

**MONITORING PERKEMBANGAN BAU TAHU BERFOLMALIN
DAN TANPA FORMALIN BERBASIS *E-NOSE* MENGGUNAKAN
METODE *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS* (PCA)**

SKRIPSI

Oleh:
MOH. NASIR
NIM. 11640012



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

**MONITORING PERKEMBANGAN BAU TAHU BERFOLMALIN DAN
TANPA FORMALIN BERBASIS *E*-NOSE MENGGUNAKAN METODE
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)**

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:

**MOH. NASIR
NIM. 11640012**

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

HALAMAN PERSETUJUAN

MONITORING PERKEMBANGAN BAU TAHU BERFOLMALIN DAN
TANPA FORMALIN BERBASIS *E-NOSE* MENGGUNAKAN METODE
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA)

SKRIPSI

Oleh:
MOH. NASIR
NIM. 11640012

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji,
Pada tanggal:, 2015

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

Umayyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika

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

HALAMAN PENGESAHAN

MONITORING PERKEMBANGAN BAU TAHU BERFOLMALIN DAN TANPA FORMALIN BERBASIS *E-NOSE* MENGGUNAKAN METODE *PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS* (PCA)

SKRIPSI

Oleh:
MOH. NASIR
NIM. 11640012

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

Penguji Utama	:	<u>Farid Samsu Hananto, S.Si, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji	:	<u>Drs. H. Mokhammad Tirono, M.Si</u> NIP. 19641211 199111 1 001	
Sekretaris Penguji	:	<u>Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji	:	<u>Umaiatus 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 : Moh. Nasir

NIM : 11640012

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Monitoring Perkembangan Bau Tahu Berformalin Dan Tanpa Formalin Berbasis *E-Nose* Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA)

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 jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 05 Januari 2015
Yang membuat pernyataan,

Moh. Nasir
NIM. 11640012

HALAMAN MOTTO

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ
ظَهَرَ وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ



Tidakkah kamu perhatikan sesungguhnya Allah telah menundukkan untuk (kepentingan)mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. Dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan. (Qs. Luqman: 20).

*“bebaskan imajinasimu menembus batas waktu,
hiduplah sebagai orang dewasa...,
bahagialah sebagaimana anak kecil yang belum kenal
kerasnya dunia ...”
(Si Juki)*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim..

Ya Allah

Terimah kasih atas nikmat dan rahmat-Mu yang agung ini, hari ini hamba bahagia, sebuah perjalanan yang panjang dan gelap ini perlahan-lahan telah engkau berikan secercah cahaya terang. Walaupun hari esok masih penuh dengan teka-teki dan tanda tanya yang cukup besar, bahkan hamba sendiripun belum tahu jawabannya. Namun hamba tidak takut, ataupun menyerah, hamba akan terus berusaha dan berdoa pada-Mu.

Syukur Alhamdulillah...

Kini hamba tersenyum dalam iradat-Mu Kini hamba mengerti arti kesabaran dalam penantian, Kau menyimpan sejuta makna dan rahasia, sungguh berarti rahmat dan hikmah yang Kau beri.

Dengan kerendahan hati, beserta ridho Allah Swt, kupersembahkan salah satu karya terbesarku ini kepada.....

“Kakek dan Almarhumah nenek (H. Anwar & Hj. Ainamah (Alm))”

Terima kasih atas do'a, bimbingan dan motivasi, kasih sayang selama ini yang tak pernah putus. Kerendahan hatinya dalam membimbingku, ketulusannya mengingatkan ku dalam kebaikan, Segalanya yang tak mungkin cukup ku ungkapkan hanya dalam tulisan sederhana ini”.

“Bapak dan Mama’ (Maidi & Nasiyah)”

inilah kata-kata yang mewakili seluruh rasa, tiada yang dapat kuberi kan agar setara dengan pengorbananmu padaku, kasih sayangmu tak pernah bertepi, cintamu tiada berujung.

Kini..... sambutlah aku anakmu ini di depan pintu tempat dimana dulu anakmu mencium tanganmu dan terimalah keberhasilan berwujud gelar persembahanku ini sebagai bukti cinta dan tanda baktiku.....”

"Adik-adikku (Moh. Rifki & Khairul Anam)".

Terimah kasih atas dukungan, do'a, dan semangatnya yang tiada putus”

“Rahmat, ais, ulin, misbah, anis, nizara, ifa dan Teman-temanku di Fisika ELINS(Elektronika Instrumentasi)”

Terima kasih atas sumbangsih kalian selama proses pengambilan data dan penulisan skripsi”.

Irfan, Aisy, S.S, Tsenia, Evi, S.S, Irham, S.Hi, Najib, S.E, Joko, Wafa, Rasul, Ipong, Kholil, serta teman-teman Fisika angkatan 2011 dan teman-teman PKPBA M2.

Terima kasih telah menjadi sahabat sekaligus keluarga keduaku selama menuntut ilmu di kota ini

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat serta karuniaNya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Monitoring Perkembangan Bau Tahu Berformalin Dan Tanpa Formalin Berbasis E-Nose Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA)” dengan baik.

Shalawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Saw yang telah membimbing umatnya dari gelapnya kekufuran menuju cahaya Islam yang terang benderang.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu tanpa keterlibatan dan sumbangsih dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati penulis ucapkan terima kasih 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 I yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberi masukan, kemudahan serta memberikan kepercayaan kepada penulis dalam pengerjaan skripsi.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan masukan, bimbingan dan memberi kemudahan dan melancarkan proses penyelesaian skripsi ini.
6. Dr.Agus Mulyono,S.Pd, M,kes, selaku dosen wali yang sudah membimbing, memberi masukan dan saran ketika penulis mengalami kesulitan selama proses perkuliahan dari semester awal sampai semester akhir.
7. Seluruh Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberikan bimbingan, mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman dan wawasan sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.

Sebagai penutup, penulis menyadari dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Semoga apa yang menjadi kekurangan bisa disempurnakan oleh peneliti selanjutnya. Harapan penulis, semoga karya ini bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi kita semua, Amin.

Malang,30 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan	7
1.4 Manfaat	7
1.5 Batasan Masalah	8
BAB II KAJIAN TEORI	9
2.1 Makanan Yang Baik dalam Perspektif Islam	9
2.2 Tahu	13
2.3 Jenis – Jenis Tahu	14
2.3.1 Tahu Putih	14
2.3.2 Tahu Kuning	15
2.3.3 Tahu Sutera	15
2.3.4 Tahu Kering	15
2.4 Mutu Tahu	15
2.5 Kandungan Gizi Tahu	17
2.6 Formalin	17
2.7 Sifat Fisik dan Kimia Formalin	19
2.8 Gas Dalam Tahu dan Formalin	21
2.9 Bau (Odor)	22
2.10 Sensor	24
2.11 Peryaratan Umum Sensor dan Transduser	28
2.11.1 Linearitas	28
2.11.2 sensitivitas	29
2.11.3 Tanggapan Waktu (Time Responing)	30
2.11.4 Jenis Sensor dan Transduser	31
2.12 Sensor Gas	31
2.13 NI Lab VIEW	35
2.14 Hidung Elektronik	36
2.15 Principal Component Analysis	39
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	41

3.2.1 Alat Penelitian.....	41
3.2.2 Bahan penlitian	42
3.3 Gambar Rangkaian penelitian	42
3.4 Prosedur penelitian.....	43
3.4.1 Diagram Prosedur Penelitian.....	43
3.4.2 Preparasi Sampel.....	43
3.4.3 Pengambilan Data	44
3.4.4 Pengolahan Data	44
3.4.5 Analisis data	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Data Hasil Penelitian	46
4.1.1 Data Respon Sensor <i>E-Nose</i>	48
4.1.2 Data Hasil Proses Pra-Prosesing.....	48
4.1.3 Data Respon Sensor Selama Lima hari	48
4.1.4 Data PCA	50
4.2 Pembahasan.....	52
4.2.1 <i>E-Nose</i>	52
4.2.2 Praprosesing Data Dengan Integral Numerik <i>Trapezoidal</i>	52
4.2.3 Data Respon Sensor Selama Lima Hari	57
4.2.3 Pengolahan Data Dengan PCA	57
4.2.4 Kondisi Sampel Dari Hari Pertama Sampai Hari Terakhir	64
4.2.5 Analisis Loading Plot PCA Untuk Menentukan Respon Tiap Sensor ..	67
4.3 Keamanan Pangan Dalam Pandangan Islam	68
BAB V PENUTUP	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Posisi sensor pada sistem akuisisi data.....	28
Gambar 2.2	Keluaran Dari Sensor dan Transduser Panas	29
Gambar 2.3	Temperatur Berubah Secara Kontinyu.....	30
Gambar 2.4	Ilustrasi penyerapan O ₂ oleh sensor	34
Gambar 2.5	Ilustrasi penurunan resistansi	35
Gambar 2.6	Lab VIEW.....	35
Gambar 2.7	Analogi sistem Hidung Elektronik	37
Gambar 2.8	Contoh Hasil Pengolahan Data Dengan Metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA).....	40
Gambar 3.1	Diagram Pengambilan Hidung Elektronik	42
Gambar 3.2	Diagram Prosedur Penelitian.....	43
Gambar 4.1	Respon <i>E-Nose</i> Terhadap Tahu Berformalin.....	46
Gambar 4.2	Respon <i>E-Nose</i> Terhadap Tahu Berformalin.....	46
Gambar 4.3	Grafik Kontribusi Sensor Saat Mensensing Tahu Berformalin.....	49
Gambar 4.4	Grafik Kontribusi Sensor Saat Mensensing Tanpa Formalin.....	50
Gambar 4.5	Integral Numerik Trapezoidal	55
Gambar 4.6	Plotting Pca Saat Sampel Dalam Kondisi Fresh.....	58
Gambar 4.7	Plotting Pca Untuk Klasifikasi Sampel Hari Pertama.....	59
Gambar 4.8	Plotting Pca Untuk Klasifikasi Sampel Hari Kedua.....	60
Gambar 4.9	Plotting Pca Untuk Klasifikasi Sampel Hari Ketiga	61
Gambar 4.10	Plotting Pca Untuk Klasifikasi Sampel Hari Keempat.....	61
Gambar 4.11	Plotting Pca Untuk Klasifikasi Sampel Hari Kelima	62
Gambar 4.12	Plotting Pca Perkembangan Tahu	63
Gambar 4.13	Kondisi Sampel Hari Pertama.....	65
Gambar 4.14	Kondisi Sampel Hari kedua.....	65
Gambar 4.15	Kondisi Sampel Hari Ketiga	66
Gambar 4.16	Kondisi Sampel Hari Keempat	66
Gambar 4.17	Kondisi Sampel Hari Kelima	67
Gambar 4.18	Loading Plot Larik Sensor.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Tahu	16
Tabel 2.2 Gas <i>Volatile</i> Pada Tahu.....	21
Tabel 2.2 Gas Pada Formalin	22
Tabel 2.4 Jenis-Jenis dan Tipe Sensor Gas	32
Tabel 3.1 Format Data Pengukuran.....	44
Tabel 4.1 Data Praprosesing.....	47
Tabel 4.2 Nilai Rata-Rata Kontribusi Tiap Sensor Pada Tahu Berformalin.....	49
Tabel 4.3 Nilai Rata-Rata Kontribusi Tiap Sensor Pada Tahu Tanpa Formalin....	50
Tabel 4.4 Analisis Nilai Eigen, Proporsi, dan Komulatif.....	51
Tabel 4.5 Data PC Tiap Sensor	51



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Foto Hasil Eksperiment
- Lampiran 2 Skrip_Luasan_Tahu
- Lampiran 3 Skrip Matlab PCA Tahu Formalin Dan Tanpa Formalin
- Lampiran 4 Grafik Pengukuran Sampel
- Lampiran 5 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Nasir, Moh. 2015. **Monitoring Perkembangan Bau Tahu Berformalin Dan Tanpa Formalin Berbasis *E-Nose* Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA)**. 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: Larik Sensor Gas, Bau, Pembusukan Tahu, PCA

Telah dilakukan monitoring perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin berbasis *e-nose* menggunakan metode *principal component analysis* (pca). Sampel yang digunakan terdiri dari dua macam, yaitu tahu tanpa formalin dan tahu tanpa formalin. perkembangan bau tahu dilakukan dengan mengukur aroma sampel tahu selama 5 hari menggunakan sistem larik sensor gas yang terdiri dari 9 sensor gas. Data tegangan keluaran larik sensor gas selanjutnya diklasifikasi dengan menggunakan metode PCA. Hasil monitoring sampel pada hari pertama sampai hari kelima terlihat bahwa perubahan aroma yang terjadi pada sampel tahu berformalin mengalami proses pembusukan yang sangat lambat bila dibandingkan dengan sampel tahu tanpa formalin. Pengolahan dengan PCA digunakan untuk mengklasifikasikan data durian berdasarkan kematangannya. Hasil pengolahan PCA, dengan menggunakan dua *Principle Component* terbesar menunjukkan nilai kovarian keseluruhan data mencapai 95.7% (PC1 sebesar 81.8% dan PC2 sebesar 13.9%). Nilai kumulatif memberikan informasi bahwa dengan menggunakan data berdimensi PC1 dan PC2 dapat mewakili jumlah keseluruhan data yang berdimensi 9 variabel.

ABSTRACT

Nasir, Moh. 2015. **Monitoring the development of tofu' smell that contains formaline and without formaline based on E-Nose using principal component analysis (PCA)**. Thesis. Physics. The faculty of science and technology, maulana malik Ibrahim state Islamic university of malang. Supervisor : (I) Imam Tazi, M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A.

Keyword: array censor, decomposing of tofu, PCA

It has been done the monitoring for the development of tofu's smell that contains of formaline and without formaline based on E-Nose using principal component analysis (PCA). There are two samples: tofu using formaline and tofu without formaline (non formaline). The development of smell is done using determining the aroma of tofu's sample for five days using array censor which contains nine censor gas. The data of the intensity for array gas censor output is classified using PCA method. The result of sample monitoring in the first day until the last day is there is a change of tofu's sample that has formaline is getting to be decomposed more slowly than a tofu that has not formaline. The PCA processing is used for classifying the development of tofu' smell The result of PCA process that uses the biggest of two principle component shows that the kovarian value of all of the data is 95.7% (PC1 is 81.8% dan PC2 13.9%). Cumulative value informs that using dimensional data PC1 and PC2 can represent all of dimensional data 9 variables.

مستخلص البحث

ناصر، محمد. ٢٠١٥. "رصد تطور رائحة تاهو بيرفورمالين أو دون فورمالين على ضوء E-Nose باستخدام أسلوب تحليل المكونات الرئيسية". البحث الجامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانق.

المشرف الأول : إمام تازي الماجستير

المشرفة الثانية : أمية الشريعة الماجستير

الكلمات الرئيسية : صيف الاستشعار الغاز، الرائحة، انحلال تاهو، تحليل المكونات الرئيسية

قد جرى رصد تطور رائحة تاهو فورمالين ودون فورمالين على ضوء *e-nose* باستخدام أسلوب تحليل المكونات الرئيسية. ويهدف هذا البحث لمعرفة تطور رائحة العينة واستجابة *e-nose* على العينة مع التصنيفات باستخدام أسلوب تحليل المكونات الرئيسية. العينة المستخدمة تنقسم إلى قسمين، منها: تاهو فورمالين وتاهو دون فورمالين. تطور رائحة تاهو يجري بقياس رائحة عينات تاهو حوالي ٥ أيام باستخدام صيف الاستشعار الغاز يتكون من ٩ استشعار الغاز. وتصنيف صيف استشعار الغاز باستخدام أسلوب تحليل المكونات الرئيسية. ونتائج رصد العينات من اليوم الأول حتى اليوم الخامس ظهرت أن تغيير الرائحة في عينات تاهو فورمالين تعاني من تحلل بطيء جدا عند مقارنتها بعينات دون فورمالين. تجهيز تحليل المكونات الرئيسية يستخدم لتصنيف البيانات استنادا إلى رائحة تاهو. ونتائج تحليل المكونات الرئيسية، باستخدام مبدئين اثنين من القيمة الإجمالية كفريان تظهر البيانات أكبر تصل إلى ٩٥.٧ ٪ (٥٠.٨ في المائة من PC1 و PC2 بلغت ١٣.٩ في المائة). قيمة الكيفي تقديم تلك المعلومات باستخدام بيانات الأبعاد يمكن أن تمثل PC1 و PC2 عدد كل من متغيرات البيانات ٩ غزير.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia hidup di bumi tidak lepas dari kebutuhan akan makanan. Makanan merupakan sebuah kebutuhan dasar bagi manusia. Sebagai kebutuhan dasar makanan haruslah makanan yang baik, bergizi, dan juga menyehatkan. Karena makanan yang tidak baik dan tidak aman buat dikonsumsi dapat menyebabkan gangguan kesehatan bahkan bisa menyebabkan keracunan dan kematian.

Allah Swt juga telah menyarankan agar umat Islam mengonsumsi makanan yang baik dan juga halal, seperti yang telah dijelaskan dalam Qs. an-Nahl (16): 114:

فَكُلُوا مِمَّا رَزَقَكُمُ اللَّهُ حَلَالًا طَيِّبًا وَاشْكُرُوا نِعْمَتَ اللَّهِ إِن كُنتُمْ إِيَّاهُ تَعْبُدُونَ

“Maka makanlah yang halal lagi baik dari rezki yang Telah diberikan Allah kepadamu; dan syukurilah nikmat Allah, jika kamu Hanya kepada-Nya saja menyembah.(Q.s an-Nahl: 114).

Ayat di atas merupakan anjuran Allah Swt kepada manusia agar senantiasa memilih makanan yang halal dan baik di dalam memenuhi kebutuhan hidupnya dan tidak mengikuti jejak setan yang hanya mengikuti hawa nafsu belaka. Pada dasarnya semua apa yang terdapat di muka bumi ini diciptakan Allah Swt. bagi manusia dan makhluk lainnya. Oleh sebab itu, apa yang dihasilkan di bumi baik berupa tanaman dan tumbuh-tumbuhan, hewan ternak, dan berbagai macam makanan dan minuman, boleh diambil faidah dan manfaatnya

Salah satu makanan yang mengandung gizi adalah tahu. Tahu merupakan makanan olahan yang kaya akan protein nabati yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia, Tahu adalah makanan yang dibuat dari kacang kedelai yang difermentasikan dan diambil sarinya. Berbeda dengan tempe yang asli Indonesia, tahu berasal dari negara China. Tahu sangat populer di kalangan masyarakat Indonesia bukan hanya karena harganya yang murah, tetapi juga mudah diolah menjadi makanan lain.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik dan Survei Sosial Ekonomi Nasional (2002), tingkat konsumsi tahu dan tempe di Indonesia mencapai 18,6 kg/kapita/tahun di wilayah perkotaan dan 13,9 kg/kapita/tahun di wilayah pedesaan. Jumlah ini lebih dari empat kali lipat jika dibandingkan dengan tingkat konsumsi daging ayam dan daging sapi yang merupakan sumber protein hewani. Hal tersebut disebabkan harga tahu dan tempe jauh lebih terjangkau jika dibandingkan dengan harga daging (Rahmawati, 2013).

Tingginya permintaan tahu di Indonesia, membuat beberapa oknum pedagang dan pembuat tahu yang mulai memasang formalin pada tahu buatannya, karena proses pembusukan tahu yang cepat. Tahu mulai mengalami kerusakan sehari setelah produksi.

Tahu merupakan bahan pangan dengan kandungan protein yang tinggi dan kadar air mencapai 85%, sehingga tahu tidak dapat bertahan lama. Kerusakan tahu ditandai dengan bau asam dan berlendir. Perendaman tahu dalam air yang diberi formalin akan membuat tahu menjadi lebih keras dan kenyal, sehingga tidak

mudah hancur dan tahan terhadap mikroorganisme, sehingga awet dan dapat bertahan hingga tujuh hari (Widyaningsih dan Murtini, 2006).

Kasus penyalahgunaan formalin sebagai bahan pengawet makanan banyak dilakukan di Indonesia. Hasil uji Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menyatakan dari 700 sampel produk makanan yang diambil dari Jawa, Sulawesi Selatan dan Lampung, 56% mengandung formalin (BPOM, 2005). Bahaya dari penyalahgunaan formalin sebagai bahan pengawet makanan perlu adanya perhatian khusus, karena penggunaan formalin sebagai bahan pengawet makanan dapat menyebabkan beberapa penyakit, diantaranya efek kesehatan manusia langsung terlihat akut seperti (iritasi, alergi, mual, muntah, sakit perut dan pusing), dan efek kronik yaitu efek pada kesehatan manusia terlihat terkena dalam jangka waktu yang lama dan berulang, seperti gangguan pencernaan, hati, ginjal, pankreas, sistem saraf pusat (Handayani, 2006).

Formaldehid yang lebih dikenal dengan nama formalin ini adalah salah satu zat tambahan makanan yang dilarang. Formalin sebenarnya bukan merupakan bahan tambahan makanan, bahkan merupakan zat yang tidak boleh ditambahkan pada makanan. Pada awalnya orang yang mengkonsumsi bahan pangan (makanan) seperti tahu, mie, bakso, ayam, ikan dan bahkan permen yang berformalin dalam beberapa kali saja belum merasakan akibatnya. Tapi efek dari bahan pangan (makanan) berformalin baru bisa terasa beberapa tahun kemudian. Formalin dapat bereaksi cepat dengan lapisan lendir saluran pencernaan dan saluran pernafasan. Di dalam tubuh cepat teroksidasi membentuk asam format terutama di hati dan sel darah merah. Pemakaian pada makanan dapat

mengakibatkan keracunan pada tubuh manusia, yaitu rasa sakit perut yang akut disertai muntah-muntah, timbulnya depresi susunan syaraf atau kegagalan peredaran darah (Hastuti, 2010).

Formalin merupakan larutan formaldehid 35-40% dalam air dengan methanol 10-15% sebagai stabilisator. Formaldehid sangat reaktif dengan bau yang khas di udara (Loomis, 1979). Formaldehid dapat terhirup, termakan, atau terabsorpsi melalui kulit (Griesemer, 1982). Formaldehid bersifat iritan primer (Fielder, 1981). Reaksi antara gugus karbonil formaldehid dan gugus amino bebas protein pada membran mukosa menyebabkan iritasi. Gejala dan intensitas gejala yang berbeda terjadi akibat perbedaan konsentrasi formaldehid (Harris, 1981). Formalin menyebabkan iritasi mata, hidung, dan tenggorokan; rasa terbakar pada mata, membran mukosa, dan kulit, batuk, sulit bernapas, spasmus bronkus, paru-paru, dermatitis, sakit kepala, otot kaku. Mual, muntah, nyeri abdominal, diare, hipotensi, hipotermia, lesu, pusing, kejang, koma, asidosis, radang ginjal, toksisitas hati, dan karsinogenik (Solomon and Cochrane, 1984).

Konsumsi bahan makanan dan minuman yang mengandung formalin dalam jangka panjang atau melebihi ambang batas dapat mengakibatkan kanker, iritasi pada mata dan saluran pernafasan, kerusakan sistem saraf pusat dan kebutaan. Oleh karena itu, pemerintah khususnya (BPOM) dan masyarakat luas membutuhkan alat pendeteksi formalin untuk mengetahui kandungan formalin secara tepat.

Deteksi untuk mengetahui kandungan formalin sudah banyak dilakukan diantaranya dengan cara spektroskopi menggunakan spektrofotometer *ultra violet*

(UV), *high performance liquid chromatography* (HPLC) dan *Gas Chromatography* (GC). Metode ini relatif selektif dan sensitif akan tetapi memerlukan waktu analisis yang lama, membutuhkan banyak *reagen*, dan tidak ekonomis karena harganya yang sangat mahal (Indang, 2009).

Penelitian Nyi Mekar Saptarini di pasar tradisional purwakarta, dalam penelitian ini meliputi uji kualitatif dengan pereaksi asam kromotropat dan uji kuantitatif dengan metode spektrofotometer sinar tampak pada 410,2 nm setelah penambahan pereaksi Nash. Hasil menunjukkan 44,44% sampel mengandung formalin dengan kadar 5,59-12,86 ppm (Mekar, 2011).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sari Ayu wulandari, dkk. Penelitian ini menggunakan formalin dengan kadar 70%, 35%, 21%, 7% dan 3%. Pada sistem klasifikasi aroma dilakukan dengan bahasa pemrograman matlab yang menggunakan metode ekstraksi ciri PCA. Hasilnya, pada grafik dua dimensi 66,67% aroma tahu dikenali oleh sistem. Kekurangan dari penelitian ini masih adanya pengaruh udara luar.

Penelitian yang dilakukan oleh Sari Ayu Wulandari dari Universitas Gadjah Mada. Menunjukkan bahwa, Rancang bangun *E-Nose* deteksi formalin dibuat dengan cara perancangan modul elektronik dan sekaligus sistem pengenalan polanya. Modul elektronik dirancang menggunakan board Arduino Uno R3, yang memakai chip ATmega 328. Pada sistem pengenalan pola, dilakukan dengan bahasa pemrograman matlab yang menggunakan preprosesing LRMA (*Linear Regression Moving Average*), ekstraksi ciri *wavelet* dan PCA (*Principle Component Analysis*) serta metode analisis SVM (*Support Vector Machines*) dan

FCM (*Fuzzy C Means*). Hasil dari pengenalan pola data pembelajaran, tingkat akurasi dari pengenalan tertinggi adalah pada nilai maksimal bentuk lingkaran, yaitu 100%. Sedangkan tingkat akurasi dari pengenalan data bukan pembelajaran, adalah 98,33%.

Penelitian untuk proses monitoring fermentasi menggunakan *E-Nose*, telah dilakukan oleh Boni Pahanop Lapanporo, Hasil monitoring menunjukkan bahwa sampai dengan hari kelima perubahan aroma pada sampel kopi gula dan kopi instant berlangsung lebih lambat bila dibandingkan dengan kopi murni. Namun, setelah hari kelima perubahan aroma yang terjadi pada kedua sampel tersebut meningkat sangat signifikan, jauh lebih besar dibandingkan dengan perubahan aroma yang terjadi pada sampel kopi murni. Sampai dengan hari ketujuh, perubahan aroma terbesar terjadi pada sampel kopi instant, terbesar kedua pada kopi gula dan terendah terjadi pada sampel kopi murni. Hal ini menunjukkan bahwa klasifikasi data keluaran sistem larik sensor dengan metode PCA bisa diterapkan untuk produk makanan.

Keterbatasan memori dan indra manusia untuk menentukan tahu yang mengandung formalin dan yang tanpa formalin, maka diperlukan suatu alat yang bisa mendeteksi kandungan formalin dan meneliti perkembangan perubahan bau tahu. Berdasarkan permasalahan di atas, maka peneliti bermaksud untuk meneliti pola dari array sensor yang ada di hidung elektronik dan mencoba untuk mengklasifikasikan tahu yang mengandung formalin dan tanpa formalin dengan metode *Principal Components Analysis* (PCA).

Peneliti juga mencoba untuk meneliti perkembangan bau tahu dengan formalin dan tanpa formalin.

1.2 Rumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang, maka dapat dirumuskan permasalahan yang diperoleh sebagai berikut:

1. Bagaimana perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin?
2. Bagaimana pola data yang diukur oleh *e-nose* terhadap sampel tahu berformalin dan tanpa formalin dengan menggunakan metode *principal component analysis* (PCA)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan Rumusan masalah tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin.
2. Untuk mengetahui bagaimana pola data yang diukur oleh *e-nose* terhadap sampel tahu berformalin dan tanpa formalin dengan menggunakan metode *principal component analysis* (PCA).

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah;

1. Sebagai bahan masukan kepada peneliti berikutnya untuk meneliti masalah tahu.
2. Memberikan gambaran pengklasifikasian bau tahu dengan formalin dan tanpa formalin dengan metode *Principal Components Analysis* (PCA).

3. Sebagai referensi untuk pengembangan hidung elektronik kedepannya.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari permasalahan maka perlu adanya batasan masalah yaitu:

1. Pengklasifikasian tahu yang berformalin dan tanpa formalin dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis*.
2. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan hidung elektronik.
3. Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah tahu putih.
4. Sampel tahu berformalin adalah tahu putih yang direndam dengan air yang mengandung formalin.
5. Penelitian hanya terbatas pada perkembangan bau yang ada pada tahu.

BAB II KAJIAN TEORI

2.1 Makanan Yang Baik dalam Perspektif Islam

Perhatian al-Quran terhadap makanan sedemikian besar, dan telah menjadi Kebiasaan Allah Swt dalam al-Quran bahwa Allah Swt menyebut diri-Nya sebagai yang Maha Esa, serta membuktikan hal tersebut melalui uraian tentang ciptaan-Nya, kemudian memerintahkan untuk makan (atau menyebut makanan) (Quraish, 1996).

Dapat dikatakan bahwa al-Quran menjadikan kecukupan pangan serta terciptanya stabilitas keamanan sebagai dua sebab utama kewajaran beribadah. Tidak hanya menyangkut halal haram suatu makanan, Allah Swt juga senantiasa menyeru hamba-Nya untuk memilih makanan yang baik untuk dikonsumsi (Quraish, 1996).

Allah Swt telah memerintahkan manusia untuk makan makanan yang halal dan juga baik, sebagaimana Allah berfirman dalam surat al-Baqarah (2): 168 (Katsiir, 2000):

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ
إِنَّهُ لَكُمْ عَدُوٌّ مُبِينٌ

“Hai sekalian manusia, makanlah yang halal lagi baik dari apa yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah syaitan, karena sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagimu” (Q.s al-Baqarah:168).

Allah Swt memperbolehkan manusia makan dari semua apa yang ada di bumi yaitu yang dihalalkan bagi mereka lagi baik dan tidak membahayakan tubuh serta akal mereka, sebagai karunia dari Allah Swt (Katsir, 2000).

kata *حلال* ditafsirkan dengan kata *الطاهر غير النجس* “makanan yang suci tidak najis”, sedangkan kata *طيبا* ditafsirkan dengan *النافع غير الضار* “makanan yang bermanfaat dan tidak membayakan” (Al-Qarni, 2007). Selanjutnya Allah SWT kembali menegaskan kembali dalam surat al-Baqarah (2): 172:

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا كُلُوا مِن طَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَاشْكُرُوا لِلّٰهِ إِن كُنتُمْ ءِيَّاهُ تَعْبُدُونَ ﴿١٧٢﴾

“Hai orang-orang yang beriman, makanlah di antara rezeki yang baik-baik yang Kami berikan kepadamu dan bersyukurlah kepada Allah, jika benar-benar kepada-Nya kamu menyembah” (Q.s al-Baqarah 172).

Allah Swt, berfirman memerintahkan kepada hamba-Nya yang mukmin untuk mengkonsumsi rezeki yang baik yang telah diberikan-Nya kepada mereka, dan hendaknya mereka benar-benar mengaku sebagai hamba-Nya (Katsiir, 2000).

Kata makan dalam ayat ini adalah “segala aktivitas manusia”. Pemilihan kata *makan*, di samping karena ia merupakan kebutuhan pokok manusia, juga karena makanan mendukung aktivitas manusia. Tanpa makan, manusia lemah dan tidak dapat melakukan kegiatan (Quraish, 2002).

Tidak semua yang halal sesuai dengan kondisi masing-masing individu. Ada halal yang baik buat orang A karena memiliki kondisi kesehatan tertentu, dan ada juga yang kurang baik untuknya, walaupun baik bagi orang lain (Quraish, 2002).

Seperti yang telah dijelaskan di atas, ketika berbicara tentang perintah makan, Allah Swt memerintahkan agar manusia mengonsumsi makanan yang sifatnya halal dan *thayyib*. Kata "*halal*" berasal dari akar kata yang berarti lepas atau tidak terikat. Sesuatu yang halal adalah yang terlepas dari ikatan bahaya duniawi dan ukhrawi. Karena itu kata "*halal*" juga berarti boleh. Dalam bahasa hukum, kata ini mencakup segala sesuatu yang dibolehkan agama, baik kebolehan itu bersifat sunnah, anjuran untuk dilakukan, makruh (anjuran untuk ditinggalkan) maupun mubah (netral/boleh-boleh saja). Karena itu boleh jadi ada sesuatu yang halal (boleh), tetapi tidak dianjurkannya, atau dengan kata lain hukumnya makruh (Quraish, 1996).

Kata *thayyib* dari segi bahasa berarti lezat, baik, sehat, menenteramkan, dan paling utama. Pakar-pakar tafsir menjelaskan kata ini dalam konteks perintah makan, kata *thayyib* berarti makanan yang tidak kotor dari segi zatnya atau rusak (kadaluwarsa), atau dicampur benda najis. Ada juga yang mengartikannya sebagai makanan yang mengundang selera bagi yang mengkonsumsinya dan tidak membahayakan fisik dan akalnya (Quraish, 1996).

Kita dapat berkata bahwa kata *thayyib* dalam makanan adalah makanan yang sehat, proporsional, dan aman. Tentunya sebelum itu adalah halal. Diantara makanan yang termasuk dalam kategori ini adalah (Quraish, 1996):

1. Makanan yang sehat adalah makanan yang memiliki zat gizi yang cukup dan seimbang. Dalam al-Quran disebutkan sekian banyak jenis makanan yang sekaligus dianjurkan untuk dimakan, misalnya padi-padian (Qs as-Sajdah (32): 27), pangan hewani (Qs Ghafir (40): 79), ikan (Qs al-Nahl

(16): 14), buah-buahan (Qs al-Mutminun (23): 19, al-An'am (6): 141), lemak dan minyak (Qs al-Mu'minun (23): 21), madu (Qs an-Nahl (16): 69), dan lain-lain. Penyebutan aneka macam jenis makanan ini, menuntut kearifan dalam memilih dan mengatur keseimbangannya.

2. Proporsional, dalam arti sesuai dengan kebutuhan pemakan, tidak berlebih, dan tidak berkurang.
3. Aman. Tuntunan perlunya makanan yang aman, antara lain dipahami dari firman Allah dalam surat al-Ma-idah (5): 88 yang artinya:

“Dan makanlah dan apa yang direzekikan Allah kepada kamu, dan bertakwalah kepada Allah yang kamu percaya terhadap-Nya” (Al-Ma-idah (5): 88) .

Sedangkan 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. Tujuan dari mengkonsumsi makanan yang sehat bagi tubuh adalah untuk menjaga agar badan tetap sehat, tumbuh dan berkembang dengan baik . Sedangkan apabila

tidak terpenuhi syarat-syarat tersebut, bukan kesehatan yang didapat tetapi malah terbentuk penyakit (Andrianto, 2015).

Berdasarkan tafsiran ayat dan pengertian makanan sehat menurut ilmu kesehatan, tinjauan makanan baik menurut al-Quran sesuai dengan tinjauan ilmu kesehatan, yaitu: makanan yang halal menurut Islam dan dapat dipertimbangkan dengan akal, dan ukurannya adalah kesehatan. Artinya, makanan yang baik adalah yang berguna dan tidak membahayakan bagi tubuh manusia dilihat dari sudut kesehatan. Maka, makanan yang baik lebih bersifat kondisional, tergantung situasi dan kondisi manusia yang bersangkutan (Isnaizakia, 2015).

2.2 Tahu

Tahu adalah makanan yang berasal dari Tiongkok, seperti halnya kecap, tauco, bakpau, dan bakso. Tahu secara harfiah berarti "kedelai yang difermentasi". Tahu merupakan makanan kuno yang berasal dari negara Tiongkok, yang pertama kali diperkenalkan oleh Liu An pada tahun 164 SM, tepatnya pada zaman dinasti Han. Liu An seorang cucu dari kaisar Han Gaozu yang merupakan seorang filsuf dan ahli politik juga mempelajari kimia iniia mengajarkan cara membuat tahu kepada para biksu. Cara inilah yang diajarkan oleh biksu selagi menyebarkan agama budha (Margaret, 2009).

Tahu di Jepang dikenal dengan nama *tofu*. Dibawa para perantau China dan biksu, makanan ini menyebar ke Asia Timur dan Asia Tenggara, lalu juga akhirnya ke seluruh dunia. Di negara-negara berbahasa Inggris bernama *soybean curd* dan *tofu* (Rahmawati, 2013).

Tahu adalah makanan yang dibuat dari kacang kedelai, diolah dengan fermentasi dan diambil sarinya. Dengan kata lain, tahu merupakan dadih kedelai, yaitu susu kedelai yang dibuat menjadi kental (*curd*) kemudian dicetak dan dipres (FG Winarno, 1993).

Komposisi zat gizi dalam tahu cukup baik. Tahu mempunyai kadar protein sebesar 8-12%, sedangkan mutu proteinnya yang dinyatakan sebagai NPU sebesar 65%. Tahu juga mempunyai daya cerna yang sangat tinggi karena serat dan karbohidrat yang bersifat larut dalam air sebagian besar terbuang pada proses pembuatannya. Dengan daya cerna sekitar 95%, tahu dapat dikonsumsi dengan aman oleh semua golongan umur dari bayi hingga orang dewasa, termasuk orang yang mengalami gangguan pencernaan (Shurtleff dan Aoyagi, 2001).

2.3 Jenis – Jenis Tahu

Awalnya jenis tahu hanya satu macam, yaitu tahu putih. Seiring perkembangannya, jenis tahu serta rasanya pun mengalami banyak perkembangan (Rahmawati, 2011).

2.3.1 Tahu Putih

Tahu jenis ini biasanya berbentuk padat dan bervariasi mulai dari yang kecil sampai yang besar dan mudah hancur. Kualitas tahu putih hanya bisa bertahan selama 2 hari, lebih dari itu akan terjadi perubahan aroma dan tekstur. Proses pengukusan dan penyimpanan dalam almari pendingin hanya mampu menambah usia konsumsi maksimal 1 hari. Untuk tahu ini biasanya digunakan

untuk digoreng, dibuat tahu bacem ataupun dibuat untuk campuran makanan berkuah.

2.3.2 Tahu Kuning

Tahu ini dikenal dengan nama tahu takwa atau tahu Kediri, karena sentra pembuatan tahu ini banyak di Kediri. Tekstur tahu kuning sangat padat, kenyal, berpori halus dan lembut. Bentuknya kotak segi empat dan agak pipih. Karena kepadatannya yang lebih baik dari pada tahu putih ketika dipotong tahu tidak mudah hancur.

2.3.3 Tahu Sutra

Disebut tahu sutra karena teksturnya sangat halus. Pada umumnya tahu berwarna putih. Karena lembutnya tahu ini, biasanya ketika dijual direndam dalam wadah yang berisi air dan tahu yang di dalamnya terendam. Tofu ada yang berbentuk selinder dan segi empat.

2.3.4 Tahu Kering

Biasanya jika akan menggunakannya perlu merendam terlebih dahulu agar lunak. Biasanya disajikan dalam makanan berkuah ataupun dibuat cemilan.

2.4 Mutu Tahu

Mutu tahu ditentukan oleh penampilan tahu yaitu bertekstur lembut, empuk, bentuk seragam, saat dimakan terasa halus, dan berasa netral. Sementara orang mempersepsikan tahu dengan warna putih, bentuk kotak, permukaan halus,

padat tidak mudah pecah, dan tidak mengandung bahan pengawet (rahmawati 2013).

Tahu memiliki daya simpan yang singkat dan cepat menjadi busuk. Tahu memerlukan perendaman, sehingga mudah terkontaminasi oleh air perendaman dan udara. Keadaan ini menjadikan tahu menjadi asam dan busuk. Dengan demikian, masalah sanitasi air menjadi masalah besar dalam menentukan mutu tahu. Oleh karenanya, tahu harus dijual segera dan harus habis terjual semuanya. Tahu yang tidak terjual merupakan masalah tersendiri dan perlu dipecahkan agar tidak basi (rahmawati 2013).

Tahu yang baik memiliki kualitas sensoris dan mikrobiologis sesuai standar mutu yang telah ditetapkan. Syarat mutu tahu menurut SNI 01-3142-1998 dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Syarat Mutu Tahu Menurut SNI 01-3142-1998 (rahmawati, 2013)

Jenis uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan:		
Bau		Normal
Rasa		Normal
Warna		Putih normal atau kuning normal
Penampakan		Normal tidak berlendir, tidak berjamur
Abu	% (b/b)	Maksimal 1,0
Protein	% (b/b)	Minimal 9,0
Lemak	% (b/b)	Minimal 0,5
Serat Kasar	% (b/b)	Maksimal 0,1
Bahan Tambahan Makanan	% (b/b)	Sesuai SNI 0222-M dan Peraturan MenKes No.722/Men/Kes/Per/IX/1998
Cemaran Logam:		
Timbal (Pb)	mg/kg	Maksimal 2,0
Tembaga (Cu)	mg/kg	Maksimal 30,0
Seng (Zn)	mg/kg	Maksimal 40,0

Timah (Sn)	mg/kg	Maksimal 40,0
Raksa (Hg)	mg/kg	Maksimal 0,03
Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maksimal 1,0
Cemaran Mikroorganisme:		
E-coli		Maksimal 10
Salmonella	apm1/g/25g	Negatif

2.5 Kandungan Gizi Tahu

Tahu sebagai produk olahan dari kedelai mempunyai kandungan gizi yang cukup tinggi terutama protein. Dengan demikian, tahu dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein terutama protein nabati. Kandungan gizi tahu dalam setiap 100 gr berat bahan terdiri: energi 68 kkal, 7,8 g protein, 4,6 gram lemak, 1,6 gram, karbohidrat 124 mg kalsium, 63,0 mg fosfor (DKBM, 1981). Bila dilihat dalam persentase, maka komposisi kandungan tahu adalah 70 - 90% air, 5-15% protein, 4-8% lemak, dan 2-5% karbohidrat (Rahmawati, 2013).

Pada tahu terdapat berbagai macam kandungan gizi seperti protein, lemak, karbohidrat, kalori dan mineral, fosfor, vitamin B-kompleks seperti thiamin, riboflavin, vitamin E, vitamin B12, kalium dan kalsium (yang bermanfaat mendukung terbentuknya kerangka tulang). Dan paling penting, dengan kandungan sekitar 80% asam lemak tak jenuh tahu tidak banyak mengandung kolesterol, sehingga sangat aman bagi kesehatan jantung. Bahkan karena kandungan hidrat arang dan kalorinya yang rendah, tahu merupakan salah satu menu diet rendah kalori (Rahmawati, 2013).

2.6 Formalin

Menurut Kepala Pusat Penelitian Kimia LIPI, Dr. Leonardus Broto Kardono, formalin pada mulanya berbentuk padat dengan sebutan formaldehid.

Zat yang sebetulnya banyak memiliki nama lain berdasarkan senyawa campurannya ini memiliki senyawa CH_2OH yang reaktif dan mudah mengikat air. Bila zat ini sudah bercampur dengan air dia disebut formalin yang memiliki rumus kimia CH_2O . Formalin mempunyai fungsi sebagai *antibacterial agent* dapat memperlambat aktivitas bakteri dalam makanan yang mengandung banyak protein, maka formalin bereaksi dengan protein dalam makanan dan membuat makanan menjadi awet. Tapi ketika masuk kedalam tubuh manusia, maka ia bersifat mutagenik dan karsiogenik yang dapat memicu tumbuhnya sel kanker dan cacatnya gen pada tubuh (Mahdi, 2008).

Formalin merupakan larutan formaldehid 35-40% dalam air dengan metanol 10-15% sebagai stabilisator. Formaldehid sangat reaktif dengan bau yang khas di udara. Formaldehid dapat terhirup, termakan, atau terabsorpsi melalui kulit (Griesemer et al, 1982). Formaldehid bersifat iritan primer. Reaksi antara gugus karbonil formaldehid dan gugus amino bebas protein pada membran mukosa menyebabkan iritasi. Gejala dan intensitas gejala yang berbeda terjadi akibat perbedaan konsentrasi formaldehid. Formalin menyebabkan iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, rasa terbakar pada mata, membran mukosa, dan kulit, batuk, sulit bernapas, spasmus bronkus, udem paru-paru, dermatitis, sakit kepala, otot kaku, Mual, muntah, nyeri abdominal, diare, hipotensi, hipotermia, lesu, pusing, kejang, koma, asidosis, radang ginjal, toksisitas hati, dan karsinogenik (Mekar, 2011).

Formalin adalah bahan kimia berbahaya yang berbau menyengat dan menusuk hidung. Selain digunakan sebagai bahan pengawet mayat, namun sering

juga disalahgunakan sebagai pengawet makanan. Gas Formaldehid diklasifikasikan sebagai senyawa *volatile organic compound* (VOC). VOC adalah bahan kimia berbahaya yang dapat menguap menjadi gas pada suhu kamar (Bioindustries, 2015).

2.7 Sifat fisik dan kimia Formalin

Formaldehid adalah suatu bahan kimia dengan rumus umum HCHO . Pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk gas tidak berwarna dengan berat molekul 30,03. Dalam perdagangan, umumnya berbentuk larutan yang dikenal dengan nama formalin atau formol, larutan formaldehid dalam bentuk padat diperdagangkan dikenal sebagai *Trioxane* $(\text{CH}_2\text{O})_3$, yaitu bentuk polimer ada formaldehid, dengan formaldehid 8 -100 unit. Pada suhu diatas 150°C formaldehid akan terdekompasi menjadi metanol dan karbon monoksida (Naria, 2004).

Sifat-sifat fisik dan kimia formaldehid adalah sebagai berikut:

=> berat molekul: 30,03

=> *density gas*: 1,04

=> *melting point*: -118°C

=> *boiling point*: $-19,2^\circ\text{C}$ (bentuk gas) 96°C (bentuk cair)

=> *explosivity range* dengan udara: 7 -73 (vol%) 87-910 (g/m³)

=> konstanta Henry, (H): 0,02 Pa m³/mol

=> tekanan uap: 101,3 kPa pada -19°C 52,6 kPa pada -33°C

=> *specific gravity* (SG): 0,815

Faktor Konversi: 1 ppm formaldehid = 1,2 mg/m³ pada 25°C , 1066 mbar.

1 mg formaldehid/m³ = 0,83 ppm

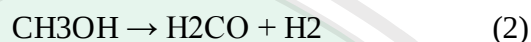
Umumnya, larutan ini mengandung beberapa persen metanol untuk membatasi polimerisasinya. Formalin adalah larutan formaldehid dalam air, dengan kadar antara 10-40%. Meskipun formaldehid menampilkan sifat kimiawi seperti pada umumnya aldehida, senyawa ini lebih reaktif daripada aldehida lainnya (Dina Hacidi, 2015).

Formaldehid merupakan elektrofil, bisa dipakai dalam reaksi substitusi aromatik elektrofilik dan senyawa aromatik serta bisa mengalami reaksi adisi elektrofilik dan alkena. Dalam keberadaan katalis basa, formaldehida bisa mengalami reaksi Cannizzaro, menghasilkan asam format dan metanol. Formaldehida bisa membentuk trimer siklik, 1,3,5-trioksana atau polimer linier polioksimetilena. Formasi zat ini menjadikan sifat-sifat gas formaldehida berbeda dari sifat gas ideal, terutama pada tekanan tinggi atau udara dingin. Formaldehid bisa dioksidasi oleh oksigen atmosfer menjadi asam format, karena itu larutan formaldehida harus ditutup serta diisolasi supaya tidak kemasukan udara (Dina Hacidi, 2015).

Secara industri, formaldehid dibuat dari oksidasi katalitik metanol. Katalis yang paling sering dipakai adalah logam perak atau campuran oksida besi dan molibdenum serta vanadium. Dalam sistem oksida besi yang lebih sering dipakai (proses *formox*), reaksi metanol dan oksigen terjadi pada 250 °C dan menghasilkan formaldehida, berdasarkan persamaan kimia (Dina Hacidi, 2015).



Katalis yang menggunakan perak biasanya dijalankan dalam temperatur yang lebih tinggi, kira-kira 650 °C. dalam keadaan ini, akan ada dua reaksi kimia sekaligus yang menghasilkan formaldehid satu seperti yang di atas, sedangkan satu lagi adalah reaksi dehidrogenasi (Dina Hacidi, 2015).



Bila formaldehida ini dioksidasi kembali, akan menghasilkan asam format yang sering ada dalam larutan formaldehida dalam kadar ppm. Di dalam skala yang lebih kecil, formalin bisa juga dihasilkan dari konversi etanol, yang secara komersial tidak menguntungkan (Dina Hacidi, 2015).

2.8 Gas Dalam Tahu Dan Formalin

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yuping Liu,dkk (2012), tahu mengandung 39 senyawa volatil, diantaranya: sembilan ester, tujuh alkohol, lima alkena, empat sulfida, tiga heterocycles, tiga asam karboksilat, tiga keton, dua aldehida, satu fenol, satu amina dan satu eter .

Tabel 2.2 Gas volatile dalam tahu (Yuping Liu, 2012).

Volatil	Jenis
<i>Alcohols and phenol</i>	<i>1-Propanol, 1-Butanol, 3-Methyl-1-butanol, 1-Hexano, 1-Octen-3-ol, Phenylethyl alcohol, 4 Methyl-1-(1-methylethyl)-3-Cyclohexen-1-ol, Phenol</i>
<i>carboxylic acids</i>	<i>Acetic acid, Propanoic acid, Butanoic acid</i>
<i>Ester</i>	<i>Ethyl acetate, Ethyl propanoate, n-Propyl acetate, Ethyl butanoate, Butyl acetate, 3-Methyl-1-butyl acetate, Propyl butanoate, Butyl propanoate, Hexyl acetate</i>

<i>Aldehyde and ketone</i>	<i>Benzaldehyde, benzeneacetaldehyde, 2-Pentanone, 2-Heptanone, 2-Methyl-2-cyclopenten-1-one</i>
<i>Sulfide</i>	<i>Dimethyl disulfide, Dimethyl trisulfide, Methyl (methylthio) methyl disulfide, Dimethyl tetrasulfide</i>
<i>Heterocycles</i>	<i>2-Pentylfuran, 2-Pentylthiophene, Indole</i>
<i>Alkene</i>	<i>Limonene, Copaene, alpha-Caryophyllene, Aromadendrene, alpha-Panasinsen,</i>
<i>Others</i>	<i>Dimethylamine, Eucalyptol</i>

Formalin mengandung beberapa gas berikut ini:

Tabel 2.3 Gas pada formalin

Volatil	Jenis
Aldehida	asetaldehida, benzaldehida
Keton	
Asam karboksilat	
Karbon monoksida	
Etanol	
Okso methanol	

2.9 Bau (Odor)

Bau baru dapat dikenali bila berbentuk uap dan molekul-molekul komponen tersebut menyentuh silia sel olfaktori dan diteruskan ke otak dalam bentuk implus listrik. Manusia dapat mendeteksi dan membedakan kurang lebih

dari 16 juta jenis bau dan ini lebih kecil dari indra penciuman hewan (Cut Fatimah, 2006).

Pada umumnya, bau yang diterima hidung dan otak merupakan campuran 4 (empat) bau utama yaitu: harum, asam, tengik dan hangus. Indra penciuman sangat sensitif pada bau kurang lebih 0,18 detik. an kepekaan indra penciuman diperkirakan menurun 1% setiap bertambahnya usia (Cut Fatimah, 2006).

Kelelahan daya penciuman terhadap bau dapat terjadi dengan cepat, misalnya orang yang belum terbiasa menghirup gas H_2S akan segera mengenalnya' sebaliknya orang yang setiap hari bekerja di laboratorium tidak akan segera mengenalnya meskipun konsentrasi H_2S di udara cukup tinggi (Cut Fatimah, 2006).

Manusia dapat mengenali dan membedakan hingga 10000 zat yang berbeda atas dasar kualitas baunya. Reseptor bau (*OR/Odor Receptors*) di rongga hidung mendeteksi dan membedakan antara ribuan ligan kimia yang beragam. Pola tertentu dari suatu bau menghasilkan sinyal yang memungkinkan kita untuk membedakan antara sejumlah besar bau yang berbeda. Parameter fisikokimia bau yang menyebabkan sensasi bau tertentu tidak dapat dipahami dengan baik oleh manusia. Gen yang mengkodekan reseptor bau telah dibuat, dan hasil penelitian dari tiruan gen tersebut menunjukkan bahwa OR adalah anggota dari ratusan *superfamily G-protein-coupled* yang berbeda reseptor yang memiliki tujuh domain *transmembran*. Sebuah pengetahuan tentang struktur hubungan bau dalam penciuman menunggu analisis tiga dimensi dari keluarga besar reseptor bau ini. Pada

akhirnya, pengetahuan simultan struktur tiga dimensi reseptor bau serta aroma akan memungkinkan kita untuk mengembangkan paradigma pengenalan pola yang dapat memprediksi kualitas bau (Schiffman, 2003).

2.10 Sensor

Sama seperti sistem tubuh manusia, dimana manusia mempunyai panca indra atau lima sistem indra, yaitu indra perasa, indra penglihatan, indra pendengaran, indra peraba, indra penciuman, maka fungsi dari sensor & transduser pada sistem otomasi mengindra besaran fisis yang penting untuk suatu proses atau sering disebut sebagai parameter proses (William D.C, 1993).

Sensor merupakan transduser yang digunakan untuk mendeteksi kondisi suatu proses. Yang dimaksud transduser yaitu perangkat keras untuk mengubah informasi suatu bentuk energi ke informasi bentuk energi yang lain secara proporsional. Contoh sensor untuk mengukur level BBM dalam tangki mobil, besaran level/ posisi di konversikan ke sinyal transduser yang ada pada dashboard mobil menjadi besaran tahanan kemudian diubah ke besaran listrik untuk ditampilkan (William D.C, 1993).

Sebuah sensor sering didefinisikan sebagai perangkat yang menerima dan menanggapi sinyal atau stimulus. Tujuan dari sensor adalah untuk menanggapi beberapa jenis besaran fisik masukan (stimulus) dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang tepat dengan rangkaian elektronik. Kita dapat mengatakan bahwa sensor adalah penerjemah nilai besaran *non*-listrik ke nilai besaran listrik. Ketika kita mengatakan listrik, sebenarnya yang dimaksud adalah sinyal, yang dapat disalurkan, diperkuat, dan dimodifikasi

oleh perangkat elektronik. Sinyal keluaran sensor dapat berupa tegangan, arus, atau muatan listrik. Oleh karena itu, sensor memiliki Sifat masukan apapun dan sifat keluaran listrik (Fraden, 2010).

Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya. Contoh, Kamera sebagai sensor penglihatan, telinga sebagai sensor pendengaran, kulit sebagai sensor peraba, LDR (*light dependent resistance*) sebagai sensor cahaya, dan lainnya (D Sharon, 1982).

Transduser adalah sebuah alat yang bila digerakan oleh suatu energi di dalam sebuah sistem transmisi, akan menyalurkan energi tersebut dalam bentuk yang sama atau dalam bentuk yang berlainan ke sistem transmisi berikutnya. Transmisi energi ini bisa berupa listrik, mekanik, kimia, optik (radiasi) atau *thermal* (panas). Contoh: generator adalah transduser yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik, motor adalah transduser yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik, dan sebagainya (William D.C, 1993).

Alat ukur adalah sesuatu alat yang berfungsi memberikan batasan nilai atau harga tertentu dari gejala-gejala atau sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi. Contoh: voltmeter, ampermeter untuk sinyal listrik, tachometer speedometer, untuk kecepatan gerak mekanik, lux-meter untuk intensitas cahaya, dan sebagainya (William D.C, 1993).

Pada dasarnya sensor dan transduser mempunyai definisi sama yaitu menerima rangsangan (gejala fisis) dari luar dan mengubahnya menjadi sinyal

listrik. Proses fisis yang merupakan stimulus atau rangsangan sensor dapat berupa fluks magnetik, gaya, arus listrik, temperatur, cahaya, tekanan dan proses fisis lainnya. Sensor dan transduser mempunyai perbedaan yang sangat kecil yaitu pada koefisien konversi energi. Sensor itu sendiri terdiri dari transduser atau tanpa penguat atau pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu Indra (Fraden, 2010).

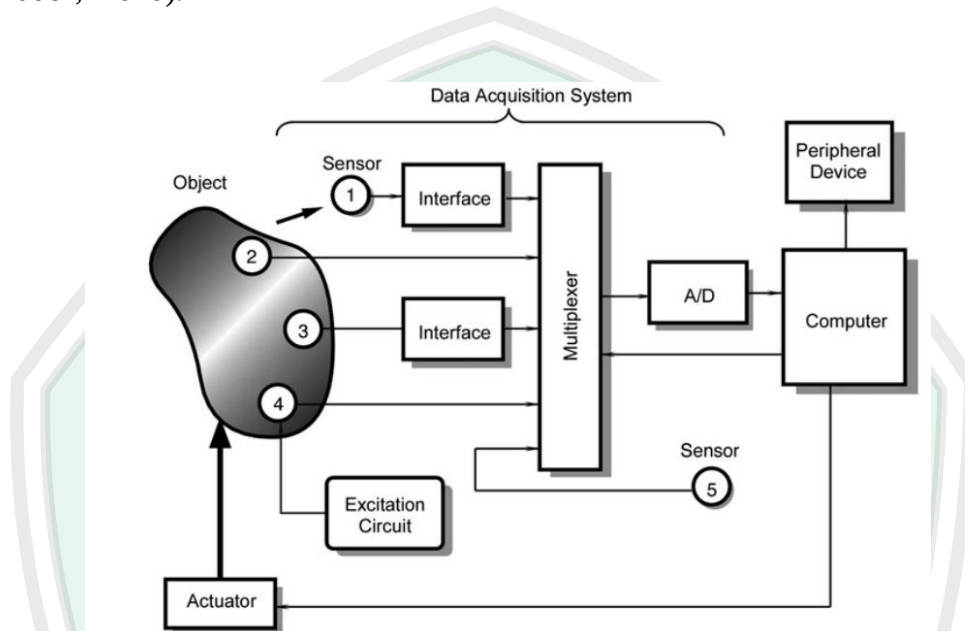
Sebuah sensor tidak mungkin difungsikan sendiri, sensor selalu menjadi bagian dari sistem yang besar mungkin menggabungkan beberapa detektor, pengondisi sinyal, pemroses sinyal, *device* memori, penyimpanan data dan sebuah aktuator. Sensor dapat ditempatkan pada bagian luar yang secara langsung mengukur fenomena fisik dan di bagian dalam untuk mengukur bagian alat lainnya. Sensor selalu menjadi bagian dari sebuah data akuisisi sistem. Sering sensor dipergunakan untuk kontrol sistem yang besar yang di dalamnya banyak jenis sinyal feedback (Fraden, 2010).

Untuk menggambarkan posisi dari sensor pada sistem yang lebih besar, gambar 2.4 menunjukkan diagram blok akuisisi data dan perangkat kontrol. Sebuah objek bisa apa saja: mobil, kapal, hewan atau manusia, cair atau gas. Setiap material objek dapat menjadi subjek dari beberapa jenis pengukuran. Data dikumpulkan dari objek dengan sejumlah sensor. Beberapa dari sensor (2, 3, dan 4) diposisikan langsung pada atau di dalam objek. Sensor 1 mengukur objek tanpa kontak fisik dan oleh karena itu, disebut sensor non kontak. Contoh sensor tersebut adalah detektor radiasi dan kamera TV. Bahkan jika kita mengatakan non kontak, kita ingat bahwa perpindahan energi selalu terjadi antara setiap sensor dan objek (Fraden, 2010).

Sensor 5 memiliki tujuan yang berbeda, yaitu untuk memantau kondisi internal data sistem akuisisi itu sendiri. Beberapa sensor (1 dan 3) tidak dapat langsung terhubung ke rangkaian elektronik standar karena mempunyai sinyal output yang berbeda dengan rangkaian. Hal itu membutuhkan penggunaan perangkat antarmuka (pengondisi sinyal). Sensor 1, 2, 3, dan 5 adalah sensor pasif. Sensor tersebut menghasilkan sinyal listrik tanpa konsumsi energi dari rangkaian elektronik. Sensor 4 adalah sensor aktif yang membutuhkan sinyal operasi, yang disediakan oleh rangkaian eksitasi. Sinyal ini dimodifikasi oleh sensor kemudian disesuaikan dengan parameter yang akan dikonversi. Contoh dari sensor aktif adalah termistor, yang merupakan resistor yang sensitif terhadap perubahan temperatur. Termistor membutuhkan sumber arus konstan, yang diambil dari arus eksitasi rangkaian. Tergantung pada kompleksitas sistem, jumlah sensor dapat bervariasi dari sesedikit sampai ribuan (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 konverter 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).



Gambar 2.1 Posisi sensor pada sistem akuisisi data (fraden, 2003)

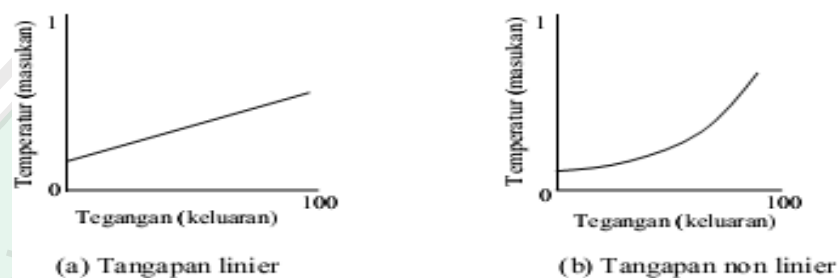
2.11 Peryaratan Umum Sensor dan Transduser

Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini (D Sharon, dkk, 1982):

2.11.1 Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan (*response*) terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran

dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Gambar 2.1 memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar 2.2(a) memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar 2.2(b) adalah tanggapan non-linier.



Gambar 2.2 Keluaran dari sensor dan transduser panas (D Sharon dkk, 1982)

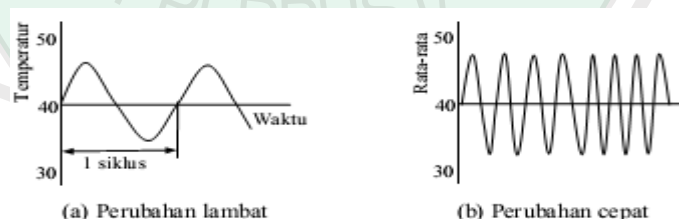
2.11.2 Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan satu volt per derajat, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan dua volt per derajat, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada gambar 2.2(b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

2.11.3 Tanggapan Waktu (time response)

Tanggapan waktu pada sensor menunjukkan seberapa cepat tanggapannya terhadap perubahan masukan. Sebagai contoh, instrumen dengan tanggapan frekuensi yang jelek adalah sebuah termometer merkuri. Masukannya adalah temperatur dan keluarannya adalah posisi merkuri. Misalkan perubahan temperatur terjadi sedikit demi sedikit dan kontinyu terhadap waktu, seperti tampak pada gambar 2.3(a).

Frekuensi adalah jumlah siklus dalam satu detik dan diberikan dalam satuan hertz (Hz). 1 hertz berarti 1 siklus per detik, 1 kilohertz berarti 1000 siklus per detik. Pada frekuensi rendah, yaitu pada saat temperatur berubah secara lambat, termometer akan mengikuti perubahan tersebut. Tetapi apabila perubahan temperatur sangat cepat lihat gambar 2.3(b) maka tidak diharapkan akan melihat perubahan besar pada termometer merkuri, karena ia bersifat lamban dan hanya akan menunjukkan temperatur rata-rata.



Gambar 2.3 Temperatur berubah secara kontinyu (D. Sharon, dkk, 1982)

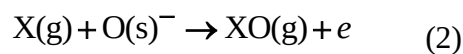
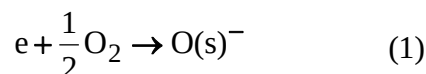
Ada bermacam cara untuk menyatakan tanggapan frekuensi sebuah sensor. Misalnya satu milivolt pada 500 hertz. Tanggapan frekuensi dapat pula dinyatakan dengan *decibel* (db), yaitu untuk membandingkan daya keluaran pada frekuensi tertentu dengan daya keluaran pada frekuensi referensi.

2.11.4 Jenis Sensor dan Transduser

Perkembangan sensor dan transduser sangat cepat sesuai kemajuan teknologi otomasi, semakin kompleks suatu sistem otomasi dibangun maka semakin banyak jenis sensor yang digunakan.

2.12 Sensor Gas

Sensor gas dapat merespon konsentrasi dari partikel tertentu seperti atom, molekul atau ion dalam gas dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik. Semikonduktor oksida logam merupakan bahan yang biasa digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi adanya gas tertentu. Oksida logam seperti SnO_2 , ZnO , Fe_2O_3 dan WO_3 merupakan semikonduktor intrinsik tipe-n. Pada suhu 200°C – 500°C metal oksida bereaksi terhadap gas yang dapat tereduksi seperti H_2 , CH_4 , CO , C_2H_5 , atau H_2S sehingga konduktivitasnya meningkat. Perubahan sifat elektrik dari semikonduktor oksida logam yang disebabkan interaksi dengan molekul gas didahului oleh penyerapan oksigen pada bahan semikonduktor. Molekul oksigen terserap pada permukaan semikonduktor dan molekul ini menangkap elektron dari pita konduksi. Mekanisme peningkatan konsentrasi pembawa yang dihasilkan dari interaksi antara bahan semikonduktor dengan gas yang tereduksi digambarkan dalam reaksi kimia berikut:(Schiffman, dkk., 2003).



s (*surface*) dan g (gas) menandakan permukaan dan fase gas, *e* adalah elektron dari pita konduksi semikonduktor metal oksida dan X adalah gas yang dapat tereduksi. Persamaan (1) menandakan oksigen terserap pada kisi lowong semikonduktor oksida sehingga konduktivitas semikonduktor ini lebih rendah jika dibandingkan saat tidak ada oksigen yang diserap. Elektron dihasilkan oleh gas tereduksi sebagai hasil reaksi ion oksigen terhadap gas yang dapat tereduksi X(g) seperti yang diperlihatkan oleh persamaan (2). Akibatnya konduktivitas semikonduktor meningkat karena bertambahnya jumlah konsentrasi pembawa (Schiffman, dkk., 2003).

Berbeda dengan tipe-n, semikonduktor tipe-p seperti CuO, NiO, and CoO bereaksi terhadap gas yang dapat teroksidasi seperti O₂, NO₂, and Cl₂. Semikonduktor tipe-p sebagian besar muatan pembawanya adalah *hole positif*, sehingga konduktivitasnya akan meningkat ketika berinteraksi dengan zat yang teroksidasi hal ini disebabkan gas tersebut meningkatkan jumlah *hole positif*. Hambatan akan meningkat ketika semikonduktor ini berinteraksi dengan gas tereduksi karena muatan negatif dari gas tereduksi mengurangi konsentrasi muatan pembawa *hole positif* (Schiffman, dkk., 2003).

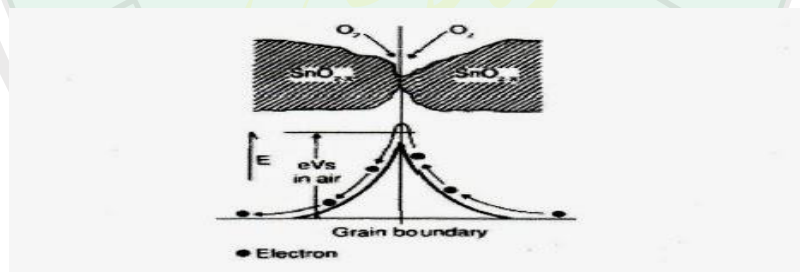
Tabel 2.4 Jenis- jenis dan tipe sensor gas

Target Gas	Range	No. Model	Tipe
Alkohol	0-1000ppm	TGS 3820*	S
Alkohol dan uap pelarut	0-5000ppm	TGS 2620	S
Amonia	0-300ppm	TGS 826	S
	0-100ppm	TGS 2444*	S
Karbon dioksida	0-50000ppm	TGS 4160	E(S)
	0-10000ppm	TGS 4161	E(S)
Karbon Monoksida	0-1000ppm	TGS 2442	S
	0-1000ppm	TGS 5042	E(L)
Oksigen terlarut	0-80ppm	KDS-25B	E(L)

Bensin dan knalpot Diesel	0-1000ppm CO + 0-10ppm NO ₂	TGS 2201	S
Kontaminasi Udara	0-30ppm	TGS 2600 TGS 2602	S
Gas Halokarbon	0-3000ppm	TGS 832 TGS 2630*	S
Hidrogen	0-1000ppm	TGS 821	S
Hidrogen, Metan dan LP	0-100% LEL	TGS 6812	C
Hidrogen sulfat	0-20% LEL	TGS 825	S
Gas LP	0-20% LEL	TGS 8610	S
Metan	0-20% LEL	TGS 2611	S
Metan + CO	0-25% LEL CH ₄ + 0-1000ppm CO	TGS 3870	S
Metan + LP	0-20% LEL	TGS 2612	S
	0-100% LEL	TGS 6810	C
	0-100% LEL	TGS 6811*	C
Oksigen	0-30%	SK-25	E(L)
	0-100%	KE-25	E(L)
	0-100%	KE-50	E(L)
Uap Air	0-150g/m ³	TGS 2180	S
Combustible Gas		MQ-2	
Alkohol		MQ-3	
Gas Alam, Metan		MQ-4	
LPG, Gas Alam, Gas Batu bara		MQ-5	
LPG, Propane/ Metan C ₃ H ₈		MQ-6	
Karbon Monoksida		MQ-7	
Hidrogen		MQ-8	
Karbon Monoksida dan Combustible Gas		MQ-9	
LPG, Propane/ Metan C ₃ H ₈		MQ-306	
Karbon Monoksida		MQ-307	
Alkohol		MQ-303	
Ozone		MQ-131	
Kontrol Kualitas Udara		MQ-135	
Sulfureted Hydrogen (H ₂ S)		MQ-136	
Amonia		MQ-137	
Volatile organic compounds (VOC) / Mellow, Benzene, Aldehyde, Ketone, Ester		MQ-138	

Sensor gas secara umum mendeteksi perubahan kimiawi yang terjadi dalam ruangan sensor tersebut, sehingga biasanya sensor seperti ini ditempatkan pada ruangan tertutup. Sensor gas adalah sensor yang berfungsi untuk mengukur senyawa gas polutan yang ada di udara, seperti karbon monoksida, hidrokarbon, nitrooksida, dan lain-lain. Sudah semakin banyak dipasaran telah beredar pengindra gas semikonduktor. Tentunya dibedakan oleh sensitivitas sensor tersebut, semakin mahal maka sensitivitas semakin bagus. Pengindra gas tersebut bekerja dengan semakin tinggi konsentrasi gas maka resistansinya semakin rendah (Schiffman, 2003).

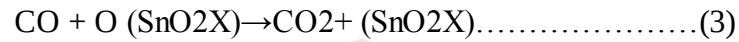
Tegangan terbentuk pada permukaan luar kristal. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran electron seperti tampak pada ilustrasi Gambar 2.3



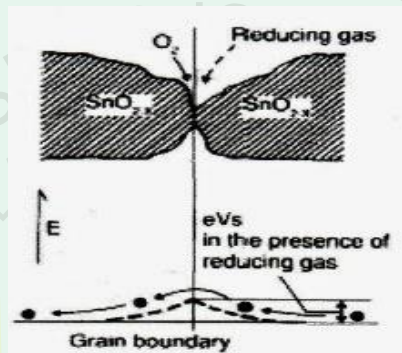
Gambar 2.4 Ilustrasi penyerapan O_2 oleh sensor (Schiffman, 2003)

Arus elektrik mengalir melewati daerah sambungan (*grain boundary*) dari kristal SnO_2 . Pada daerah sambungan penyerapan oksigen mencegah muatan untuk bergerak bebas. Jika konsentrasi gas menurun, proses deoksidasi akan terjadi, rapat permukaan dari muatan negative oksigen akan berkurang, dan mengakibatkan menurunnya ketinggian penghalang dari daerah sambungan, misal

terdapat adanya gas CO yang terdeteksi maka persamaan kimianya dapat digambarkan seperti tampak pada persamaan berikut ini.



Dengan menurunnya penghalang maka resistansi sensor akan juga ikut menurun.



Gambar 2.5 lustrasi penurunan resistansi (Schiffman, dkk, 2003).

2.13 NI LabVIEW

LabVIEW adalah bahasa pemrograman grafis, yang menggunakan ikon dan tidak menggunakan baris teks untuk membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis *script*, di mana instruksi menentukan pelaksanaan program, LabVIEW menggunakan pemrograman aliran data, di mana aliran data menentukan eksekusi (National Instruments, 2001).



Gambar 2.6 NI LabVIEW (National Instruments, 2001).

LabVIEW adalah singkatan dari *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench*. LabVIEW adalah *software* grafis yang sangat baik untuk akuisisi sinyal, analisis pengukuran, dan penyajian data, memberikan fleksibilitas bahasa pemrograman tanpa kompleksitas alat pengembangan tradisional. Sejak tahun 1986, ketika National Instruments LabVIEW diperkenalkan untuk Macintosh, LabVIEW dengan cepat dan konsisten menarik insinyur dan ilmuwan dan menggunakan LabVIEW untuk penelitiannya (Sumathi, 2007).

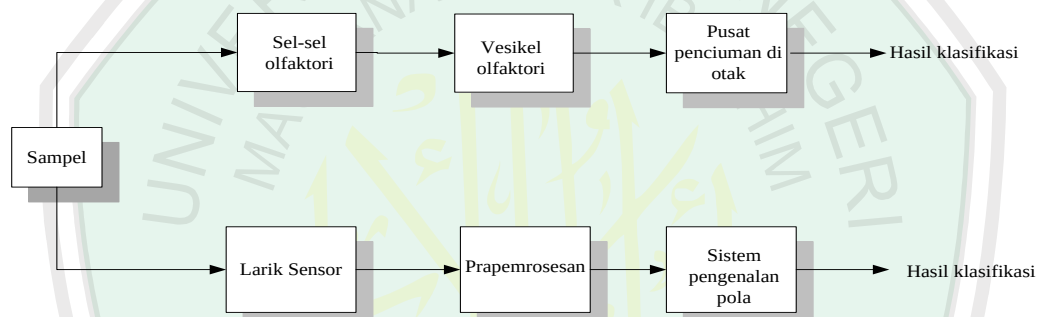
LabVIEW menjadi aplikasi pengembangan berbasis grafis yang disukai para insinyur dan ilmuwan. karena insinyur dan ilmuwan dapat secara efisien membuat aplikasi mereka sendiri, dengan merancang dan mengintegrasikan dalam proses tertentu (Sumathi, 2007).

2.14 Hidung Elektronik

Hidung elektronik (e-hidung) adalah mesin yang dirancang untuk mendeteksi dan membedakan antara bau kompleks dengan menggunakan *array sensor*. *Sensor Array* terdiri dari luas disetel (non-spesifik) sensor yang terbuat dari berbagai bahan biologis atau kimia bau-sensitif. Stimulus bau menghasilkan sidik jari yang khas (atau bau-print) dari *array sensor*. Pola atau sidik jari dari bau diketahui digunakan untuk membangun database dan melatih sistem pengenalan pola sehingga bau yang tidak diketahui kemudian dapat diklasifikasikan dan diidentifikasi (Peris dan Laura, 2013).

Sistem Indra penciuman manusia dibagi menjadi tiga lapisan yaitu: (1) Lapisan sel penciuman sekitar satu milyar sel, (2) Vesikel penciuman berfungsi

untuk meregulasi, menguatkan dan mengendalikan pesan dari sel penciuman dan (3) Pusat penciuman di otak yang bertanggung jawab mendefinisikan sinyal dan mengklasifikasi jenis aroma yang tercium (Chi dan Huang, 2008). Berasaskan dari sistem Indra penciuman manusia inilah hidung elektronik dibuat. Blok diagram analogi sistem hidung elektronik terhadap sistem penciuman manusia dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Chi dan Huang, 2008).



Gambar 2.7 Analogi sistem hidung elektronik (E-nose) terhadap sistem penciuman manusia (Chi dan Huang, 2008)

Sistem penciuman manusia kurang lebih 100 juta reseptor penciuman (*olfactory receptor* atau OR) dengan sekitar 350 jenis protein reseptor diungkapkan oleh genom manusia di epitel penciuman. Sebaliknya, EN memiliki sejumlah kecil (biasanya kurang dari 32) dari sensor kimia. Sampai sekarang para peneliti telah berkonsentrasi terutama tentang cara penggunaan bahan pengIndraan yang berbeda dan mekanisme penciuman bau untuk mendekati keragaman dan sensitivitas OR. Namun, beberapa telah meneliti baik sistem fisiologi maupun biologis bagaimana bau harus optimal kemudian dikirimkan ke perangkat pengIndraan penciuman (Gardner, dkk., 2007).

Tahapan-tahapan dalam sistem hidung elektronik adalah penciuman aroma oleh larik sensor, prapemrosesan sinyal dan pemrosesan oleh sistem pengenalan pola. Awalnya, aroma yang akan dideteksi dipaparkan ke larik sensor. Sensor-sensor ini hampir sama fungsinya dengan sel penciuman manusia.. Data analog dari sensor akan diubah menjadi data digital oleh *analog to digital converter* (ADC) untuk disimpan ke komputer dan dianalisa lebih lanjut. Data dari ADC akan diprapemroseskan terlebih dahulu. Prapemrosesan berfungsi untuk menyiapkan sinyal agar dapat dengan mudah diolah oleh mesin pengenalan pola. Tahapan ini fungsinya hampir sama dengan lapisan vesikel pada Indra penciuman manusia. Tahap akhir adalah pemrosesan oleh sistem pengenalan pola. Bagian ini bertujuan untuk mengklasifikasi dan memprediksi sampel yang tidak diketahui jenisnya. Fungsi bagian ini analog dengan fungsi pusat penciuman di otak (Phaisangittisagul 2011).

Jenis sensor yang paling sering digunakan di EN adalah sensor logam oksida, polimer, dan sensor berbasis piezoelektrik, seperti sensor gelombang akustik Bulk atau permukaan sensor gelombang akustik. Semua jenis sensor menggunakan prinsip dasar yang umum: interaksi senyawa volatil dengan permukaan sensor menyebabkan perubahan sifat fisik (konduktivitas, resistansi, dan frekuensi) dari sensor, yang diukur (Fend, dkk, 2005).

Stimulus bau menghasilkan karakteristik sidik jari dari *array* sensor. Pola atau sidik jari dari bau digunakan untuk membangun *database* dan melatih sistem pengenalan pola sehingga bau yang tidak diketahui kemudian dapat diklasifikasikan (Pavlou dan Turner, 2000). Biasanya hidung elektronik terdiri

dari tiga unsur: (1) *array* sensor yang terkena volatil, (2) konversi sinyal sensor ke format yang mudah dibaca, dan (3) perangkat lunak analisis data untuk menghasilkan output karakteristik yang berhubungan dengan bau yang dihadapi. Output dari *array* sensor dapat ditafsirkan melalui berbagai metode seperti algoritma pengenalan pola, *principle component analysis* (PCA), analisis fungsi diskriminan, *cluster analysis* (CA), dan jaringan saraf tiruan untuk membedakan antara sampel (Turner, 2004).

2.15 *Principal Component Analysis* (PCA)

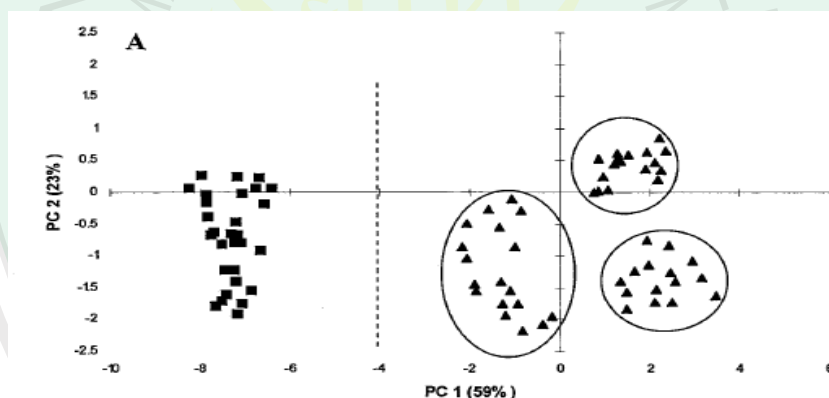
Principal Component Analysis atau yang lebih dikenal dengan Analisis komponen utama merupakan suatu teknik statistik untuk mengubah dari sebagian besar variabel asli yang digunakan dan saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan tidak berkorelasi. Setiap pengukuran multivariat (atau observasi), komponen utama merupakan kombinasi linier dari variabel p awal. Tujuan utama analisis komponen utama ialah untuk mengurangi dimensi peubah-peubah yang saling berhubungan dan cukup banyak variabelnya sehingga lebih mudah untuk menginterpretasikan data-data tersebut (Johnson & Wichern, 2002).

Principal Component Analysis (PCA) dipelopori oleh Karl Pearson pada tahun 1901 untuk peubah nonstokastik, *Principal Component Analysis* merupakan suatu teknik untuk membentuk variabel baru yang merupakan kombinasi linear dari variabel asal. Jumlah maksimum dari variabel baru yang dapat dibentuk adalah sama dengan jumlah variabel asal, dan antara variabel baru tidak berkorelasi. PCA adalah teknik yang digunakan untuk menyederhanakan suatu

data dengan cara mentransformasi data secara linier sehingga terbentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum (Jolliffe, 2002).

Principal Component Analysis digunakan untuk menjelaskan struktur matriks varians kovarians dari suatu set variabel melalui kombinasi linier dari variabel-variabel tersebut. Secara umum komponen utama dapat berguna untuk reduksi dan interpretasi variabel-variabel (Jolliffe, 2002).

Berikut contoh gambar hasil pengolahan data dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA).



Gambar 2.8 Contoh hasil pengolahan data dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA) (R.Fend dkk, 2005).

Masing-masing sampel memiliki plot tersendiri atau kuadran tersendiri. Makin dekat letak antar sampel makin dekat pula kemiripannya. Sampel yang memiliki letak plot yang berdekatan dan hampir sama memiliki sifat fisika kimia yang hampir sama.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan oktober 2015 di Laboratorium Riset Atom Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Hidung elektronik (*E-Nose*)

Sensor yang dipakai pada hidung elektronik sebagai berikut:

- a) MQ-2 sebagai sensor gas *Combustible*.
- b) MQ-3 sebagai sensor Alkohol.
- c) MQ-4 sebagai sensor gas alam dan Metan.
- d) MQ-5 sebagai sensor LPG, gas alam dan gas Batu Bara.
- e) MQ-6 sebagai sensor LPG dan *Propane*.
- f) MQ-7 sebagai sensor gas Karbon Monoksida.
- g) MQ-8 sebagai sensor gas Hidrogen.
- h) MQ-9 sebagai sensor gas Karbon Monoksida dan *Combustible Gas*
- i) MQ-137 sebagai sensor gas Amonia.
- j) MQ-138 sebagai sensor gas *Volatile Organic Compound* (VOC).

2. *Notebook/PC*, OS *Windows 8.1 32 bit*, Amd A4 Memori 2GB

3. Software:

- a) LabVIEW 2014 f.2 32bit
- b) MATLAB 2010a 32bit
- c) Minitab 16 32bit

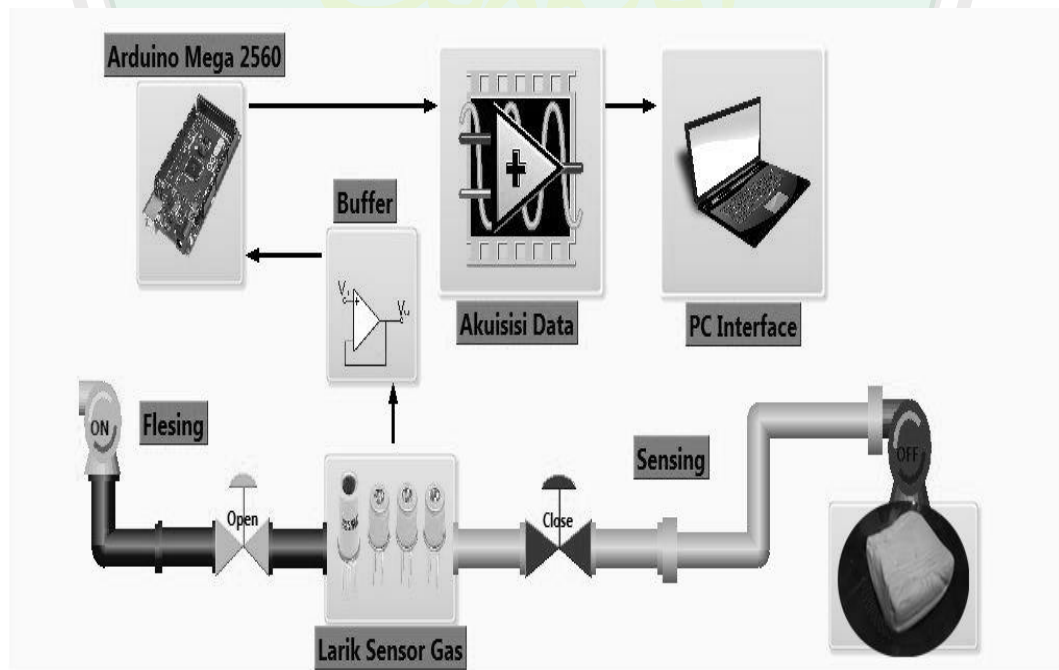
4. Mangkok / wadah

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan:

- 1. Formalin
- 2. Tahu

3.3 Gambar Rangkaian Penelitian

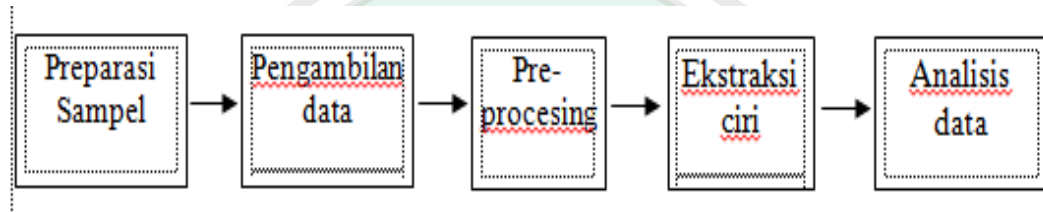


Gambar 3.1 rangkaian penelitian keseluruhan

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Diagram Prosedur Penelitian

Pengambilan data dapat dijelaskan pada diagram berikut:



Gambar 3.2 Diagram prosedur penelitian

3.4.2 Preparasi Sampel

Sampel merupakan tahu putih yang dibeli langsung dari tempat produksi. sampel yang digunakan terdiri dari 2 sampel produk tahu uji coba. Jenis sample yang digunakan sebagai berikut:

a) tahu berfolmalin

sampel ini merupakan tahu yang telah di rendam dalam air 50ml dengan campuran 2% formalin dan direndam selama 3 menit dengan suhu ruang.

b) Tahu tanpa formalin

Sampel ini merupakan tahu yang direndam dengan air tanpa campuran bahan apapun.

Kedua sampel tahu tersebut dimasukkan kedalam 2 wadah yang berbeda.

3.4.3 Pengambilan Data

1. pengukuran data dilakukan dari hari pertama pembuatan sampel sampai 5 hari setelahnya, dengan perulangan pengambilan data sebanyak 5 kali dalam sehari
2. nilai pengukuran didapat dari pengukuran nilai dan pola sensor terhadap bau yang dikeluarkan oleh dua sampel tahu oleh sistem akuisisi data berupa *hardware* dan *software* hidung elektronik

Berikut format data pengukuran yang tercatat pada tabel *file log* oleh *software* data akuisisi dan data logger hidung elektronik

Tabel 3.1 Format data pengukuran

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	Tanggal	Waktu	SENSOR 1	SENSOR 2	SENSOR 3	SENSOR 4	SENSOR 5	SENSOR 6	SENSOR 7	SENSOR 8	SENSOR 9	SENSOR 10	Kondisi	E-Nose
3	11/02/2015	12:01:27	2,3422	1,9404	1,8277	1,7003	1,6513	1,6611	1,6513	1,5925	1,519	1,5386	Sensing	
4	11/02/2015	12:01:28	1,7395	1,6856	1,6856	1,6121	1,5729	1,5729	1,568	1,5288	1,4651	1,4896	Sensing	
5	11/02/2015	12:01:28	1,6317	1,6513	1,6709	1,617	1,5876	1,5778	1,568	1,5239	1,4504	1,4553	Sensing	
6	11/02/2015	12:01:28	1,5435	1,5778	1,6415	1,6219	1,617	1,6219	1,6219	1,5876	1,5141	1,5141	Sensing	
7	11/02/2015	12:01:28	1,5435	1,519	1,5582	1,5435	1,5386	1,5435	1,5484	1,5239	1,4651	1,4749	Sensing	
8	11/02/2015	12:01:29	1,5337	1,5484	1,5876	1,5778	1,568	1,5729	1,5631	1,5288	1,4553	1,4504	Sensing	
9	11/02/2015	12:01:29	1,4749	1,4749	1,519	1,5141	1,5141	1,5288	1,5337	1,519	1,4602	1,4749	Sensing	
10	11/02/2015	12:01:29	1,5043	1,519	1,5631	1,5533	1,5533	1,5533	1,5582	1,5239	1,4602	1,4553	Sensing	
11	11/02/2015	12:01:29	1,4553	1,47	1,5239	1,5337	1,5386	1,5631	1,5729	1,5582	1,5092	1,5141	Sensing	
12	11/02/2015	12:01:30	1,5092	1,4847	1,5092	1,4945	1,4896	1,4994	1,5043	1,4798	1,4308	1,4357	Sensing	
13	11/02/2015	12:01:30	1,4602	1,4945	1,5337	1,5288	1,519	1,5288	1,5239	1,4945	1,4406	1,4406	Sensing	
14	11/02/2015	12:01:30	1,4553	1,4847	1,5386	1,5386	1,5435	1,5582	1,5582	1,5386	1,4749	1,4749	Sensing	
15	11/02/2015	12:01:30	1,4455	1,4406	1,4847	1,4847	1,4896	1,5092	1,5239	1,5141	1,4798	1,4896	Sensing	
16	11/02/2015	12:01:31	1,4994	1,4994	1,5288	1,519	1,5043	1,5092	1,5141	1,4945	1,4406	1,4406	Sensing	
17	11/02/2015	12:01:31	1,4357	1,4406	1,4847	1,4896	1,4945	1,5141	1,5239	1,5239	1,4847	1,4945	Sensing	
18	11/02/2015	12:01:31	1,4945	1,4847	1,5141	1,4994	1,4945	1,4945	1,4945	1,4749	1,4259	1,4259	Sensing	
19	11/02/2015	12:01:31	1,4308	1,4602	1,5141	1,519	1,5288	1,5484	1,5582	1,5435	1,4945	1,4896	Sensing	
20	11/02/2015	12:01:32	1,47	1,4455	1,4749	1,4651	1,5239	1,5141	1,519	1,4896	1,4406	1,4406	Sensing	
21	11/02/2015	12:01:32	1,4357	1,4504	1,4994	1,5043	1,5141	1,5288	1,5435	1,5337	1,4945	1,5043	Sensing	
22	11/02/2015	12:01:32	1,4896	1,4602	1,4798	1,47	1,4651	1,4749	1,4798	1,4651	1,4259	1,4357	Sensing	
23	11/02/2015	12:01:32	1,4553	1,4847	1,5337	1,5288	1,5337	1,5435	1,5435	1,5288	1,4749	1,4749	Sensing	
24	11/02/2015	12:01:33	1,4455	1,4357	1,4847	1,4847	1,4896	1,5043	1,5239	1,5141	1,4749	1,4945	Sensing	

3.4.4 Pengolahan Data

Pada proses pengolahan data terdiri dari 2 tahapan, yakni tahap Pre-processing dan tahap ekstraksi ciri.

a. Preprocessing.

Metode yang digunakan dalam metode preprocessing ini adalah metode integral *Trapezoidal*, untuk mencari data luas grafik tiap sensor yang telah terukur realtime oleh *software* akuisisi data dan data logger hidung elektronik menggunakan MATLAB (*Matrix Laboratory*).

b. Ekstraksi Ciri

Data yang diperoleh dari tahap preprocessing dirata-rata sehingga untuk tiap sampel hanya terdapat 1 baris set data. Kombinasi 10 nilai keluaran sampel akan membentuk matrik dengan dimensi $n \times 10$

3.4.5 Analisis Data

Data perubahan aroma kedua sampel tahu diklasifikasikan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) yang dibangun dengan menggunakan *software* MATLAB 2010 (*Matrix Laboratory*) / Minitab 16.

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mereduksi variabel data sehingga menjadi lebih sederhana dengan aturan tertentu dapat mewakili semua variabel dari populasi data dan selanjutnya dapat digunakan sebagai klasifikasi dari sebaran data.

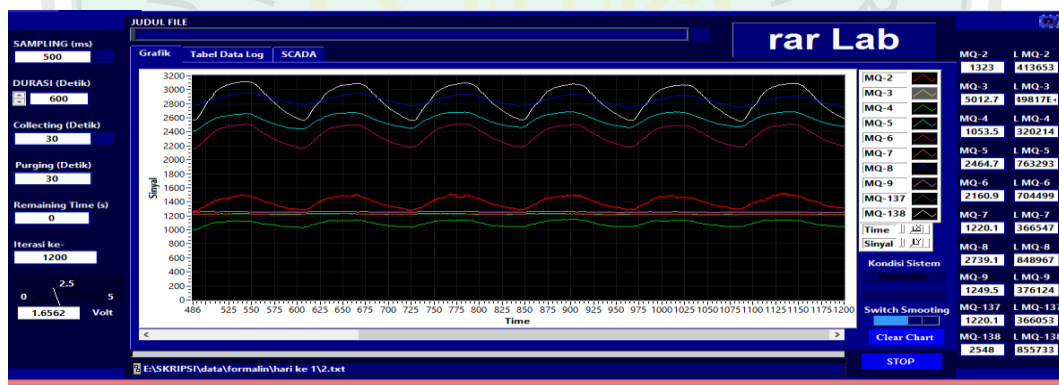
Matriks dengan dimensi $n \times 10$ yang diperoleh dari hasil ekstraksi ciri merupakan set data awal yang digunakan untuk membangun PCA diman setiap kolomnya menyatakan nilai PC 1 sampai PC 10. Dari hasil ini selanjutnya dilakukan plotting PC 1 dan PC 2 sehingga visualisasi data perubahan aroma tahu teramati dengan jelas (Boni Pahlanop, 2010).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

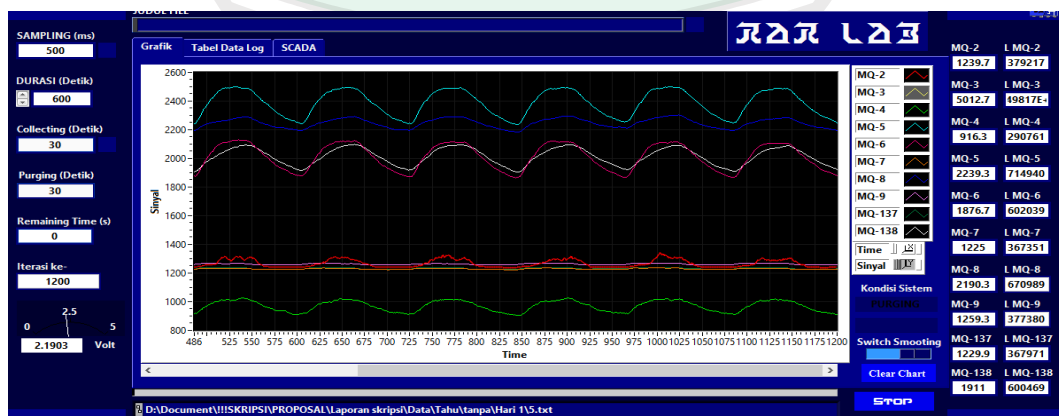
4.1 Data Hasil Penelitian

4.1.1 Data Respon Sensor *E-Nose*

Terdapat dua siklus pada proses pengambilan data pada *E-Nose* yakni *collecting* dan *purging*. Karena ada siklus *collecting* dan *purging*, maka data yang diperoleh juga ada dua yaitu data *collecting* dan *purging*. Berikut respon *E-Nose* saat *collecting* dan *purging*:



Gambar 4.1 Respon *E-Nose* terhadap bau tahu berformalin



Gambar 4.2 Respon *E-Nose* terhadap bau tahu tanpa formalin

4.1.2 Data Hasil Proses Praprosesing

Data yang diperoleh dari data logger *E-Nose* adalah data mentah yang belum siap diolah secara PCA, Data yang akan diolah dengan menggunakan PCA adalah data rata-rata luasan collecting tiap sensor pada setiap perulangan pengambilan data. Berikut adalah data yang diolah dengan metode integral Numerik:

Tabel 4.1 Data praprosesing

H	T	P	Luasan sinyal <i>E-Nose</i> saat collecting (Sensor Gas)								
			MQ-2	MQ-4	MQ-5	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	Q-137	MQ-138
I	F	1	3.55	3.48	8.21	12.01	0.41	6.36	1.21	0.41	17.84
		2	7.18	3.69	8.22	11.41	0.44	4.70	0.43	0.40	17.93
		3	7.52	3.90	8.66	12.31	0.42	4.91	0.51	0.43	18.31
		4	6.32	3.14	7.34	10.90	0.16	5.65	0.76	0.19	16.85
		5	6.29	3.17	7.36	10.73	0.16	5.10	0.77	0.20	16.58
	TF	1	3.45	4.86	11.60	11.86	0.49	3.86	0.50	0.42	6.99
		2	3.72	5.06	11.37	11.61	0.40	3.58	0.44	0.47	6.67
		3	2.89	4.34	10.27	10.27	0.49	3.30	0.46	0.42	6.09
		4	2.21	4.27	9.82	9.74	0.43	3.59	0.46	0.38	5.98
		5	2.17	4.05	9.66	9.51	0.45	3.49	0.47	0.46	5.86
II	F	1	0.40	1.87	4.19	5.37	0.44	3.04	0.41	0.42	9.91
		2	1.96	2.37	5.76	7.29	0.39	3.31	0.45	0.43	12.00
		3	2.07	2.62	6.21	7.99	0.43	3.85	0.43	0.46	12.77
		4	2.14	3.23	7.22	9.25	0.48	4.10	0.48	0.49	13.75
		5	1.64	2.78	6.70	9.10	0.47	3.65	0.45	0.43	13.34
	TF	1	0.46	2.02	4.09	3.84	0.50	2.85	0.40	0.47	3.06
		2	0.47	1.92	3.60	3.54	0.35	2.44	0.47	0.41	2.82
		3	0.47	2.10	4.12	4.08	0.46	2.34	0.40	0.42	2.69
		4	0.47	1.94	4.12	3.88	0.48	2.82	0.44	0.48	2.99
		5	0.48	1.98	4.06	3.82	0.48	2.81	0.47	0.48	2.88
III	F	1	0.40	1.56	3.24	4.18	0.3	1.99	0.43	0.41	7.31
		2	0.93	2.21	4.37	5.14	0.48	2.38	0.49	0.46	8.34
		3	2.38	1.99	4.62	5.29	0.44	2.52	0.44	0.45	8.42
		4	2.30	2.00	4.79	5.56	0.39	2.42	0.37	0.37	8.72
		5	1.28	1.57	3.45	4.38	0.11	2.01	0.11	0.13	8.90

	TF	1	0.41	1.28	2.39	2.74	0.42	2.34	0.41	0.36	2.97
		2	0.45	2.20	5.06	5.36	0.39	2.71	0.41	0.42	3.62
		3	0.39	1.62	3.74	3.93	0.37	2.51	0.40	0.42	2.81
		4	0.46	2.01	4.91	4.94	0.43	2.69	0.42	0.44	3.25
		5	0.47	2.04	4.67	4.68	0.43	2.69	0.43	0.45	3.23
IV	F	1	1.66	2.79	2.81	0.46	2.41	0.46	0.43	5.33	0.45
		2	2.13	4.40	4.45	0.45	2.92	0.49	0.49	7.55	1.16
		3	2.12	4.33	4.65	0.46	2.86	0.53	0.51	7.64	0.67
		4	2.18	4.73	5.13	0.48	2.66	0.49	0.48	7.83	1.07
		5	2.85	6.31	6.66	0.46	2.98	0.46	0.47	8.84	1.20
	TF	1	0.41	1.75	3.12	3.95	0.42	4.59	0.44	0.44	4.85
		2	0.46	1.34	3.40	4.76	0.42	4.49	0.44	0.39	5.60
		3	0.40	1.85	3.86	4.84	0.41	4.76	0.47	0.42	5.51
		4	0.44	1.96	4.31	5.10	0.40	4.81	0.43	0.44	5.47
		5	0	0	0.42	1.61	2.06	4.49	5.49	0.42	4.71
V	F	1	0.46	1.54	3.09	3.80	0.45	2.90	0.46	0.48	7.74
		2	0.45	1.83	3.72	4.66	0.44	2.32	0.45	0.47	8.98
		3	1.19	2.05	4.23	5.08	0.51	2.32	0.52	0.49	8.69
		4	1.82	1.95	4.13	5.51	0.42	1.93	0.43	0.40	9.72
		5	1.54	2.22	4.46	5.23	0.45	2.64	0.44	0.44	9.58
	TF	1	0.43	2.36	4.72	6.31	0.40	7.56	0.42	0.45	8.51
		2	0.44	2.48	5.57	7.76	0.40	7.76	0.39	0.43	9.49
		3	0.44	2.49	5.63	8.00	0.41	7.78	0.43	0.39	9.75
		4	0.42	2.52	5.99	8.25	0.44	7.75	0.37	0.36	9.88
		5	0.48	2.62	6.20	8.22	0.45	7.94	0.47	0.43	9.96

Keterangan Tabel:

H = Hari Ke-. P = Perulangan ke-. F = Tahu formalin.

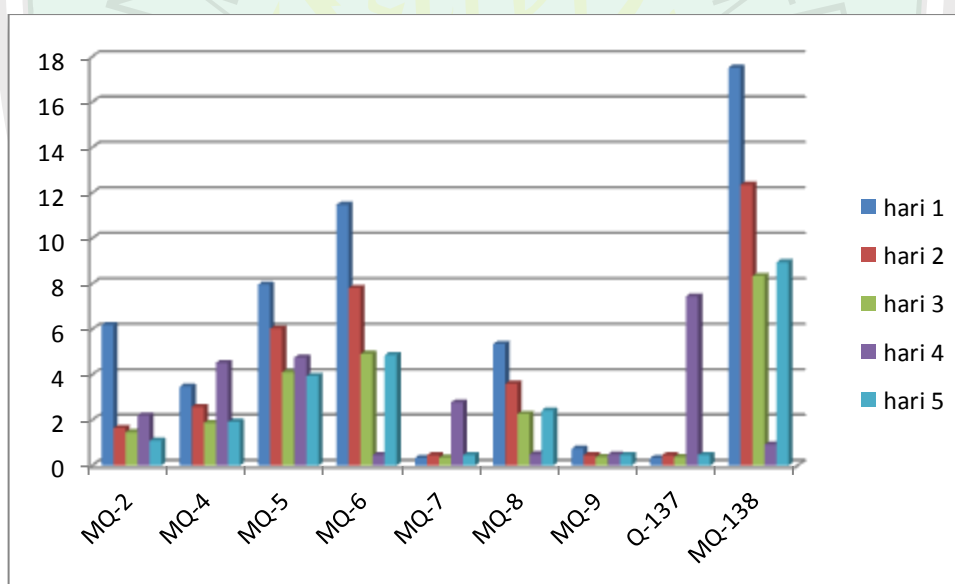
TF = Tahu tanpa formalin

4.1.3 Data Respon Sensor Selama Lima Hari

Data hasil luasan tiap sensor di rata-rata dan akhirnya mendapatkan respon setiap sensor selama lima hari. Berikut data respon setiap sensor selama lima hari

Tabel 4.2 Nilai rata-rata kontribusi tiap sensor pada saat mensensing tahu ber formalin

Sensor	hari 1	hari 2	hari 3	hari 4	hari 5
MQ-2	6.172	1.642	1.458	2.188	1.092
MQ-4	3.476	2.574	1.866	4.512	1.918
MQ-5	7.958	6.016	4.094	4.74	3.926
MQ-6	11.472	7.8	4.91	0.462	4.856
MQ-7	0.318	0.442	0.344	2.766	0.454
MQ-8	5.344	3.59	2.264	0.486	2.422
MQ-9	0.736	0.444	0.368	0.476	0.46
Q-137	0.326	0.446	0.364	7.438	0.456
MQ-138	17.502	12.354	8.338	0.91	8.942

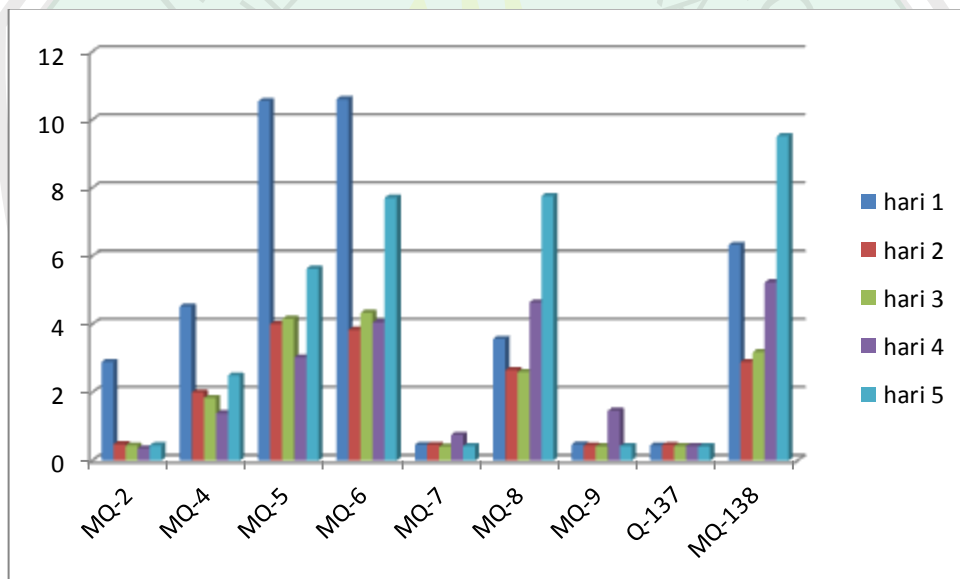


Gambar 4.3 grafik kontribusi tiap sensor pada saat mensensing tahu berformalin

Tabel 4.3 Nilai rata-rata kontribusi tiap sensor pada saat mensensing tahu tanpa formalin

Sensor	hari 1	hari 2	hari 3	hari 4	hari 5
MQ-2	2.888	0.47	0.436	0.342	0.442
MQ-4	4.516	1.992	1.83	1.38	2.494
MQ-5	10.544	3.998	4.154	3.022	5.622

MQ-6	10.598	3.832	4.33	4.052	7.708
MQ-7	0.452	0.454	0.408	0.742	0.42
MQ-8	3.564	2.652	2.588	4.628	7.758
MQ-9	0.466	0.436	0.414	1.454	0.416
Q-137	0.43	0.452	0.418	0.422	0.412
MQ-138	6.318	2.888	3.176	5.228	9.518



Gambar 4.3 Grafik kontribusi tiap sensor pada saat mensensing tahu tanpa formalin.

4.1.4 Data PCA

Data yang telah melalui tahap pra-prosesing selanjutnya diproses kembali menggunakan metode PCA. Berikut adalah data nilai eigen tiap Principle Component beserta proporsi dan kumulatif yang diperoleh dari statistik PCA:

Tabel 4.4 Analisis nilai eigen, proporsi dan kumulatif

PC	Nilai eigen	Proporsi	Kumulatif	Kumulatif(%)
PC1	28.759	0.730	0.730	73
PC2	6.782	0.172	0.902	90.2
PC3	2.596	0.066	0.967	96.7
PC4	0.778	0.020	0.987	98.7
PC5	0.433	0.011	0.998	99.8
PC6	0.053	0.001	1	100
PC7	0.011	0.000	1	100
PC8	0.006	0.000	1	100
PC9	0.001	0.000	1	100

Keterangan Tabel:

PC = *Principle Component*.

Berikut nilai PC tiap sensor:

Tabel 4.5 data PC tiap sensor

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
MQ2	0.28	0.06	0.38	-0.75	0.43	-0.08	-0.04	0.04	0.057
MQ4	0.12	0.25	0.04	0.09	0.01	-0.50	0.77	-0.24	-0.08
MQ5	0.31	0.61	0.06	0.18	-0.18	-0.41	-0.53	0.02	0.03
MQ6	0.48	0.42	-0.12	0.02	-0.08	0.70	0.26	0.05	0.00
MQ7	-0.01	-0.01	-0.02	-0.13	-0.28	-0.12	0.11	0.73	-0.57
MQ8	0.14	-0.01	-0.90	-0.23	0.24	-0.19	-0.06	0.00	0.00
MQ9	-0.01	-0.06	-0.07	-0.51	-0.78	-0.03	0.02	-0.27	0.17
MQ137	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.02	-0.12	0.18	0.56	0.79
MQ138	0.73	-0.61	0.07	0.22	-0.10	-0.13	-0.04	-0.01	0.00

4.2 Pembahasan

4.2.1 E- Nose

Electronic Nose (EN atau biasa disebut *E-Nose*) merupakan instrumen atau alat ukur yang terbuat dari sensor-sensor kimiawi yang dikombinasikan dengan sistem pengenalan pola (Gardner, 1994). Fungsi utama dari EN adalah meniru indera penciuman manusia. Reseptor EN memiliki beberapa sensor kimiawi yang memproduksi sinyal listrik. Sinyal-sinyal listrik ini kemudian dianalisis dengan *software* pengenalan pola. *Software* pengenalan pola ini terhubung dengan otak yang mampu mengklasifikasi dan mengingat aroma atau bau (Pearce, 1997).

E-Nose yang dipakai dalam penelitian ini memakai sepuluh sensor. Kesepuluh sensor tersebut adalah sensor MQ 2, MQ 3, MQ 4, MQ 5, MQ 6, MQ 7, MQ 8, MQ 9, MQ 137, MQ 138. Masing-masing sensor memiliki kepekaan terhadap jenis gas tertentu seperti yang ditunjukkan di tabel 2. Ketika berinteraksi dengan senyawa volatil dari suatu sampel, kesepuluh sensor ini akan memberikan respon berupa tegangan keluaran yang berbeda-beda yang akan membentuk pola unik untuk setiap sampel yang dideteksi.

4.2.2 Praprosesing Data Dengan Integral Numerik Trapezoidal

Tabel 4.1 di atas menunjukkan nilai luasan rata-rata dari kurva data *collecting* tiap sensor pada saat pengambilan data. Terdapat data dari tahu berformalin dan tanpa formalin yang masing-masing pengambilan data diulang sebanyak lima kali dan pengambilan data dilakukan dari hari pertama sampai hari kelima sehingga dihasilkan 50 baris data. Baris 1 sampai 5 adalah

data luasan tahu berformalin pada hari pertama, baris 6 sampai 10 adalah data luasan tahu tanpa formalin pada hari pertama, baris ke 11 sampai 15 adalah data luasan durian pertama pada hari kedua, dan seterusnya.

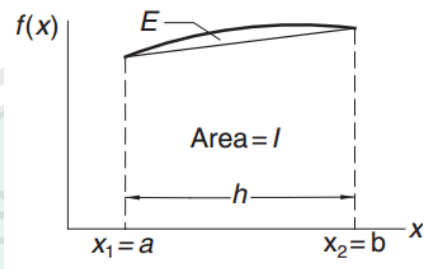
Pengambilan data tiap perulangan tahu dilakukan dengan durasi sepuluh menit. Durasi *collecting* dan *purging* diset masing-masing 30 detik dengan sampling tiap 500 mili detik. Dari data di atas diperoleh data sebanyak 1200 baris x 9 sensor data. Dari 1200 data tersebut dipakai 600 data terakhir. 600 data tersebut terdiri dari 300 data saat *collecting* dan 300 data saat *purging* dengan dengan siklus *collecting-purging* 120 data, 60 data *collecting* dan 60 data *purging*.

Data yang diperoleh oleh sensor *E-Nose* berupa data *collecting* dan *purging* yang belum bisa diolah dengan metode PCA. Hal ini dikarenakan data *collecting* dan data *purging* sendiri adalah data majemuk berupa kumpulan data sinyal output tiap sensor..

Agar data dapat diolah dengan PCA dibutuhkan nilai tunggal yang dapat mensifati keseluruhan data saat *collecting* dan *purging*. Dalam penelitian ini menggunakan integral numerik untuk memperoleh data tunggal tiap *collecting* dan *purging*. Integral numerik menghitung luas daerah di bawah kurva. Dengan metode integral numerik ini diperoleh data tunggal yang dapat mensifati *collecting* dan *purging*.

Ketepatan penghitungan integral numerik sangat dipengaruhi oleh jumlah trapesium yang digunakan untuk mendekati luasan kurva. Semakin

banyak trapesium yang digunakan maka semakin tepat perhitungannya numeriknya.



Gambar 4.4 Aturan Trapezoid (Kiusalaas, 2005)

jika $n=2$, dan diketahui $l_1 = \frac{x-x_2}{x_1-x_2} = -\frac{x-b}{h}$, maka,

$$A_1 = -\frac{1}{h} \int_a^b (x-b) dx = \frac{1}{2h} (b-a)^2 = \frac{h}{2}$$

Dan

$$l_2 = \frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{x-a}{h},$$

Kemudian

$$A_2 = \frac{1}{h} \int_a^b (x-a) dx = \frac{1}{2h} (b-a)^2 = \frac{h}{2}$$

Substitusikan ke persamaan (6.1.5)

$$I = [f(a) + f(b)] \frac{h}{2} \dots \dots \dots (2.7)$$

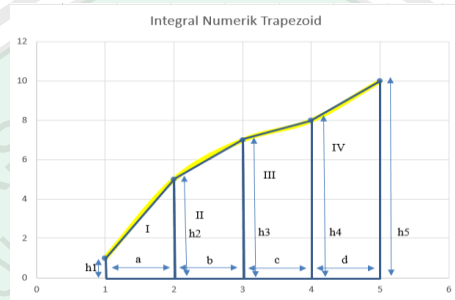
Persamaan di atas ada adalah aturan *Trapezoid*. Persamaan tersebut menggambarkan daerah dari trapesium pada gambar 2.2(Kiusalaas, 2005).

Nilai error untuk aturan *Trapezoid*

$$E = \int_a^b f(x) dx - I$$

$$E = -\frac{h^3}{12} f''(\epsilon) \dots \dots \dots (2.8)$$

Adalah daerah antara $f(x)$ dan garis lurus interpolasi, yang telah ditunjukkan pada gambar 6.2 (Kiusalaas, 2005).



Gambar 4.5 Integral numeik Trapezoid

Luas daerah kurva = L.Trapezoid I + L.Trapezoid II + L.Trapezoid III
+ L.Trapezoid IV

$$L.Trapezoid I = \frac{(h_1 + h_2)a}{2}$$

$$L.Trapezoid II = \frac{(h_1 + h_2)b}{2}$$

$$L.Trapezoid III = \frac{(h_1 + h_2)c}{2}$$

$$L.Trapezoid IV = \frac{(h_1 + h_2)d}{2}$$

h = sinyal

pengambilan data pada penelitian ini, menggunakan durasi *collecting* dan *purging* adalah 30 detik, sedangkan waktu samplingnya adalah 500 mili detik. Jadi, trapesium yang digunakan untuk mendekati luasan keseluruhan kurva *collecting* dan *purging* adalah (Rahmat, 2015):

$$\begin{aligned}
\text{Jumlah trapesium} &= \frac{\text{durasi collecting}}{\text{durasi sampling}} - 1 \\
&= \frac{30.000 \text{ mili detik}}{500 \text{ mili detik}} - 1 \\
&= 59 \text{ trapesium}
\end{aligned}$$

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data *collecting*. Luas kurva data saat *collecting* dihitung dengan metode integral numerik *Trapezoid*. Data tersebut kemudian digunakan untuk menyusun data yang akan diolah dengan PCA. Data yang diperoleh selanjutnya di rubah kedalam bentuk matrik dengan dimensi 10 x 60 dan diulang sebanyak 5 kali. Dan tiap-tiap sensor dihitung luas dibawah kurva.

$$\begin{aligned}
\text{LDCMQ2}_n &= \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ2}_1 \\ \text{MQ2}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ2}_{59} \\ \text{MQ2}_{60} \end{bmatrix}; \text{LDCMQ4}_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ4}_1 \\ \text{MQ4}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ4}_{59} \\ \text{MQ4}_{60} \end{bmatrix}; \text{LDCMQ5}_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ5}_1 \\ \text{MQ5}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ5}_{59} \\ \text{MQ5}_{60} \end{bmatrix} \\
\text{LDCMQ6}_n &= \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ6}_1 \\ \text{MQ6}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ6}_{59} \\ \text{MQ6}_{60} \end{bmatrix}; \text{LDCMQ7}_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ7}_1 \\ \text{MQ7}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ7}_{59} \\ \text{MQ7}_{60} \end{bmatrix}; \text{LDCMQ8}_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ8}_1 \\ \text{MQ8}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ8}_{59} \\ \text{MQ8}_{60} \end{bmatrix} \\
\text{LDCMQ9}_n &= \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ9}_1 \\ \text{MQ9}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ9}_{59} \\ \text{MQ9}_{60} \end{bmatrix}; \text{LDCMQ137}_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ137}_1 \\ \text{MQ137}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ137}_{59} \\ \text{MQ137}_{60} \end{bmatrix}; \text{LDCMQ138}_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} \text{MQ138}_1 \\ \text{MQ138}_2 \\ \vdots \\ \text{MQ138}_{59} \\ \text{MQ138}_{60} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

$$n = 1,2,3,4,5$$

$$\text{LDCMQ2}_n = \text{Luas Data Collecting MQ2 ke} - n$$

Dari matrik di atas diperoleh data tunggal luas berdimensi 1 x 1 sebanyak 5 data. Lima data tersebut adalah luas *collecting* pertama, kedua, ketiga, keempat dan kelima. Lima data luas tersebut akan dirata-rata sehingga akan menghasilkan data luas berdimensi 1x10 untuk tiap perulangan pengambilan data tahu

4.2.3 Data Respon Sensor Selama Lima Hari

Untuk mengetahui kontribusi setiap sensor dalam mensensing bau tahu selama lima hari, dilakukan penghitungan nilai rata-rata luasan sensor selama lima hari. Dari nilai rata-rata dan grafik yang dihasilkan, menunjukkan bahwa pada saat pensensingan tahu berformalin nilai dari tiap sensor cenderung tidak stabil, sedangkan pada saat mensensing tahu tanpa formalin nilai dari tiap sensor lebih stabil.

sensor MQ 138 memiliki nilai respon yang tinggi pada kedua sampel, pada saat mensensing tahu tanpa formalin nilai MQ 138 selalu lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai sensor yang lain, kecuali pada hari ke empat. Sedangkan pada saat mensensing tahu tanpa formalin nilai MQ 138 menghasilkan nilai yang lebih tinggi daripada sensor yang lain, kecuali pada hari pertama.

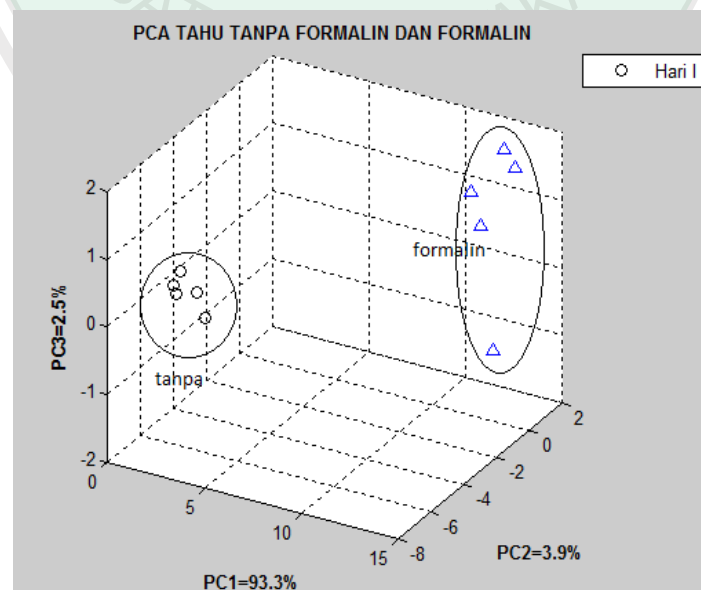
4.2.4 Pengolahan Data Dengan PCA

Principle Component Analysis (PCA) adalah metode yang digunakan untuk mereduksi banyaknya data ketika terjadi korelasi. Maksudnya adalah untuk mencari bagian dasar yang kombinasinya linier dari variabel asal (respon sensor) yang menjelaskan tiap sensor. Selama proses, set data asli berkurang, yaitu, dikompresi, dengan sedikit kehilangan informasi sebanyak mungkin. Dalam kata lain, PCA memproyeksikan matriks data yang semula berdimensi tinggi menjadi dimensi terendah (3 dimensi atau 2 dimensi) dengan menyaring noise dalam data matriks asli tanpa kehilangan informasi penting yang dijelaskan dalam varians dari data. Hubungan antara sampel bisa divisualisasikan dengan plot masing-masing *Principle component* (Otto, 1999).

Software yang digunakan untuk analisis PCA dalam penelitian ini yakni Minitab dan MATLAB. Software Minitab digunakan untuk memperoleh data PC, vektor eigen, nilai eigen, proporsi dan komulatif data PCA. Untuk visualisasi data juga menggunakan minitab untuk visual scree plot, *score plot* 2D, *loading plot*, *biplot* dan *outlier plot*. Sedangkan MATLAB digunakan untuk visualisasi *score plot* 3D.

4.2.4.1 Pengukuran Aroma Sampel Pada Saat Kondisi *Fresh*

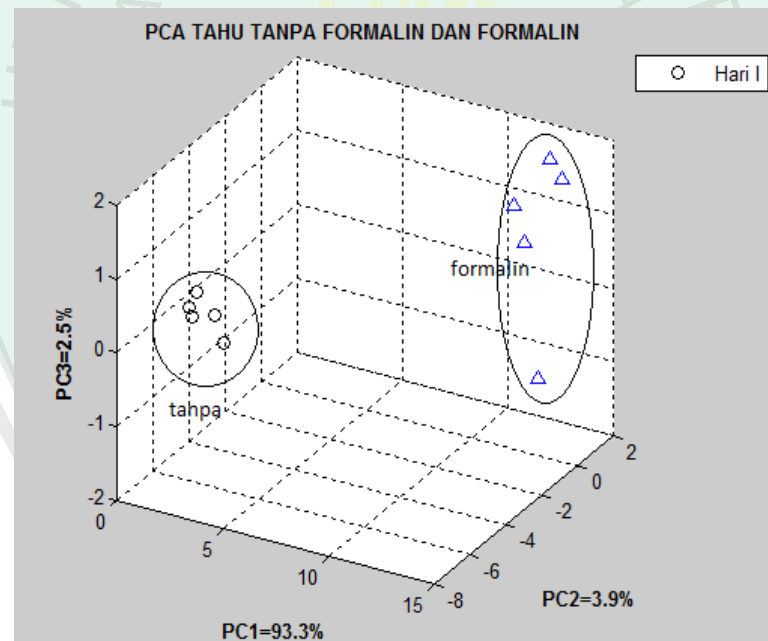
Pengukuran aroma sampel pada hari pertama atau pada saat kondisi fresh dilakukan sebanyak lima kali pengulangan di hari yang berbeda. Hasil pengukuran selama lima kali tersebut selanjutnya diklasifikasi dengan menggunakan metode *principal component analisys* (PCA). Hasil klasifikasi data aroma sampel dalam kondisi fresh untuk sampel tahu berformalin dan tanpa formalin ditunjukkan masing-masing oleh gambar 4.3.



Gambar 4.6 plot pca hari pertama tahu berformalin dan tanpa formalin

Diketahui tiga nilai PC yaitu $PC1 = 93,3\%$, $PC2 = 3,9\%$, $PC3 = 2,5\%$. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem larik sensor *E-Nose* cukup konsisten dalam melakukan pengukuran aroma dua sampel tahu. Hasil ini menunjukkan bahwa pengukuran aroma yang dilakukan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi perubahan sampel setiap hari.

4.2.4.2 Klasifikasi Sampel Tahu Formalin Dan Tanpa Formalin Hari Pertama

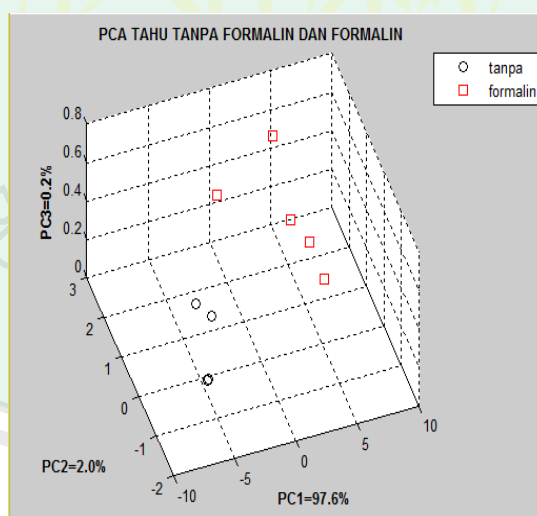


Gambar 4.7 Ploting PCA untuk klasifikasi sampel hari pertama

PCA yang dibangun dalam penelitian ini juga bertujuan untuk membedakan data keluaran larik sensor gas dari tiap pengukuran aroma sampel yang dilakukan. Data yang dihasilkan dari hasil pengukuran tiap sampel merupakan data 9 dimensi sehingga akan dihasilkan 9 *principle componenet* (PC).

Hasil pengukuran aroma yang dilakukan untuk setiap sampel pada hari pertama berhasil diklasifikasi kedua jenis sampel pada gambar 4.5. dari gambar tersebut terlihat bahwa presentase varian PC1 sebesar 93,3% dan presentase varian PC2 sebesar 3,9%. Pada gambar tersebut juga terlihat bahwa kedua sampel dapat dikelompokkan secara terpisah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem larik sensor gas dapat membedakan aroma kedua jenis tahu dengan baik.

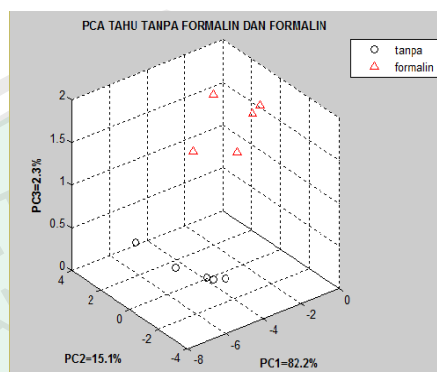
4.2.4.3 Klasifikasi Sampel Tahu Formalin Dan Tanpa Formalin Hari Kedua



Gambar 4.8 Ploting PCA untuk klasifikasi sampel hari kedua

Pada hari kedua pengukuran didapatkan pengklasifikasian data seperti yang ada pada gambar 4.6. Dari gambar tersebut terlihat bahwa data terklasifikasi dengan baik, dimana presentase varian PC1 mencapai 97,6% dan presentase varian PC2 sebesar 2.0%.

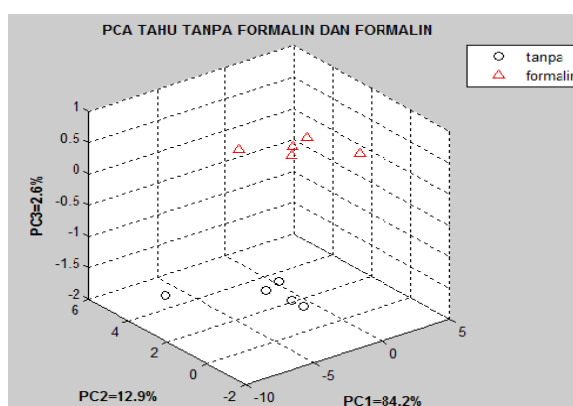
4.2.4.4 Klasifikasi Sampel Tahu Formalin Dan Tanpa Formalin Hari Ketiga



Gambar 4.9 Ploting PCA untuk klasifikasi sampel hari ketiga

Hasil pengukuran aroma yang dilakukan untuk setiap sampel pada hari ketiga berhasil diklasifikasi kedua jenis sampel pada gambar 4.7. dari gambar tersebut terlihat bahwa presentase varian PC1 sebesar 82,2% dan presentase varian PC2 sebesar 2.3%. presentase mengalami penurunan namun masih bisa membedakan antara kedua jenis sampel dengan baik.

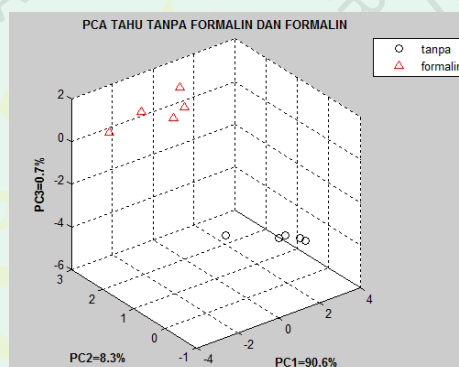
4.2.4.4 Klasifikasi Sampel Tahu Formalin Dan Tanpa Formalin Hari Ke Empat



Gambar 4.10 Ploting PCA untuk klasifikasi sampel keempat

Hasil pengklasifikasian aroma yang dilakukan untuk setiap sampel pada hari keempat ditunjukkan gambar 4.8. dari gambar tersebut terlihat bahwa presentase varian PC1 sebesar 84,2% dan presentase varian PC2 sebesar 12.9%.

4.2.4.5 Klasifikasi Sampel Tahu Formalin Dan Tanpa Formalin Hari Kelima



Gambar 4.11 Ploting PCA untuk klasifikasi sampel kelima

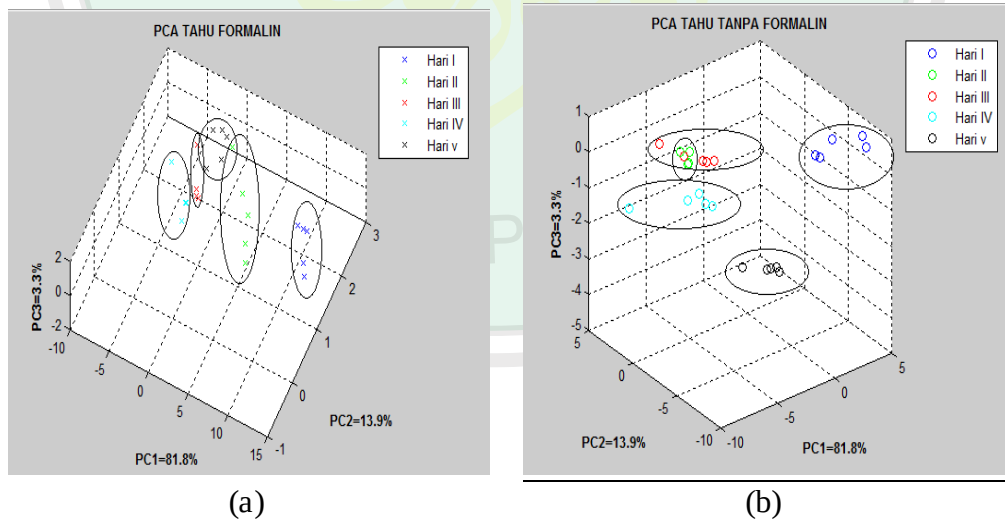
Hasil pengukuran aroma yang dilakukan untuk setiap sampel pada hari keempat berhasil diklasifikasi kedua jenis sampel pada gambar 4.8. dari gambar tersebut terlihat bahwa presentase varian PC1 sebesar 90.6% dan presentase varian PC2 sebesar 8.3%.

Dengan menggunakan dua pc pertama sudah menghasilkan lebih dari 80% nilai kumulatif dari pc. Berarti dengan menggunakan dua dimensi *score plot* maka sudah bisa mewakili 9 dimensi data. Dengan demikian PC1 dan PC2 dapat mewakili karakteristik data secara keseluruhan.

4.2.4.6 Hasil Monitoring Perubahan Aroma dengan Metode PCA

Score plot digunakan untuk memvisualisasi data monitoring pembusukan tahu. Koordinat *score plot* terdiri dari PC1, PC2, PC3. jadi satu titik pada *score plot* adalah kovarian data dari keseluruhan sensor yang digunakan. Dengan menggunakan *score plot* PCA dapat dilihat pengelompokan data monitoring pembusukan tahu. Pada penelitian ini *score plot* diperoleh dari plot 3D pada MATLAB.

Hasil plotting PCA pengukuran aroma tahu dari hari pertama sampai hari kelima masing-masing ditunjukkan oleh gambar 4.6 a dan 4.6 b dimana plotting PCA hasil pengukuran selama lima hari menunjukkan kondisi mulai terjadinya *overlapping* antar kelompok data hasil pengukuran.



(a) (b)
Gambar 4.12 Plot PCA Perkembangan bau (a)tahu berformalin (b)tahu tanpa formalin.

Gambar 4.12 menunjukkan *score plot* data 4.1 yang diolah dengan PCA. Bentuk plot menunjukkan perkembangan bau tahu dari hari pertama sampai hari ke lima. Warna biru adalah hari pertama, warna hijau adalah hari kedua, warna

merah adalah hari ketiga, warna cyan adalah hari keempat dan warna hitam adalah hari kelima. Dari data di atas didapatkan Data komulatif PC sebesar 95.7% (PC1 sebesar 81.8% dan 13.9 %) Nilai komulatif memberikan informasi bahwa dengan menggunakan data berdimensi PC1 dan PC2 dapat mewakili jumlah keseluruhan data yang berdimensi 9 variabel.

Perbedaan *trend* pembusukan yang terjadi pada kedua jenis sampel berdasarkan analisa dengan metode PCA pada hasil pengukuran aroma yang terjadi diakibatkan oleh perbedaan sifat kimia dari tiap sampel.

Pada pengukuran sampel pada hari pertama sampai hari kelima terlihat bahwa perubahan aroma yang terjadi pada sampel tahu berformalin mengalami proses pembusukan yang sangat lambat bila dibandingkan dengan sampel tahu murni atau tahu tanpa formalin. Hal tersebut disebabkan oleh cepatnya pertumbuhan jamur pada tahu tanpa formalin menyebabkan sampel tersebut mengalami kerusakan yang lebih cepat bila dibandingkan dengan tahu berformalin

4.2.5 Kondisi Fisik Sampel Dari Hari Pertama Sampai Hari Terakhir

Kondisi fisik tahu berformalin dan tanpa formalin pada hari pertama ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



(a)

(b)

Gambar 4.13 kondisi sampel pada hari pertama (a) tanpa formalin (b) berformalin

Pada hari kedua sampel tahu tanpa formalin mulai ditumbuhi jamur, sedangkan tahu tanpa formalin masih dalam keadaan tekstur yang baik. Berikut gambar sampel pada hari kedua.



(a)

(b)

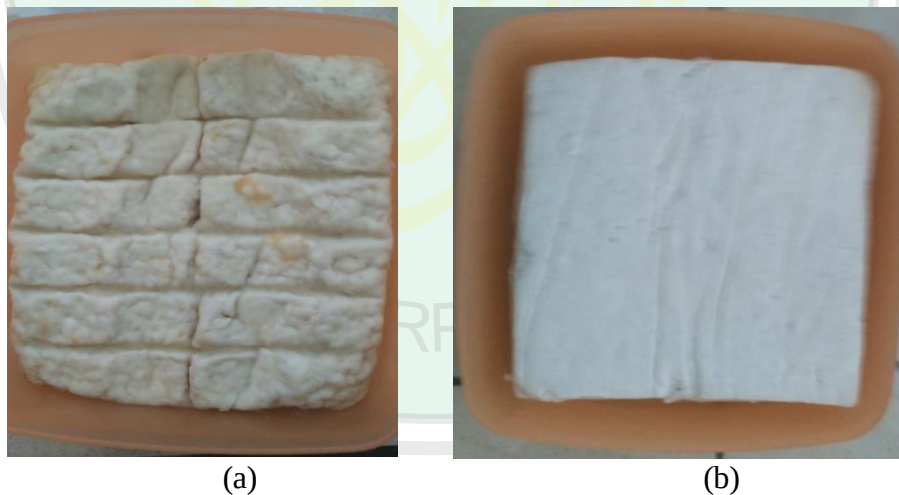
Gambar 4.14 Kondisi sampel pada hari kedua (a) tanpa formalin (b) berformalin

Kondisi sampel tahu tanpa formalin ditumbuhi jamur dan mulai mengalami perubahan bau. sedangkan kondisi fisik dari tahu berformalin masih belum ada perubahan.



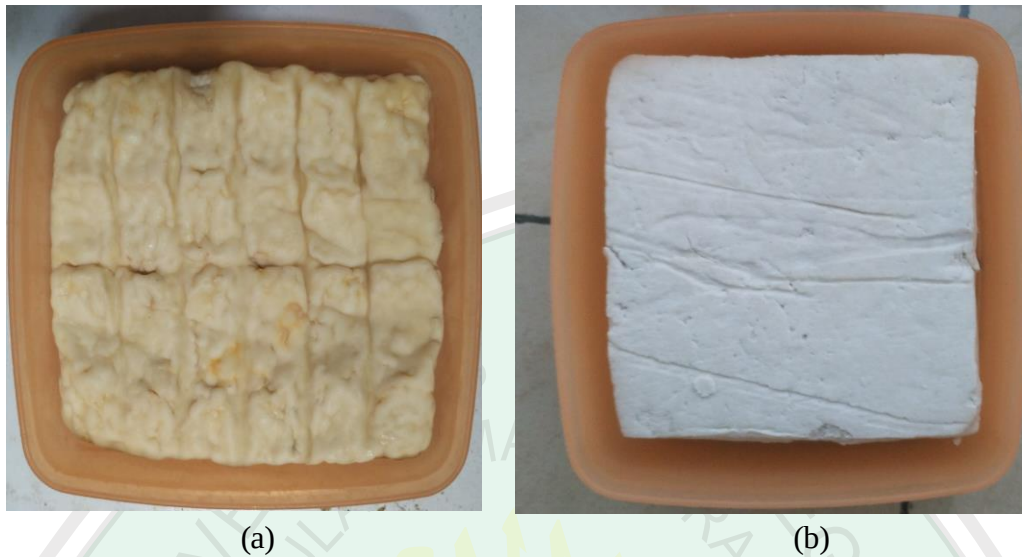
Gambar 4.14 Kondisi sampel pada hari ketiga (a) tanpa formalin (b) berformalin

Pada hari keempat tahu tanpa formalin sudah ditumbuhi jamur dan mulai mengalami perubahan warna. Sampel tahu tanpa formalin kondisi fisiknya masih tetap seperti hari pertama.



Gambar 4.15 Kondisi sampel pada hari kedua (a) tanpa formalin (b) berformalin

Pada hari kelima tahu tanpa formalin sudah berjamur di semua bagian tahu dan berbau busuk. Sedangkan tahu berformalin kondisi fisiknya tidak mengalami perubahan.

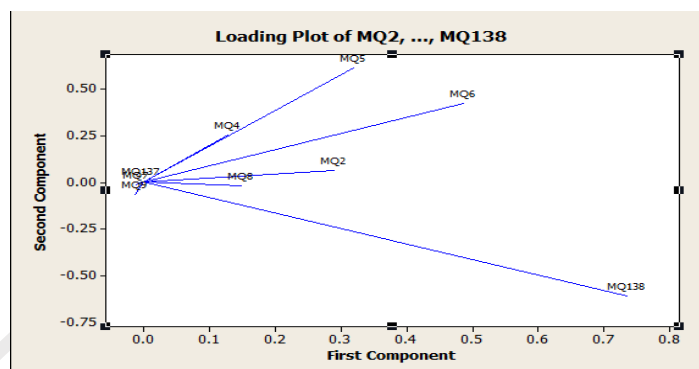


Gambar 4.16 Kondisi sampel pada hari kedua (a) tanpa formalin (b) berformalin

. Dari gambar tersebut terlihat bahwa sampel tahu tanpa formalin mengalami perubahan fisik yang sangat signifikan. Hal ini diakibatkan pertumbuhan jamur yang lebih cepat dibandingkan dengan tahu berformalin, hal ini mengakibatkan terjadi perubahan aroma yang signifikan pada kedua jenis tahu pada hari kelima.

4.2.6 Analisis Loading Plot Pca Untuk Menentukan Respon Tiap Sensor Gas

Loading plot adalah gambaran keseluruhan sensor saat merespon sampel biasa berupa garis panjang yang berpusat di satu titik yang merupakan gambaran semua sampel. Respon tiap sensor bisa dilihat dari panjangnya garis yang ada pada loading plot. semakin panjang garis dari sensor maka semakin besar kontribusi sensor tersebut dalam proses klasifikasi. Berikut adalah loading plot dari data proses perubahan aroma tahu berformalin dan tanpa formalin:



Gambar 4.17 Loading Plot Larik sensor

Ada tiga sensor yang memiliki garis terpanjang, MQ5, MQ6, MQ138, adalah sensor yang berkontribusi besar sebagai parameter pembeda sampel. Sedangkan sensor yang berkontribusi sedikit dalam pengklasifikasian perkembangan aroma tahu ada tiga sensor yakni MQ137, MQ9, MQ7.

Tiga sensor gas MQ5, MQ6, MQ138 bisa merespon perkembangan aroma tahu berformalin dan tanpa formalin karena memiliki sensitivitas terhadap senyawa volatil yang ada pada kedua sampel.

MQ 138 merupakan sensor yang paling sensitif dalam membedakan tahu berformalin dan tanpa formalin, karena sensor ini memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dalam membedakan senyawa volatil yang ada pada tahu berformalin dan gas yang ada pada formalin itu sendiri.

4.2.7 Keamanan Pangan Dalam pandangan Islam

Keamanan pangan merupakan syarat penting yang harus melekat pada pangan yang hendak dikonsumsi oleh semua masyarakat. Pangan yang bermutu dan aman dapat dihasilkan dari dapur rumah tangga maupun dari industri pangan. Oleh karena, itu industri pangan adalah salah satu faktor penentu beredarnya

pangan yang memenuhi standar mutu dan keamanan yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Keamanan pangan bukan hanya merupakan isu dunia tapi juga menyangkut kepedulian individu. Jaminan akan keamanan pangan adalah merupakan hak asasi konsumen. Pangan termasuk kebutuhan dasar terpenting dan sangat esensial dalam kehidupan manusia. Walaupun pangan itu menarik, nikmat, tinggi gizinya jika tidak aman dikonsumsi, praktis tidak ada nilainya sama sekali (Delfi, 2013).

Lebih dari 90% terjadinya penyakit pada manusia yang terkait dengan makanan (*foodborne diseases*) disebabkan oleh kontaminasi mikrobiologi, yaitu meliputi penyakit tipus, disentri bakteri/amuba, botulism, dan intoksikasi bakteri lainnya, serta hepatitis A dan *trichinellosis*. *Foodborne disease* lazim didefinisikan namun tidak akurat, serta dikenal dengan istilah keracunan makanan. WHO mendefinisikannya sebagai penyakit yang umumnya bersifat infeksi atau racun, yang disebabkan oleh *agent* yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan yang dicerna (Delfi, 2013).

Foodborne disease baik yang disebabkan oleh mikroba maupun penyebab lain di negara berkembang sangat bervariasi. Penyebab tersebut meliputi bakteri, parasit, virus, ganggang air tawar maupun air laut, racun mikrobial, dan toksin fauna, terutama marine fauna. Komplikasi, kadar, gejala dan waktu lamanya sakit juga sangat bervariasi tergantung penyebabnya. Patogen utama dalam pangan adalah *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus* serta toksin yang diproduksinya, *Bacillus cereus*, serta *Clostridium perfringens*. Di samping itu muncul jenis patogen yang semakin populer seperti *Campylobacter sp*, *Helicobacter sp*, *Vibrio*

urinificus, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, sedang lainnya secara rutin tidak dimonitor dan dievaluasi. Jenis patogen tertentu seperti kolera *thypoid* biasanya dianalisa dan diisolasi oleh laboratorium kedokteran (Delfi, 2013).

Keamanan pangan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu keamanan untuk kesehatan tubuh dan keamanan untuk kesehatan rohani. Keamanan untuk kesehatan tubuh berhubungan dengan pangan harus bebas dari hal-hal yang membahayakan tubuh seperti kandungan mikroorganisma patogen, komponen fisik, biologis, dan zat kimia yang membahayakan. Keamanan pangan untuk kesehatan rohani berkaitan dengan agama dan kepercayaan. Dalam Islam disyaratkan seorang muslim dalam mengkonsumsi pangan harus halal dan baik. Pangan yang baik dapat diartikan dengan pangan yang memiliki citarasa baik, sanitasi higienis, baik dan kandungan gizinya yang baik (Mamduh, 2014).

Pembahasan masalah makanan halal dan haram memiliki kedudukannya khusus dalam ajaran agama Islam. Islam menegaskan agar makanan dan minuman yang dikonsumsi termasuk dalam kategori halal. Karena, makanan yang halal menjadi sumber energi yang bersih bagi tubuh untuk melakukan aktivitas dalam mendekatkan diri kepada Allah Swt. Namun, sebaliknya makanan haram dan tidak *thayyib* menjadi sumber kehancuran dan kerusakan yang memicu kerusakan moral, mental, dan sosial. Imam Ridha berkata “ Islam mengharamkan maupun memakruhkan segala sesuatu yang membahayakan tubuh manusia. Namun sebaliknya, membolehkan apa saja yang baik bagi jasmani dan rohani manusia” (Quraish, 2002).

Dalam Islam sendiri bahwa pada asalnya segala sesua itu diciptakan Allah itu halal dan mubah tidak ada yang haram, kecuali jika ada *nash* (dalil) yang *shahih* (tidak cacat periwayatannya) dan *sharih* (jelas maknanya) yang mengharamkannya. Pada dasarnya semua makanan berasal dari tumbuh-tumbuhan, sayur-sayuran, buah-buahan, dan hewan halal kecuali yang beracun dan membahayakan manusia (Maulia, 2013).

Al-Quran menyatakan bahwa manusia adalah makhluk yang berbeda dan lebih mulia dari binatang. Keistimewaan utama manusia dibandingkan dengan makhluk lainnya terletak pada karakteristik spiritual dan mentalnya. Makanan merupakan tolak ukur dari segala cerminan penilaian awal yang bisa mempengaruhi berbagai bentuk perilaku seseorang. Makanan bagi umat Islam tidak sekedar sarana pemenuhan kebutuhan secara lahiriah, akan tetapi juga bagian dari kebutuhan spiritual yang mutlak dilindungi. Bahwa hal halal haram bukanlah persoalan sederhana yang dapat diabaikan, melainkan masalah yang amat penting dan mendapat perhatian secara umum al-Quran dan Hadits menegaskan dampak gizi bagi moral dan mental manusia (Maulia, 2013).

Sumber utama ajaran Islam ini menegaskan perhatian terhadap aspek spiritual, selain dimensi fisik dan mental. Menurut al-Quran dan Hadits, jiwa manusia sebagaimana tubuh membutuhkan makanan yang baik. Allah swt dalam al-Quran menegaskan urgensi gizi yang bersih dan sehat bagi jiwa manusia. al-Quran dalam surat Abassa (80): 24 menegaskan

فَلْيَنْظُرِ الْإِنْسَانُ إِلَى طَعَامِهِ

“maka hendaklah manusia itu memperhatikan makanannya” (Qs. Abasa: 24).

Kata “*yanzhur*” dapat berarti melihat dengan mata kepala bisa juga melihat dengan mata hati yakni merenung/berfikir. Thohir Ibnu Asyur memahami Kata “*yanzhur*” dengan makna melihat menggunakan mata kepala karena ada kata *ila/ke* yang mengiringi kata tersebut. Tentu saja melihat dengan pandangan mata harus diikuti dengan upaya berpikir, dan disinilah yang dimaksud ayat di atas (Quraish, 2002).

Mengenai ayat ini Dr. Sayid Reza seorang dokter Iran menuturkan bahwa manusia harus memperhatikan makanan yang dikonsumsi. Dengan demikian manusia harus memperhatikan apakah makanannya bersih atau tidak, halal apa haram. Al-Harali seorang ulama besar (w. 1232 M) berpendapat bahwa jenis makanan dan minuman dapat mempengaruhi jiwa dan sifat-sifat mental pemakannya. Al-Harali menyimpulkan pendapatnya tersebut dengan menganalisis kata “*rijs*” yang disebutkan al-Quran sebagai alasan untuk mengharamkan makanan tertentu, seperti keharaman minuman keras (Qs al-Maidah (5): 90) bangkai, darah, dan daging babi (Qs al-An'am (6): 145) (Quraish, 2002).

Kata “*rijs*” menurut al-Harali memiliki makna "keburukan budi pekerti serta kebobrokan moral". Sehingga, apabila Allah menyebut jenis makanan tertentu dan menilainya sebagai “*rijs*”, maka ini berarti bahwa makanan tersebut dapat menimbulkan keburukan budi pekerti (Quraish, 2002).

Maka, sehendaknya manusia menjauhi seperti yang dikatakan dalam sebuah kaidah fiqhiyah.:

الضرر يزال

“Bahaya itu harus dihilangkan”

Kaidah di atas menjelaskan bahwa bahaya itu harus dihilangkan, baik itu berasal dari diri manusia ataupun berasal dari luar diri manusia itu sendiri. Jadi, perlu adanya keamanan pangan sebagai hak konsumen. Terutama dalam aspek kesehatan dan keselamatan (Maulia, 2013).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian beserta pembahasan yang telah dijabarkan dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Perkembangan bau yang terjadi pada sampel tahu tanpa formalin sampai dengan hari kelima lebih cepat bila dibandingkan dengan perubahan aroma yang terjadi pada sampel tahu berformalin. hal ini disebabkan oleh cepatnya pertumbuhan jamur pada tahu tanpa formalin yang menyebabkan sampel tersebut mengalami kerusakan yang lebih cepat bila dibandingkan dengan tahu berformalin.
2. sensor gas MQ5, MQ6, MQ138 bisa merespon perkembangan aroma tahu berformalin dan tanpa formalin karena memiliki sensitivitas terhadap senyawa volatil yang ada pada kedua sampel. MQ 138 merupakan sensor yang paling sensitif dalam membedakan tahu berformalin dan tanpa formalin, karena sensor ini memiliki sensitivitas yang sangat tinggi dalam membedakan senyawa volatil yang ada pada tahu berformalin dan gas yang ada pada formalin itu sendiri.
3. Data yang diperoleh sistem akuisisi data bau yang dibangun menunjukkan pola yang baik pada *score plot* PCA. Mengelompoknya data pada *score plot* PCA dikarenakan sensor gas dapat merespon perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin dari hari pertama sampai hari kelima. Didapatkan nilai akumulatif pc sebesar 95.7%. Dengan memperoleh

akumulatif $pc > 80\%$ maka dapat disimpulkan bahwa *score plote* dapat menjelaskan pendekatan perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin.

5.2 Saran

Terdapat banyak kekurangan dalam penelitian monitoring perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin berbasis *e-nose* menggunakan metode *principle component analysis* ini. Oleh karena itu penulis menyarankan beberapa hal sebagai bahan pengembangan selanjutnya, diantaranya:

1. Mencoba mengkombinasikan dengan analisis multivariate lainnya untuk menjelaskan perkembangan aroma tahu berformalin dan tanpa formalin.
2. Mencoba untuk melakukan variasi terhadap konsentrasi formalin.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap analisis komponen perkembangan bau tahu berformalin dan tanpa formalin.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qarni, 'Aidh. 2007. *Tafsir Muyassar*. Jakarta: Qisthi Press.
- Chi, T. and Huang D., 2008, *Implementation Study of an Electronic Nose System Based on Computing Mechanisms*, Fourth International Conference on Natural Computation IEEE Electronic Society
- D. Sharon,dkk. 1982. *Principles of Analysis Chemistry*. New York: Harcourt Brace College Publisher
- Faiqoh, Maulia. 2013. *Tinjauan hukum islam terhadap sertifikat produksi pangan dalam pasal 43 peraturan Pemerintah nomor 28 tahun 2004 tentang keamanan, mutu dan gizi pangan*. Skripsi. Semarang: IAIN Wali Songo.
- Fatimah,Cut Zuhra. 2006. *Flavor (cita rasa)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Fend, R., Geddes R., Lesellier S., Vordermeier H. M., Corner L. A. L., Gormley E., Costello E., Hewinson R. G., Marlin D. J., Woodman A. C., dan Chambers M. A. 2005. *Use of an Electronic Nose To Diagnose Mycobacterium bovis Infection in Badgers and Cattle*. Journal of Clinical Microbiology. 43: 1745–1751
- Fielder RJ, Soine GS, Bishop CM, Van Den Heuvel M, and Fletcher AP. 1981. *Toxicity Review 2. Formaldehyde*. London: HSMO.
- Gardner, J. W., dan P. N. Bartlett. 1994. *A Brief History of Electronic Noses*. Sens. Actuators B 18-19:211–220.
- Griesemer RA, Ulsamer AG, Arcos JC et al. 1982. *Report of the Federal Panel onFormaldehyde*. J. Environment Health Perspect. 43: 139-168.
- Handayani. 2006. *Bahaya Formalin pada Makanan*. Makasar: Departemen Komunikasi dan Informatika. PT Astra Internasional Tbk
- Hastuti,Sri. 2010. *Analisis Kualitatif Dan Kuantitatif Formaldehid Pada Ikan Asin Di Madura*. Madura: Universitas Trunujoyo
- Harris JC, Rumack BH and Aldrich FD. 1981 *Toxicology of urea formaldehyde and polyurethane foam insulations*. JAMA. 245: 243-245.
- Ibn Katsir, ad-Dimasyqi. 2007. *Shahih Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Ibnu Katsir
- Indang, N.M., Abdulamir, A. S., Bakar, A.A., Salleh, A.B., Lee. Y. H., Azah. N.Y. 2009. *A Review: Methods of Determination of Health-Endangering Formaldehyde in Diet*. Medwell Journals, 2: 31-47.

- Johnson, Richard. Dean Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 6th ed. New Jersey: Prentice Hall, hal. 356-360.
- Joliffe, IT. 2002. *Principal Component Analysis*. New York: Springer.
- Liu, Yuping. 2012. *Analysis of Organic Volatile Flavor Compounds in Fermented Stinky Tofu Using SPME with Different Fiber Coatings*. *Molecules*. 17: 3708-3722
- Loomis T. 1979. *Formaldehyde Toxicity*. *Arch Pathol Lab Med*. 103: 321-3.
- Mahdi, C. 2008, *Mengenal Berbagai Produk Reagen Kit Tester Untuk Uji Formalin, Borak, Zat Pewarna Berbahaya Dan kandungan yodium pada garam beryodium*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Margaret, Veronica Sihombing. 2009. *Analisa zat pewarna kuning pada tahu yang dijual di pasar-pasar di medan, tahun 2008*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Mekar, Nyi Saptarini. 2011. *Deteksi Formalin dalam Tahu di Pasar Tradisional Purwakarta*. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol. 12, No. 1, April 2011: 37 - 44
- National Instrument. 2001. *LabVIEW User Manual*. National Instruments.
- Phaisangittisagul, E., and Nagle H. T., 2011, *Predicting odor mixture's responses on machine olfaction sensors*, *Sensors and Actuators B* 155 473-482.
- Rahmawati, Fitri. 2013. *Teknologi Proses Pengolahan Tahu Dan Pemanfaatan Limbahnya*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
- Schiffman, S.S., Gutierrez-Osuna, R., Nagle, H. T., Kermani, B., 2003, *Handbook of Machine Olfaction*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al Misbah*. Jakarta: Lentera Hati
- Shihab, M. Quraish. 1996. *Wawasan al-Qur'an Tafsir Maudhu'i Atas Pelbagai Persoalan Umat*. Bandung: Mizan
- Shurtleff, William, Aiko Aoyagi. 2001. *The Book of Miso*. Japan: Ten Speed Press.
- Solomon K. and Cochrane J. 1984. *Formaldehyde toxicity. Part II. Review of acute and Chronic Effects on Health*. *S Afr Med Journal*. 66: 103
- Sumathi, S. 2007. *LabVIEW Basic Advanced Instrumentation System*. Berlin: Springer

Turner, A. P. F. dan Magan, N. 2004. *Electronic Noses and Disease Diagnostic*, Nature Review in Microbiology, Vol. 2, pp. 161-166

Widyaningsih. dan Murtini. 2006. *Alternatif Pengganti Formalin pada Produk Pangan*. Surabaya: Trubus Agrissarana.

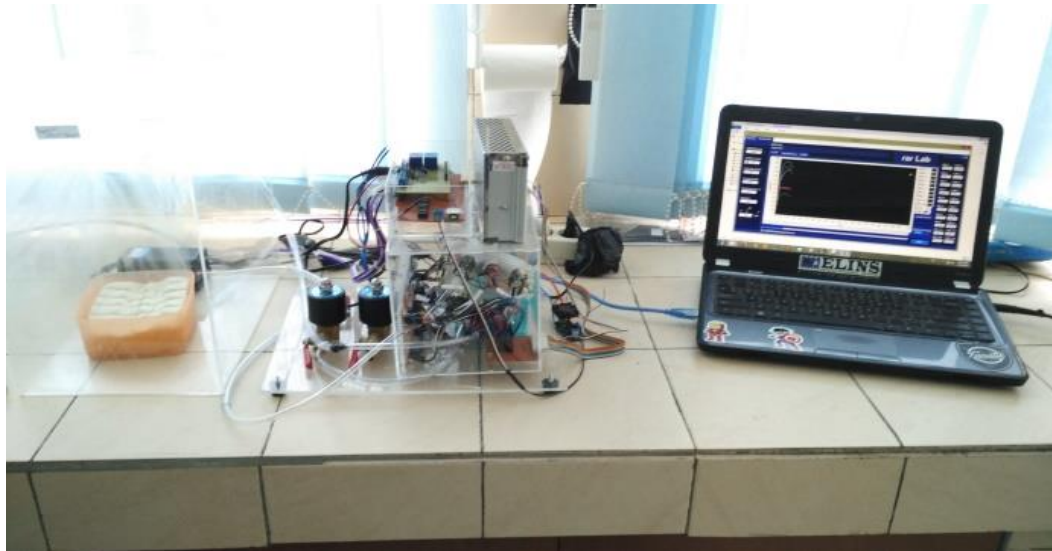
Winarno, F. 1993. *Pangan Gizi, Teknologi , dan Konsumen*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.



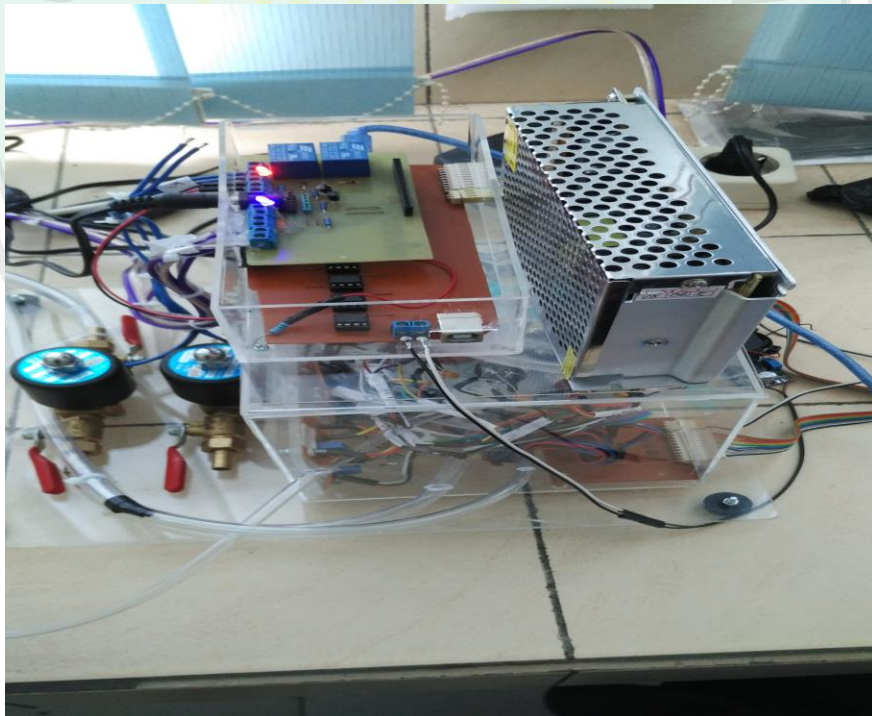


LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto hasil eksperimen



Proses Pengambilan Data

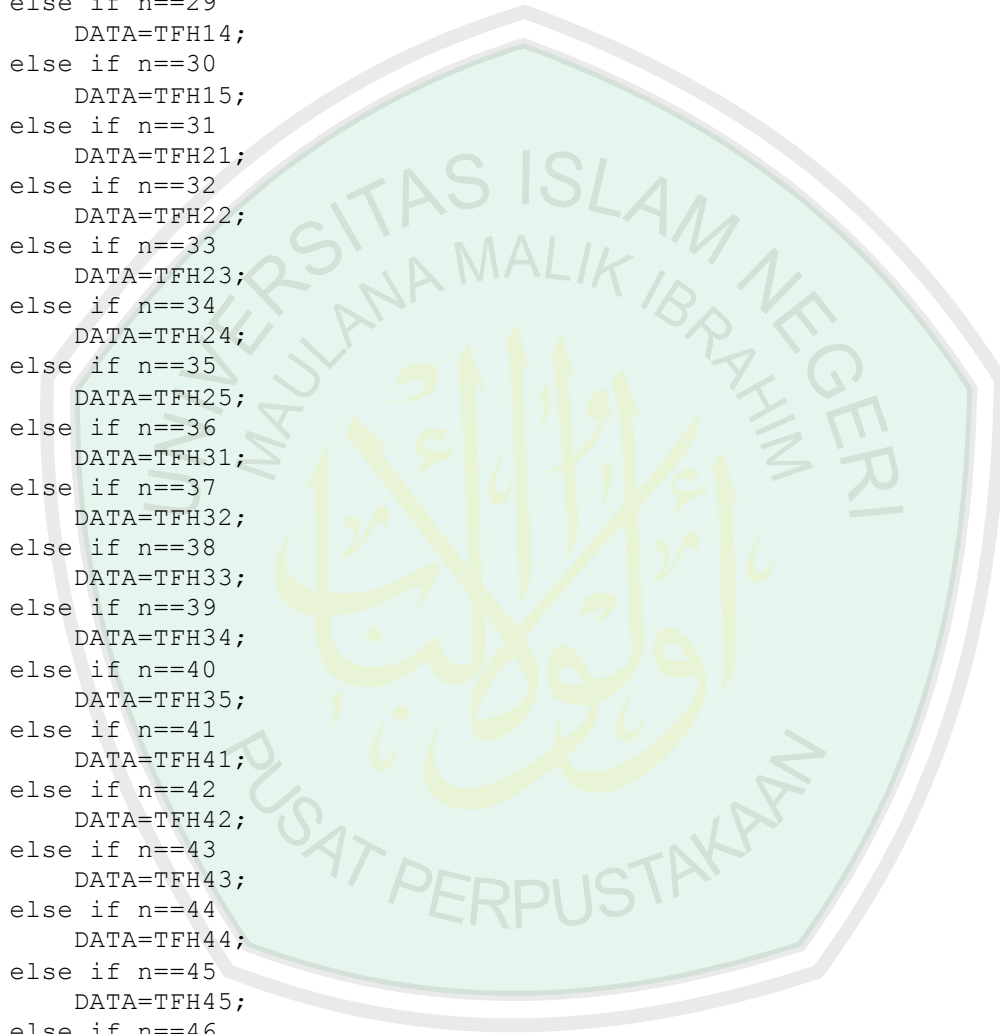


Hardware E-Nose

Lampiran 2 skrip luasan tahu

```
load('LUASDATATAHU.mat') %Load Variabel ke workspace
for n=1:1:50; %perulangan untuk membentuk data dengan baris sebanyak
75
%H=
if n==1
    DATA=TBH11; %Load data = TAHU FORMALIN HARI1 perulangan 1
else if n==2
    DATA=TBH12;
else if n==3
    DATA=TBH13;
else if n==4
    DATA=TBH14;
else if n==5
    DATA=TBH15;
else if n==6
    DATA=TBH21;
else if n==7
    DATA=TBH22;
else if n==8
    DATA=TBH23;
else if n==9
    DATA=TBH24;
else if n==10
    DATA=TBH25;
else if n==11
    DATA=TBH31;
else if n==12
    DATA=TBH32;
else if n==13
    DATA=TBH33;
else if n==14
    DATA=TBH34;
else if n==15
    DATA=TBH35;
else if n==16
    DATA=TBH41;
else if n==17
    DATA=TBH42;
else if n==18
    DATA=TBH43;
else if n==19
    DATA=TBH44;
else if n==20
    DATA=TBH45;
else if n==21
    DATA=TBH51;
else if n==22
    DATA=TBH52;
else if n==23
    DATA=TBH53;
else if n==24
    DATA=TBH54;
```

```
else if n==25
    DATA=TBH55;
else if n==26
    DATA=TFH11;
else if n==27
    DATA=TFH12;
else if n==28
    DATA=TFH13;
else if n==29
    DATA=TFH14;
else if n==30
    DATA=TFH15;
else if n==31
    DATA=TFH21;
else if n==32
    DATA=TFH22;
else if n==33
    DATA=TFH23;
else if n==34
    DATA=TFH24;
else if n==35
    DATA=TFH25;
else if n==36
    DATA=TFH31;
else if n==37
    DATA=TFH32;
else if n==38
    DATA=TFH33;
else if n==39
    DATA=TFH34;
else if n==40
    DATA=TFH35;
else if n==41
    DATA=TFH41;
else if n==42
    DATA=TFH42;
else if n==43
    DATA=TFH43;
else if n==44
    DATA=TFH44;
else if n==45
    DATA=TFH45;
else if n==46
    DATA=TFH51;
else if n==47
    DATA=TFH52;
else if n==48
    DATA=TFH53;
else if n==49
    DATA=TFH54;
else if n==50
    DATA=TFH55;
end
end
```



```
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
  
DATA=DATA/1000; %resoluasi sinyal dari mili volt ke Volt  
for i=0:1:4;  
    if i == 0;  
        DATAc1=DATA(((2*i*60)+1):((2*i*60)+60),:); %sortirasi data  
collecting pertama  
%COLLECTING1
```

```

    DATAC1_MQ2=DATAC1(:,1);
    DATAC1_MQ3=DATAC1(:,2);
    DATAC1_MQ4=DATAC1(:,3);
    DATAC1_MQ5=DATAC1(:,4);
    DATAC1_MQ6=DATAC1(:,5);
    DATAC1_MQ7=DATAC1(:,6);
    DATAC1_MQ8=DATAC1(:,7);
    DATAC1_MQ9=DATAC1(:,8);
    DATAC1_MQ137=DATAC1(:,9);
    DATAC1_MQ138=DATAC1(:,10);
    DATAC1_MQ2=DATAC1(:,1)-min(DATAC1_MQ2); %pengurangan sinyal
dengan Baseline
    DATAC1_MQ3=DATAC1(:,2)-min(DATAC1_MQ3);
    DATAC1_MQ4=DATAC1(:,3)-min(DATAC1_MQ4);
    DATAC1_MQ5=DATAC1(:,4)-min(DATAC1_MQ5);
    DATAC1_MQ6=DATAC1(:,5)-min(DATAC1_MQ6);
    DATAC1_MQ7=DATAC1(:,6)-min(DATAC1_MQ7);
    DATAC1_MQ8=DATAC1(:,7)-min(DATAC1_MQ8);
    DATAC1_MQ9=DATAC1(:,8)-min(DATAC1_MQ9);
    DATAC1_MQ137=DATAC1(:,9)-min(DATAC1_MQ137);
    DATAC1_MQ138=DATAC1(:,10)-min(DATAC1_MQ138);
end
if i == 1; %Collecting ke dua
    DATAC2=DATA(((2*i*60)+1):((2*i*60)+60),:);
    %COLLECTING2
    DATAC2_MQ2=DATAC2(:,1);
    DATAC2_MQ3=DATAC2(:,2);
    DATAC2_MQ4=DATAC2(:,3);
    DATAC2_MQ5=DATAC2(:,4);
    DATAC2_MQ6=DATAC2(:,5);
    DATAC2_MQ7=DATAC2(:,6);
    DATAC2_MQ8=DATAC2(:,7);
    DATAC2_MQ9=DATAC2(:,8);
    DATAC2_MQ137=DATAC2(:,9);
    DATAC2_MQ138=DATAC2(:,10);
    DATAC2_MQ2=DATAC2(:,1)-min(DATAC2_MQ2);
    DATAC2_MQ3=DATAC2(:,2)-min(DATAC2_MQ3);
    DATAC2_MQ4=DATAC2(:,3)-min(DATAC2_MQ4);
    DATAC2_MQ5=DATAC2(:,4)-min(DATAC2_MQ5);
    DATAC2_MQ6=DATAC2(:,5)-min(DATAC2_MQ6);
    DATAC2_MQ7=DATAC2(:,6)-min(DATAC2_MQ7);
    DATAC2_MQ8=DATAC2(:,7)-min(DATAC2_MQ8);
    DATAC2_MQ9=DATAC2(:,8)-min(DATAC2_MQ9);
    DATAC2_MQ137=DATAC2(:,9)-min(DATAC2_MQ137);
    DATAC2_MQ138=DATAC2(:,10)-min(DATAC2_MQ138);
end
if i == 2;
    DATAC3=DATA(((2*i*60)+1):((2*i*60)+60),:);
    %COLLECTING3
    DATAC3_MQ2=DATAC3(:,1);
    DATAC3_MQ3=DATAC3(:,2);
    DATAC3_MQ4=DATAC3(:,3);
    DATAC3_MQ5=DATAC3(:,4);
    DATAC3_MQ6=DATAC3(:,5);

```

```

    DATAC3_MQ7=DATAC3(:,6);
    DATAC3_MQ8=DATAC3(:,7);
    DATAC3_MQ9=DATAC3(:,8);
    DATAC3_MQ137=DATAC3(:,9);
    DATAC3_MQ138=DATAC3(:,10);
    DATAC3_MQ2=DATAC3(:,1)-min(DATAC3_MQ2);
    DATAC3_MQ3=DATAC3(:,2)-min(DATAC3_MQ3);
    DATAC3_MQ4=DATAC3(:,3)-min(DATAC3_MQ4);
    DATAC3_MQ5=DATAC3(:,4)-min(DATAC3_MQ5);
    DATAC3_MQ6=DATAC3(:,5)-min(DATAC3_MQ6);
    DATAC3_MQ7=DATAC3(:,6)-min(DATAC3_MQ7);
    DATAC3_MQ8=DATAC3(:,7)-min(DATAC3_MQ8);
    DATAC3_MQ9=DATAC3(:,8)-min(DATAC3_MQ9);
    DATAC3_MQ137=DATAC3(:,9)-min(DATAC3_MQ137);
    DATAC3_MQ138=DATAC3(:,10)-min(DATAC3_MQ138);
end
    if i == 3;
    DATAC4=DATA(((2*i*60)+1):((2*i*60)+60),:);
    %COLLECTING4
    DATAC4_MQ2=DATAC4(:,1);
    DATAC4_MQ3=DATAC4(:,2);
    DATAC4_MQ4=DATAC4(:,3);
    DATAC4_MQ5=DATAC4(:,4);
    DATAC4_MQ6=DATAC4(:,5);
    DATAC4_MQ7=DATAC4(:,6);
    DATAC4_MQ8=DATAC4(:,7);
    DATAC4_MQ9=DATAC4(:,8);
    DATAC4_MQ137=DATAC4(:,9);
    DATAC4_MQ138=DATAC4(:,10);
    DATAC4_MQ2=DATAC4(:,1)-min(DATAC4_MQ2);
    DATAC4_MQ3=DATAC4(:,2)-min(DATAC4_MQ3);
    DATAC4_MQ4=DATAC4(:,3)-min(DATAC4_MQ4);
    DATAC4_MQ5=DATAC4(:,4)-min(DATAC4_MQ5);
    DATAC4_MQ6=DATAC4(:,5)-min(DATAC4_MQ6);
    DATAC4_MQ7=DATAC4(:,6)-min(DATAC4_MQ7);
    DATAC4_MQ8=DATAC4(:,7)-min(DATAC4_MQ8);
    DATAC4_MQ9=DATAC4(:,8)-min(DATAC4_MQ9);
    DATAC4_MQ137=DATAC4(:,9)-min(DATAC4_MQ137);
    DATAC4_MQ138=DATAC4(:,10)-min(DATAC4_MQ138);
end
    if i == 4;
    DATAC5=DATA(((2*i*60)+1):((2*i*60)+60),:);
    %COLLECTING5
    DATAC5_MQ2=DATAC5(:,1);
    DATAC5_MQ3=DATAC5(:,2);
    DATAC5_MQ4=DATAC5(:,3);
    DATAC5_MQ5=DATAC5(:,4);
    DATAC5_MQ6=DATAC5(:,5);
    DATAC5_MQ7=DATAC5(:,6);
    DATAC5_MQ8=DATAC5(:,7);
    DATAC5_MQ9=DATAC5(:,8);
    DATAC5_MQ137=DATAC5(:,9);
    DATAC5_MQ138=DATAC5(:,10);
    DATAC5_MQ2=DATAC5(:,1)-min(DATAC5_MQ2);

```

```

        DATAC5_MQ3=DATAC5(:,2)-min(DATAC5_MQ3);
        DATAC5_MQ4=DATAC5(:,3)-min(DATAC5_MQ4);
        DATAC5_MQ5=DATAC5(:,4)-min(DATAC5_MQ5);
        DATAC5_MQ6=DATAC5(:,5)-min(DATAC5_MQ6);
        DATAC5_MQ7=DATAC5(:,6)-min(DATAC5_MQ7);
        DATAC5_MQ8=DATAC5(:,7)-min(DATAC5_MQ8);
        DATAC5_MQ9=DATAC5(:,8)-min(DATAC5_MQ9);
        DATAC5_MQ137=DATAC5(:,9)-min(DATAC5_MQ137);
        DATAC5_MQ138=DATAC5(:,10)-min(DATAC5_MQ138);
    end
end
for k=1:1:60; %poenghitungan luas dibawah kurva dengan integral
numerik trapezoid dengan sinyal sebanyak 60
    if k==1;
        LuasC1MQ2=DATAC1_MQ2(k)/2; %luas Collecting pertama sensor MQ-2
        LuasC1MQ3=DATAC1_MQ3(k)/2;
        LuasC1MQ4=DATAC1_MQ4(k)/2;
        LuasC1MQ5=DATAC1_MQ5(k)/2;
        LuasC1MQ6=DATAC1_MQ6(k)/2;
        LuasC1MQ7=DATAC1_MQ7(k)/2;
        LuasC1MQ8=DATAC1_MQ8(k)/2;
        LuasC1MQ9=DATAC1_MQ9(k)/2;
        LuasC1MQ137=DATAC1_MQ137(k)/2;
        LuasC1MQ138=DATAC1_MQ138(k)/2;
        LuasC2MQ2=DATAC2_MQ2(k)/2;
        LuasC2MQ3=DATAC2_MQ3(k)/2;
        LuasC2MQ4=DATAC2_MQ4(k)/2;
        LuasC2MQ5=DATAC2_MQ5(k)/2;
        LuasC2MQ6=DATAC2_MQ6(k)/2;
        LuasC2MQ7=DATAC2_MQ7(k)/2;
        LuasC2MQ8=DATAC2_MQ8(k)/2;
        LuasC2MQ9=DATAC2_MQ9(k)/2;
        LuasC2MQ137=DATAC2_MQ137(k)/2;
        LuasC2MQ138=DATAC2_MQ138(k)/2;
        LuasC3MQ2=DATAC3_MQ2(k)/2;
        LuasC3MQ3=DATAC3_MQ3(k)/2;
        LuasC3MQ4=DATAC3_MQ4(k)/2;
        LuasC3MQ5=DATAC3_MQ5(k)/2;
        LuasC3MQ6=DATAC3_MQ6(k)/2;
        LuasC3MQ7=DATAC3_MQ7(k)/2;
        LuasC3MQ8=DATAC3_MQ8(k)/2;
        LuasC3MQ9=DATAC3_MQ9(k)/2;
        LuasC3MQ137=DATAC3_MQ137(k)/2;
        LuasC3MQ138=DATAC3_MQ138(k)/2;
        LuasC4MQ2=DATAC4_MQ2(k)/2;
        LuasC4MQ3=DATAC4_MQ3(k)/2;
        LuasC4MQ4=DATAC4_MQ4(k)/2;
        LuasC4MQ5=DATAC4_MQ5(k)/2;
        LuasC4MQ6=DATAC4_MQ6(k)/2;
        LuasC4MQ7=DATAC4_MQ7(k)/2;
        LuasC4MQ8=DATAC4_MQ8(k)/2;
        LuasC4MQ9=DATAC4_MQ9(k)/2;
        LuasC4MQ137=DATAC4_MQ137(k)/2;
        LuasC4MQ138=DATAC4_MQ138(k)/2;
    end
end

```



```

LuasC5MQ2=DATAC5_MQ2(k)/2;
LuasC5MQ3=DATAC5_MQ3(k)/2;
LuasC5MQ4=DATAC5_MQ4(k)/2;
LuasC5MQ5=DATAC5_MQ5(k)/2;
LuasC5MQ6=DATAC5_MQ6(k)/2;
LuasC5MQ7=DATAC5_MQ7(k)/2;
LuasC5MQ8=DATAC5_MQ8(k)/2;
LuasC5MQ9=DATAC5_MQ9(k)/2;
LuasC5MQ137=DATAC5_MQ137(k)/2;
LuasC5MQ138=DATAC5_MQ138(k)/2;
tempLuasC1MQ2=0; %variabel untuk menyimpan temporary Luas
tempLuasC1MQ3=0;
tempLuasC1MQ4=0;
tempLuasC1MQ5=0;
tempLuasC1MQ6=0;
tempLuasC1MQ7=0;
tempLuasC1MQ8=0;
tempLuasC1MQ9=0;
tempLuasC1MQ137=0;
tempLuasC1MQ138=0;
tempLuasC2MQ2=0;
tempLuasC2MQ3=0;
tempLuasC2MQ4=0;
tempLuasC2MQ5=0;
tempLuasC2MQ6=0;
tempLuasC2MQ7=0;
tempLuasC2MQ8=0;
tempLuasC2MQ9=0;
tempLuasC2MQ137=0;
tempLuasC2MQ138=0;
tempLuasC3MQ2=0;
tempLuasC3MQ3=0;
tempLuasC3MQ4=0;
tempLuasC3MQ5=0;
tempLuasC3MQ6=0;
tempLuasC3MQ7=0;
tempLuasC3MQ8=0;
tempLuasC3MQ9=0;
tempLuasC3MQ137=0;
tempLuasC3MQ138=0;
tempLuasC4MQ2=0;
tempLuasC4MQ3=0;
tempLuasC4MQ4=0;
tempLuasC4MQ5=0;
tempLuasC4MQ6=0;
tempLuasC4MQ7=0;
tempLuasC4MQ8=0;
tempLuasC4MQ9=0;
tempLuasC4MQ137=0;
tempLuasC4MQ138=0;
tempLuasC5MQ2=0;
tempLuasC5MQ3=0;
tempLuasC5MQ4=0;

```

```

tempLuasC5MQ5=0;
tempLuasC5MQ6=0;
tempLuasC5MQ7=0;
tempLuasC5MQ8=0;
tempLuasC5MQ9=0;
tempLuasC5MQ137=0;
tempLuasC5MQ138=0;
    else
LuasC1MQ2=(DATAC1_MQ2(k)+DATAC1_MQ2(k-1))/2;
LuasC1MQ3=(DATAC1_MQ3(k)+DATAC1_MQ3(k-1))/2;
LuasC1MQ4=(DATAC1_MQ4(k)+DATAC1_MQ4(k-1))/2;
LuasC1MQ5=(DATAC1_MQ5(k)+DATAC1_MQ5(k-1))/2;
LuasC1MQ6=(DATAC1_MQ6(k)+DATAC1_MQ6(k-1))/2;
LuasC1MQ7=(DATAC1_MQ7(k)+DATAC1_MQ7(k-1))/2;
LuasC1MQ8=(DATAC1_MQ8(k)+DATAC1_MQ8(k-1))/2;
LuasC1MQ9=(DATAC1_MQ9(k)+DATAC1_MQ9(k-1))/2;
LuasC1MQ137=(DATAC1_MQ137(k)+DATAC1_MQ137(k-1))/2;
LuasC1MQ138=(DATAC1_MQ138(k)+DATAC1_MQ138(k-1))/2;
LuasC2MQ2=(DATAC2_MQ2(k)+DATAC2_MQ2(k-1))/2;
LuasC2MQ3=(DATAC2_MQ3(k)+DATAC2_MQ3(k-1))/2;
LuasC2MQ4=(DATAC2_MQ4(k)+DATAC2_MQ4(k-1))/2;
LuasC2MQ5=(DATAC2_MQ5(k)+DATAC2_MQ5(k-1))/2;
LuasC2MQ6=(DATAC2_MQ6(k)+DATAC2_MQ6(k-1))/2;
LuasC2MQ7=(DATAC2_MQ7(k)+DATAC2_MQ7(k-1))/2;
LuasC2MQ8=(DATAC2_MQ8(k)+DATAC2_MQ8(k-1))/2;
LuasC2MQ9=(DATAC2_MQ9(k)+DATAC2_MQ9(k-1))/2;
LuasC2MQ137=(DATAC2_MQ137(k)+DATAC2_MQ137(k-1))/2;
LuasC2MQ138=(DATAC2_MQ138(k)+DATAC2_MQ138(k-1))/2;
LuasC3MQ2=(DATAC3_MQ2(k)+DATAC3_MQ2(k-1))/2;
LuasC3MQ3=(DATAC3_MQ3(k)+DATAC3_MQ3(k-1))/2;
LuasC3MQ4=(DATAC3_MQ4(k)+DATAC3_MQ4(k-1))/2;
LuasC3MQ5=(DATAC3_MQ5(k)+DATAC3_MQ5(k-1))/2;
LuasC3MQ6=(DATAC3_MQ6(k)+DATAC3_MQ6(k-1))/2;
LuasC3MQ7=(DATAC3_MQ7(k)+DATAC3_MQ7(k-1))/2;
LuasC3MQ8=(DATAC3_MQ8(k)+DATAC3_MQ8(k-1))/2;
LuasC3MQ9=(DATAC3_MQ9(k)+DATAC3_MQ9(k-1))/2;
LuasC3MQ137=(DATAC3_MQ137(k)+DATAC3_MQ137(k-1))/2;
LuasC3MQ138=(DATAC3_MQ138(k)+DATAC3_MQ138(k-1))/2;

LuasC4MQ2=(DATAC4_MQ2(k)+DATAC4_MQ2(k-1))/2;
LuasC4MQ3=(DATAC4_MQ3(k)+DATAC4_MQ3(k-1))/2;
LuasC4MQ4=(DATAC4_MQ4(k)+DATAC4_MQ4(k-1))/2;
LuasC4MQ5=(DATAC4_MQ5(k)+DATAC4_MQ5(k-1))/2;
LuasC4MQ6=(DATAC4_MQ6(k)+DATAC4_MQ6(k-1))/2;
LuasC4MQ7=(DATAC4_MQ7(k)+DATAC4_MQ7(k-1))/2;
LuasC4MQ8=(DATAC4_MQ8(k)+DATAC4_MQ8(k-1))/2;
LuasC4MQ9=(DATAC4_MQ9(k)+DATAC4_MQ9(k-1))/2;
LuasC4MQ137=(DATAC4_MQ137(k)+DATAC4_MQ137(k-1))/2;
LuasC4MQ138=(DATAC4_MQ138(k)+DATAC4_MQ138(k-1))/2;

LuasC5MQ2=(DATAC5_MQ2(k)+DATAC5_MQ2(k-1))/2;
LuasC5MQ3=(DATAC5_MQ3(k)+DATAC5_MQ3(k-1))/2;
LuasC5MQ4=(DATAC5_MQ4(k)+DATAC5_MQ4(k-1))/2;

```

```

LuasC5MQ5=(DATAC5_MQ5(k)+DATAC5_MQ5(k-1))/2;
LuasC5MQ6=(DATAC5_MQ6(k)+DATAC5_MQ6(k-1))/2;
LuasC5MQ7=(DATAC5_MQ7(k)+DATAC5_MQ7(k-1))/2;
LuasC5MQ8=(DATAC5_MQ8(k)+DATAC5_MQ8(k-1))/2;
LuasC5MQ9=(DATAC5_MQ9(k)+DATAC5_MQ9(k-1))/2;
LuasC5MQ137=(DATAC5_MQ137(k)+DATAC5_MQ137(k-1))/2;
LuasC5MQ138=(DATAC5_MQ138(k)+DATAC5_MQ138(k-1))/2;

```

end

```

LuasC1MQ2=LuasC1MQ2+tempLuasC1MQ2;
LuasC1MQ3=LuasC1MQ3+tempLuasC1MQ3;
LuasC1MQ4=LuasC1MQ4+tempLuasC1MQ4;
LuasC1MQ5=LuasC1MQ5+tempLuasC1MQ5;
LuasC1MQ6=LuasC1MQ6+tempLuasC1MQ6;
LuasC1MQ7=LuasC1MQ7+tempLuasC1MQ7;
LuasC1MQ8=LuasC1MQ8+tempLuasC1MQ8;
LuasC1MQ9=LuasC1MQ9+tempLuasC1MQ9;
LuasC1MQ137=LuasC1MQ137+tempLuasC1MQ137;
LuasC1MQ138=LuasC1MQ138+tempLuasC1MQ138;

```

```

LuasC2MQ2=LuasC2MQ2+tempLuasC2MQ2;
LuasC2MQ3=LuasC2MQ3+tempLuasC2MQ3;
LuasC2MQ4=LuasC2MQ4+tempLuasC2MQ4;
LuasC2MQ5=LuasC2MQ5+tempLuasC2MQ5;
LuasC2MQ6=LuasC2MQ6+tempLuasC2MQ6;
LuasC2MQ7=LuasC2MQ7+tempLuasC2MQ7;
LuasC2MQ8=LuasC2MQ8+tempLuasC2MQ8;
LuasC2MQ9=LuasC2MQ9+tempLuasC2MQ9;
LuasC2MQ137=LuasC2MQ137+tempLuasC2MQ137;
LuasC2MQ138=LuasC2MQ138+tempLuasC2MQ138;

```

```

LuasC3MQ2=LuasC3MQ2+tempLuasC3MQ2;
LuasC3MQ3=LuasC3MQ3+tempLuasC3MQ3;
LuasC3MQ4=LuasC3MQ4+tempLuasC3MQ4;
LuasC3MQ5=LuasC3MQ5+tempLuasC3MQ5;
LuasC3MQ6=LuasC3MQ6+tempLuasC3MQ6;
LuasC3MQ7=LuasC3MQ7+tempLuasC3MQ7;
LuasC3MQ8=LuasC3MQ8+tempLuasC3MQ8;
LuasC3MQ9=LuasC3MQ9+tempLuasC3MQ9;
LuasC3MQ137=LuasC3MQ137+tempLuasC3MQ137;
LuasC3MQ138=LuasC3MQ138+tempLuasC3MQ138;

```

```

LuasC4MQ2=LuasC4MQ2+tempLuasC4MQ2;
LuasC4MQ3=LuasC4MQ3+tempLuasC4MQ3;
LuasC4MQ4=LuasC4MQ4+tempLuasC4MQ4;
LuasC4MQ5=LuasC4MQ5+tempLuasC4MQ5;
LuasC4MQ6=LuasC4MQ6+tempLuasC4MQ6;
LuasC4MQ7=LuasC4MQ7+tempLuasC4MQ7;
LuasC4MQ8=LuasC4MQ8+tempLuasC4MQ8;
LuasC4MQ9=LuasC4MQ9+tempLuasC4MQ9;
LuasC4MQ137=LuasC4MQ137+tempLuasC4MQ137;
LuasC4MQ138=LuasC4MQ138+tempLuasC4MQ138;

```

LuasC5MQ2=LuasC5MQ2+tempLuasC5MQ2;
LuasC5MQ3=LuasC5MQ3+tempLuasC5MQ3;
LuasC5MQ4=LuasC5MQ4+tempLuasC5MQ4;
LuasC5MQ5=LuasC5MQ5+tempLuasC5MQ5;
LuasC5MQ6=LuasC5MQ6+tempLuasC5MQ6;
LuasC5MQ7=LuasC5MQ7+tempLuasC5MQ7;
LuasC5MQ8=LuasC5MQ8+tempLuasC5MQ8;
LuasC5MQ9=LuasC5MQ9+tempLuasC5MQ9;
LuasC5MQ137=LuasC5MQ137+tempLuasC5MQ137;
LuasC5MQ138=LuasC5MQ138+tempLuasC5MQ138;

tempLuasC1MQ2=LuasC1MQ2;
tempLuasC1MQ3=LuasC1MQ3;
tempLuasC1MQ4=LuasC1MQ4;
tempLuasC1MQ5=LuasC1MQ5;
tempLuasC1MQ6=LuasC1MQ6;
tempLuasC1MQ7=LuasC1MQ7;
tempLuasC1MQ8=LuasC1MQ8;
tempLuasC1MQ9=LuasC1MQ9;
tempLuasC1MQ137=LuasC1MQ137;
tempLuasC1MQ138=LuasC1MQ138;

tempLuasC2MQ2=LuasC2MQ2;
tempLuasC2MQ3=LuasC2MQ3;
tempLuasC2MQ4=LuasC2MQ4;
tempLuasC2MQ5=LuasC2MQ5;
tempLuasC2MQ6=LuasC2MQ6;
tempLuasC2MQ7=LuasC2MQ7;
tempLuasC2MQ8=LuasC2MQ8;
tempLuasC2MQ9=LuasC2MQ9;
tempLuasC2MQ137=LuasC2MQ137;
tempLuasC2MQ138=LuasC2MQ138;

tempLuasC3MQ2=LuasC3MQ2;
tempLuasC3MQ3=LuasC3MQ3;
tempLuasC3MQ4=LuasC3MQ4;
tempLuasC3MQ5=LuasC3MQ5;
tempLuasC3MQ6=LuasC3MQ6;
tempLuasC3MQ7=LuasC3MQ7;
tempLuasC3MQ8=LuasC3MQ8;
tempLuasC3MQ9=LuasC3MQ9;
tempLuasC3MQ137=LuasC3MQ137;
tempLuasC3MQ138=LuasC3MQ138;

tempLuasC4MQ2=LuasC4MQ2;
tempLuasC4MQ3=LuasC4MQ3;
tempLuasC4MQ4=LuasC4MQ4;
tempLuasC4MQ5=LuasC4MQ5;
tempLuasC4MQ6=LuasC4MQ6;
tempLuasC4MQ7=LuasC4MQ7;
tempLuasC4MQ8=LuasC4MQ8;

```

tempLuasC4MQ9=LuasC4MQ9;
tempLuasC4MQ137=LuasC4MQ137;
tempLuasC4MQ138=LuasC4MQ138;

tempLuasC5MQ2=LuasC5MQ2;
tempLuasC5MQ3=LuasC5MQ3;
tempLuasC5MQ4=LuasC5MQ4;
tempLuasC5MQ5=LuasC5MQ5;
tempLuasC5MQ6=LuasC5MQ6;
tempLuasC5MQ7=LuasC5MQ7;
tempLuasC5MQ8=LuasC5MQ8;
tempLuasC5MQ9=LuasC5MQ9;
tempLuasC5MQ137=LuasC5MQ137;
tempLuasC5MQ138=LuasC5MQ138;

end

Rata_RataLuasMQ2=(LuasC1MQ2+LuasC2MQ2+LuasC3MQ2+LuasC4MQ2+LuasC5MQ2)
/5; %rata-rata luas semua collecting
Rata_RataLuasMQ3=(LuasC1MQ3+LuasC2MQ3+LuasC3MQ3+LuasC4MQ3+LuasC5MQ3)
/5;
Rata_RataLuasMQ4=(LuasC1MQ4+LuasC2MQ4+LuasC3MQ4+LuasC4MQ4+LuasC5MQ4)
/5;
Rata_RataLuasMQ5=(LuasC1MQ5+LuasC2MQ5+LuasC3MQ5+LuasC4MQ5+LuasC5MQ5)
/5;
Rata_RataLuasMQ6=(LuasC1MQ6+LuasC2MQ6+LuasC3MQ6+LuasC4MQ6+LuasC5MQ6)
/5;
Rata_RataLuasMQ7=(LuasC1MQ7+LuasC2MQ7+LuasC3MQ7+LuasC4MQ7+LuasC5MQ7)
/5;
Rata_RataLuasMQ8=(LuasC1MQ8+LuasC2MQ8+LuasC3MQ8+LuasC4MQ8+LuasC5MQ8)
/5;
Rata_RataLuasMQ9=(LuasC1MQ9+LuasC2MQ9+LuasC3MQ9+LuasC4MQ9+LuasC5MQ9)
/5;
Rata_RataLuasMQ137=(LuasC1MQ137+LuasC2MQ137+LuasC3MQ137+LuasC4MQ137+
LuasC5MQ137)/5;
Rata_RataLuasMQ138=(LuasC1MQ138+LuasC2MQ138+LuasC3MQ138+LuasC4MQ138+
LuasC5MQ138)/5;

if n==1 %penyusunan data rata-rata luas pada matriks data

LuasCTBH11=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_
RataLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ8,Rata_
RataLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
else if n==2

LuasCTBH12=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_
RataLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ8,Rata_
RataLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
else if n==3

LuasCTBH13=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_

```



```

LuasMQ3,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==27

sCTFH12=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==28

sCTFH13=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==29

sCTFH14=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==30

sCTFH15=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==31

sCTFH21=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==32

sCTFH22=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
e if n==33

```

```
LuasCTFH25=[Rata RataLuasMQ2,Rata RataLuasMQ3,Rata RataLuasMQ4,Rata
```



```
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
end  
  
%penyimpanan data pada matriks keseluruhan  
Luas=[LuasCTBH11;LuasCTBH12;LuasCTBH13;LuasCTBH14;LuasCTBH15;LuasCTB  
H21;LuasCTBH22;LuasCTBH23;LuasCTBH24;LuasCTBH25;LuasCTBH31;LuasCTBH3  
2;LuasCTBH33;LuasCTBH34;LuasCTBH35;LuasCTBH41;LuasCTBH42;LuasCTBH43;  
LuasCTBH44;LuasCTBH45;LuasCTBH51;LuasCTBH52;LuasCTBH53;LuasCTBH54;Lu  
asCTBH55;LuasCTFH11;LuasCTFH12;LuasCTFH13;LuasCTFH14;LuasCTFH15;Luas  
CTFH21;LuasCTFH22;LuasCTFH23;LuasCTFH24;LuasCTFH25;LuasCTFH31;LuasCT  
FH32;LuasCTFH33;LuasCTFH34;LuasCTFH35;LuasCTFH41;LuasCTFH42;LuasCTFH  
43;LuasCTFH44;LuasCTFH45;LuasCTFH51;LuasCTFH52;LuasCTFH53;LuasCTFH54  
;LuasCTFH55];
```

Lampiran 3 Skrip Matlab PCA tahu tanpa formalin dan formalin

```
x=Luas; %Loading variabel matriks data 50 x 10

%memisahkan variabel berdasarkan sensor, dari data, kolom pertama
adalah
%sensor pertama, kolom kedua adalah sensor kedua, dan seterusnya.
MQ2=x(:,1); %seleksi data tiap sensor
%MQ3=x(:,2);
MQ4=x(:,3);
MQ5=x(:,4);
MQ6=x(:,5);
MQ7=x(:,6);
MQ8=x(:,7);
MQ9=x(:,8);
MQ137=x(:,9);
MQ138=x(:,10);
% Mencari rata-rata dari setiap nilai sensor
rataMQ2=mean(MQ2);
%rataMQ3=mean(MQ3);
rataMQ4=mean(MQ4);
rataMQ5=mean(MQ5);
rataMQ6=mean(MQ6);
rataMQ7=mean(MQ7);
rataMQ8=mean(MQ8);
rataMQ9=mean(MQ9);
rataMQ137=mean(MQ137);
rataMQ138=mean(MQ138);

%mengatur nilai dari tiap sensor(meng-Adjust)
MQ2adjust=MQ2-rataMQ2;
%MQ3adjust=MQ3-rataMQ3;
MQ4adjust=MQ4-rataMQ4;
MQ5adjust=MQ5-rataMQ5;
MQ6adjust=MQ6-rataMQ6;
MQ7adjust=MQ7-rataMQ7;
MQ8adjust=MQ8-rataMQ8;
MQ9adjust=MQ9-rataMQ9;
MQ137adjust=MQ137-rataMQ137;
MQ138adjust=MQ138-rataMQ138;

%membuat matriks data baru yang terdiri dari data "adjust" tiap-tiap
sensor
dataBaru=[MQ2adjust,MQ4adjust,MQ5adjust,MQ6adjust,MQ7adjust,MQ8adjust,
MQ9adjust,MQ137adjust,MQ138adjust];

% 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(:,9);
v2=vektorEig(:,8);
v3=vektorEig(:,7);

%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);

%plotting...
subplot(2,2,1)
plotPCAS=plot3(pca1(1:5),pca2(1:5),pca3(1:5),'bo',pca1(6:10),pca2(6:
10),pca3(6:10),'go',pca1(11:15),pca2(11:15),pca3(11:15),'ro',pca1(16
:20),pca2(16:20),pca3(16:20),'mo',pca1(21:25),pca2(21:25),pca3(21:25
),'ko',pca1(26:30),pca2(26:30),pca3(26:30),'b^',pca1(31:35),pca2(31:
35),pca3(31:35),'g^',pca1(36:40),pca2(36:40),pca3(36:40),'r^',pca1(4
1:45),pca2(41:45),pca3(41:45),'m^',pca1(45:50),pca2(45:50),pca3(45:5
0),'k^');
grid on;%mengaktifkan grid di plot
title('PCA TAHU TANPA FORMALIN DAN FORMALIN','FontWeight','Bold');

%pelabelan plot
xlabel('PC1=81.8%','FontWeight','Bold');
ylabel('PC2=13.9%','FontWeight','Bold');
zlabel('PC3=3.3%','FontWeight','Bold');
legend('Hari I','Hari II','Hari III','Hari IV','Hari v');
%subplot(2,2,2)
%plotPCAT=plot3(pca1(1:5),pca2(1:5),pca3(1:5),'bo',pca1(6:10),pca2(6
:10),pca3(6:10),'go',pca1(11:15),pca2(11:15),pca3(11:15),'ro',pca1(1
6:20),pca2(16:20),pca3(16:20),'yo',pca1(21:25),pca2(21:25),pca3(21:2
5),'ko');
%grid on;%mengaktifkan grid di plot
%title('PCA TAHU TANPA FORMALIN DAN FORMALIN','FontWeight','Bold');

%pelabelan plot
%xlabel('PC1=81.8%','FontWeight','Bold');
%ylabel('PC2=13.9%','FontWeight','Bold');
%zlabel('PC3=3.3%','FontWeight','Bold');
%legend('Hari I','Hari II','Hari III','Hari IV');
%subplot(2,2,4)

```

```

%plotPCAF=plot3(pca1(26:30),pca2(26:30),pca3(26:30),'bx',pca1(31:35)
,pca2(31:35),pca3(31:35),'gx',pca1(36:40),pca2(36:40),pca3(36:40),'r
x',pca1(41:45),pca2(41:45),pca3(41:45),'yx',pca1(45:50),pca2(45:50),
pca3(45:50),'kx');
%grid on;%mengaktifkan grid di plot
%title('PCA TAHU TANPA FORMALIN DAN FORMALIN','FontWeight','Bold');

%pelabelan plot
%xlabel('PC1=81.8%','FontWeight','Bold');
%ylabel('PC2=13.9%','FontWeight','Bold');
%zlabel('PC3=3.3%','FontWeight','Bold');
%legend('Hari I','Hari II','Hari III','Hari IV');

    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);

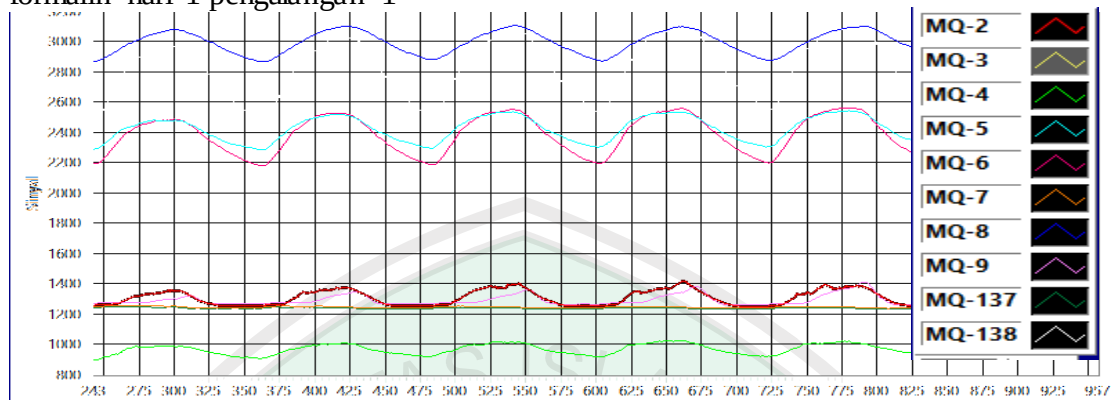
%menjumlahkan semua nilai eigen
total_nilai_eigen=sum(nilai_eigen);

%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);

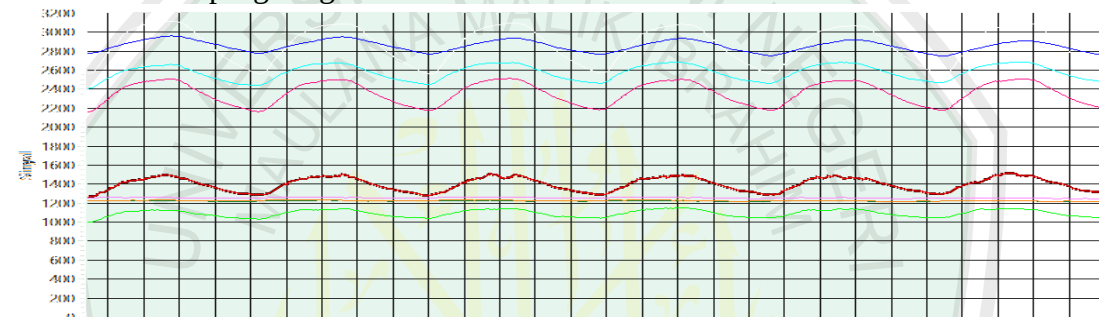
proporsi=[principle_componen1,principle_componen2,principle_componen3,p
rinciple_componen4,principle_componen5,principle_componen6,principle_com
ponen7,principle_componen8,principle_componen9];

```

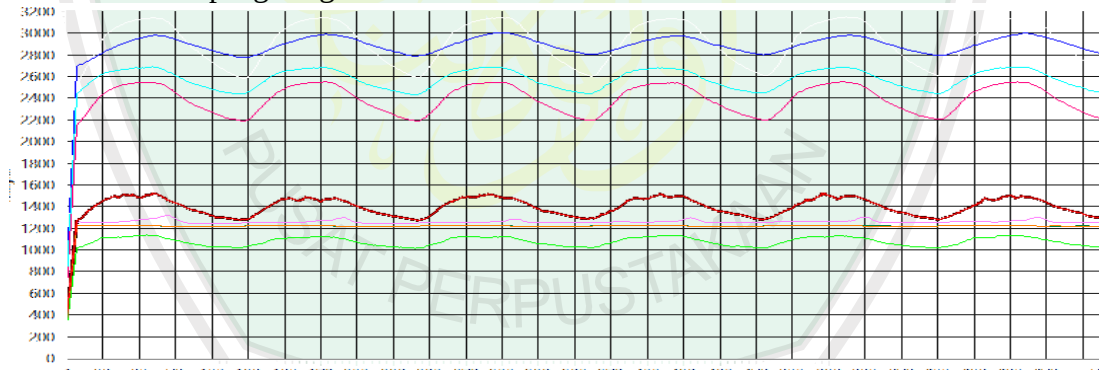
**Lampiran 4 grafik pengukuran sampel
formalin hari 1 pengulangan 1**



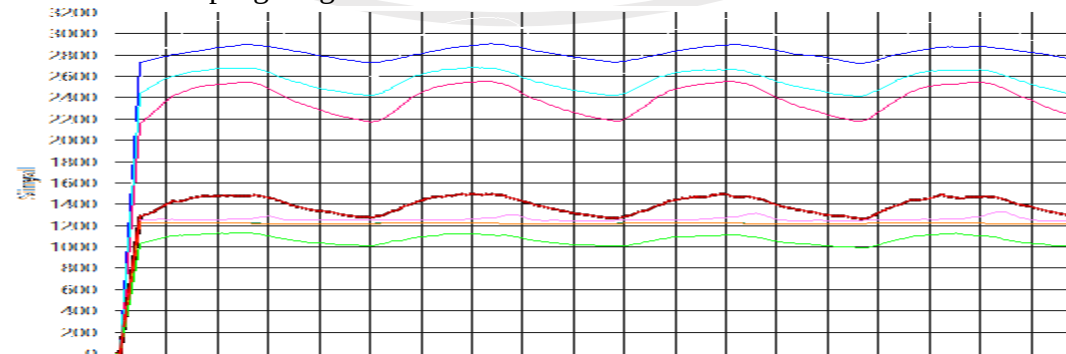
formalin hari 1 pengulangan 2



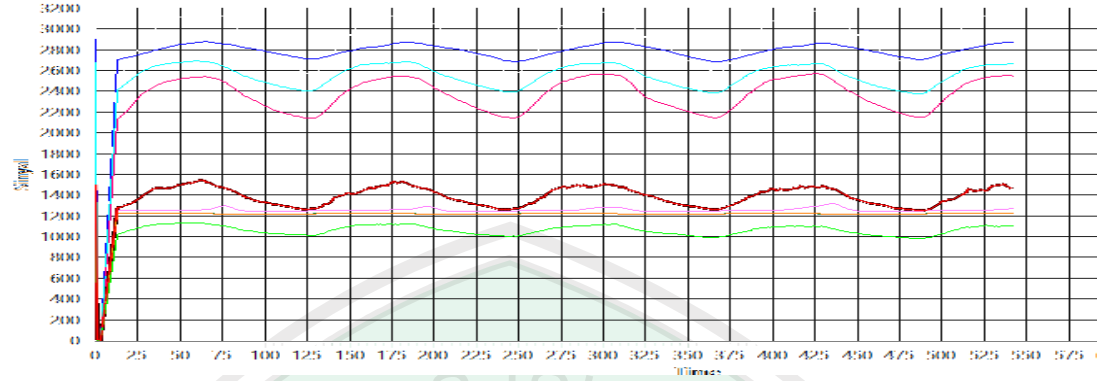
formalin hari 1 pengulangan 3



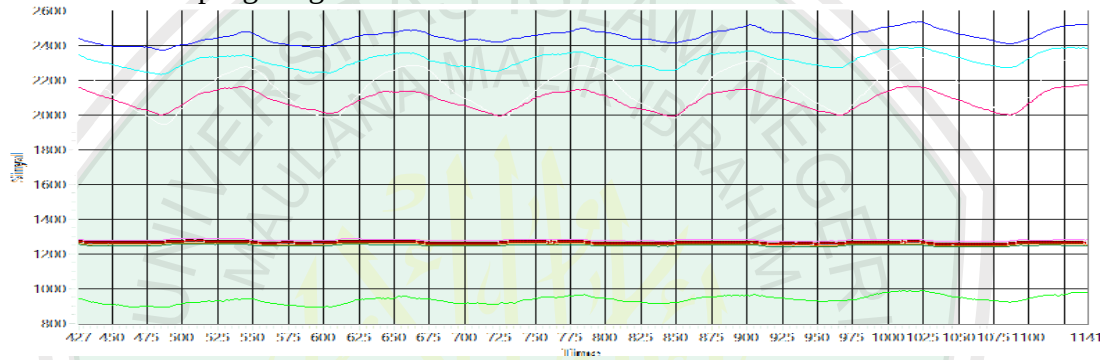
formalin hari 1 pengulangan 4



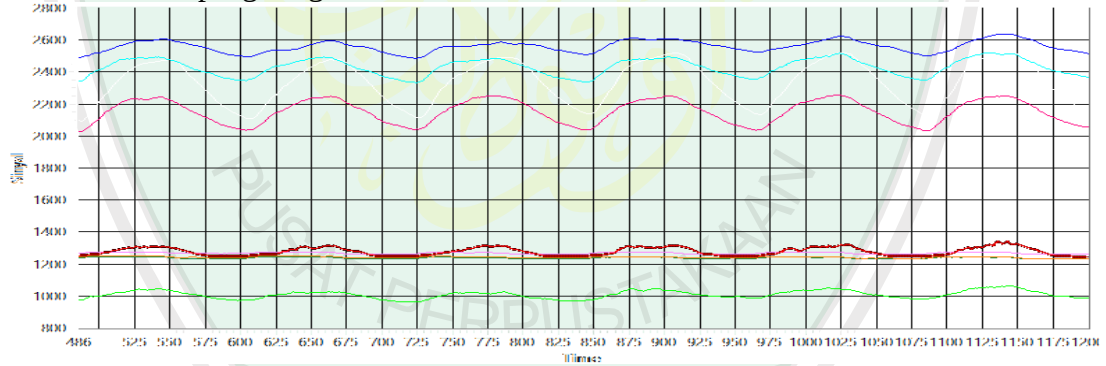
formalin hari 1 pengulangan 5



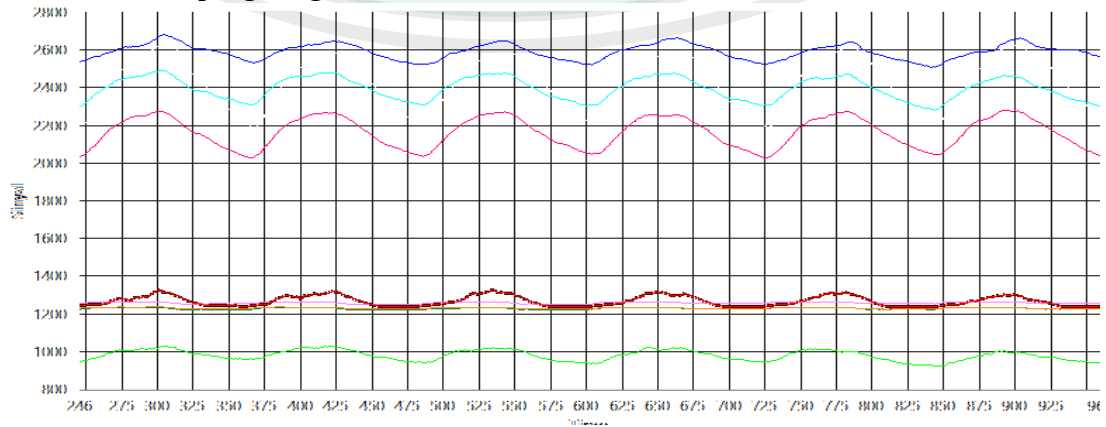
formalin hari 2 pengulangan 1



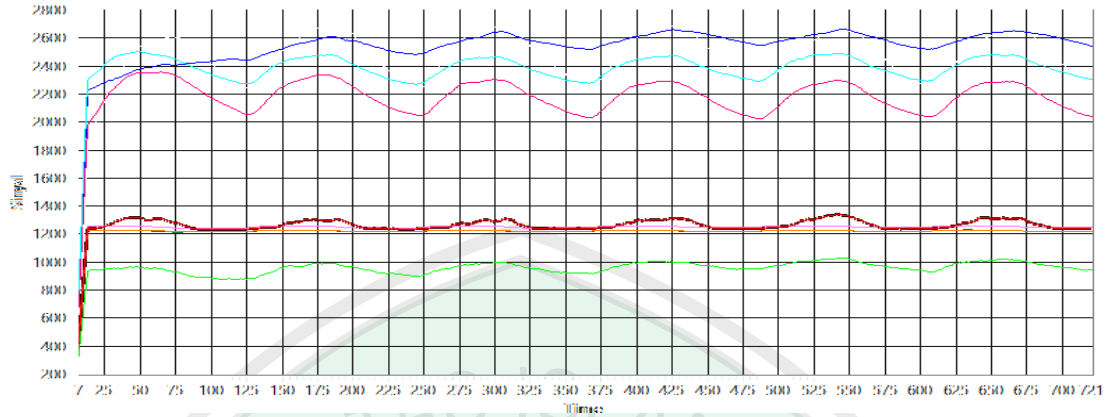
formalin hari 2 pengulangan 2



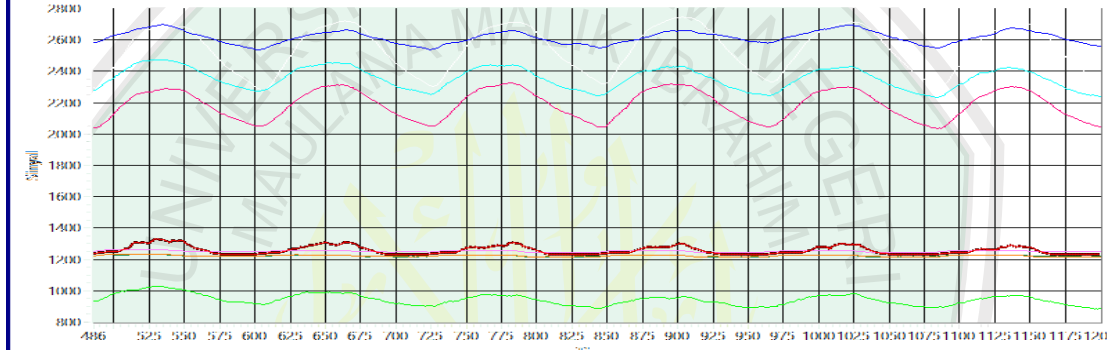
formalin hari 2 pengulangan 3



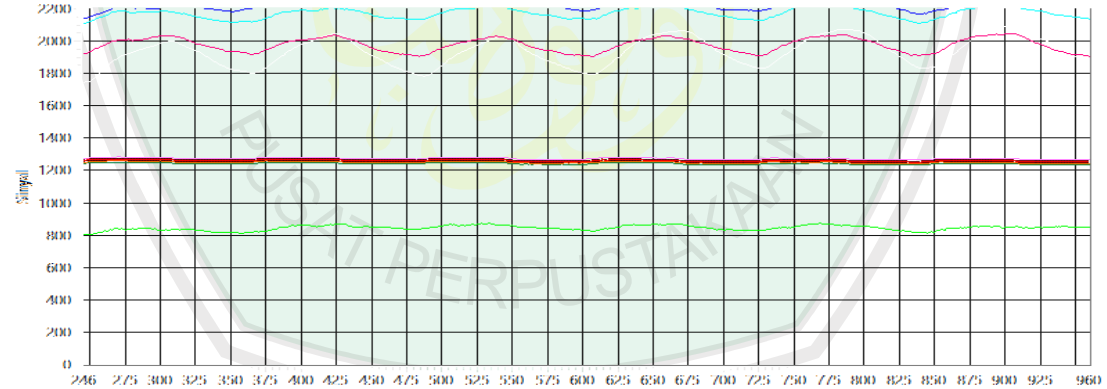
formalin hari 2 pengulangan 4



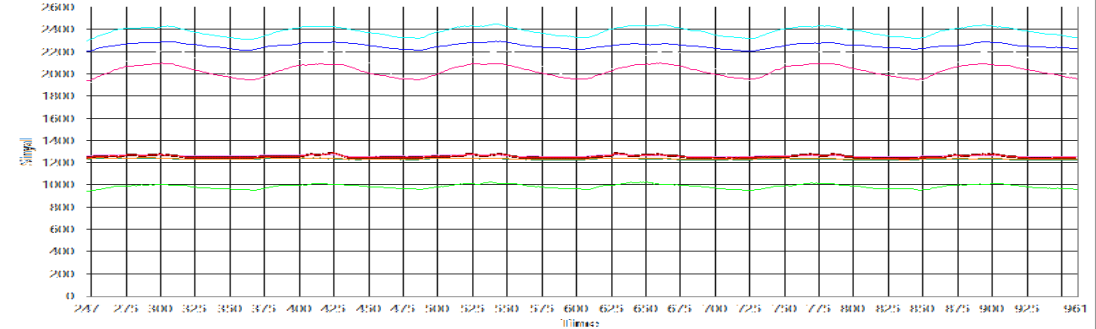
formalin hari 2 pengulangan 5



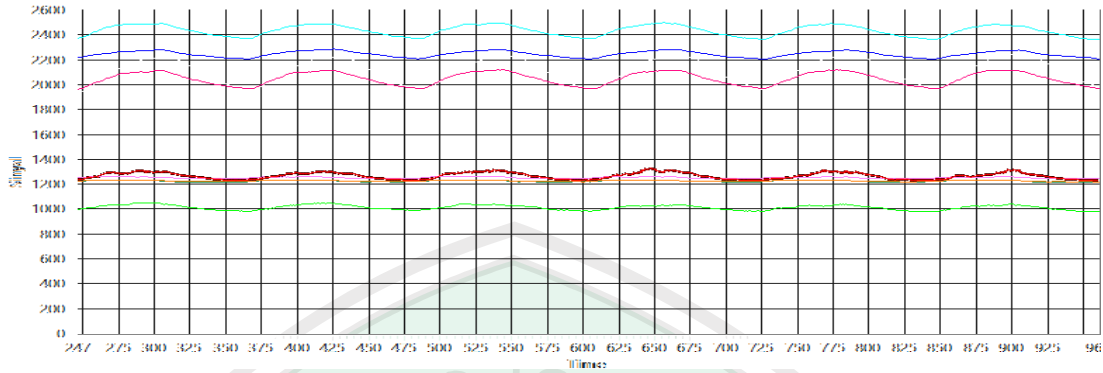
formalin hari 3 pengulangan 1



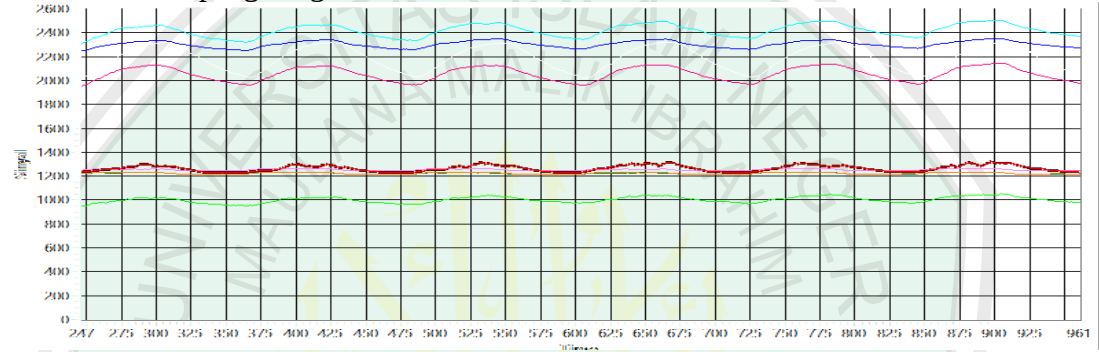
formalin hari 3 pengulangan 2



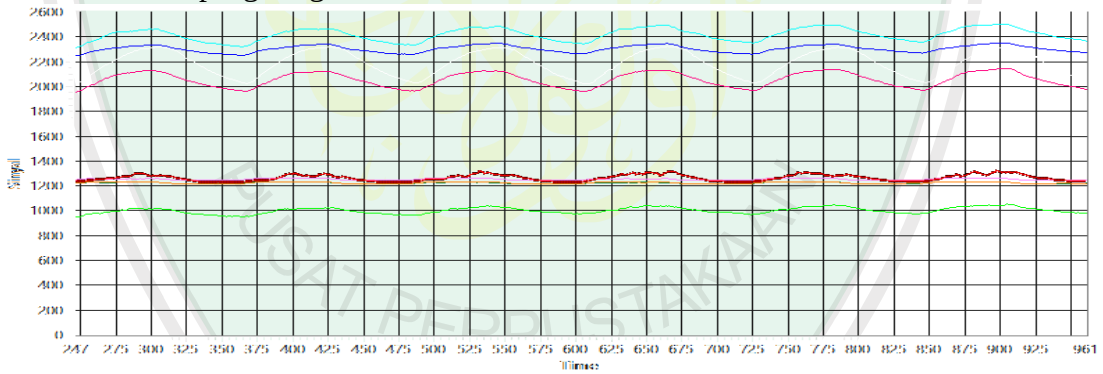
formalin hari 3 pengulangan 3



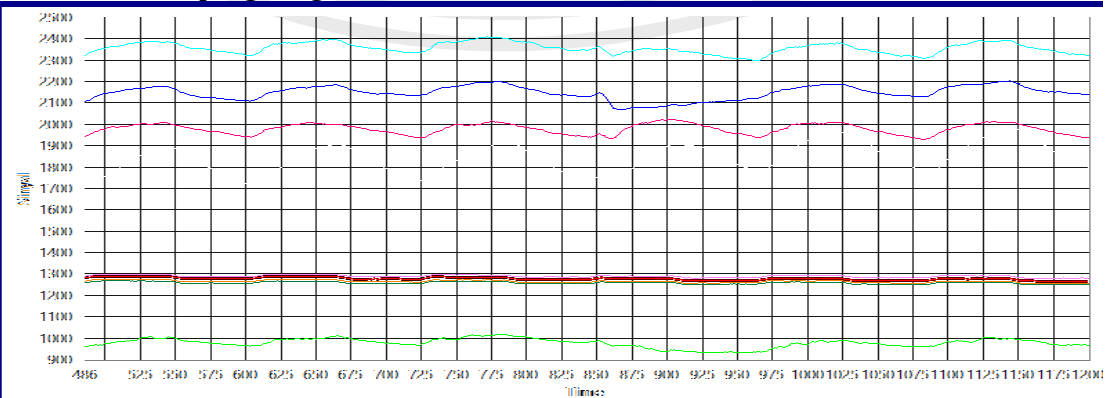
formalin hari 3 pengulangan 4



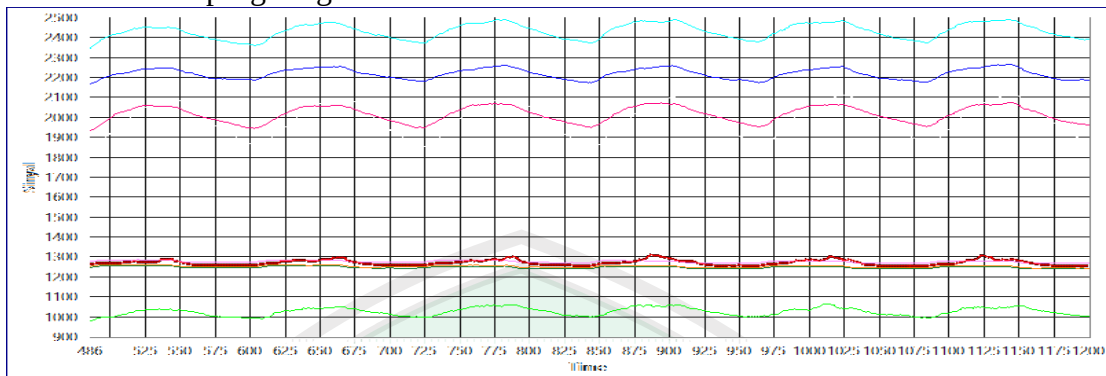
formalin hari 3 pengulangan 5



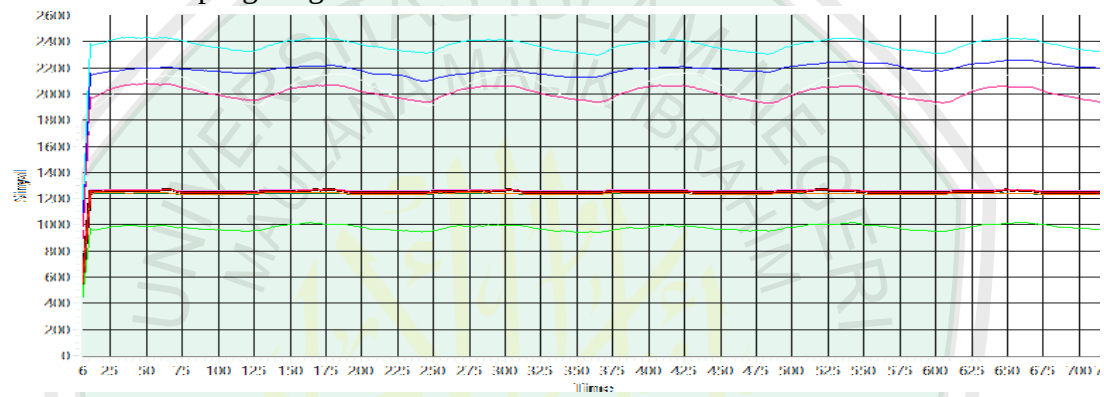
formalin hari 4 pengulangan 1



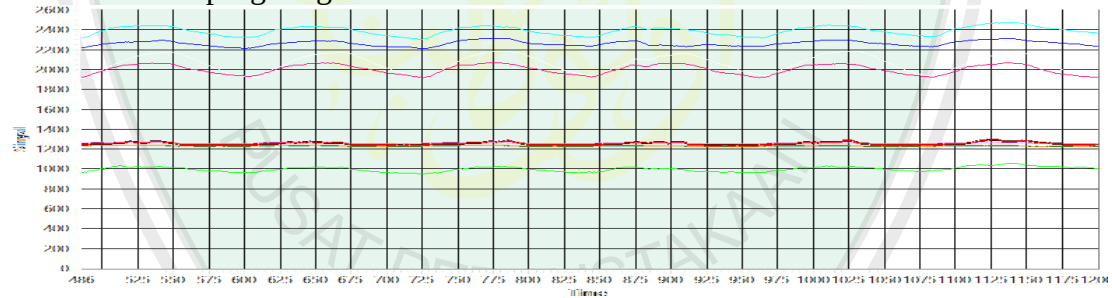
formalin hari 4 pengulangan 2



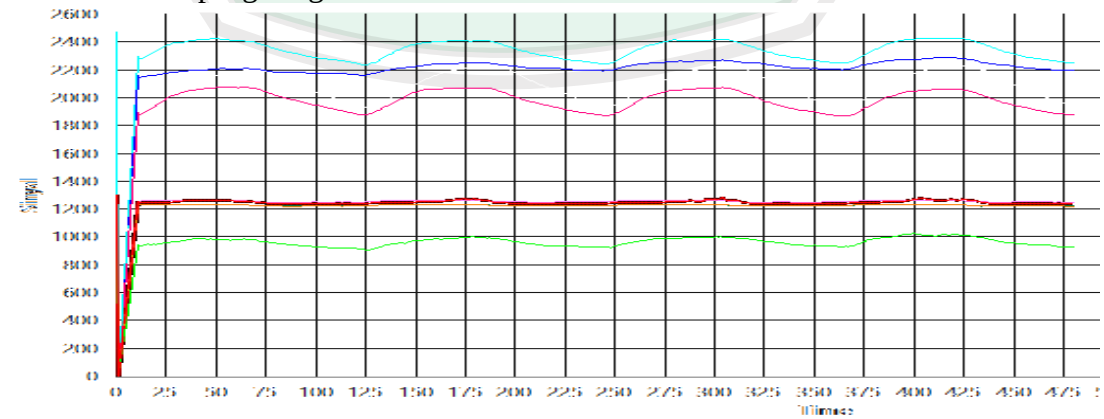
formalin hari 4 pengulangan 3



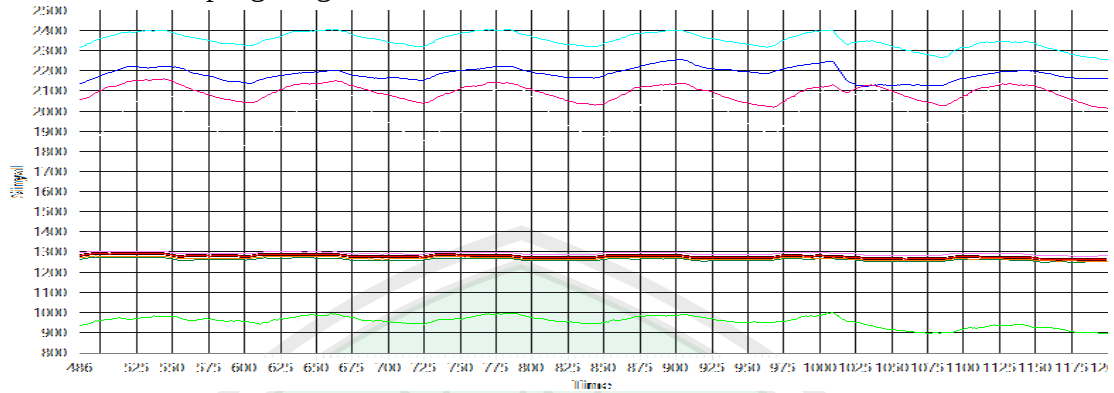
formalin hari 4 pengulangan 4



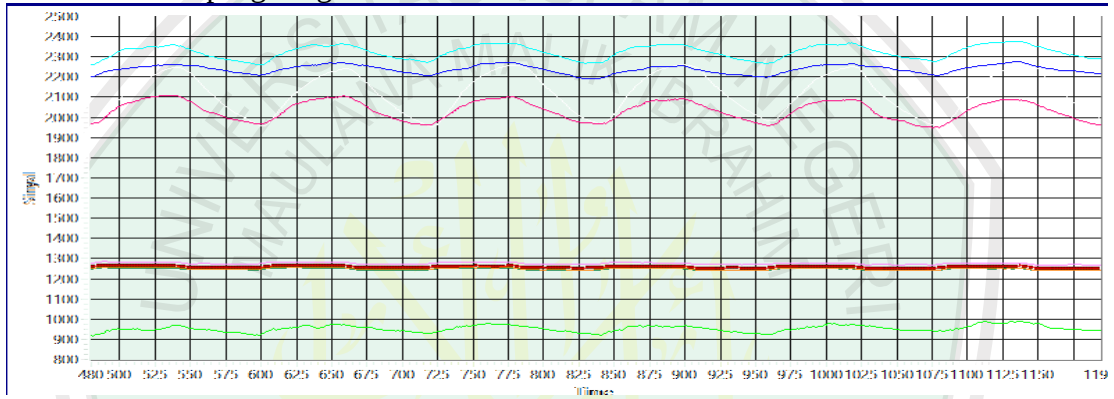
formalin hari 4 pengulangan 5



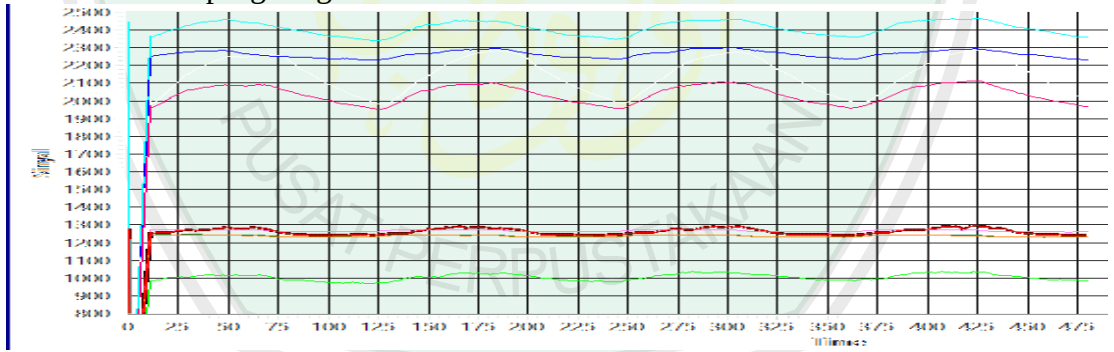
formalin hari 5 pengulangan 1



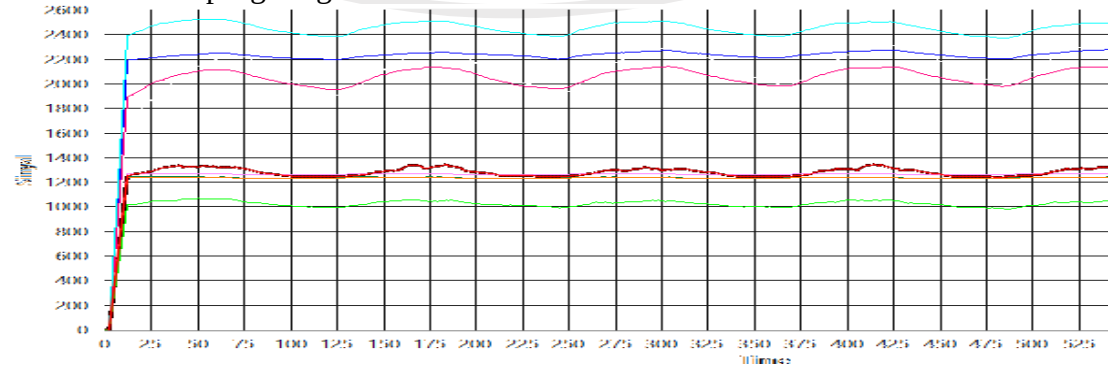
formalin hari 5 pengulangan 2



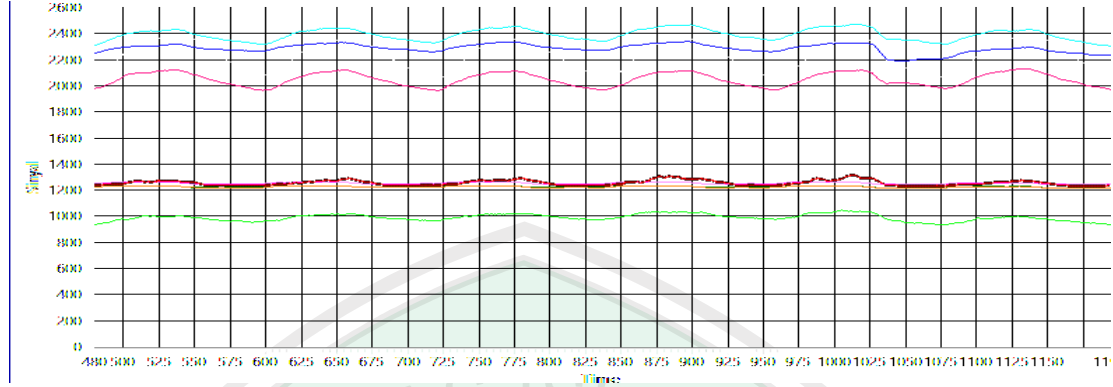
formalin hari 5 pengulangan 3



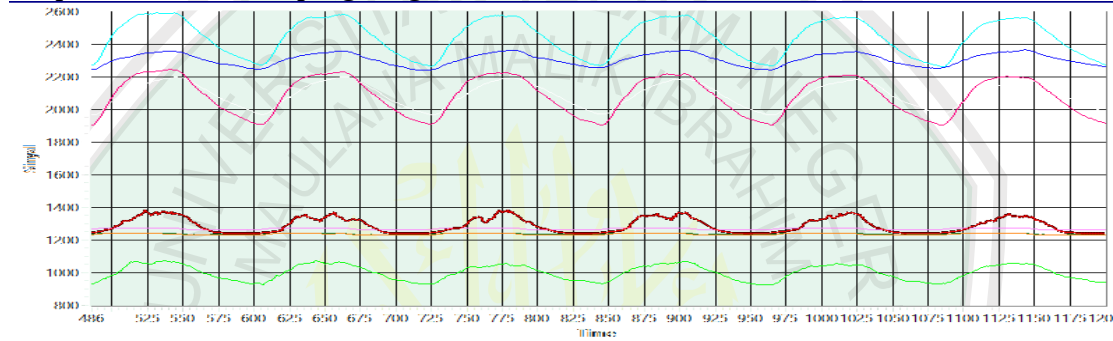
formalin hari 5 pengulangan 4



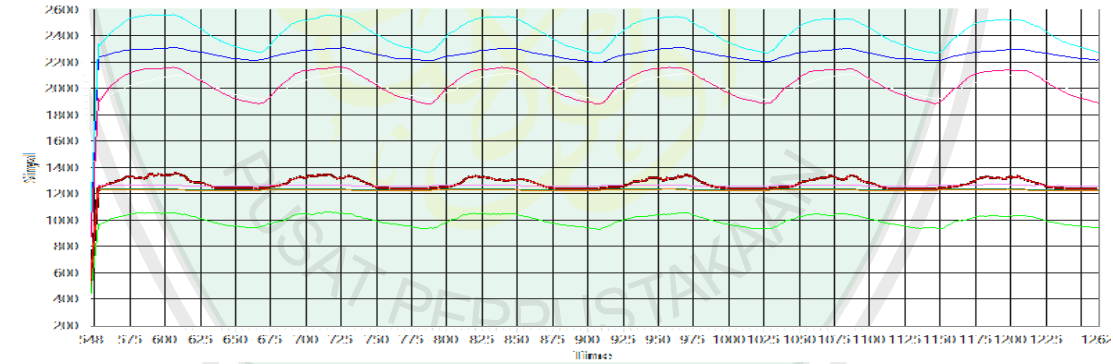
formalin hari 5 pengulangan 5



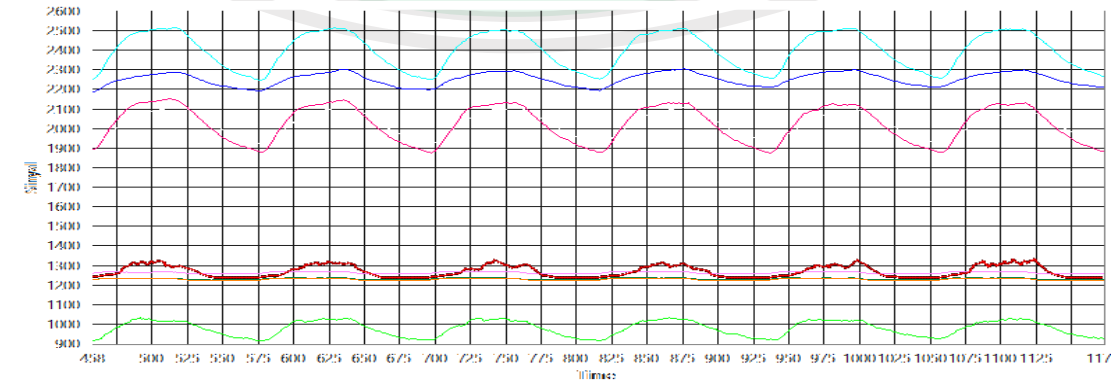
Tanpa formalin hari 1 pengulangan 1



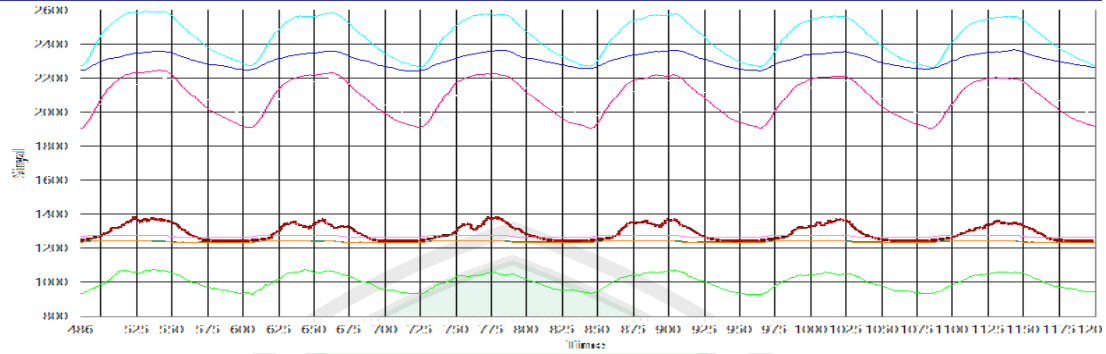
Tanpa formalin hari 1 pengulangan 2



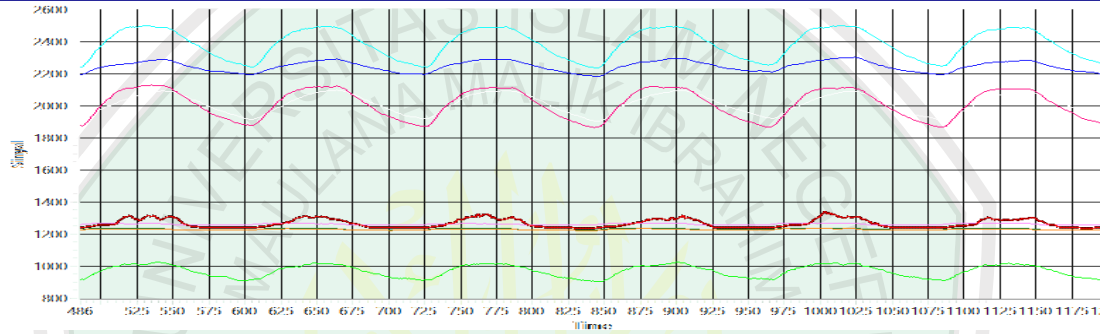
Tanpa formalin hari 1 pengulangan 3



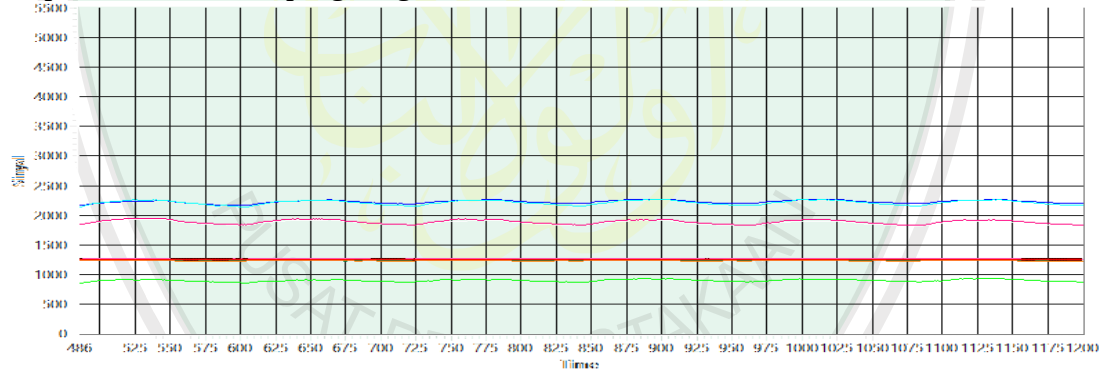
Tanpa formalin hari 1 pengulangan 4



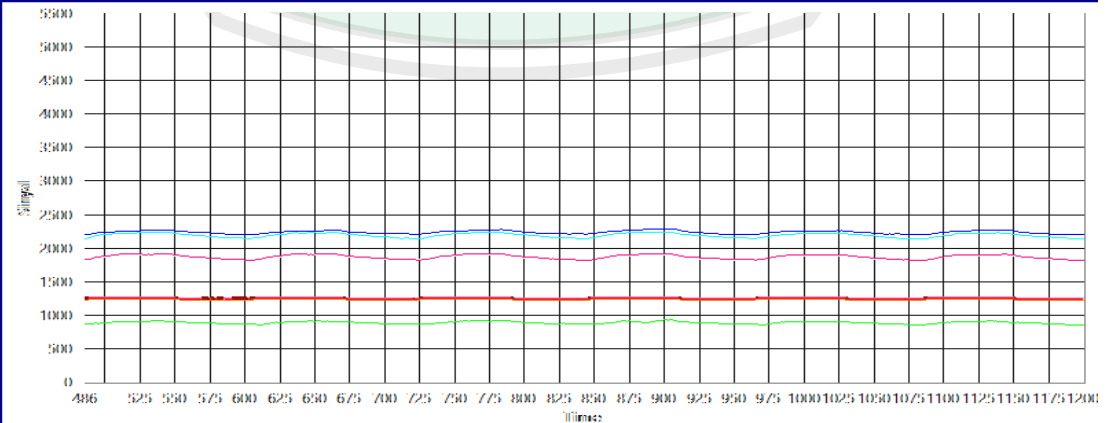
Tanpa formalin hari 1 pengulangan 5



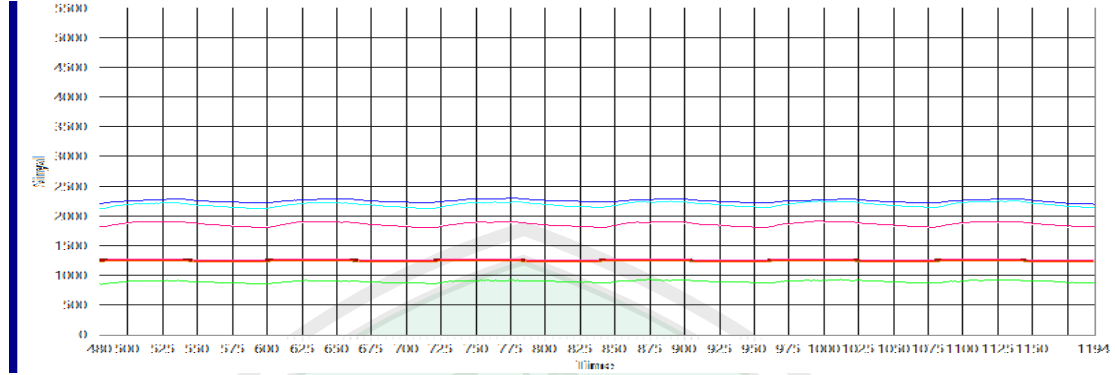
Tanpa formalin hari 2 pengulangan 1



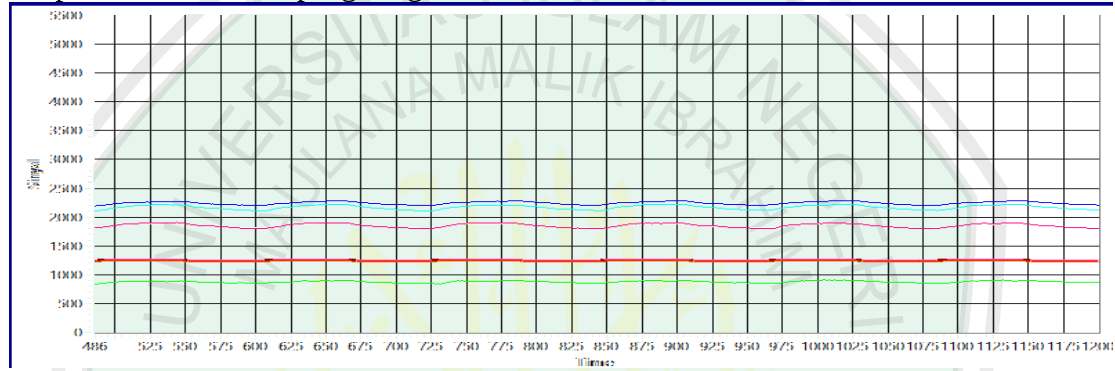
Tanpa formalin hari 2 pengulangan 2



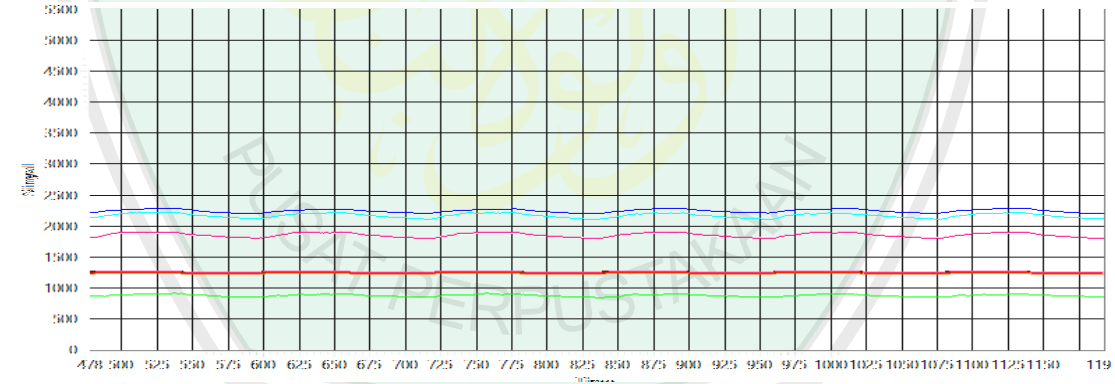
Tanpa formalin hari 2 pengulangan 3



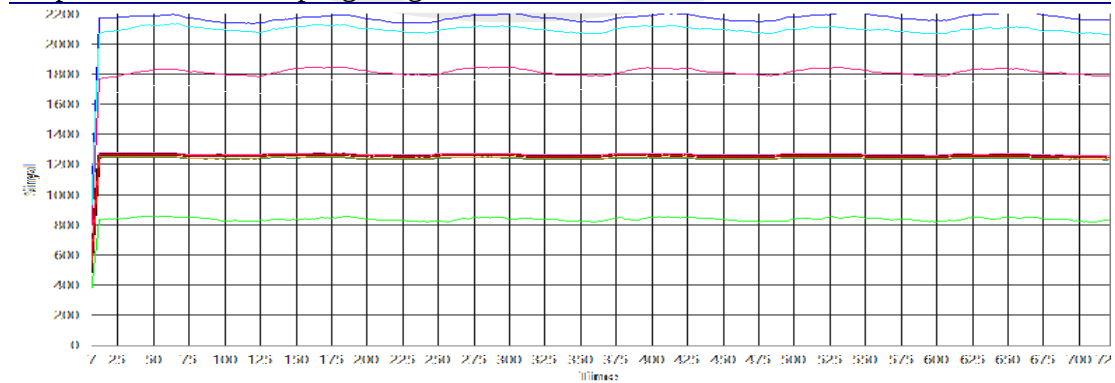
Tanpa formalin hari 2 pengulangan 4



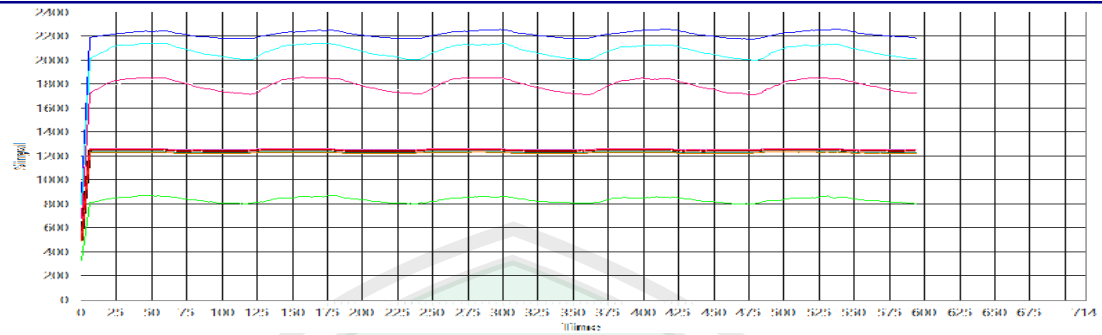
Tanpa formalin hari 2 pengulangan 5



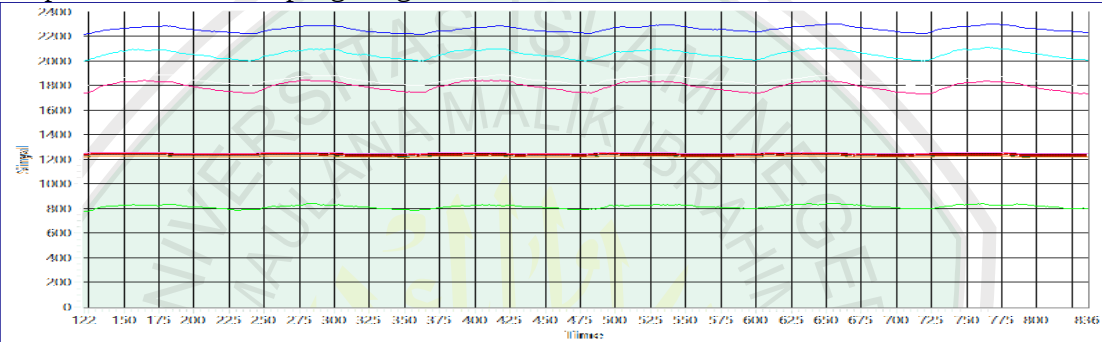
Tanpa formalin hari 3 pengulangan 1



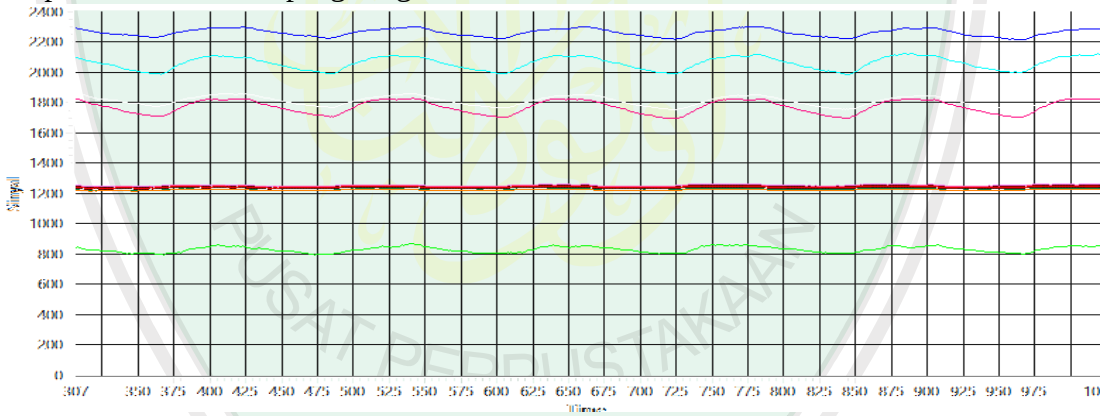
Tanpa formalin hari 3 pengulangan 2



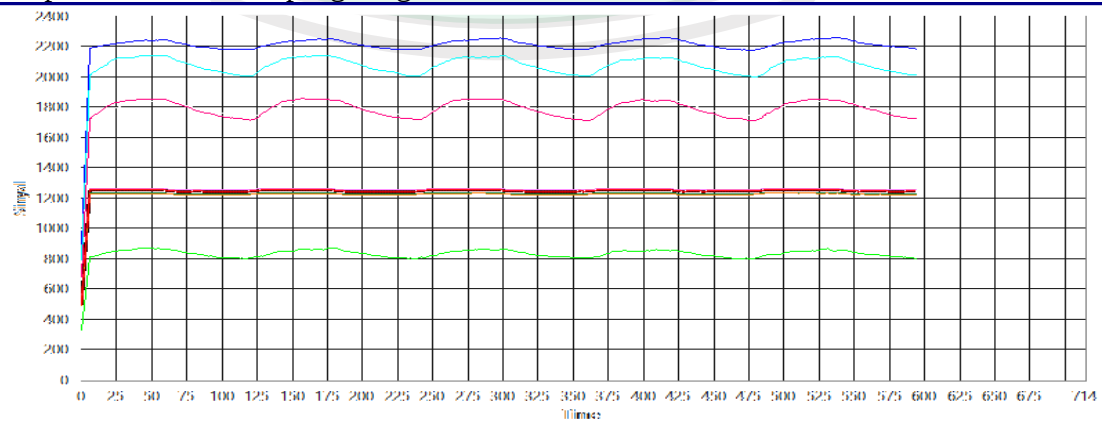
Tanpa formalin hari 3 pengulangan 3



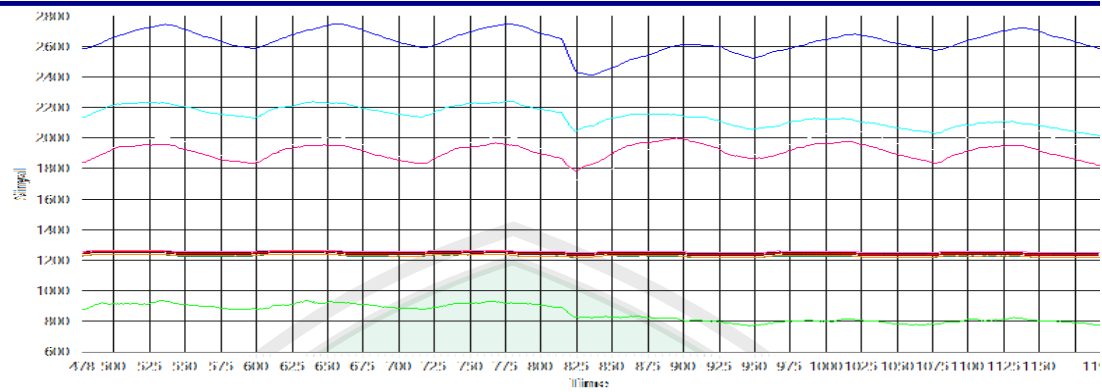
Tanpa formalin hari 3 pengulangan 4



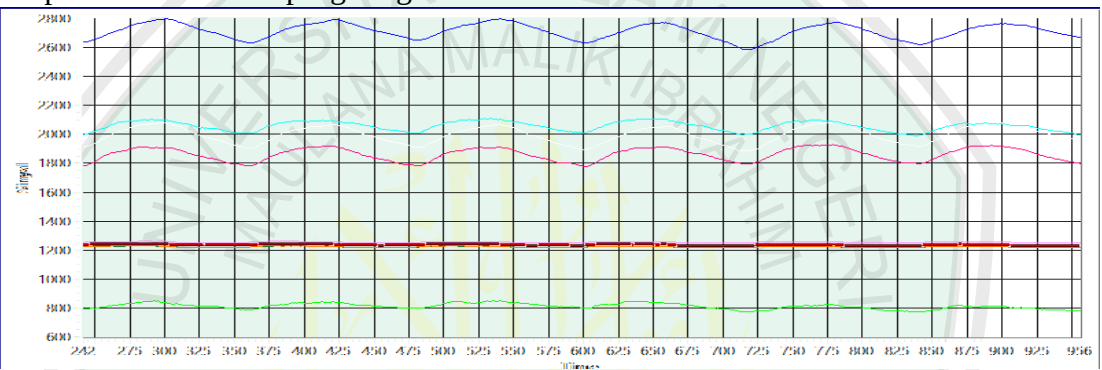
Tanpa formalin hari 3 pengulangan 5



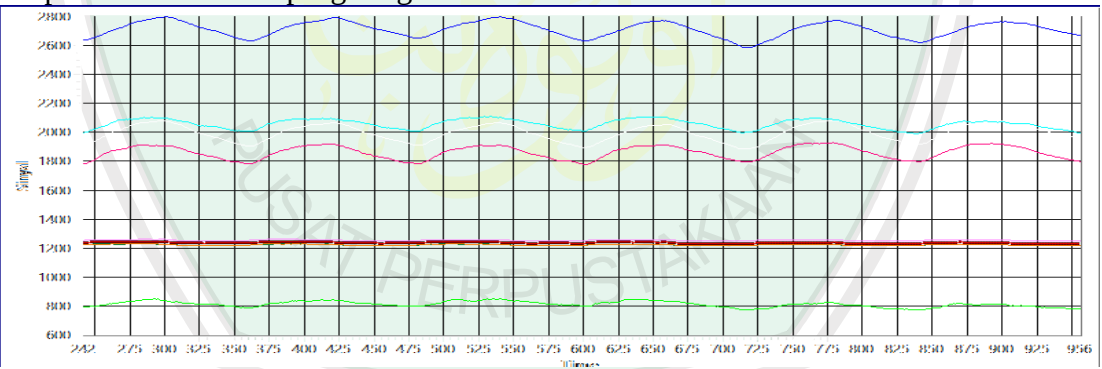
Tanpa formalin hari 4 pengulangan 1



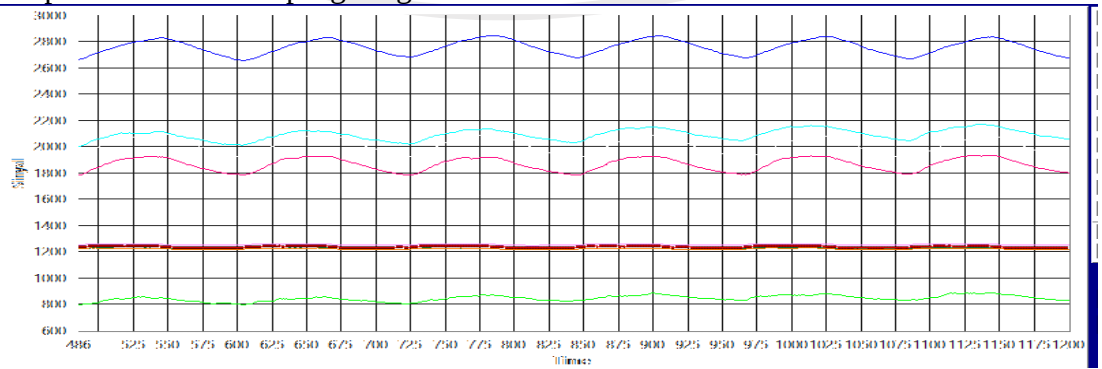
Tanpa formalin hari 4 pengulangan 2



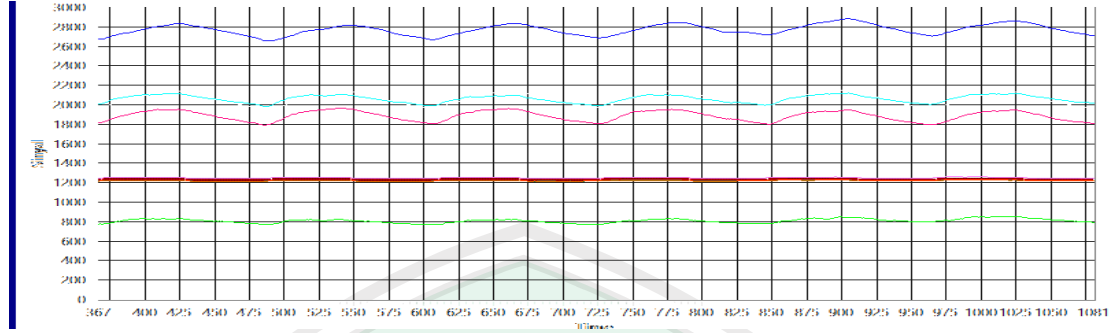
Tanpa formalin hari 4 pengulangan 3



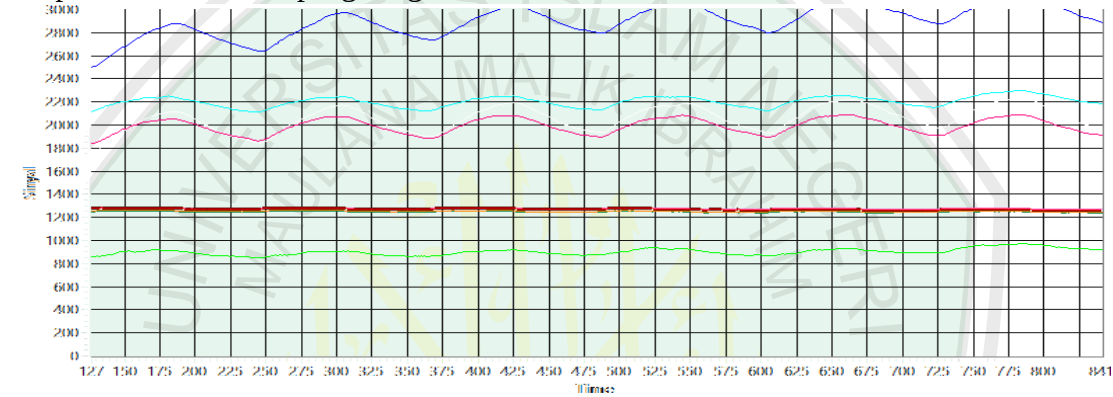
Tanpa formalin hari 4 pengulangan 4



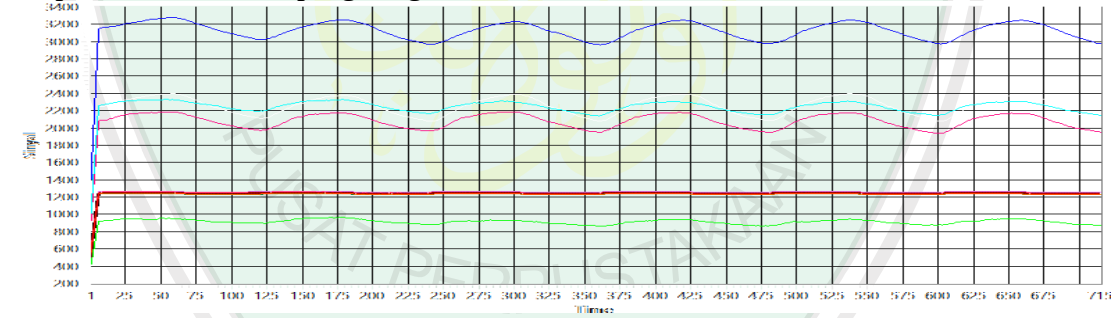
Tanpa formalin hari 4 pengulangan 5



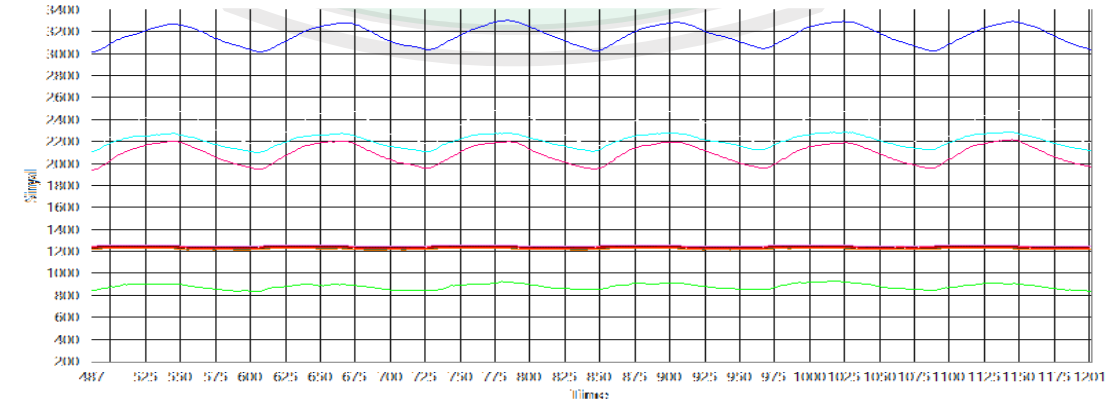
Tanpa formalin hari 5 pengulangan 1



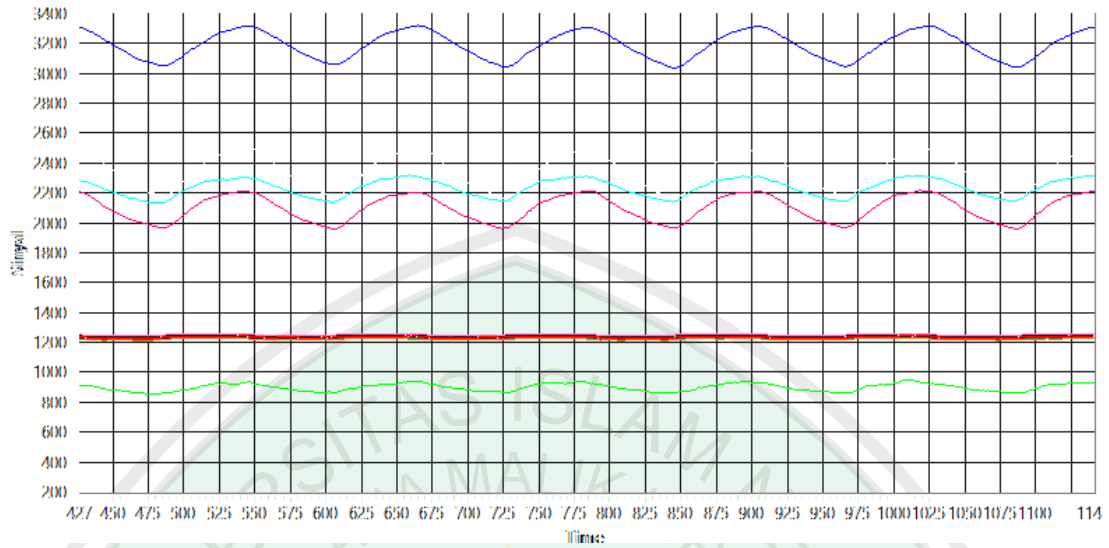
Tanpa formalin hari 5 pengulangan 2



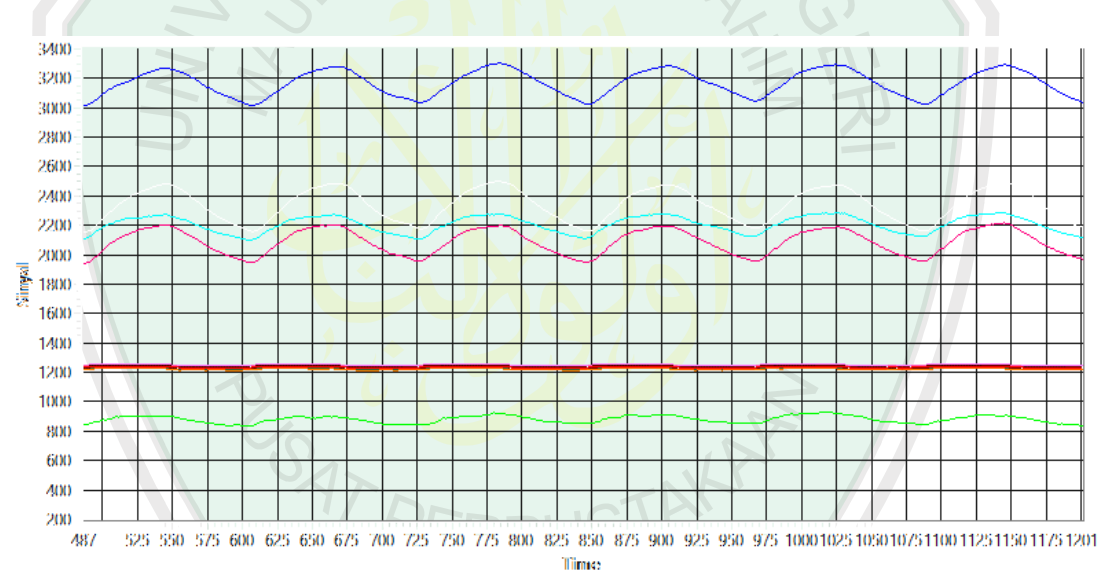
Tanpa formalin hari 5 pengulangan 3



Tanpa formalin hari 5 pengulangan 4



Tanpa formalin hari 5 pengulangan 5





**KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : MOH. NASIR
NIM : 11640012
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Monitoring Perkembangan Bau Tahu Berformalin Dan Tanpa Formalin Berbasis E-Nose Menggunakan Metode Principal Component Analysis
Pembimbing I : Imam Tazi, M.Si
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M.A

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1		Konsultasi Bab I, II, III	
2		Konsultasi Data	
3		Konsultasi Data	
4		Konsultasi Kajian Agama	
5		Konsultasi Bab IV	
6		Konsultasi Bab V	
7		Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
8		Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan Acc	

Malang, 2015
Mengetahui,
Ketua Jurusan

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