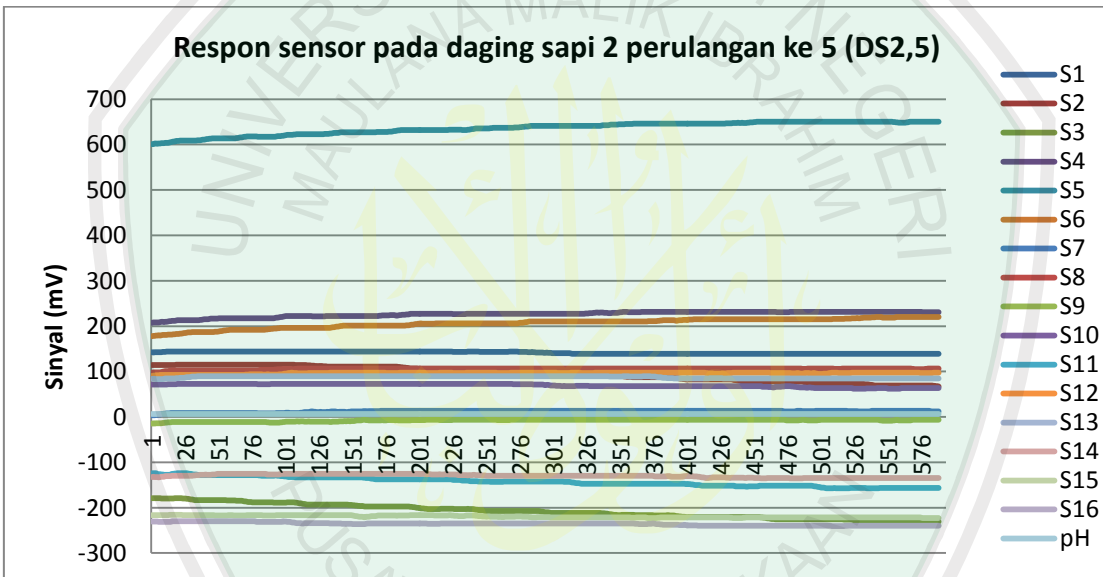
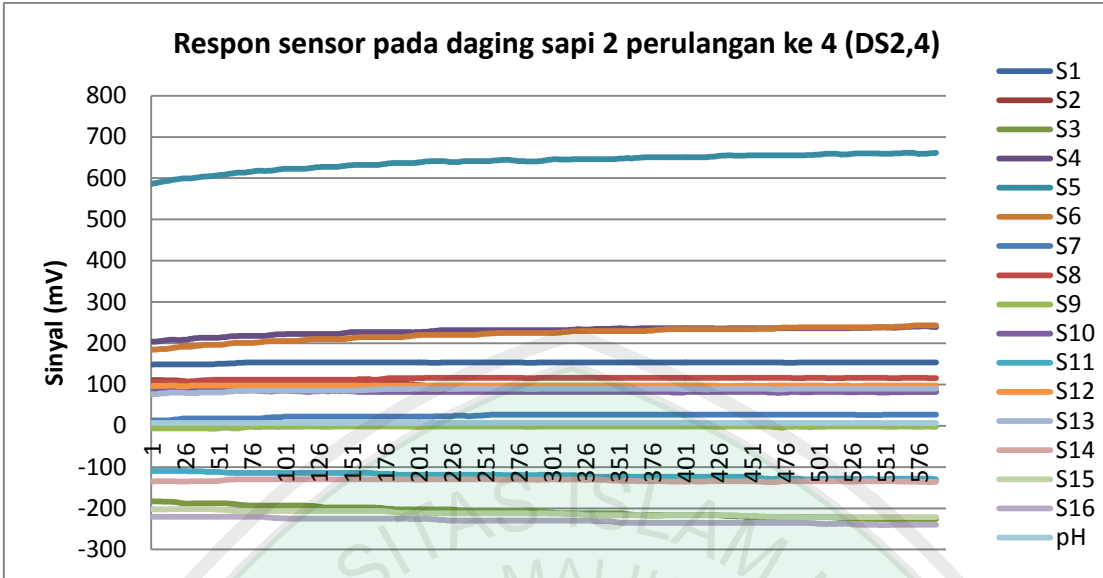
case	Euclidean Distance									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	348.537	393.406	416.436	486.573	507.480	559.624	553.377	547.703	541.785	512.025
2	323.416	364.085	382.266	447.169	468.183	519.949	513.352	507.571	500.868	473.571
3	305.552	337.642	348.407	403.647	420.640	466.732	464.135	452.340	448.755	419.134
4	288.228	316.538	328.325	386.643	402.834	448.327	446.374	433.811	430.957	401.999
5	273.777	301.033	312.382	371.303	388.552	434.985	431.579	421.753	417.641	390.210
6	270.555	290.006	291.709	336.376	350.340	390.092	388.471	376.965	374.913	345.713
7	269.381	288.721	292.160	336.327	348.994	387.444	388.067	370.538	370.813	337.804
8	268.016	279.312	279.495	317.313	326.822	360.603	364.910	342.314	345.087	311.673
9	283.526	288.610	276.538	294.214	300.781	329.669	332.987	311.391	314.574	282.233
10	289.889	288.049	271.737	277.366	279.667	300.995	307.827	279.702	286.463	251.882
11	0.000	69.399	111.578	193.816	222.564	286.041	270.974	277.300	263.776	253.259
12	69.399	0.000	54.585	141.808	169.770	234.198	217.801	230.234	213.916	215.628
13	111.578	54.585	0.000	92.930	122.049	189.503	170.656	188.330	168.833	179.679
14	193.816	141.808	92.930	0.000	38.716	111.239	87.295	113.980	90.339	129.790
15	222.564	169.770	122.049	38.716	0.000	75.892	62.596	87.959	71.954	121.433
16	286.041	234.198	189.503	111.239	75.892	0.000	49.808	69.935	78.467	129.186
17	270.974	217.801	170.656	87.295	62.596	49.808	0.000	83.035	67.934	126.931
18	277.300	230.234	188.330	113.980	87.959	69.935	83.035	0.000	41.481	72.943
19	263.776	213.916	168.833	90.339	71.954	78.467	67.934	41.481	0.000	76.042
20	253.259	215.628	179.679	129.790	121.433	129.186	126.931	72.943	76.042	0.000

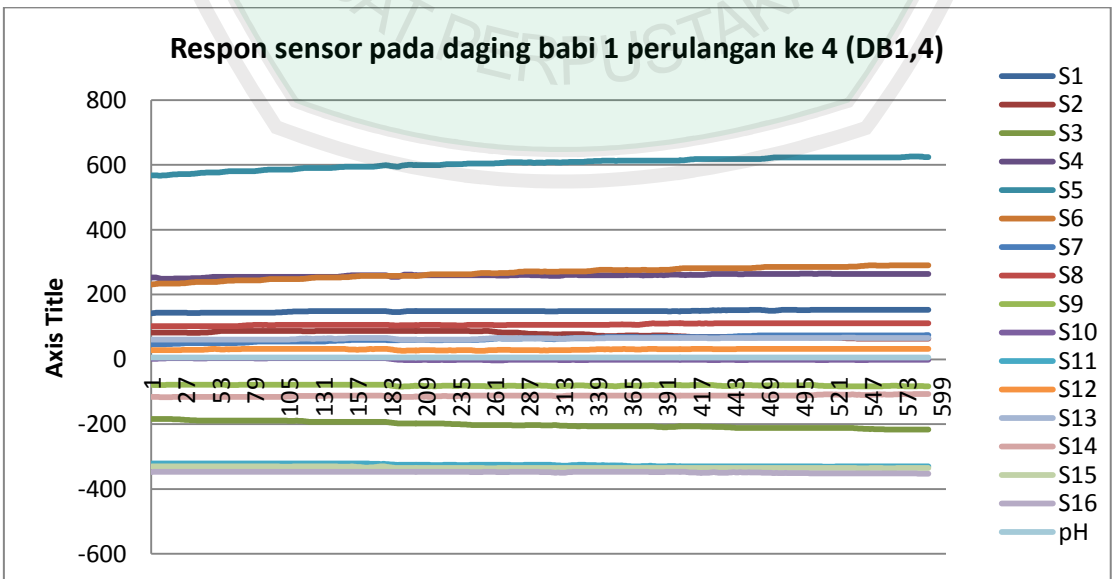
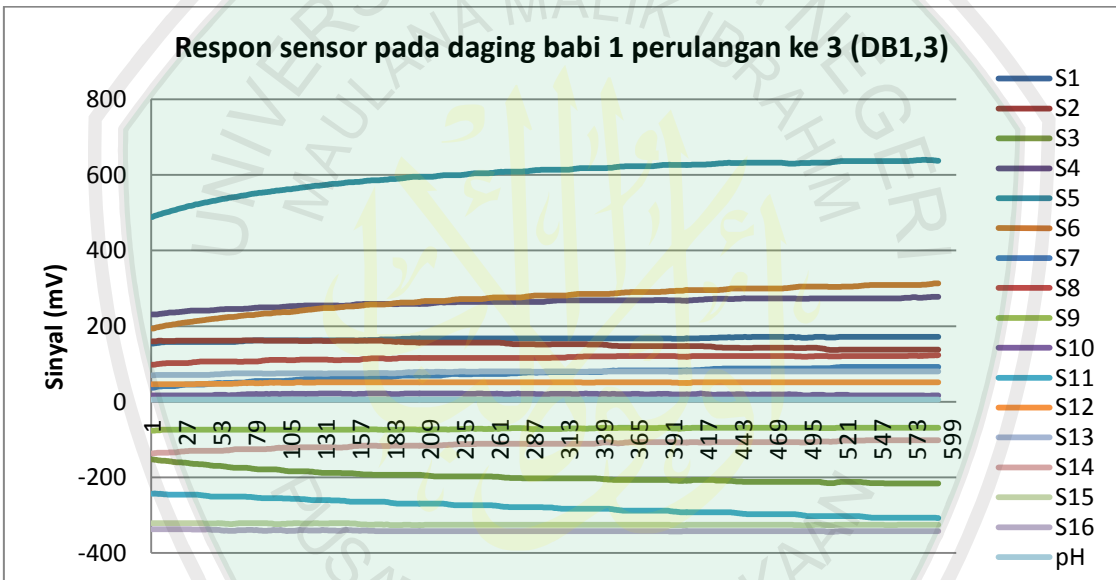
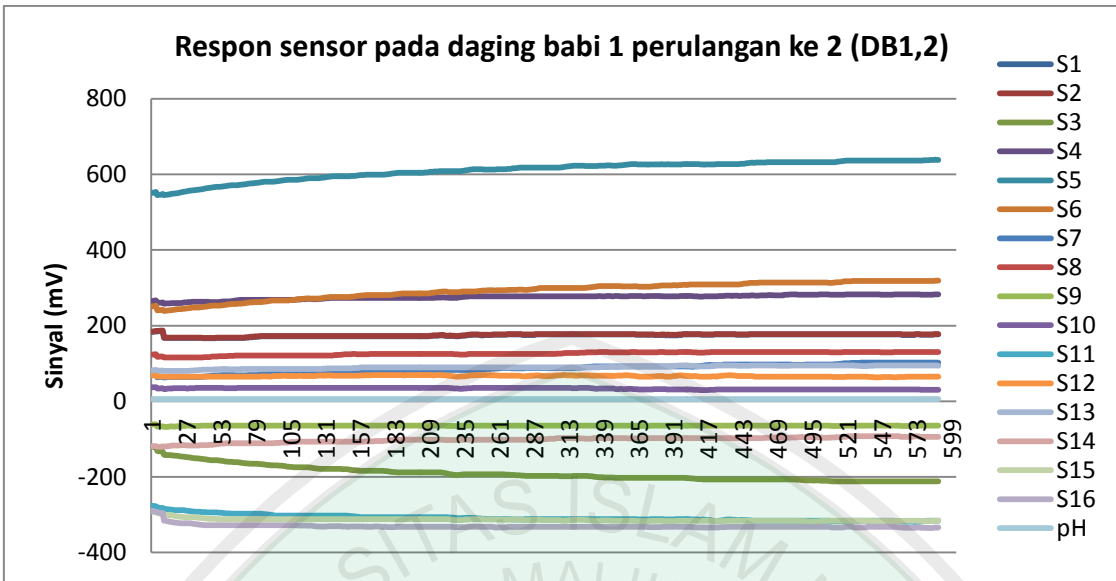
**Lampiran 7** Grafik Respon Sensor pada Daging

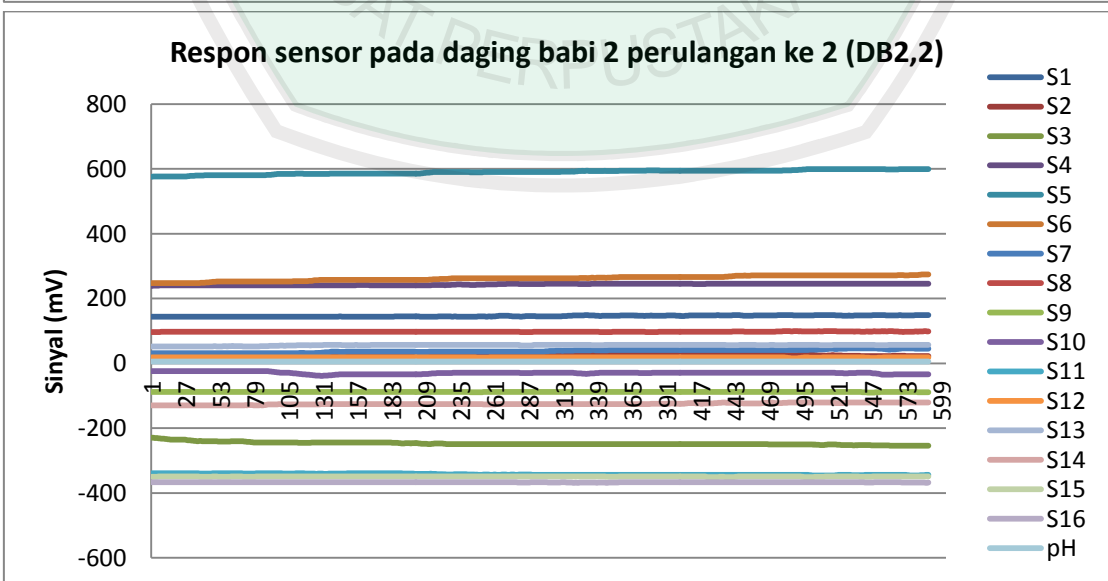
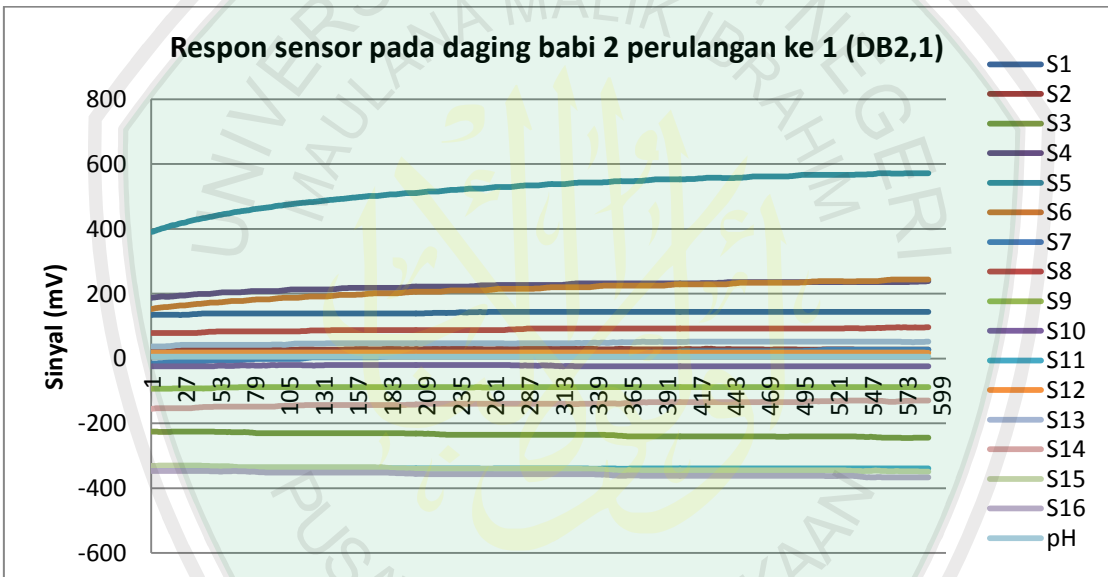
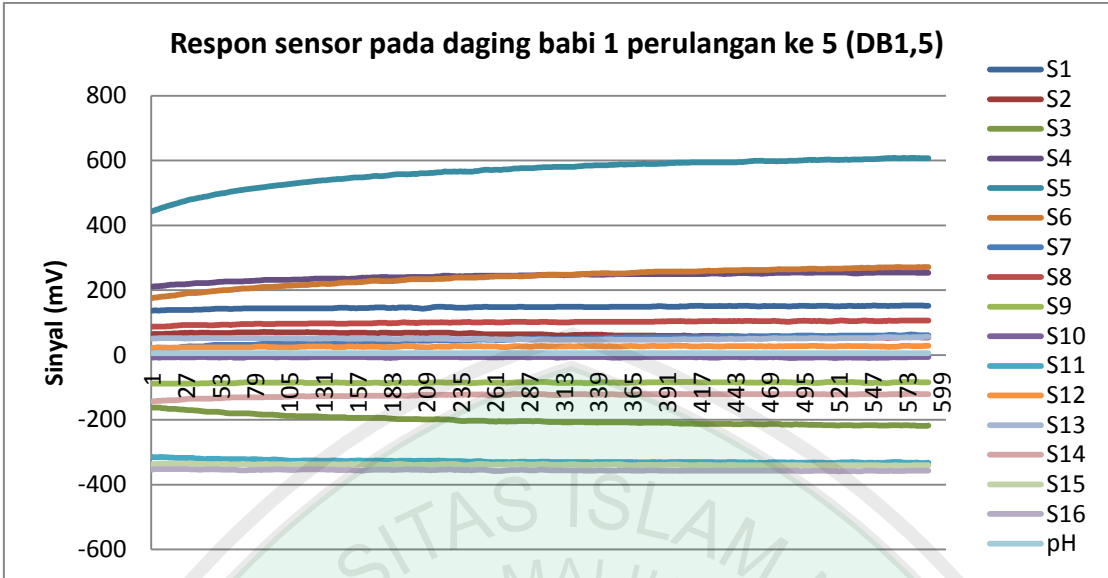


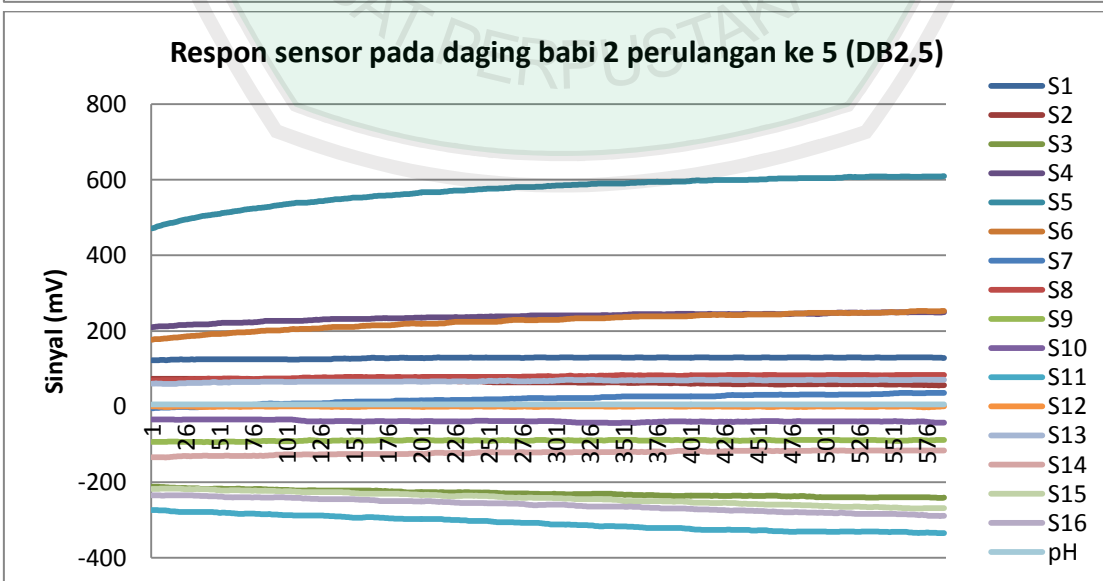
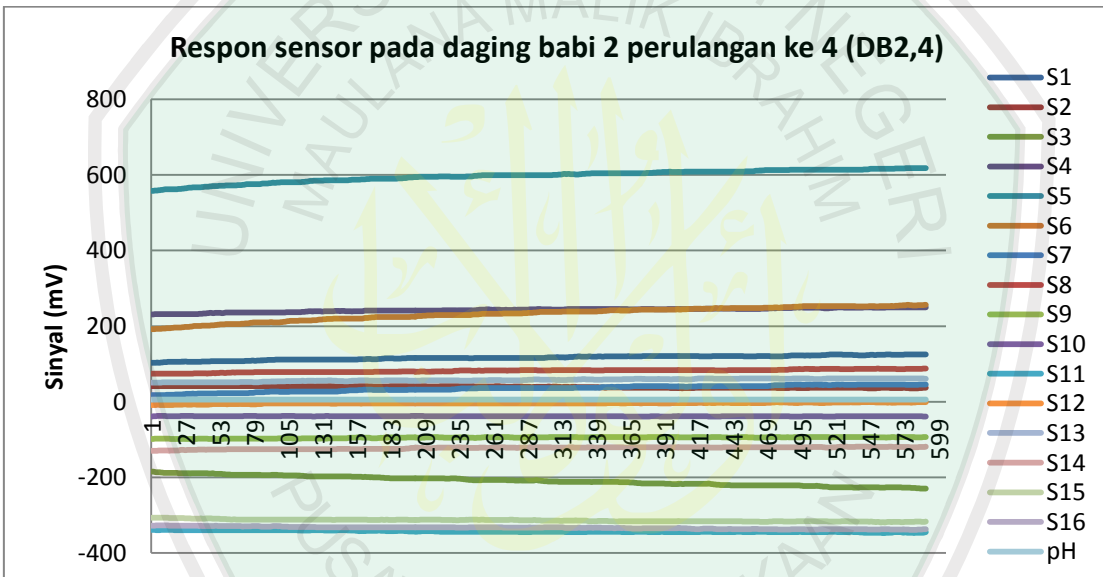
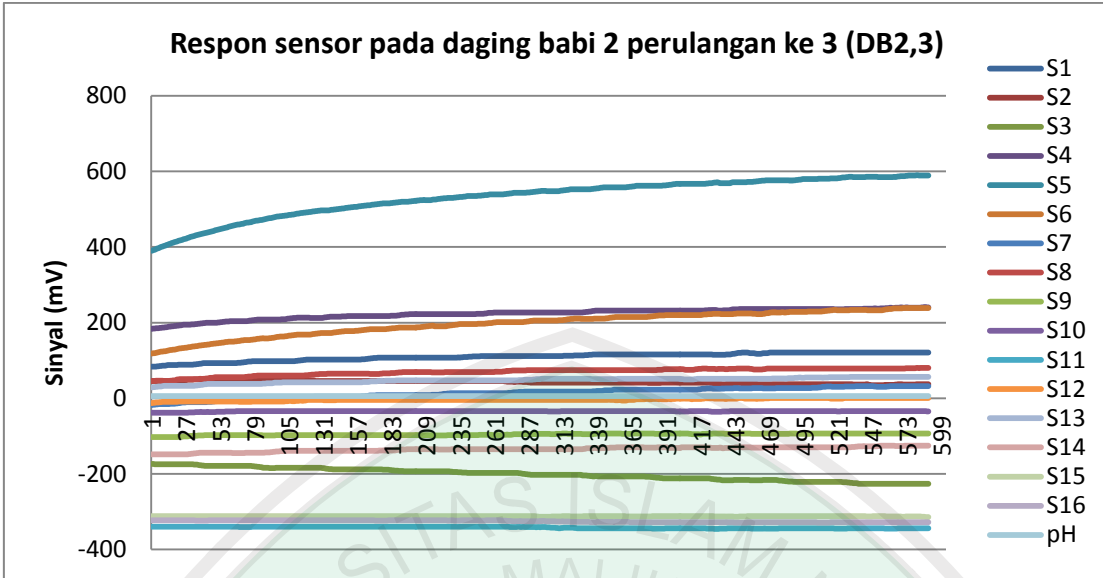














**KEMENTERIAN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM**  
**MALANG**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

---

---

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Nizara Isnanda Rahma  
NIM : 12640005  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Klasifikasi Pola Rasa Daging Sapi dan Daging Babi Berbasis *Electronic Tongue* dengan 17 Array Sensor Menggunakan Metode *Principle Component Analysis (PCA)* dan *Cluster Analysis (CA)*  
Pembimbing I : Imam Tazi, M.Si  
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M.A

No	Tanggal	Materi	Tanda Tangan Pembimbing
1	19 Januari 2016	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	21 Januari 2016	Konsultasi Kajian Al-Qur'an, Bab I-II	
3	03 Maret 2016	Konsultasi Bab I-III	
4	14 April 2016	Konsultasi kajian Al-Qur'an, Bab I-II	
5	20 April 2016	Konsultasi Bab IV	
6	05 Mei 2016	Konsultasi Revisi Bab IV	
7	11 Mei 2016	Konsultasi Bab IV dan V	
8	18 Mei 2016	Konsultasi Bab I-V dan Abstrak	
9	24 Mei 2016	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
10	25 Mei 2016	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, Juni 2016  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika

Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009