

**RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA BAU DARI LARIK
SENSOR GAS UNTUK ANALISIS KEMATANGAN BUAH
DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE
INTEGRAL TRAPEZOID**

SKRIPSI

Oleh:

RAHMAT ADITYA RAHARJO

NIM. 11640011



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA BAU DARI LARIK
SENSOR GAS UNTUK ANALISIS KEMATANGAN BUAH
DURIAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE
INTEGRAL TRAPEZOID**

SKRIPSI

Oleh:

RAHMAT ADITYA RAHARJO

NIM. 11640011



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

**RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA BAU DARI LARIK
SENSOR GAS UNTUK ANALISIS KEMATANGAN BUAH DURIAN
DENGAN MENGGUNAKAN METODE INTEGRAL TRAPEZOID**

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:

**RAHMAT ADITYA R
NIM. 11640011**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2015**

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA BAU DARI LARIK
SENSOR GAS UNTUK ANALISIS KEMATANGAN BUAH DURIAN
DENGAN MENGGUNAKAN METODE INTEGRAL TRAPEZOID

SKRIPSI

Oleh:
RAHMAT ADITYA R
NIM. 11640011

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

RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA BAU DARI LARIK
SENSOR GAS UNTUK ANALISIS KEMATANGAN BUAH DURIAN
DENGAN MENGGUNAKAN METODE INTEGRAL TRAPEZOID

SKRIPSI

Oleh:
RAHMAT ADITYA R
NIM. 11640011

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 2015

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim..

Alhadulillah, Segala puji dan syukur kuhaturkan kepada sang pencipta, sang pengatur dan sang pemelihara alam semesta, Allah SWT. Atas Rahman dan Rahimnya yang telah memberi kehidupan pada alam semesta. Memberi kedamaian pada setiap hambanya.

Dengan kerendahan hati yang tulus, bersama dengan Ridhomu yaa Robbi, kupersembahkan karya ini untuk:

“yang termulia dalam hidupku, Ibunda Rukiyati dan Ayahanda Niti Rejo. Atas doa dan air mata kalian aku mampu untuk berjuang dan menulis karya tulis ini. Atas usaha dan pengorbanan kau berikan masa depan dihadapanku. Atas ridhomu aku mampu mencapai masa depan itu. Terima kasih atas segalanya yang telah kalian korbankan untukku.”

“Adik-adikku, Rizka Rahayu Sasmita dan Adam Surya Waskito. Kalian adalah penyemangatku dalam menyelesaikan karya ini. Setiap canda yang kalian ciptakan telah mengobarkan semangatku. Dan setiap senyum kalian adalah tuntunanku untuk tetap berusaha menjaga senyum itu pada wajah manis kalian. Terima kasih atas candaan dan semangat yang selalu kalian berikan. Dan jangan lupa selalu do'akan Masmu ini.”

“Sang pelita ilmu, Guru-guru dan Dosen-dosenku, Imam Tazi, M.Si, Farid Samsu H, M.Si, Umaiyyatus Syarifah, M.A, Drs. H. Moh. Tirono, M.Si, Erna Hastuti, M.Si, Erika Rani, M.Si dan dosen-dosen Fisika UIN Malang yang lain, Heru Sukamto, M,Si, Syaiful Misbah. Jasa dan ilmu yang telah kalian berikan telah memberikan sumbangsih besar dalam penyusunan karya tulis ini. Terima kasih telah memberiku ilmu dan semoga ilmu ini menjadi amalan yang kelak menemanimu di surga”

“Ulin Nuha, Misbahul Munir, Nurlaila Isnaini, Moh Nasir, Teman-temanku di Fisika ELINS(Elektronika Instrumentasi) dan Fisika 2011 UIN malang, terima kasih atas masukan dan saran kalian. Karya tulis ini tidak akan terselesaikan tanpa pemikiran kalian juga.”

“Sahabatku, Prayudha Dewantara, Khoirun Nisa', Rendy Hari S, Maafkan aku yang terlalu sibuk dengan karya tulis ini sehingga aku jarang bertemu kalian, terima kasih atas semangat yang selalu kalian beri”

“Teman-teman Kos 144, Hamdan Baharudin, Sandra Gani, Fransiska Lova”

“Kekasihku, Diah Permata Sari. Terima kasih telah menyemangatiku, mengarahkan dan menjagaku di kota Malang selama ini”

MOTTO

“Perjalanan yang menempuh ribuan mil dimulai dari satu langkah” – Lao Tzu

**"Semua orang itu jenius, tetapi jika kau menilai kemampuan seekor ikan dalam memanjat pohon, maka ikan itu akan hidup dengan mempercayai kalau dirinya bodoh seumur hidupnya."-
Albert Einstein**

"Pertama-tama mereka mengacuhkanmu, kemudian mereka menertawakanmu, kemudian mereka melawanmu, dan kemudian kau menang"-Mahatma Ghandi



PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : RAHMAT ADITYA R

NIM : 11640011

Jurusan : FISIKA

Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI

Judul Penelitian : Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Bau Dari Larik
Sensor Gas Untuk Analisis Kematangan Buah Durian
Dengan Menggunakan Metode Integral Trapezoid.

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, 26 Oktober 2015
Yang Membuat Pernyataan,

RAHMAT ADITYA R
NIM. 11640011

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamiin, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Bau Dari Larik Sensor Gas Untuk Analisis Kematangan Buah Durian Dengan Menggunakan Metode Integral Trapezoid” ini. Tidak lupa pula untaian sholawat dan salam penulis panjatkan kepada Rosulullah Muhammad SAW, Nabi yang telah menuntun manusia dari zaman yang biadab menuju jaman yang beradab, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

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

Ucapan terima kasih yang sebesar-sebesarannya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku ketua jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

4. Imam Tazi, M.Si selaku Dosen pembimbing skripsi ini yang memberikan banyak kesabaran, waktu dan ilmu dalam membimbing penulis agar skripsi ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
7. Kedua orang tua, dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.
8. Teman-teman fisika angkatan 2011 dan 2012, teman-teman Elektronika Instrumentasi yang selalu memberikan dukungan.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan skripsi ini.

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

Malang, 5 Oktober 2015

Penulis

DAFTAR ISI

COVER LUAR	i
COVER DALAM	ii
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Manfaat.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Batasan masalah.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Komponen <i>Flavor</i> Buah Durian.....	Error! Bookmark not defined.
2.2 Bau.....	Error! Bookmark not defined.
2.3 Sensor.....	Error! Bookmark not defined.
2.4 Sensor Gas.....	Error! Bookmark not defined.
2.5 Arduino.....	Error! Bookmark not defined.
2.6 Arduino Mega 2560.....	Error! Bookmark not defined.
2.7 NI LabVIEW.....	Error! Bookmark not defined.
2.8 Hidung Elektronik.....	Error! Bookmark not defined.
2.9 Akuisisi Data.....	Error! Bookmark not defined.
2.10 Integrasi Numerik.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Jenis Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Tahap dan Alur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hardware Sistem Akuisisi Data Bau.....	Error! Bookmark not defined.

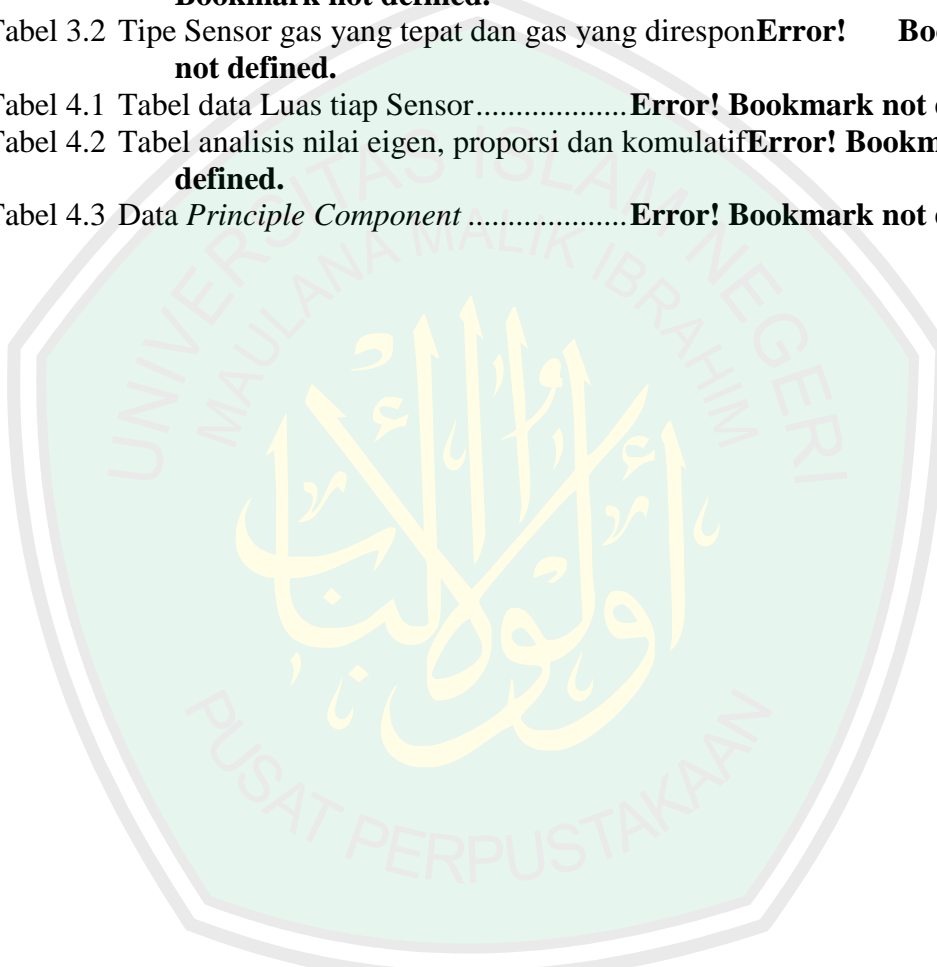
4.2	Software Sistem Akuisisi Data Bau	Error! Bookmark not defined.
4.3	Data Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.4	Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Material Sensor.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.2	Fungsi Deteksi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.3	Fenomena konversi.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 2.4	Ringkasan singkat Aduino Mega 2560 R3.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.1	Senyawa utama bau buah durian dan sensor yang dibutuhkan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3.2	Tipe Sensor gas yang tepat dan gas yang direspon.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1	Tabel data Luas tiap Sensor.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2	Tabel analisis nilai eigen, proporsi dan kumulatif.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3	Data <i>Principle Component</i>	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Penampang tengkorak (Schiffman, 2003).**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.2 Sistem kontrol level sederhana (Fraden, 2010)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.3 Sensor yang terdiri dari beberapa transduser (Fraden, 2010). . **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.4 Posisi sensor pada sistem akuisisi data (fraden, 2003)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.5 Arduino Uno R3 (<http://www.arduino.cc>)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.6 Arduino Mega 2560 (<http://www.arduino.cc>)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.7 Analogi sistem hidung elektronik (Chi dan Huang, 2008)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.8 Diagram Data Akuisisi berbasis PC (National Instruments, 2010).....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.9 Diagram fungsional data akuisisi PC (Park dan Mackay, 2003).....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.10 Pendekatan suku banyak dari $f(x)$ (Kiusalaas, 2005) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.11 Aturan Trapezoid (Kiusalaas, 2005)**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 2.12 Integral numeik trapezoid**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.1 Diagram Tahap dan Alur Penelitian**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.2 Diagram Hardware sistem akuisisi data bau**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.3 Aliran Program sistem akuisisi data dan *data logger* bau **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.4 Diagram pengambilan data bau**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3.5 Diagram pra-pengolahan dan pengolahan data.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.1 Diagram keseluruhan sistem akuisisi data bau**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2 Diagram hubungan dan kerja sistem elektronik**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.3 Skema Power Supply 5V, 6V dan 12V**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.4 Skema Power Supply Switching 12V 10A**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.5 Skema adapter sensor gas.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.6 Rangkaian Soket Larik Sensor.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.7 Rangkaian Buffer sinyal output larik sensor gas.**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.8 Rangkaian Relay Hardware Sistem akuisisi data bau. **Error! Bookmark not defined.**

- Gambar 4.9 Skema pin Arduino akuisisi data bau **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.10 Komuniiasi serial USB Arduino..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.11 Diagram Jalannya bau pada sistem fluida akuisisi data bau... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.12 Inisialisasi Komunikasi arduino dan PC pada LabVIEW **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.13 Diagram blok menutup komunikasi serial pada LabVIEW ... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.14 Seting Pin arduino pada LabVIEW. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.15 Blok diagram mengakses pin ADC Arduino dengan LabVIEW. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.16 Sinyal untuk mengendalikan valve dan pompa. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.17 Algoritma untuk membentuk sinyal kontrol valve dan pompa. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.18 Blok diagram mengontrol valve dan pump dengan pin digital. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.19 Diagram blok seting waktu. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.20 Realtime Smoothing Moving Average 10. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.21 Diagram blok inisialisasi file log. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.22 Logger dengan menggunakan VI “Format into File” **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.23 *User Interface* untuk proses pemanasan sistem larik sensor.. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.24 *User Interface* untuk proses akuisisi data dan data logger. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.25 Respon larik sensor gas terhadap bau **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.26 Respon MQ-3 yang tidak stabil..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.27 Respon sensor gas terhadap bau pada udara, **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.28 Plot Scree (Nilai eigen) **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.29 Loading Plot Larik sensor **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.30 Score Plot PCA kematangan buah durian. **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.31 Plot PCA Perkembangan kematangan buah durian. **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Lampiran 1 Foto Hasil Eksperiment
- Lampiran 2 Metode Numerik Luas Integral Trapezoid(*Mathscript* MATLAB)
- Lampiran 3 Algoritma PCA (*Mathscript* MATLAB)
- Lampiran 4 Grafik Score Plot Tiap durian
- Lampiran 5 GUI Sistem Akuisi data Bau
- Lampiran 6 Block Diagram Sistem Akuisi data Bau
- Lampiran 7 Grafik Data Durian
- Lampiran 8 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Raharjo, Rahmat Aditya. 2015. **Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Bau Dari Larik Sensor Gas Untuk Analisis Kematangan Buah Durian Dengan Menggunakan Metode Integral Trapezoid**. 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, Sistem Akuisisi Data, Hidung elektronik, Praprocessing Data, Principle Component Analysis (PCA).

Penelitian tentang hidung elektronik berkembang sangat cepat. Hidung elektronik menggunakan teknologi larik sensor gas. Untuk mendapatkan data bau yang baik diperlukan akuisisi data bau berbasis PC yang dapat memperoleh data larik sensor secara realtime. Penelitian ini membahas pembuatan hardware dan software akuisisi data bau berbasis PC dengan menggunakan sistem larik sensor gas dengan metode prapengolahan data dengan integral numerik. Ada dua piranti untuk membangun sistem akuisisi data bau berbasis PC, hardware akuisisi data dan software akuisisi data. Sistem akuisisi data bau digunakan untuk memperoleh data bau durian yang belum matang sampai matang. Untuk memperoleh data yang siap diolah digunakan metode praprosesing data integral numerik. Data dari luasan Larik sensor saat collecting akan diolah secara statistik multivariate dengan metode Principle Component Analysis(PCA). 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%) dan *Score plot* PCA menunjukkan data durian mengelompok dengan baik berdasarkan tingkat kematangannya. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem akuisisi data bau yang dibangun dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan buah durian dengan baik.

ABSTRACT

Raharjo, Rahmat Aditya. 2015. **Design of Data Acquisition System for Odor Using Array Gas Sensor for Durian Fruit Maturity Analysis With Integral Trapezoidal Methods**. Thesis. Department of Physics, Science and Technology Faculty, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Preceptor I: Imam Tazi, M.Si. Preceptor II: Umayyatus Syarifah, M.PdI.

Keywords: Gas sensor array, Odor, Data Acquisition System, Electronic Nose, Preprocessing Data, Principle Component Analysis (PCA).

Research on the electronic nose was growing very fast. electronic nose used the technology of gas sensor array. It needs real time odor data acquisition. This research discussed how to build data acquisition hardware and software for odor. Real time data acquisition by the use gas sensor array and integral numeric trapezoid was needed for preprocessing data. There were two devices for build odor data acquisition base on real time data acquisition. that are hardware and software. The data acquisition system was used to obtain odor data on durian. The smell of durian would be measured before the mature until mature. integral trapezoidal was used as a preprocessing for classification. Data extents of the signal would be processed by multivariate statistical, it was a Principal Component analysis (PCA). PCA was used to classify the smell of durian maturity. The result of PCA, by use two highest Principle Component (PC) showed the value of covariant data reach 95.7% (PC1 is 81.8% and PC2 is 13.9%). Score plot PCA showed that group of maturity was grouping very well. This result shows that odor acquisition system can classify durian maturity very well.

مستخلص البحث

رحمة ادتيا راهارجو، تصميم نظام الحصول على البيانات الجديدة من مجموعة أجهزة الإستشعار الغار لتحليل النضوج من أبو شوكة باستخدام الطريقة "انتكرال ترافيزوويد"، 2015م، البحث الجامعي، قسم فيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرف الأول: امام توزي الماجستير، والمشرفة الثانية: امية الشريفة الماجستير.

الكلمات الأساسية: مجموعة أجهزة الإستشعار الغار، نظام الحصول على البيانات ، الأنف الإلكتروني، معالجة البيانات، وتحليل المكون الرئيسي.

أن بحثا عن الأنف الإلكتروني نمو سريعة وفيه يستخدم مجموعة أجهزة الإستشعار الغار. وللحصول البيانات الجيدة تحتاج على حصول البيانات على ضوء PC التي تمكن على من مجموعة أجهزة الإستشعار الحقيقي. وأما بحث هذا البحث هو عن صناعة الإجهزو والبرمجيات من حصول البيانات على ضوء PC باستخدام نظاما مجموعة أجهزة الإستشعار الغار بطريقة تجهيز ما قبل البيانات مع العديدة. وفي هذا البحث جاهزين لبناء نظاما الحصول على البيانات الجديد على ضوء PC ، الإجهزو والبرمجيات من حصول البيانات. وهذا النظام يستخدم للحصول البيانات رائحة من أبو شوكة غير ناضجة حتى تنضج. وللحصول البيانات في هذا البحث يستخدم الطريقة وتحليل المكون الرئيسي "PCA". وأما الأهداف من استخدام هذه الطريقة هي لتوضيح البيانات من ابو شوكة على ضوء ناضجتها. والنتائج من معالجة البيانات PCA باستخدام مكونان رئيسيان الذان يدلان عل أن نتيجة التغير كل البيانات حوالي 95,7% (PCI حوالي 81,8% PC2 حوالي 13,9%) و نتيجة من فلوت PCA تدل على أن فاكهة ابو شوكة تجمعت جيدة على ضوء ناضجتها. وهذه النتائج تدل على أن نظاما الحصول على البيانات الجديدة بنائها تصنيف درجة ناضجتها من ابو شوكة جيدة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Allah SWT telah menciptakan manusia dalam bentuk yang sempurna. Telah diberikan oleh-Nya akal dan nafsu yang menjadikan manusia sebagai makhluk tertinggi dalam rantai organisme bumi. Manusia memiliki lima indra sebagai alat untuk mengetahui adanya perubahan yang terjadi pada lingkungan dan dirinya sendiri, salah satunya adalah indra pembau atau yang sering disebut hidung.

Hidung merupakan alat indra yang telah diberikan oleh Allah SWT kepada makhluk-Nya, khususnya manusia agar dapat mengenali perubahan-perubahan bau (gas) yang terjadi pada lingkungannya. Bau adalah sensasi yang terjadi ketika senyawa (disebut aroma) merangsang reseptor yang terletak di epitel penciuman di atap rongga hidung. Bau adalah senyawa hidrofobik, dengan berat molekul kurang dari 300 dalton (Schiffman, 2003).

Di dalam jaringan epitel hidung terdapat 10 sampai 20 juta reseptor bau (sel olfaktori) yang dapat merespon perubahan bau di sekitar (Barrett, 2010). Reseptor bau pada hidung manusia merupakan transduser yang mengubah besaran satu menjadi besaran yang lain, atau yang lebih tepatnya sebuah sensor yang mengubah suatu besaran lain menjadi besaran listrik. Besaran tersebut adalah besaran fisika - kimia berupa gas yang diubah menjadi besaran listrik. Dalam perubahan parameter fisika - kimia menjadi parameter listrik ini, reseptor bau hanya dapat mengubah parameter fisika - kimia bau menjadi pulsa-pulsa listrik yang beramplitudo sangat

rendah. Satu reseptor bau dalam hidung mempunyai karakteristik yang berbeda dengan reseptor bau yang lainnya, sehingga jika dalam satu waktu jutaan reseptor bau bekerja dan merespon perubahan bau lingkungan bersamaan akan membentuk suatu pola sinyal yang sangat kompleks yang kemudian dikirim ke otak.

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 fisika - kimia bau yang menyebabkan sensasi bau tertentu tidak dapat dipahami dengan baik oleh manusia (Schiffman, 2003).

Pengolahan sinyal - sinyal listrik dari sel-sel pembau yang sampai di otak membutuhkan memori. Memori merupakan pola dari bau sebelumnya yang telah didefinisikan sebagai bau tertentu. Kemudian pola bau yang tercium dicocokkan dengan pola yang telah tersimpan dan otak dapat memutuskan jenis bau tersebut.

Otak kadang kala kurang tepat dalam memilih memori untuk mengenali pola dari bahan yang sama secara periodik dan berulang. Hal ini dikarenakan bau merupakan parameter fisik – kimia (gas) yang sulit untuk diklasifikasikan. Bau telah dijelaskan dalam al-Quran Surat Yusuf (12) : 94

وَلَمَّا فَصَلَتِ الْعَيْرُ قَالَ أَبُو هَمٍّ إِنِّي لَأَجِدُ رِيحَ يُوسُفَ لَوْلَا أَن تَقْنَدُونَ ٩٤

“Tatkala kafilah itu telah ke luar (dari negeri Mesir) berkata ayah mereka: "Sesungguhnya aku mencium bau Yusuf, sekiranya kamu tidak menuduhku lemah akal (tentu kamu membenarkan aku)"(Q.S Yusuf (12) : 94)”.

“Sesungguhnya aku mencium bau Yusuf,

sekiranya kamu tidak menganggapku lemah akal.”. Lafal أَجِدُ bermakna mendapatkan (Qurthubi, 2008).

Kata رِيح yang berasal dari kata الريح yang artinya angin. Sesuatu yang dapat dibawa oleh angin dan dapat dirasakan oleh indra penciuman adalah bau, sehingga kata رِيح dapat dimaknai sebagai kata untuk mensifati kata “bau”(Muyassar, 2008).

Surat Yusuf (12) : 94 tersebut tersirat bahwa bau adalah parameter yang sulit untuk dikenali, terlebih untuk orang-orang yang tidak mengenal bau itu sebelumnya dan belum biasa merasakan bau tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan alat yang dapat merespon bau dan dapat menyimpan pola bau tersebut.

Otak dapat mendefinisikan suatu bau jika bau yang ditangkap oleh hidung memiliki sifat yang menyengat atau berbeda dengan lingkungan. Dalam lingkungan kita banyak sumber bau yang dirasa sangat menyengat, seperti contohnya adalah buah durian. Buah durian mempunyai bau yang sangat menyengat dan semua orang pasti akan mengenali bau buah durian. Buah durian memiliki bau yang berbeda ketika belum masak, setengah masak dan sudah masak. Buah durian memiliki banyak jenis, di Indonesia tercatat kurang lebih ada 18 jenis buah durian yang masing-masing memiliki bau yang berbeda-beda (Kusbiantoro, 2011).

Keterbatasan manusia untuk mengenali bau durian matang dan belum matang menjadi permasalahan tersendiri, maka dari itu, dirasa akan dibutuhkan piranti atau alat untuk dapat memperoleh dan menyimpan data bau dari durian dalam format digital sehingga dapat diolah dengan menggunakan analisis digital pada komputer.

Dalam perkembangan sensor modern sekarang ini, pendeteksian gas dilakukan dengan metode larik sensor gas atau biasa disebut hidung elektronik (Fraden 2003; Sarry and Lumbreras 1999). Metode ini menggunakan banyak sensor

yang digunakan secara bersamaan dalam sebuah instrumen, sehingga secara serentak diperoleh data paralel dari masing-masing sensor gas. Untuk sistem pengolahan data juga dilakukan menggunakan metode analisis *multiavariate*. Dengan teknik pengolahan data ini, selain mendapatkan informasi dari karakteristik masing-masing gas, juga juga akan didapatkan informasi pola dari keseluruhan gas (Zhang dkk, 2009).

Sistem larik sensor gas dan dikombinasikan dengan metode pengenalan pola yang tepat telah banyak digunakan dalam bidang analisis makanan, seperti diskriminasi jenis minuman anggur (Santos dkk. 2005), klasifikasi susu (Brudzewski dkk. 2004), kontrol kualitas daging (Hansen dkk. 2005), penentuan kesegaran ikan (O'Connell dkk. 2001), penilaian kualitas produk buah-buahan (Natale 2001), dan seterusnya.

Penelitian mengenai penggunaan larik sensor gas berbasis pengukuran dan *monitoring* bau telah banyak dilakukan, seperti, *A Novel Breath Analysis System Based on Electronic Olfaction* oleh Dongmin Guo dkk. Pada penelitian tersebut dibuat suatu *device* yang dapat merespon gas-gas yang terdapat pada proses pernapasan manusia. *Device* menggunakan beberapa seri Taguci Gas Sensor (TGS) untuk mengukur dan *monitoring* komponen volatil pernapasan untuk selanjutnya digunakan untuk analisis penyakit. Penelitian lain dilakukan oleh Ke Yan dkk yang berjudul *Sensor Evaluation in a Breath Analysis System*. Pada penelitian tersebut juga membuat *device* untuk mengukur dan *monitoring* komponen volatil dari gas pernapasan. *Device* tersebut juga menggunakan beberapa sensor seri TGS sebagai sensor gas yang dijalankan secara larik sensor. Namun, pada penelitian tersebut

lebih mengulas dan mengevaluasi kinerja dari sensor yang digunakan. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa akurasi dari sensor gas yang digunakan meningkat berkali lipat jika satu sensor gas dikombinasikan dengan sensor gas yang lain dan dijalankan secara larik sensor.

Dunia elektronika, komputasi dan *visual programming* sangat berkembang pesat. Perkembangan hardware berupa board-board mikrokontroler yang dapat memproses komputasi yang begitu rumit telah banyak diproduksi, seperti contohnya board dari intel, adafruit, dan arduino. Perkembangan itu didukung oleh software (pengukuran) *measurement* dan otomasi yang canggih seperti LabVIEW. LabVIEW merupakan software pengukuran dan otomasi yang terlahir dari bahasa C(C *programing*) yang kemudian dikembangkan menjadi software berbasis *object oriented* yang dapat mudah diakses oleh banyak kalangan pelajar, teknisi dan ilmuwan.

Kemajuan di bidang elektronika dan instrumentasi tersebut telah membuka pemikiran untuk membuat replika reseptor bau. Dengan memanfaatkan sensor gas yang dapat merespon perubahan lingkungan yang terjadi berdasarkan perubahan gas. Sensor gas disusun dan dijalankan secara larik (*array*) dirasa dapat menjadi replika reseptor bau pada hidung.

Sistem akuisisi data bau dapat dibangun dengan memanfaatkan sensor gas yang telah tersedia di pasaran, seperti seri *Taguchi Sensor Gas* (TGS) dan seri MQ gas sensor. Sensor yang akan dibuat menggunakan sepuluh sensor gas dengan karakter berbeda-beda dari masing-masing sensor gas. Ke sepuluh sensor gas dengan karakter yang berbeda-beda tersebut kemudian disusun secara larik sensor.

Dari penyusunan sepuluh sensor gas menjadi larik sensor tersebut dirasa sudah cukup untuk menghasilkan pola dari karakteristik bau buah durian matang dan belum matang.

Sepuluh sensor gas akan dihubungkan ke pin analog arduino mega sebagai interface sensor dengan mikrokontroler dan arduino akan dikoneksikan dengan LabVIEW sebagai Graphical User Interface (GUI) dan software sistem akuisisi data serta *data logger*-nya. Dari data yang dihasilkan oleh sensor gas dan disimpan oleh sistem *data logger* kemudian terbentuk pola dan diolah lebih lanjut menggunakan software Minitab dan MATLAB.

Pengenalan pola bertujuan untuk mengenali karakteristik dari nilai-nilai sensor yang telah diperoleh dan tersimpan pada data log. Banyak metode untuk melakukan pengenalan pola (Otto, 1999). Banyak metode numerik yang dapat digunakan untuk pengenalan pola suatu sinyal, seperti contohnya adalah metode integrasi numerik. Integrasi numerik dapat menghitung luas daerah di bawah kurva, daerah tersebut merupakan ciri dari suatu sinyal, dan sinyal tersebut akan selalu memiliki luas yang berbeda-beda, sehingga metode integrasi numerik dapat dijadikan untuk ekstraksi ciri dari pola nilai masing-masing sensor pada tiap-tiap pengukuran sampel durian. Metode integrasi numerik mempunyai banyak aturan/metode, seperti metode trapezoid. Metode integrasi numerik trapezoid menghitung luas daerah di bawah kurva dengan menghitung luas daerah trapesium tiap sampling (dt). Dalam elektronika digital kurva terbentuk oleh sinyal – sinyal diskret impuls yang berjalan terhadap waktu sampling (dt).

1.2 Rumusan masalah

- a. Bagaimana membuat hardware dan software sistem akuisisi data bau yang dapat menjalankan dan mengontrol sistem larik sensor gas agar memperoleh data bau dengan baik dan menyimpan datanya pada komputer?
- b. Bagaimana karakteristik respon dari larik sensor gas pada saat merespon bau?
- c. Bagaimana pola data dari bau buah durian yang terukur oleh sistem sensor gas yang dijalankan secara Larik sensor sebagai sistem akuisisi data bau?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Membuat hardware dan software sistem akuisisi data bau yang dapat menjalankan dan mengontrol sistem larik sensor gas agar memperoleh data bau dengan baik dan menyimpan datanya pada komputer.
- b. Mengetahui karakteristik respon dari larik sensor gas pada saat merespon bau.
- c. Mengetahui pola data dari bau buah durian yang terukur oleh sistem sensor gas yang dijalankan secara Larik sensor sebagai sistem akuisisi data bau.

1.4 Manfaat

- a. Manfaat Umum
 1. Penelitian ini bermanfaat untuk menginformasi proses pembuatan hardware dan software sistem akuisisi data bau untuk analisis kematangan buah durian dengan metode integral trapezoid.

2. Membuat alat yang dapat memperoleh serta menyimpan data bau dan mengenali bau berdasarkan pola bau yang diperoleh.

b. Manfaat Khusus

Penelitian ini merupakan tahap pertama untuk menunjang dan menginformasi penelitian pada bidang akuisisi data bau khususnya untuk aplikasi hidung elektronik.

1.5 Batasan masalah

1. Pada penelitian ini peneliti hanya akan membahas secara penuh tentang bagaimana membuat hardware sistem akuisisi data bau dan software sistem akuisisi data bau.
2. Membahas proses *praprocessing* data kematangan buah durian berdasarkan kurva integrasi numerik trapezoid pada saat sensor gas *collecting* dan *purging* pada beberapa hari dari durian mentah sampai matang.
3. Hardware sistem akuisisi data bau dibuat dari board Arduino Mega 2560 dengan memasukkan sinyal analog 10 sensor gas (seri MQ) yang dijalankan secara Larik sensor (*Sensor Array*).
4. Software sistem akuisisi data bau dibangun dari aplikasi LabVIEW 2014 32bit. Sampel berupa buah durian lokal dengan kriteria buah sudah berumur tua tapi belum masak.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komponen *Flavor* Buah Durian

Bumi memiliki jenis dan macam tumbuhan yang beraneka ragam. Keberagaman tanaman, tumbuhan, dan buah – buahan telah banyak disebutkan dalam al–Quran. Terdapat delapan ayat dalam tujuh surat yang berbeda yang membahas tentang keberagaman tanaman, tumbuhan, dan buah – buahan. Dalam buah - buahan keberagaman jenis buah ditentukan oleh rasa dari buah tersebut. Dalam al–Quran Surat Ar Ra'd (13) : 4, dijelaskan bahwa Allah menciptakan buah-buah yang berbeda rasanya antara buah satu dan buah yang lain (Katsir, 2007).

Al–Quran Surat Ar Ra'd (13) : 4

وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ
صِنَوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ وَاحِدٍ وَنُفِضَ لُبَعْضُهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ إِنَّ فِي
ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٤﴾

“Dan di bumi ini terdapat bagian-bagian yang berdampingan, dan kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman dan pohon korma yang bercabang dan yang tidak bercabang, disirami dengan air yang sama. Kami melebihkan sebahagian tanaman-tanaman itu atas sebahagian yang lain tentang rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang berfikir. (Q.S Ar-Rad (13) : 4)”

Namun disisi lain Allah juga memberikan perbedaan rasa dari jenis buah yang sama. Surat al An'am(6) : 141 dijelaskan (Katsir, 2007)

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

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

Lafal **أَكَلَ** dan **أَكْلُهُ** pada surat Surat Ar Ra'd (13) : 4 dan Surat al An'am(6) : 141 bermakna rasa, bau, warna, dan manfaat. Sepenggal kalimat yang bermakna “yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya)” dari Surat al An'am(6) : 141 tersebut menerangkan bahwa Allah SWT telah menciptakan beragam buah-buahan, namun Allah juga memberikan pembeda berupa rasa pada buah yang sama. Perbedaan dari rasa yang dimiliki buah yang sama inilah yang biasanya digunakan untuk pembeda antara buah A jenis 1 dan jenis 2.

Dalam ayat di atas dijelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan dan menumbuhkan tanaman yang bermacam-macam jenisnya, warnanya, dan memiliki bau dan rasa yang berbeda pada buahnya. Buah durian memiliki banyak jenis, di Indonesia tercatat kurang lebih ada 18 jenis buah durian yang masing-masing memiliki bau yang berbeda-beda. Ciri utama durian yang paling menonjol adalah aromanya yang khas. Rasa dan aroma durian tergantung pada waktu pemanenan buah. Buah durian yang dipanen 75 - 106 hari setelah pembuahan menghasilkan daging buah durian dengan mutu yang kurang baik pada saat matang, sedangkan

buah yang dipanen 113 - 127 hari setelah pembuahan daging buah mempunyai mutu (rasa dan aroma) yang baik pada saat matang (Kusbiantoro, 2011).

Jenis komponen volatil pada buah durian berbeda tergantung jenis durian. Durian Singapura mempunyai 25 komponen volatil yang terdiri dari 7 komponen sulfur, 12 ester alifatik, 2 aldehid dan 4 alkohol, dengan komponen utama etil-2-metil butanoat, etanol dan propan-1-ol, sedangkan durian Malaysia mengandung komponen propan-1-tiol tetapi tidak mengandung komponen tiol ester lainnya seperti durian Singapura. Pada kedua jenis durian tersebut, etil-2-metil butanoat dan propan-1-tiol berperan dalam pembentukan aroma durian. Hal ini sesuai dengan ambang bau, karena jika dilarutkan 20 ppm etil-2-metil butanoat dan 2,5 ppm propan-1-tiol mempunyai aroma mirip durian, meskipun tidak persis sama (Baldry et al., 1972; Morton dan Macleod, 1992). Komponen volatil lain yang berperan dalam pembentukan aroma durian yaitu hidrogen sulfida, dialkil polisulfida, etil ester dan 1,1-dietoksi etana (Kusbiantoro, 2011).

Menurut Mosser et al. (1980) senyawa flavor utama pada daging buah durian adalah hidrogen sulfida, etil hidrodissulfida, dan beberapa dialkilpolisulfida, terutama $(C_2H_5)_2S_n$, dimana $n = 2$ atau 3 . Etil asetat, 1,1-dietoksi etana dan etil-2-metilbutanoat memberikan pengaruh seperti bau buah-buahan. Hidrogen sulfida merupakan prekursor terbentuknya dialkil polisulfida dan alkil hidro disulfida (Kusbiantoro, 2011).

Senyawa disulfida dan trisulfida juga merupakan turunan dari hidrogen sulfida, yang jumlahnya bertambah dengan semakin matangnya buah durian, sedangkan senyawa etil hidrodissulfida akan berkurang dengan semakin matangnya

buah. Senyawa 1,1-dietoksietana merupakan senyawa utama pada minuman beralkohol, dan diduga semakin meningkat dengan semakin lamanya penyimpanan buah durian (Kusbiantoro, 2011).

Aroma khas durian dari Parung dibentuk oleh komponen volatil etil-2-metil butanoat, 3-hidroksi-2-butanon, asam 2-hidroksi propanoat dan asam 2-metil butanoat, sedangkan komponen yang juga berperan dalam aroma durian mentah adalah 3,5-dimetil-1,2,4-tritriolan, 1,1-dietoksi etana dan etil oktanoat (Septiana, 1995).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa komponen volatil tiga klon durian yang berasal dari Malaysia mengandung 63 senyawa volatil, yang terdiri dari 30 senyawa ester, 16 senyawa yang mengandung sulfur, lima keton, delapan alkohol dan empat senyawa lain. Ketiga klon yang diuji memiliki ester dan keton dengan proporsi yang hampir sama. Tetapi ada variasi yang besar dari kandungan senyawa sulfur yang dihasilkan oleh ketiga klon tersebut. Senyawa ester, yang diduga merupakan senyawa pemberi karakter buah durian, mempunyai kontribusi berkisar dari 49,25% sampai 57,88% dari total senyawa volatil yang dihasilkan durian. Kandungan senyawa sulfur ketiga klon berkisar dari 3,31% sampai 13,92%, sehingga bau yang dihasilkan ketiga klon ini juga berbeda (Wong dan Tie, 1995).

Hasil penelitian Weenen et al. (1996) pada tiga varietas durian Indonesia memperlihatkan bahwa dengan lima kali dilusi teridentifikasi 43 komponen yang berkontribusi pada flavor durian dan 24 di antaranya adalah senyawa sulfur, sedangkan dengan 50 kali dilusi teridentifikasi 17 komponen flavor dengan 11 di antaranya adalah senyawa sulfur. Di antara tiga senyawa sulfur yang memberikan

bau kuat, senyawa 3,5-dimetil-1,2,4-tritiolan menunjukkan bau durian terkuat. Hal ini sejalan dengan penelitian Wong dan Tie (1995) yang juga mengidentifikasi bahwa dua isomer senyawa 3,5-dimetil-1,2,4-tritiolan sebagai komponen sulfur utama dalam durian. Senyawa lain yang dominan dalam durian adalah 3-hidroksi-2-butanon, etil-2-metil butanoat dan heksadekanol. Durian varietas Chane dan Koclak mengandung lebih dari 45% 3-hidroksi-2-butanon, sedangkan varietas Boboko hanya 14%. Senyawa non-sulfur yang berkontribusi pada aroma durian adalah etil-2-metilbutanoat (Kusbiantoro, 2011).

Hasil penelitian lain pada durian yang berasal dari Purworejo teridentifikasi 43 senyawa sulfur dalam ekstrak pentana. Sebanyak 22 senyawa diidentifikasi sebagai senyawa baru yang termasuk dalam golongan senyawa dialkil di- dan trisulfida, 3-(alkiltio)- dan 3-(alkilditio)-butan-1-ol, 1,1-bis(alkiltio)alkana, 1-(alkiltio)-1-(alkilditio)alkana, tritiolan, tetratiolan dan S-alkil tioester. Senyawa lain yaitu etil (Z,Z)-, (E,Z)- dan (E,E)-deka-2,4-dienoat, etil (3Z,6Z)-dekadienoat serta etil (E,Z,Z)- dan (E,E,Z)-dekatrienoat merupakan senyawa flavor yang tidak umum, tetapi berkontribusi secara nyata pada aroma buah dari durian (Näf dan Velluz, 1996).

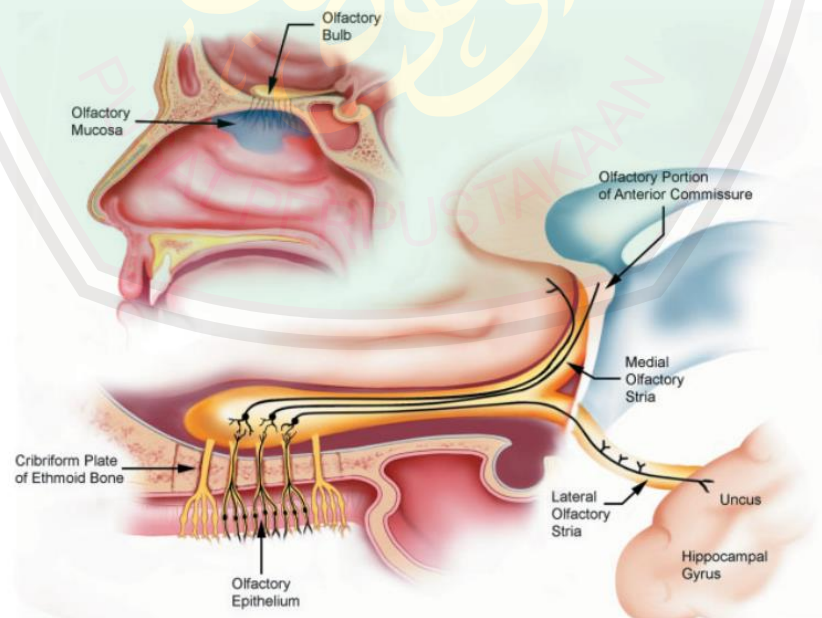
2.2 Bau

Bau adalah sensasi yang terjadi ketika senyawa (disebut aroma) merangsang reseptor yang terletak di epitel penciuman di atap rongga hidung. Bau adalah senyawa hidrofobik, dengan berat molekul kurang dari 300 dalton (Schiffman, 2003).

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).

Semua organisme hidup dari bakteri sederhana sampai mamalia kompleks termasuk manusia menanggapi bahan kimia dalam lingkungan mereka. Sinyal kimia memainkan peran utama dalam makanan (misalnya nutrisi), pengenalan wilayah, perilaku seksual, dan deteksi kondisi yang berpotensi berbahaya seperti api, gas, dan makanan tengik. Dalam organisme yang lebih tinggi, sistem penginderaan kimia khusus (bau dan rasa) telah dikembangkan yang dibedakan secara anatomis dengan lokasi reseptor mereka di hidung dan rongga mulut masing-masing (Schiffman, 2003).

Sensasi bau yang disebabkan oleh interaksi dengan reseptor khusus aroma di jaringan epitel penciuman di atas rongga hidung. Pada hewan bernapas termasuk manusia, aroma yang mudah menguap, senyawa hidrofobik yang memiliki bobot molekul kurang dari 300 dalton. Diketahui bau terbesar sampai saat ini adalah *labdan* yang memiliki berat molekul 296. Reaktivitas kimia tak ada hubungannya dengan potensi bau karena molekul bau yang tak bermuatan. Aroma bervariasi dalam struktur dan mencakup banyak kelas kimia termasuk asam organik, alkohol, aldehida, amida, amina, aromatik, ester, eter, gas tetap, hidrokarbon terhalogenasi, hidrokarbon, keton, nitril, senyawa yang mengandung nitrogen lainnya, fenol, dan mengandung senyawa sulfur. Sinyal yang disebabkan oleh interaksi dengan aroma reseptor penciuman (OR) di epitel penciuman ditransmisikan ke bola pencium dan akhirnya ke otak (lihat gambar 2.1) (Schiffman, 2003).



Gambar 2.1 Penampang tengkorak, yang menunjukkan lokasi jaringan epitel penciuman, neuron sensorik penciuman, piringan berikis, olfactory bulb, dan beberapa koneksi sentral (Schiffman, 2003).

Indera penciuman adalah sistem yang sangat sensitif yang dapat merespon bahan kimia dengan konsentrasi yang sangat rendah. Diperkirakan bahwa hanya 2% dari senyawa volatil yang terendus yang akan sampai ke reseptor penciuman tersedia dalam mengendus tunggal akan mencapai reseptor penciuman, dan sedikitnya 40 molekul beberapa *mercaptan* yang cukup untuk mendeteksi bau. Sistem sensitivitas bau yang sangat baik diilustrasikan oleh ambang deteksi manusia diberikan dalam Tabel 2.1. Hal ini dapat dilihat bahwa senyawa tersebut dapat dideteksi pada konsentrasi di bawah *parts-per-billion (ppb)* dan bahkan lebih rendah *parts-per-trillion (ppt)* berkisar seperti dalam kasus *Thiophenol*, *thiocresol*, dan *propil mercaptan*. Selama satu hari, aroma memiliki peluang besar untuk mencapai reseptor penciuman selama proses menghirup dan menghembuskan nafas. Rata-rata orang bernafas 15 kali per menit (atau 21 600 kali per hari) bergerak rata-rata 0,5 liter udara per napas (atau 10 800 liter udara per hari) (Schiffman, 2003).

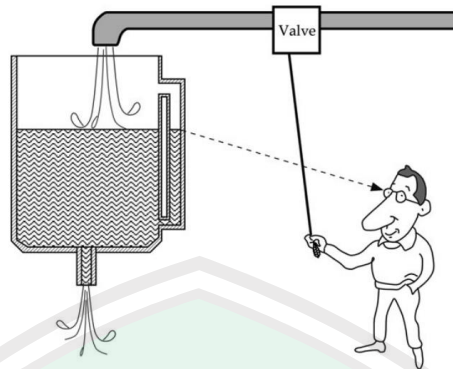
Kebanyakan sensasi bau dihasilkan oleh campuran ratusan aroma dari senyawa tunggal. Komponen individu cenderung untuk menyelaraskan atau berbaur bersama dalam campuran yang menyebabkan *perceptual fusion*. Manusia memiliki kapasitas terbatas untuk mengidentifikasi aroma tunggal dalam campuran dengan tiga hingga empat komponen yang maksimum (Schiffman, 2003).

Sensasi bau dicirikan dengan deskripsi umum, seperti sulfur, buah, bunga, dan bau tanah, atau dengan sumbernya seperti pisang atau jeruk. Kisaran khas sensasi bau sangat besar, seorang ahli kimia parfum yang terampil dapat mengenali dan membedakan 8000-10 000 zat yang berbeda atas dasar kualitas bau mereka dan

bahkan menanggapi bahan kimia yang belum pernah ditemui di lingkungan kita. Sistem penciuman mendeteksi dan membedakan sejumlah besar jenis bau karena repertoar luas protein reseptor penciuman yang dikodekan oleh besar keluarga gen penciuman. Manusia memiliki beberapa ratus yang gen berbeda yang mengkode protein reseptor penciuman dan tikus memiliki lebih banyak berkisar dari 500 sampai 1000 gen yang terpisah, yaitu, sebanyak 1% dari genom. Cakupan yang sangat luas dari reseptor tersebut memungkinkan tikus dapat mendeteksi berbagai jenis sumber bau yang terdiri dari campuran yang tidak diketahui dari spesies atau molekuler lain, dan bahkan memungkinkan deteksi baru dari senyawa biosintesis yang tidak diketahui fungsinya (Schiffman, 2003).

2.3 Sensor

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).

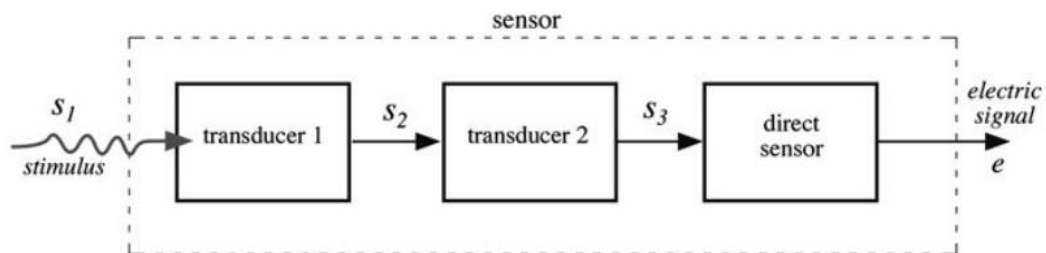


Gambar 2.2 Sistem kontrol level sederhana, dengan mata seseorang sebagai sensor (Fraden, 2010)

Semua sensor adalah sebuah pengubah energi. Tidak masalah apa saja yang akan diukur, selalu dapat terjadi transfer energi dari objek yang akan diukur ke sensor. Proses *sensing* adalah peristiwa tertentu dari transfer informasi, semua transmisi informasi membutuhkan energi transfer. Satu yang harusnya tidak dibingungkan oleh fakta nyata transmisi energi dapat berjalan dalam dua jalan, transmisi energi dapat terjadi dalam bentuk sinyal positif secara baik dan dalam bentuk sinyal negatif. Energi dapat mengalir dari salah satu dari keduanya, dari objek yang akan diukur ke sensor atau sebaliknya. Kasus khusus terjadi ketika aliran energi jaring adalah nol, yang juga membawa informasi adanya kasus tertentu. Sebagai contoh, Sensor radiasi *thermopile* inframerah akan memproduksi voltase positif ketika objek yang diukur lebih hangat dari sensor (flux inframerah mengalir dari objek ke sensor) atau negatif voltase ketika sensor lebih hangat dari objek yang diukur (flux inframerah mengalir dari sensor ke objek yang diukur). Ketika keduanya dalam temperatur yang sama maka flux inframerah akan bernilai nol dan voltase keluaran akan nol juga, namun hal ini membawa informasi bahwa temperatur keduanya sama (Fraden, 2010).

Istilah sensor seharusnya dibedakan dengan istilah transduser. Sensor adalah pengonversi semua tipe energi menjadi energi lain, pengonversi semua tipe energi ke dalam bentuk energi listrik. Sebagai contoh dari transduser adalah *loudspeaker*, yang mengonversi sinyal listrik menjadi variabel medan magnet setelah itu mengubahnya ke dalam bentuk gelombang akustik. Pada hal tersebut transduser tidak terjadi peristiwa *sensing*. Transduser mungkin digunakan sebagai aktuator dalam berbagai sistem. Sebuah aktuator mungkin dideskripsikan sebagai lawan dari sensor, aktuator mengonversi sinyal listrik menjadi bentuk energi non listrik. Sebagai contoh, motor listrik adalah aktuator yang mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik aksi. Contoh lain adalah aktuator *pneumatic* yang di kendalikan oleh sinyal listrik (Fraden, 2010).

Transduser mungkin menjadi bagian dari sensor yang kompleks. Sebagai contoh, sebuah sensor kimia (*chemical sensor*) mungkin mempunyai beberapa bagian, yang mengonversi energi dari reaksi kimia ke energi panas (transduser) dan bagian lain adalah sebuah *thermopile* yang mengonversi energi panas menjadi sinyal listrik. Kombinasi dari keduanya akan menjadi sensor kimia, sebuah alat yang dapat memproduksi sinyal listrik dalam merespon bahan kimia. Catatan, contoh di atas, sensor kimia adalah sebuah sensor yang kompleks, terdiri atas transduser non elektrik dan sensor suhu sederhana (*direct sensor*) yang mengonversi suhu ke energi listrik. Hal ini mengesankan bahwa banyak sensor memasukkan kurang lebih satu *direct sensor* dan beberapa transduser. *Direct sensor* adalah sensor yang mempergunakan efek fisik untuk mengonversi bentuk energi lain ke energi listrik secara langsung (Fraden, 2010).



Gambar 2.3 Sensor yang terdiri dari beberapa transducer dan *direct sensor* pada bagian akhir (Fraden, 2010).

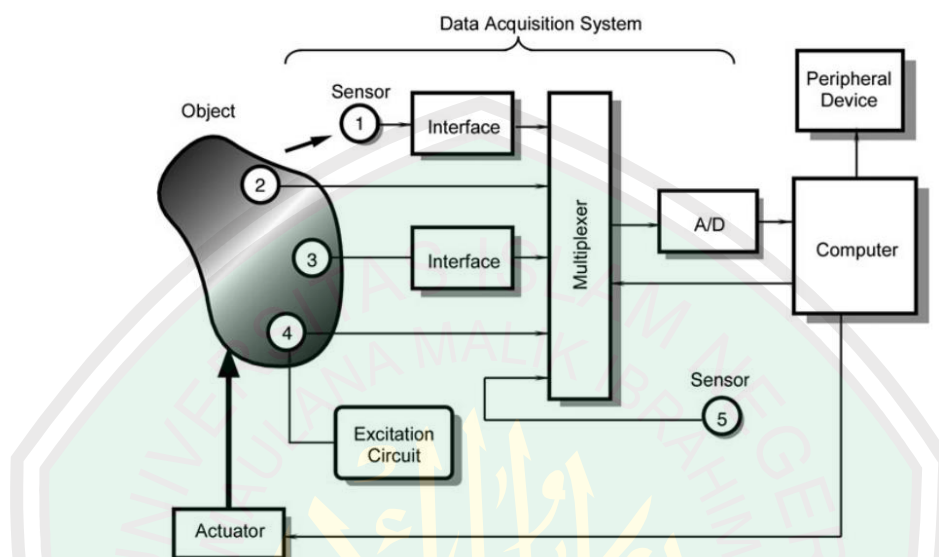
Sebuah sensor tidak mungkin difungsikan sendiri, sensor selalu menjadi bagian dari sistem yang besar mungkin menggabungkan beberapa detektor, pengondisi sinyal, pemroses sinyal, *device* memori, penyimpan data dan sebuah aktuator. Sensor dapat ditempatkan pada bagian luar yang secara langsung mengukur fenomena fisik dan di bagian dalam untuk mengukur bagian alat lainnya. Sensor selalu menjadi bagian dari sebuah data akuisisi sistem. 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 *Converter* untuk waktu yang tepat. Juga, mungkin mengirim sinyal kontrol ke aktuator, yang bertindak pada objek. Contoh aktuator seperti sebuah motor listrik, solenoid, *relay*, dan katup pneumatik. Sistem ini berisi beberapa perangkat peripheral (misalnya, perekam data, layar, alarm, dll) dan sejumlah komponen yang

tidak ditampilkan dalam diagram blok, seperti filter, *amplifier*, dan sebagainya (Fraden, 2010).



Gambar 2.4 Posisi sensor pada sistem akuisisi data (fraden, 2003)

2.3.1 Klasifikasi Sensor

Skema klasifikasi sensor berkisar dari yang sangat sederhana hingga yang kompleks. Tergantung pada tujuan pengklasifikasian, kriteria klasifikasi yang berbeda dapat dipilih. Di sini, saya memberikan beberapa cara praktis untuk klasifikasi sensor (fraden, 2003).

Semua sensor mungkin dibagi atas dua jenis: pasif dan aktif. Sebuah sensor pasif tidak membutuhkan sumber energi tambahan dan langsung menghasilkan sinyal listrik dalam menanggapi stimulus eksternal. Artinya, energi stimulus input dikonversi oleh sensor ke dalam sinyal output. Contohnya adalah termokopel, dioda, dan sensor piezoelektrik. Sebagian besar sensor pasif adalah sensor langsung seperti yang kita mendefinisikan sebelumnya (fraden, 2003).

Sensor aktif membutuhkan daya eksternal untuk operasi mereka, yang disebut sinyal eksitasi. Sinyal yang dimodifikasi oleh sensor untuk menghasilkan sinyal output. Sensor aktif kadang-kadang disebut parametrik karena sifat sensor itu sendiri dalam mengubah dan menanggapi efek eksternal dan sifat ini selanjutnya dapat diubah menjadi sinyal listrik. Hal ini dapat dinyatakan bahwa parameter sensor telah termodulasi. sinyal eksitasi dan modulasi adalah sinyal yang membawa informasi dari nilai yang terukur. Misalnya, termistor, sebuah resistor yang sensitif terhadap suhu. Tidak menghasilkan sinyal listrik, tetapi dengan melewatkan arus listrik melaluinya (sinyal eksitasi) resistansinya dapat diukur dengan mendeteksi variasi arus dan / atau tegangan termistor. Variasi ini (disajikan dalam ohm) secara langsung berhubungan dengan suhu melalui fungsi transfer yang dikenal. Contoh lain dari sensor aktif adalah *Strain Gauge Resistif* dimana hambatan listrik berhubungan dengan ketegangan. Untuk mengukur resistansi sensor, arus listrik harus diberikan dari sumber daya eksternal (fraden, 2003).

Bergantung pada referensi yang dipilih, sensor dapat diklasifikasikan menjadi absolut dan relatif. Sebuah sensor mendeteksi stimulus mutlak mengacu pada skala fisik mutlak yang independen dari kondisi pengukuran, sedangkan sensor relatif menghasilkan sinyal yang berhubungan dengan beberapa kasus khusus. Contoh dari sensor mutlak adalah termistor, resistor sensitif temperatur. Hambatan listrik secara langsung berkaitan dengan skala suhu mutlak Kelvin. Contoh lain yang sangat populer adalah sensor suhu termokopel adalah sensor relatif. Sensor tersebut menghasilkan tegangan

listrik, yang merupakan fungsi dari gradien suhu di seluruh kawat termokopel. Dengan demikian, sinyal keluaran termokopel tidak dapat berhubungan dengan setiap suhu tertentu tanpa referensi *baseline*. Contoh lain dari sensor absolut dan relatif adalah sensor tekanan. Sebuah sensor tekanan yang absolut menghasilkan sinyal yang mengacu pada titik vakum atau sebuah titik nol mutlak pada skala tekanan. Sebuah sensor tekanan relatif menghasilkan sinyal sehubungan dengan dasar yang dipilih yang tekanan dasar dipilih tersebut tidak bernilai nol, misalnya, untuk tekanan atmosfer (fraden, 2003).

Cara lain untuk klasifikasi sensor adalah dengan mempertimbangkan beberapa sifat dari sensor tersebut yang kemudian digunakan untuk fungsi tertentu. Di bawah ini adalah daftar berbagai karakteristik sensor yang dapat dipertimbangkan (Tabel 2.1-2.3) (fraden, 2003).

Tabel 2.1 Material Sensor

Anorganik	Organik
Konduktor	Isolator
Semikonduktor	Gas cair atau plasma
Substansi biologi	Lain-lain

Tabel 2.2 Fungsi Deteksi

Biologi
Kimia
Kelistrikan, magnetik atau gelombang elektromagnetik
Suhu dan panas
Pergeseran mekanis atau gelombang

Radioaktif dan radiasi
Lain-lain

Tabel 2.3 Fenomena konversi

Fisik	Termoelektrik
	Fotoelektrik
	Megnetoelektrik
	Elektromagnetik
	Termoelastik
	Elektroelastik
	Termomagnetik
	Fotoelastik
	Lain-lain
Kimia	Transformasi kimia
	Transformasi fisik
	Proses elektrokimia
	Lain-lain
Biologi	Transformasi biokimia
	Transformasi fisik
	Efek test spektroskopi organisme

2.4 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, C₂H₅, atau H₂S 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, dan CoO bereaksi terhadap gas yang dapat teroksidasi seperti O₂, NO₂, dan 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).`

2.5 Arduino

Arduino memiliki dua bagian utama yaitu *Arduino Board*, yang merupakan hardware yang digunakan untuk menjalankan *project* yang telah dibangun, dan *Arduino IDE*, adalah software yang dapat dijalankan di PC. *Arduino IDE* digunakan untuk membuat “*sketch*” (sebuah program kecil komputer) yang dapat diunggah ke Board Arduino. “*Sketch*” yang telah dibuat akan mengendalikan kerja board Arduino (Banzi, 2009).

2.4.1 Hardware Arduino

Board arduino adalah board mikrokontroler kecil yang mempunyai kemampuan komputer dalam *chip* kecil (mikrokontroler). *chip* ini sekitar 1000 kali lebih hebat dari Macbook, tapi Arduino mempunyai harga yang jauh lebih murah dan sangat bermanfaat untuk membangun perangkat yang menarik (Banzi, 2009).



Gambar 2.5 Arduino Uno R3 (<http://www.arduino.cc>)

Pada gambar di atas terlihat *chip* hitam dengan 28 kaki, *chip* tersebut adalah IC Mikrokontroler 328, jantung dari board Arduino Uno. Tim Arduino telah menempatkan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh mikrokontroler untuk bekerja dengan baik dan dapat berkomunikasi dengan PC (Banzi, 2009).

2.4.2 Software Arduino (Arduino IDE)

Arduino IDE adalah singkatan dari (*Integrated Development Environment*) merupakan program spesial yang bekerja di PC yang dapat membantu pengguna Board Arduino untuk menulis “Sketch” untuk Board Arduino dalam model bahasa yang sederhana menurut *Processing language* (www.processing.org). Keajaiban terjadi ketika tombol *Upload* ditekan, *code* yang telah ditulis dan diterjemahkan ke dalam bahasa C (salah satu bahasa pemrograman), dan akan melewati *avr-gcc compiler* dan pada akhirnya akan menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler (Banzi, 2009).

2.6 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah board mikrokontroler dengan dasar IC mikrokontroler ATmega2560. Arduino Mega 2560 mempunyai 54 pin digital input/output (15 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 16 analog input, 4 UART, 16 MHz crystal oscillator, koneksi USB, jack Power, Header ICSP dan tombol reset (<http://www.arduino.cc>).



Gambar 2.6 Arduino Mega 2560 (<http://www.arduino.cc>)

Berikut adalah ringkasan singkat mengenai Arduino Mega 2560 (<http://www.arduino.cc>).

Tabel 2.4 Ringkasan singkat Aduino Mega 2560 R3

Mikrokontroler	ATmega2560
Voltase operasi	5V
Voltase input yang dianjurkan	7-12V
Jumlah Digital I/O pin	54(15 dapat digunakan untuk keluaran sinyal PWM)
Jumlah Analog input pin	16
Arus DC per I/O pin	40 mA
Arus DC untuk 3.3V pin	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 MHz

2.7 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).

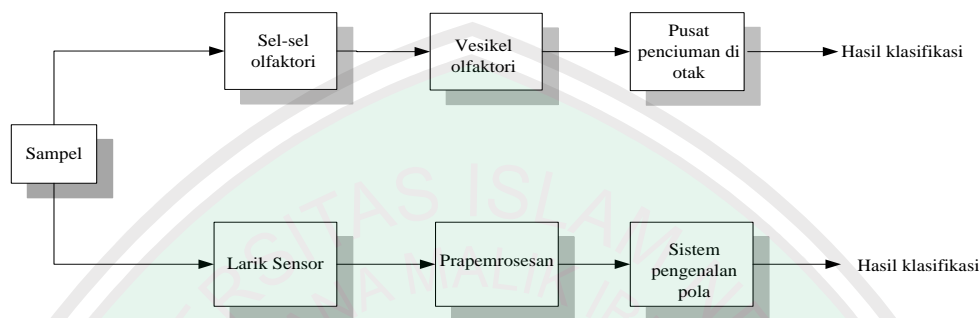
LabVIEW adalah singkatan dari Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. LabVIEW adalah software grafis yang sangat baik untuk akuisisi sinyal, analisis pengukuran, dan penyajian data, memberikan fleksibilitas bahasa pemrograman tanpa kompleksitas alat pengembangan tradisional. Sejak tahun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

Hari ini, LabVIEW menjadi aplikasi pengembangan berbasis grafis yang lebih disukai ribuan insinyur dan ilmuwan. Dengan perangkat lunak yang tepat, insinyur dan ilmuwan dapat secara efisien membuat aplikasi mereka sendiri, dengan merancang dan mengintegrasikan dalam proses tertentu (Sumathi, 2007).

2.8 Hidung Elektronik

Dalam beberapa dekade terakhir teknologi deteksi dan klasifikasi aroma atau yang lebih dikenal dengan hidung elektronik (*e-nose*) berkembang pesat. Pesatnya perkembangan hidung elektronik disebabkan karena aplikasinya yang luas dan aman, biayanya yang relatif murah serta cepatnya hasil deteksi yang diperoleh. Cara kerja hidung elektronik meniru indera penciuman manusia. Sistem indera 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). Berdasarkan sistem indera 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).

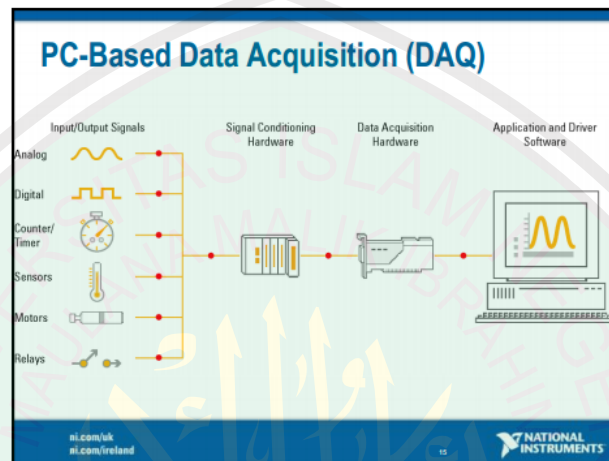


Gambar 2.7 Analogi sistem hidung elektronik (*E-nose*) terhadap sistem penciuman manusia (Chi dan Huang, 2008)

Analog dengan sistem penciuman manusia, tahapan-tahapan dalam sistem hidung elektronik adalah penciuman aroma oleh larik sensor, prapemrosesan sinyal dan pemrosesan oleh sistem pengenalan pola. Pada bagian awal, aroma yang akan dideteksi dipaparkan ke larik sensor. Sensor-sensor ini hampir sama fungsinya dengan sel penciuman manusia. Jika manusia memiliki satu milyar sel penciuman, hidung elektronik hanya menggunakan beberapa sensor saja. 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 indera 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).

2.9 Akuisisi Data



Gambar 2.8 Diagram Data Akuisisi berbasis PC (National Instruments, 2010)

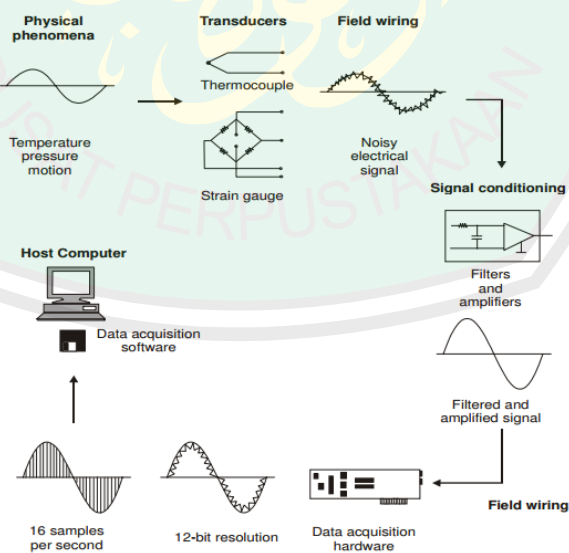
Akuisisi data adalah proses pengubahan besaran fisik dari alam kemudian ditransformasikan ke sinyal listrik yang dapat diukur dan diubah-ubah ke dalam format digital untuk dapat diproses, dianalisis dan disimpan oleh komputer (Park dan Mackay, 2003).

Dalam ruang lingkup yang luas, penggunaan sistem akuisisi data (DAQ) tidak hanya untuk mendapatkan data. Data akuisisi memiliki cakupan yang luas dan mencakup aspek kontrol dari keseluruhan sistem. Kontrol adalah proses di mana sinyal digital dari sistem hardware yang diperoleh akan diolah untuk mengendalikan aktuator dan relay. Perangkat ini yang kemudian mengontrol sistem atau proses, di mana sistem ini yang disebut sistem akuisisi data atau *DAQ system* (Park dan Mackay, 2003).

Sebuah akuisisi data dan kontrol sistem, dibangun dari daya dan fleksibilitas PC, mungkin terdiri dari bermacam-macam perlengkapan hardware dan pabrikan hardware yang berbeda-beda. Hal itu merupakan sebuah tugas dari sistem *integrator* untuk menggabungkan komponen individu menjadi keseluruhan sistem kerja.

Komponen dasar dari sistem akuisisi data adalah sebagai berikut dan fungsi dari komponen dapat dilihat pada gambar 2.10:

1. Sensor dan transduser.
2. Pengkabelan.
3. Pengondisi sinyal.
4. Hardware Data akuisisi.
5. PC.
6. Software data akuisisi.



Gambar 2.9 Diagram fungsional data akuisisi PC (Park dan Mackay, 2003)

Setiap elemen dari total sistem sangat penting untuk pengukuran yang akurat dan memperoleh serta menyimpan data dari fenomena fisik yang dimonitor (Park dan Mackay, 2003).

2.9.1 Transduser dan Sensor

Transduser dan sensor memberikan antarmuka antara dunia nyata dan sistem akuisisi data dengan mengonversi fenomena fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diterima oleh pengondisi sinyal sebelum sinyal tersebut masuk ke hardware sistem akuisisi data (Park dan Mackay, 2003).

Transduser dapat mengukur banyak fenomena fisik dan memberikan korespondensi output sinyal listrik. Sebagai contoh termokopel, *Resistive Temperature Detector (RTD)*, termistor, dll (Park dan Mackay, 2003).

2.9.2 Pengkabelan

Pengkabelan merepresentasikan koneksi fisik dari transduser/sensor ke hardware pengondisi sinyal dan hardware akuisisi data. Ketika pengondisi sinyal atau hardware akuisisi data dikendalikan oleh PC, pengkabelan memberikan jalur fisik antara elemen hardware dan komputer host (Park dan Mackay, 2003).

Karena pengkabelan merepresentasikan komponen terbesar dari keseluruhan sistem, pengkabelan mudah terkena efek *noise* dari luar, terlebih pada lingkungan industri produksi yang kasar. *Earthing (grounding)* dan *shielding* medan listrik kabel harus dilakukan dengan baik dan benar untuk mereduksi adanya paparan sinyal *noise* (Park dan Mackay, 2003).

2.9.3 Pengondisi sinyal

Sinyal listrik yang dihasilkan dari sensor dan transduser sering kali membutuhkan pengonversian agar sinyal dapat diterima oleh hardware akuisisi data, terutama *A/D Converter* (ADC) yang mengonversi sinyal analog listrik menjadi sinyal digital yang diinginkan. Namun dalam kenyataannya sensor dan transduser memerlukan beberapa rangkaian elektronik untuk keakuratan operasi. Prinsip yang dijalankan oleh pengondisi sinyal adalah sebagai berikut (Park dan Mackay, 2003).

- *Filtering* (Penyaringan)
- *Amplification* (penguatan)
- *Linearization* (liniersasi)
- *Isolation* (Mengisolasi)
- *Excitation* (eksitasi)

a) *Filtering* (Penyaringan)

Pada lingkupan sinyal *noise*, sangat sulit untuk sinyal yang sangat kecil dari sensor, seperti termokopel dan *strain gauge* (dalam orde mV). Di mana bernilai sama atau bahkan berorde lebih besar dari sinyal yang diperoleh, *noise* harus difilter terlebih dahulu. Peralatan pengondisi sinyal sering memuat rancangan *lowpass filter* untuk menyaring *noise* yang mempunyai frekuensi tinggi (Park dan Mackay, 2003).

b) *Amplification* (penguatan)

Setelah memfilter sinyal *noise* dalam sinyal data yang diperoleh dari pengukuran, sinyal data harus dikuatkan untuk memperbesar resolusi. Resolusi

maksimum diperoleh dari menguatkan sinyal input sehingga voltase maksimum dari sinyal input sama dengan kisaran input *Analog to Digital Converter*(ADC). Menempatkan penguat di dekat sensor memungkinkan untuk memperkecil efek *noise* pada garis sinyal antara sensor dan hardware data akuisisi (Park dan Mackay, 2003).

c) *Linearization* (pelinieran)

Banyak transduser, seperti termokopel, memberikan hubungan tidak linier dengan kuantitas fisik yang diukur. Sebagai contoh pada kasus termokopel beberapa produk sesuai dengan hardware pengondisian sinyal dengan jenis termokopel. Hardware pengondisi sinyal memberikan aksi memperkuat dan melinierkan sinyal pada waktu bersamaan (Park dan Mackay, 2003).

d) *Isolation* (Mengisolasi)

Peralatan pengondisi sinyal juga dapat digunakan untuk menyediakan isolasi sinyal transduser dari komputer di mana ada kemungkinan bahwa transien tegangan tinggi dapat terjadi dalam sistem yang dipantau, baik karena sengatan listrik atau kegagalan listrik. Isolasi melindungi peralatan komputer mahal dari kerusakan dan komputer operator dari kerusakan. Selain itu, di mana *common-mode* tingkat tegangan tinggi atau dibutuhkan untuk mencegah kebocoran arus pada *extremely low current*, seperti untuk aplikasi medis, isolasi memungkinkan pengukuran secara akurat dan aman (Park dan Mackay, 2003).

e) *Excitation* (Eksitasi)

Produk pengondisian sinyal juga menyediakan eksitasi untuk beberapa transduser. Sebagai contoh, *strain gauges*, termistor dan RTD, membutuhkan tegangan eksternal atau eksitasi arus sinyal (Park dan Mackay, 2003).

2.9.4 Hardware Akuisisi Data

Hardware Akuisisi data (DAQ) dan kontrol dapat didefinisikan sebagai komponen dari keseluruhan sistem akuisisi data dan kontrol yang melakukan tugas sebagai berikut (Park dan Mackay, 2003):

- Input, pemrosesan dan pengonversian ke dalam format digital, menggunakan ADC, dari sinyal analog data yang terukur dari sistem atau proses – data kemudian ditransfer ke komputer untuk diperlihatkan, disimpan dan dianalisis.
- Input dari sinyal digital, yang membawa informasi dari sistem atau proses.
- Pemrosesan, pengonversian ke format analog menggunakan *Digital to Analog Converter (DAC)* dari sinyal digital komputer. Sinyal kontrol analog digunakan untuk mengontrol sistem atau proses.
- Output dari sinyal kontrol digital.

Hardware akuisisi data tersedia dalam berbagai bentuk dari berbagai produsen. Papan *Plug-in expansion bus* yang dapat terhubung langsung ke perpanjangan bus pada komputer, adalah *item* yang biasa digunakan pada hardware akuisisi data. Bentuk lain dari hardware akuisisi data adalah data *logger* dan pengendali cerdas, yang dapat dipantau, dikendalikan dan

dikonfigurasi dari komputer melalui antarmuka RS-232, namun dapat dibiarkan untuk beroperasi independen dari komputer. *Item* lain yang umum digunakan untuk hardware akuisisi data, terutama dalam *Research and Development* (R & D) dan lingkungan pengujian, adalah alat mandiri yang dapat dikontrol jarak jauh yang dapat dikonfigurasi dan dikendalikan oleh komputer, melalui antarmuka komunikasi IEEE-488 (Park dan Mackay, 2003).

2.9.5 Software Akuisisi Data

Hardware akuisisi data tidak akan bekerja tanpa software, karena software yang berjalan pada komputer yang mengubah sistem menjadi akuisisi data lengkap, untuk analisis, tampilan, dan sistem kontrol (Park dan Mackay, 2003).

Aplikasi software berjalan pada komputer di bawah sistem operasi yang mungkin *single-tasking* (seperti DOS) atau *multitasking* (seperti Windows, Unix, OS2), memungkinkan lebih banyak dari satu aplikasi berjalan secara simultan (Park dan Mackay, 2003).

Aplikasi perangkat lunak dapat menjadi panel interaktif pada layar penuh, input / output khusus, Program kontrol, data logger, penanganan komunikasi, atau kombinasi dari semua itu (Park dan Mackay, 2003).

Ada tiga pilihan yang tersedia, berkaitan dengan perangkat lunak yang diperlukan untuk program sistem perangkat keras (Park dan Mackay, 2003):

- Program register perangkat keras akuisisi data secara langsung.
- Memanfaatkan perangkat lunak driver tingkat rendah, biasanya disediakan dengan perangkat keras, untuk mengembangkan aplikasi perangkat lunak untuk tugas-tugas khusus yang diperlukan.

- Memanfaatkan *off-the-shelf application software*, ini bisa menjadi aplikasi software, dilengkapi dengan perangkat keras itu sendiri, yang melakukan semua tugas-tugas yang diperlukan untuk aplikasi tertentu; alternatif, paket pihak ketiga seperti LabVIEW dan Labtech Notebook menyediakan antarmuka grafis untuk pemrograman tugas yang dibutuhkan dari *item* tertentu dari perangkat keras, serta menyediakan *tool* untuk menganalisa dan menampilkan data yang diperoleh.

2.9.6 PC Host

PC yang digunakan dalam sistem akuisisi data dapat sangat mempengaruhi kecepatan di mana data dapat terus menerus dan akurat diperoleh, diproses, dan disimpan untuk aplikasi tertentu. Di mana akuisisi data kecepatan tinggi dilakukan dengan papan ekspansi plug-in, jalur yang disediakan oleh arsitektur bus, seperti bus PCI, lebih tinggi dari yang disampaikan oleh standar ISA atau EISA bus ekspansi PC (Park dan Mackay, 2003).

Tergantung pada aplikasi tertentu, kecepatan mikroprosesor, kecepatan akses hard disk, kapasitas disk dan jenis transfer data yang tersedia, semua dapat berdampak pada kecepatan komputer memperoleh data. Semua PC, misalnya, mampu memprogram *I/O* dan *interrupt transfer driver* data. Penggunaan Direct Memory Access (DMA), di mana perangkat keras khusus digunakan untuk mentransfer data secara langsung ke dalam memori komputer, sangat meningkatkan kinerja sistem dan menyisakan ruang mikroprosesor komputer untuk tugas-tugas lainnya. Di mana DMA atau *interrupt driver*

transfer data yang diperlukan, *plug-in* papan Data akuisisi harus mampu melakukan jenis transfer data (Park dan Mackay, 2003).

Dalam operasi normal perolehan data dari *plug-in* papan data akuisisi atau perangkat keras DAQ lainnya (misalnya data logger), disimpan langsung ke System Memory. Di mana sistem memori yang tersedia melebihi jumlah data yang akan diperoleh, data dapat ditransfer ke penyimpanan permanen, seperti hard disk setiap saat. Kecepatan transfer data ke penyimpanan permanen tidak mempengaruhi kinerja keseluruhan dari sistem akuisisi data (Park dan Mackay, 2003).

Jika diperlukan proses *real-time* dari data yang diperoleh, mempertimbangkan kinerja prosesor komputer dirasa sangat penting. Persyaratan minimum untuk sinyal frekuensi tinggi yang diperoleh pada tingkat sampel tinggi harus memakai prosesor 32-bit dengan *co-processor* yang menyertainya, atau alternatif prosesor dengan *plug-in* khusus. Sinyal frekuensi rendah, yang hanya beberapa sampel diproses setiap detik, jelas tidak akan memerlukan tingkat yang sama dari kekuatan pemrosesan. Sebuah *low-end* PC akan memuaskan. Jelas, persyaratan kinerja komputer host harus disesuaikan dengan aplikasi tertentu (Park dan Mackay, 2003).

2.10 Integrasi Numerik

Integrasi numerik, yang lebih dikenal dengan *quadrature*, mempunyai sejarah yang meluas kembali ke era ditemukannya kalkulus dan sebelumnya. Faktanya, integral dari elemen fungsi dasar tidak dapat dihitung secara analitis, ketika derivatif dapat dihitung (teukolsky, 2007).

Integral numerik pada hakikatnya adalah prosedur yang lebih akurat dari pada derivasi numerik. Pendekatan *quadrature* untuk integral berhingga adalah sebagai berikut: (Kiusalaas, 2005).

$$\int_a^b f(x) dx \dots \dots \dots (2.1)$$

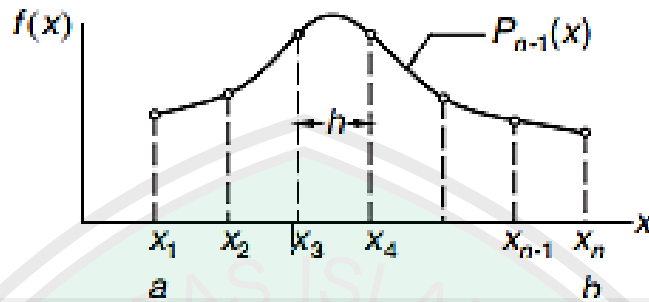
Dengan operasi penjumlahan pada domain diskret

$$I = \sum_{i=1}^n A_i f(x_i) \dots \dots \dots (2.2)$$

Absis nodal x_i dan bobot A_i bergantung pada aturan tertentu yang digunakan pada quadrature. Semua aturan berasal dari interpolasi suku banyak integran. Oleh karena itu, integrasi numerik ini akan bekerja lebih baik jika $f(x)$ dapat didekati dengan suku banyak (Kiusalaas, 2005).

Metode integrasi numerik dapat dibagi menjadi dua golongan: persamaan *Newton-Cotes* dan Gaussian quadrature. Persamaan *Newton-Cotes* terkarakterisasi oleh ruang absis yang sama, dan mempunyai metode yang tidak asing yaitu trapezoid dan simsons's. Keduanya sangat berguna jika $f(x)$ sudah dihitung dengan interval yang sama. Karena persamaan *Newton-Cotes* mendasar dari interpolasi lokal, maka persamaan *Newton-Cotes* hanya membutuhkan potongan-potongan suku banyak (Kiusalaas, 2005).

2.10.1 Persamaan Newton-Cotes



Gambar 2.10 Pendekatan suku banyak dari $f(x)$ (Kiusalaas, 2005)

Integral tertentu:

$$\int_a^b f(x) dx \dots\dots\dots(2.3)$$

Membagi *range* dari integrasi (a,b) sampai $n-1$ sama dengan interval dari $h=(b-a)/(n-1)$, seperti yang terlihat di gambar 2.3, menunjukkan absis dari hasil *node* $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Selanjutnya $f(x)$ didekati dengan suku banyak tingkat $n-1$ yang memotong *node*. Bentuk lagrangian dari suku banyak itu adalah sebagai berikut (Kiusalaas, 2005).

$$P_{n-1}(x) = \sum_{i=1}^n f(x_i)l_i(x) \dots\dots\dots(2.4)$$

Di mana $l_i(x)$ adalah fungsi utama yang telah terdefinisi pada persamaan (3.1b). Oleh karena itu , pendekatan integral untuk persamaan (2.3) adalah (Kiusalaas, 2005).

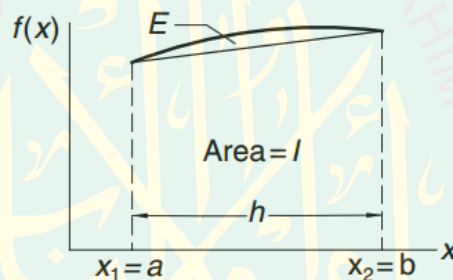
$$I = \int_a^b P_{n-1}(x) dx = \sum_{i=1}^n [f(x_i) \int_a^b l_i(x) dx] = \sum_{i=1}^n A_i f(x_i) \dots\dots\dots(2.5)$$

Di mana

$$A_i = \int_a^b l_i(x) dx, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots(2.6)$$

Persamaan 2.5 dan 2.6 adalah persamaan Newton-Cotes. Contoh dari persamaan ini adalah aturan *trapezoid* ($n=2$), aturan *simpson's* ($n=3$) dan Aturan *Simpson's 3/8* ($n=4$). Aturan yang paling penting adalah aturan *trapezoid*. Aturan *trapezoid* dapat dikombinasikan dengan *Richardson extrapolation* ke dalam algoritma yang efisien dan dikenal sebagai *Romberg Integration*, yang membuat aturan klasik lebih baik (Kiusalaas, 2005).

2.10.2 Aturan Trapezoid



Gambar 2.11 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)

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

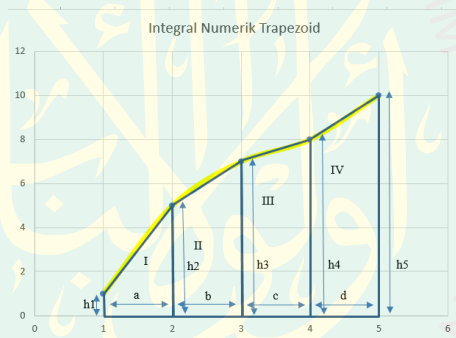
Persamaan di atas adalah aturan trapezoid. Persamaan tersebut menggambarkan daerah dari trapesium pada gambar 2.2(Kiusalaas, 2005).

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 2.12 Integral numeik trapezoid

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

$$L. Trapezoid\ I = \frac{(h1 + h2)a}{2}$$

$$L. Trapezoid\ II = \frac{(h1 + h2)b}{2}$$

$$L. Trapezoid\ III = \frac{(h1 + h2)c}{2}$$

$$L. Trapezoid\ IV = \frac{(h1 + h2)d}{2}$$

$h =$ sinyal

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Membuat sistem akuisisi data bau dan *logger* datanya. Akuisisi data bau digunakan untuk memperoleh pola bau dari buah durian. Buah durian akan diklasifikasi berdasarkan tingkat kematangannya. Hasil pola tiap durian dan tiap harinya kemudian diolah dengan statistik multivariat PCA (*Principle Component Analysis*) untuk dapat mengetahui perbedaan dari pola kematangan durian.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 5 Januari sampai akhir September 2015 di lab Riset Atom, Lab Elektronika, dan *Workshop* Elektronika Instrumentasi jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

a. Sensor-sensor yang meliputi

Tabel 3.1 Senyawa utama bau buah durian dan sensor yang dibutuhkan

Senyawa utama (Volatil/gas)	Deret Homolog	Sensor yang dibutuhkan
Alkohol		Sensor Alkohol
Sulfur		Sensor Sulfur

Asam 2-metil butanoat	Alkanoat (karboksilat)	Sensor CH ₄ , Butane, VOCs
Aldehida	Aldehida (alkanal)	Sensor VOCs
Etanol	Alkanol (alkil alkohol)	Sensor Etanol, VOCs
Etil Asetat	Alkanoat (karboksilat)	Sensor VOCs
Asam 2-hidroksi propanoat	Alkanoat (karboksilat)	Sensor H ₂ , Propane, VOCs
Heksadekanol	Alkanol (alkil alkohol)	Sensor CH ₄ , VOCs
Propanol	Alkanol (alkil alkohol)	Sensor Propane, VOCs
Keton	Alkanon (keton)	Sensor VOCs
3-hidroksi-2-Butanon	Alkanon (keton)	Sensor Butane, VOCs, H ₂
Etil-2-metil Butanoat	Ester	Sensor Butane, VOCs,
Etil alkanoat	Ester	Sensor CH ₄ , VOCs
1,1 dietoksi etana	Eter (alkoksi alkana)	Sensor CH ₄ , VOCs

Tabel 3.2 Tipe Sensor gas yang tepat dan gas yang direspon

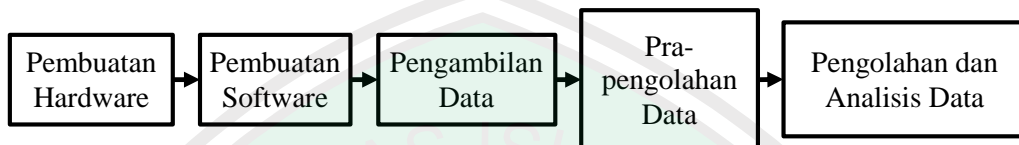
Tipe sensor	Gas yang dapat direspon	Sensitivitas (ppm)
MQ-137	H ₂ , NH ₃	1-1000
MQ-138	Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), Propane, Benzene, n-Hexane, Alkohol, METHANE, NH ₃ , CO	100-10000
MQ-2	H ₂ , Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), Lpg, Propane, Alkohol, Methane, CH ₄ , CO, Iso-Butane	100-10000
MQ-3	Alkohol, Benzene, Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), Hexane, LPG, CO, CH ₄	0,1-10
MQ-9	LPG, CO, METHANE, PROPANE	100-10000
MQ-4	CH ₄ , Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), LPG, H ₂ , Alkohol, CO	100-10000
MQ-5	H ₂ , CH ₄ , Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), LPG, Propane, Alkohol, CO	100-10000
MQ-6	LPG, Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), Iso-Butane, Propane, CH ₄ , LNG, H ₂ , Alkohol, CO	100-10000
MQ-7	H ₂ , CO, Natural Gas, CH ₄	100-10000
MQ-8	H ₂ , Alkohol, Volatile Organic Compounds (VOCs/Aldehyde, Ketone, Alkanoate, Alkanol, Ester, Eter), LPG, CH ₄ , CO	100-10000

- b. Arduino Mega 2560 R3
- c. Relay 12V
- d. Buffer
- e. OP-Amp

- f. Solenoid Valve DC 12V
- g. Air Pump 220V
- h. Power Supply Switching 12 V 10A.
- i. 2596 Switching Voltage Regulator Adjustable.
- j. Kipas 12V DC.
- k. Komponen elektronika pendukung:
 - 1. Transistor.
 - 2. Resistor.
 - 3. Kapasitor.
 - 4. kapasitor Polar.
 - 5. Terminal Screw.
 - 6. Header.
 - 7. Kabel pelangi.
 - 8. Jak DC.
 - 9. Konektor USB A Male Female.
- l. PC, OS Windows 10 64bit, Core I3 Memori 4GB
- m. Software:
 - 1. LabVIEW 2014 f.2 32bit.
 - 2. Virtual Instrument Software Architecture (VISA).
 - 3. LabVIEW Interface for Arduino (LIFA).
 - 4. Arduino IDE.
 - 5. MATLAB 2015a 64bit
 - 6. Minitab 16 32bit
- n. Buah Durian.
- o. Akrilik 2mm.
- p. Selang pneumatic ¼ Inchi

3.4 Tahap dan Alur Penelitian

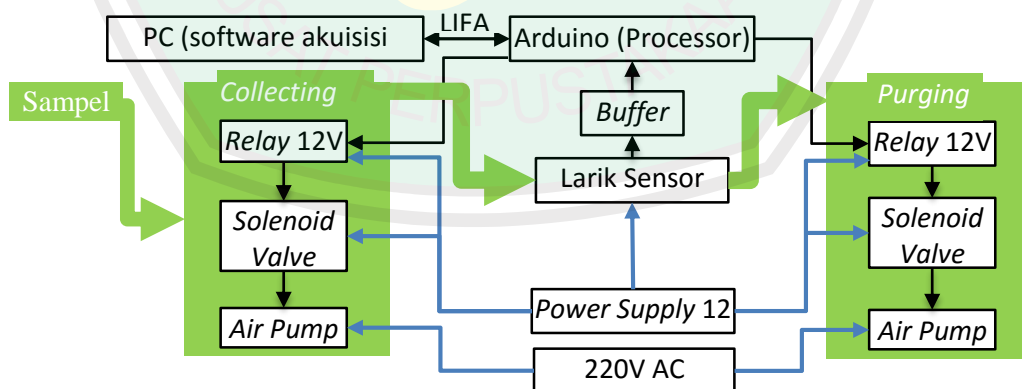
Penelitian “*Rancang Bangun Akuisisi Data Bau Dari Larik Sensor Gas Untuk Analisis Kematangan Buah Durian Dengan Menggunakan Metode Integral Trapezoid*” ini melalui empat tahap utama yaitu sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Tahap dan Alur Penelitian

3.4.1 Pembuatan hardware.

Hardware sistem akuisisi data bau akan dibuat dari alat dan bahan yang telah diperlihatkan pada poin 3.3 a – i. Semua alat dan bahan tersebut akan dirangkai sebagai piranti fisik yang akan menjalankan tugas utamanya sebagai processor dan aktuator hardware sistem akuisisi data. Berikut adalah diagram hardware yang akan dibangun.



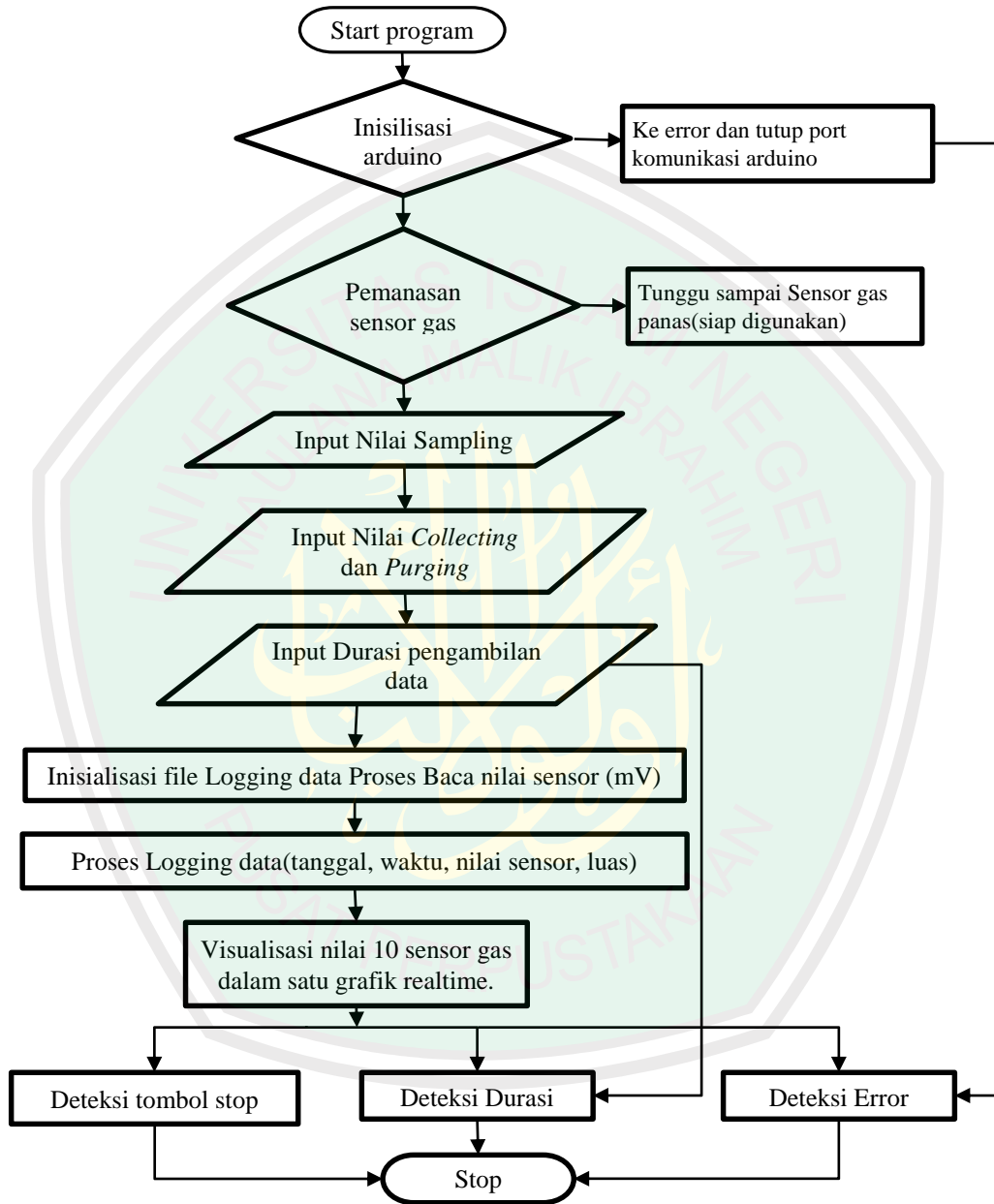
Gambar 3.2 Diagram Hardware sistem akuisisi data bau

3.4.2 Pembuatan software sistem akuisisi data dan *data logger* bau

Pembuatan software sistem akuisisi data dan *data logger* bau bertujuan untuk mengontrol hardware sistem akuisisi data bau yang nantinya akan dibuat. Software sistem akuisisi data bau akan dibuat dengan aplikasi dari National Instrumen, yaitu NI LabVIEW, yang mana LabVIEW ini merupakan aplikasi yang memang dikeluarkan oleh National Instruments untuk arah *measurement dan Automation*.

Untuk dapat membuat software yang dapat mengontrol hardware sistem akuisisi data, maka diperlukan pemahaman tentang apa saja penyusun hardware sistem akuisisi data bau tersebut dan bagaimana upaya sistem akuisisi data bau tersebut dapat berjalan seperti proses pada hidung.

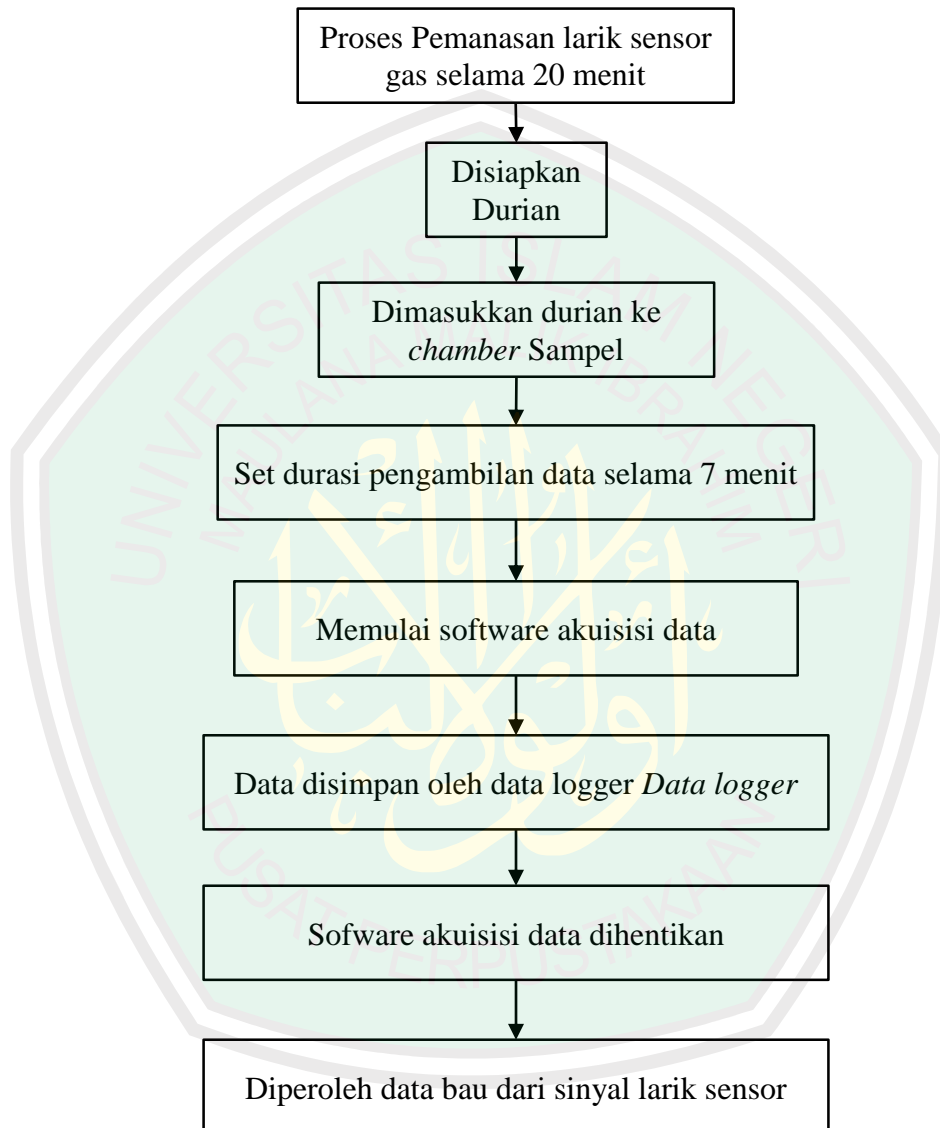
Aliran (*flowchart*) program dari software sistem akuisisi data dan *data logger* bau adalah sebagai berikut.



Gambar 3.3 Diagram Aliran Program sistem akuisisi data dan *data logger* bau

3.4.3 Pengambilan Data

Pengambilan data dapat dijelaskan pada diagram berikut.



Gambar 3.4 Diagram pengambilan data bau

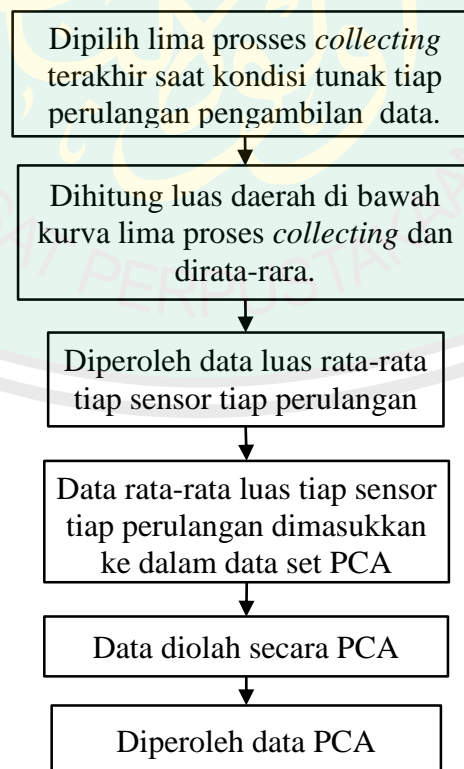
Keterangan Diagram:

1. Memanaskan sistem larik sensor selama 20 menit.
2. Menyiapkan sampel berupa durian. Menggunakan tiga durian berjenis sama dan bertingkat kematangan sama.

3. Memasukkan durian ke *chamber* sample.
4. Set durasi pengambilan data selama 7 menit.
5. Memulai software akuisisi data.
6. Data disimpan oleh data logger.
7. Software akuisisi data dihentikan.
8. Memperoleh data bau dari sinyal larik sensor
9. Melakukan perulangan 5 kali tiap durian.
10. Pengambilan data dilakukan tiap pagi selama lima hari.

3.4.4 Pra Pengolahan dan Pengolahan Data

Langkah pra-pengolahan data dan pengolahan data dapat dijelaskan dengan diagram di bawah ini.



Gambar 3.5 Diagram pra-pengolahan dan pengolahan data.

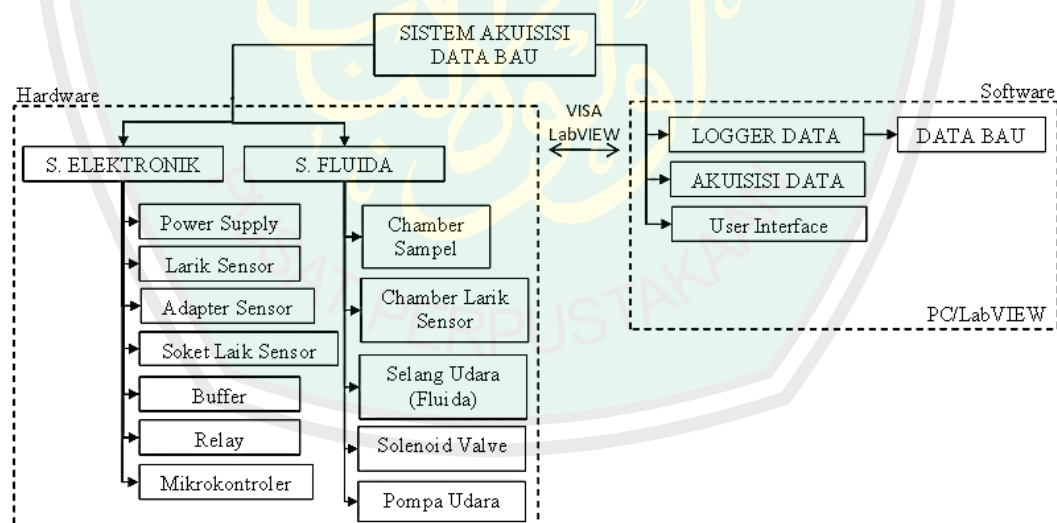
Keterangan diagram:

1. Memilih lima data *collecting* terakhir dari data *collecting* dan *purging* yang telah diperoleh oleh data logger.
2. menghitung lima data luas kurva *collecting* dengan integral numerik dengan menggunakan MATLAB.
3. merata-rata lima data *collecting* dan mengambil nilai tersebut sebagai data luasan rata-rata *collecting* tiap sensor.
4. Memasukkan data rata-rata luas kurva *collecting* tiap sensor tiap perulangan ke tabel yang akan diolah secara PCA.
5. Data PCA.diperoleh.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 4.1, Sistem akuisisi data bau dapat bekerja karena adanya hardware dan software yang menjalankan fungsinya masing - masing. Hardware sistem akuisisi data bau dibangun dari beberapa komponen elektronika, sensor, prosessor berupa mikrokontroler dan sistem fluida yang bertanggung jawab terhadap aliran bau. Sistem akuisisi data bau yang dibangun merupakan sistem yang berbasis PC. Kinerja keseluruhan sistem akan dikendalikan suatu software yang dijalankan pada PC. Software akuisisi data dibangun dengan aplikasi dari National Instruments, LabVIEW.



Gambar 4.1 Diagram keseluruhan sistem akuisisi data bau

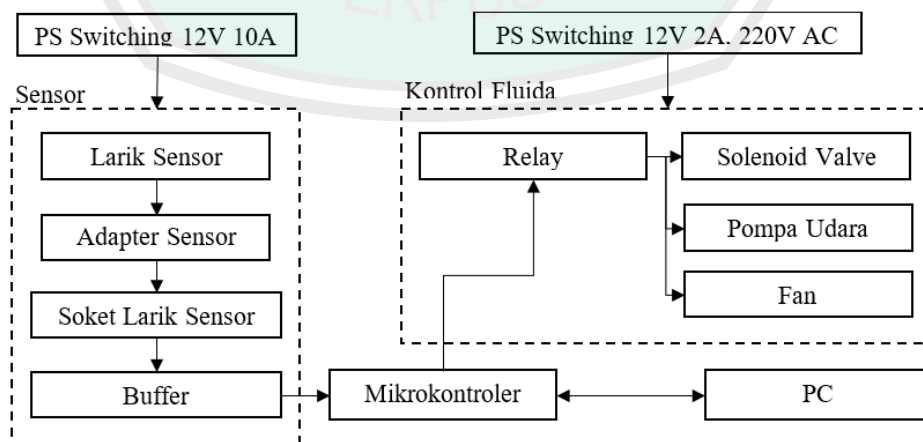
Berikut adalah penjelasan tentang hardware dan software yang dibuat untuk membangun sistem akuisisi data bau.

4.1 Hardware Sistem Akuisisi Data Bau

Hardware sistem akuisisi data bau terdiri dari dua sub sistem, yaitu sistem elektronik dan sistem fluida. Sistem elektronik adalah perangkat yang terdiri dari bahan elektronik, sensor, adapter sensor, buffer, dan mikrokontroler unit. Sistem fluida terdiri dari aktuator berupa valve, ruang sampel, ruang larik sensor dan pipa untuk mengalirkan bau.

4.1.1 Sistem Elektronik

Sistem elektronik hardware akuisisi data bau diperlukan untuk menjalankan sensor, mengontrol aktuator dan menjalankan perangkat *processor* (mikrokontroler). Sistem elektronik untuk hardware akuisisi data bau yang dibangun terdiri dari enam unit, diantaranya adalah Power supply, Larik Sensor gas, rangkaian adapter sensor gas, rangkaian soket larik sensor gas, rangkaian penyangga, rangkaian relay dan arduino. Diagram di bawah menunjukkan hubungan yang ada pada sistem elektronik dan kerja keseluruhan sistem elektronik.

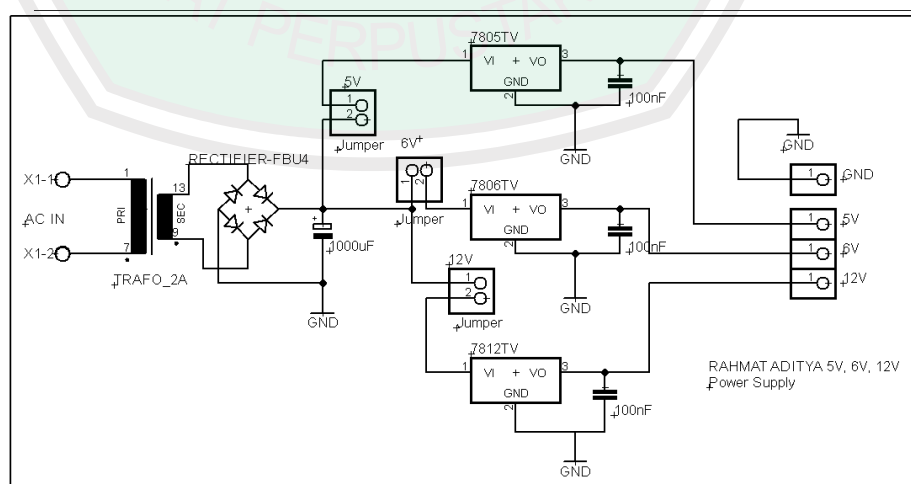


Gambar 4.2 Diagram hubungan dan kerja sistem elektronik

4.1.1.1 Power Supply

Power supply adalah perangkat yang amat penting dalam sistem elektronik pada sistem akuisisi data bau yang menggunakan 2 solenoid valve dan menjalankan 10 sensor gas secara bersamaan. Pemilihan Power supply yang baik dapat memperbaiki kerja sistem dan mengurangi peristiwa *voltage drop*. Untuk menjalankan sistem elektronik pada sistem akuisisi data bau diperlukan tiga Power supply.

Pertama, 12 V 2 Ampere DC Power supply untuk menyuplai daya ke rangkaian relay, solenoid valve dan kipas. Digunakan Power supply 12V DC karena pada rangkaian rela digunakan relay, kipas dan solenoid valve yang beroperasi pada tegangan 12V DC. Digunakan 2 Ampere karena 2 ampere cukup untuk menyuplai arus ke rangkaian relay, kipas dan solenoid valve. Pertimbangan menggunakan arus 2 ampere untuk pencegahan *voltage drop* karena konsumsi daya solenoid valve yang besar. Sehingga peristiwa *voltage drop* tidak mengganggu peristiwa buka tutup valve.



Gambar 4.3 Skema Power Supply 5V, 6V dan 12V

Kedua, 12V 10 Ampere *Switching Power supply*. Power supply ini digunakan untuk menyuplai daya yang dibutuhkan oleh sensor gas dan buffer sensor gas. Sebelum tegangan 12V dilewatkan ke sensor dan rangkaian *buffer*, tegangan dilewatkan terlebih dahulu pada regulator switching. Untuk mempermudah proses penepatan voltase yang diterima oleh tiap sensor gas digunakan regulator switching 2596 Adjustable yang beroperasi untuk tegangan input max sebesar 40 V DC dan mampu melewatkan arus hingga 3 Ampere. Tegangan output dapat diatur sesuai yang diinginkan, maksimal adalah sama dengan atau kurang dari nilai tegangan input dan minimal 3.3V DC. Menurut *datasheet*, saat beroperasi, sensor gas(MQ) mengonsumsi daya sekitar 1000mW.

Tiap satu sensor gas(Seri *MQ gas sensor*) membutuhkan suplay arus sebesar.

$$P = V \times I_m$$

P = Daya yang dikonsumsi(Watt)

V = Tegangan yang digunakan(V).

I_m = Arus minimal yang dibutuhkan(A).

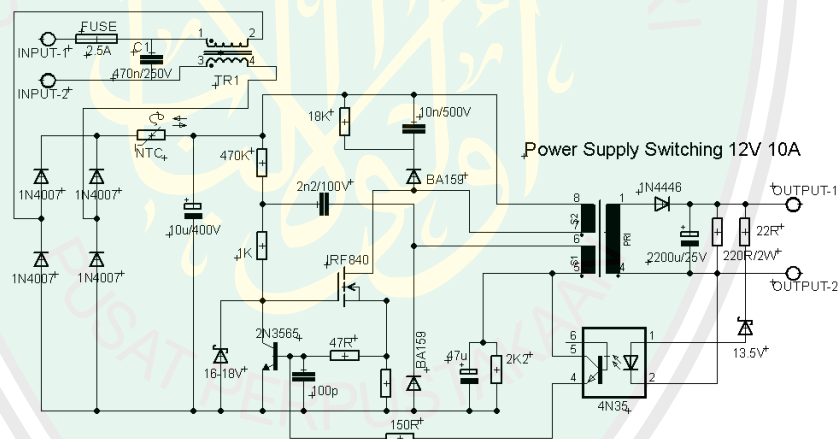
$$1000 = 5000 \times I_m$$

$$I_m = \frac{1000}{5000}$$

$$I_m = 0,2 A$$

Dari perhitungan di atas diketahui satu sensor gas membutuhkan minimal 0,2 A, dan jika digunakan sepuluh sensor gas maka dibutuhkan minimal Power supply 2 Ampere untuk menyuplai sensor gasnya saja.

Pada saat eksperimen pengujian larik sensor gas, sepuluh sensor gas dijalankan secara bersamaan. Untuk menyuplai sepuluh sensor gas digunakan Power supply linear 5V 2 Ampere. Tegangan turun dari 5V menjadi 3V. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakan Power supply switching 12V DC 10A dan regulator switching 2596 adjustable yang mampu melewati arus sebesar 3A. Dengan Power supply dan regulator switching adjustable permasalahan voltage drop dapat diatasi.



Gambar 4.4 Skema Power Supply Switching 12V 10A

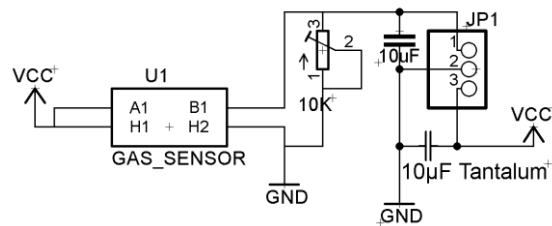
Yang ketiga, Power supply untuk menyuplai daya yang dibutuhkan untuk pompa udara. Pompa udara pada hardware sistem akuisisi bau ini menggunakan pompa udara yang beroperasi pada listrik AC 220 50Hz. Sehingga untuk kebutuhan dayanya langsung diberi dari listrik AC PLN.

4.1.1.2 Larik Sensor gas

Larik sensor gas tersusun atas beberapa sensor gas seperti pada Tabel 3.2. satu sensor gas dan lainnya memiliki karakteristik yang berbeda ketika merespon gas-gas yang terdapat pada bau. Bau merupakan susunan dari jutaan gas. Sensor gas merupakan sensor yang tidak selektif yang khusus dapat merespon satu parameter, seperti sensor suhu yang hanya dapat merespon perubahan suhu. Satu sensor gas dapat merespons lebih dari satu senyawa volatil. Memanfaatkan karakteristik dari sensor gas tersebut dan menggunakannya secara larik ditujukan untuk dapat merespon dengan baik jutaan gas pada bau. Dengan pengolahan data, *praprocessing* data dan *processing* data dengan statistik dapat diperoleh siat bau dari data yang telah diperoleh.

4.1.1.3 Adapter Sensor Gas

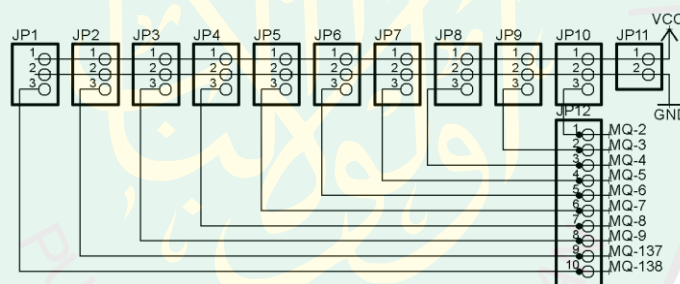
Rangkaian adapter untuk sensor gas diperlukan agar sensor gas dapat bekerja dengan baik. Sensor gas membutuhkan dua suplai Vcc, yang pertama untuk pemanasan membran pada elektrode sensor dan yang kedua untuk suplai daya untuk operasi sensor. Keduanya membutuhkan suplai tegangan $5V \pm 0.1V$ untuk beroperasi secara baik. Tidak stabilnya tegangan yang menyuplai sensor gas sangat mempengaruhi sinyal output dari sensor. Maka dari itu, pada adapter sensor sensor gas harus dipasang kapasitor untuk mengurangi *noise* pada Vcc dan sinyal output sensor. Pada Vcc dipasang kapasitor tantalum dengan nilai kapasitansi sebesar 10uF dan pada output sensor dipasang kapasitor keramik sebesar 10uF.



Gambar 4.5 Skema adapter sensor gas.

4.1.1.4 Soket Larik Sensor

Rangkaian soket untuk larik sensor gas diperlukan untuk memberikan suplai daya secara paralel ke semua adapter sensor gas dengan satu catu daya. Upaya ini juga akan merapikan pengkabelan pada tiap adapter sensor sebelum masuk ke rangkaian berikutnya (rangkaiannya buffer). Tidak ada upaya khusus dari rangkaian ini.

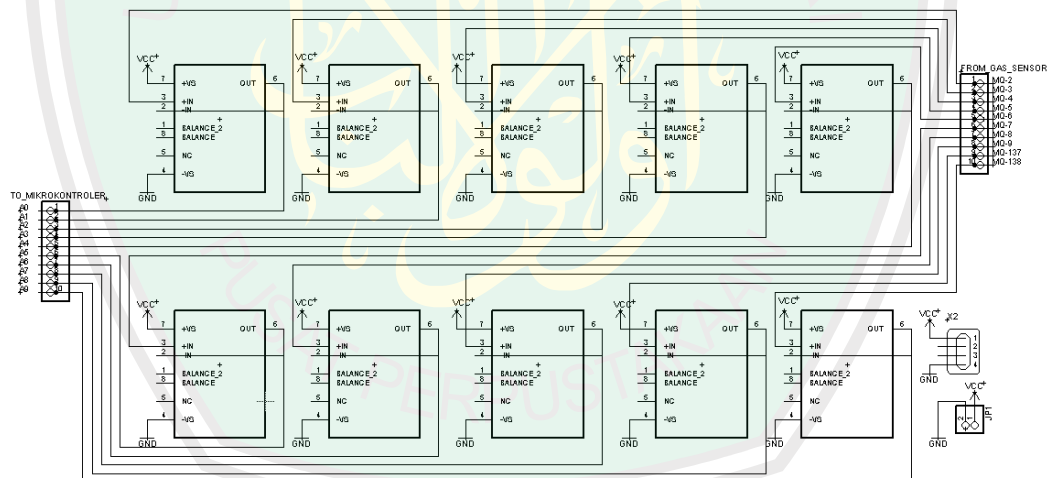


Gambar 4.6 Rangkaian Soket Larik Sensor.

4.1.1.5 Penyangga(Buffer)

Penyangga(buffer) atau yang lebih dikenal sebagai *voltage follower* sangat diperlukan untuk meminimalisir adanya sinyal *noise* pada sinyal yang sangat kecil. Proses penyanggaan ini dilakukan untuk menanggulangi terjadinya *black noise* yang juga dihasilkan oleh suplai daya pada sensor gas. Rangkaian penyangga pada penelitian ini menggunakan Op-Amp seri 07CP keluaran Texas Instruments. OP07CP ini memiliki fitur *low noise* dan yang paling penting adalah fitur tegangan kerja yang lebar. Fitur

tegangan kerja yang lebar pada Op-Amp yang digunakan sangat penting, pertimbangan ini diperlukan karena larik sensor gas sendiri memerlukan voltase $5V \pm 0.1V$. Namun pada saat penelitian suplai tegangan yang diberikan oleh power suplai 5V 3Ampere mengalami *drop voltage*. Untuk menanggulangi masalah ini diperlukan peninggian tegangan. Mengingat rangkaian larik sensor dan *buffer* menggunakan power suplai yang sama, maka konsekuensinya adalah rangkaian *buffer* harus menerima tegangan lebih dari 5V. Untuk alasan inilah diperlukan Op-Amp yang bekerja pada rentang voltase yang lebar. Untuk OP07CP sendiri bekerja pada kisaran tegangan 3.3V - 22 V DC.

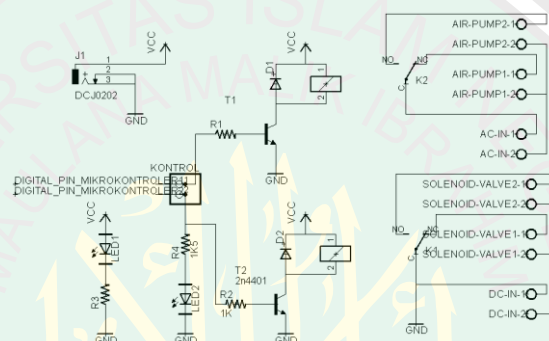


Gambar 4.7 Rangkaian Buffer sinyal output larik sensor gas.

4.1.1.6 Relay

Relay digunakan untuk mendriver solenoid valve dan pompa udara. Sebenarnya untuk mengendalikan solenoid valve, dengan menggunakan pin output arduino dan transistor sudah mampu namun untuk alasan keamanan, terlebih untuk mengendalikan pompa udara yang beroperasi pada tegangan AC 220V dibutuhkan Relay. Operasi relay dikontrol

langsung dari pin output arduino. Pada hardware sistem akuisisi data bau menggunakan relay 12V DC SPDT (Single Push Dual Trough). Menggunakan relay SPDT bertujuan untuk mengontrol kondisi dua solenoid valve dan dua pompa udara yang bekerja berlawanan pada saat *collecting* dan *purging* bau. Penggunaan relay SPDT ini akan menghemat jumlah relay yang digunakan dan menghemat pin output mikrokontroler.



Gambar 4.8 Rangkaian Relay Hardware Sistem akuisisi data bau.

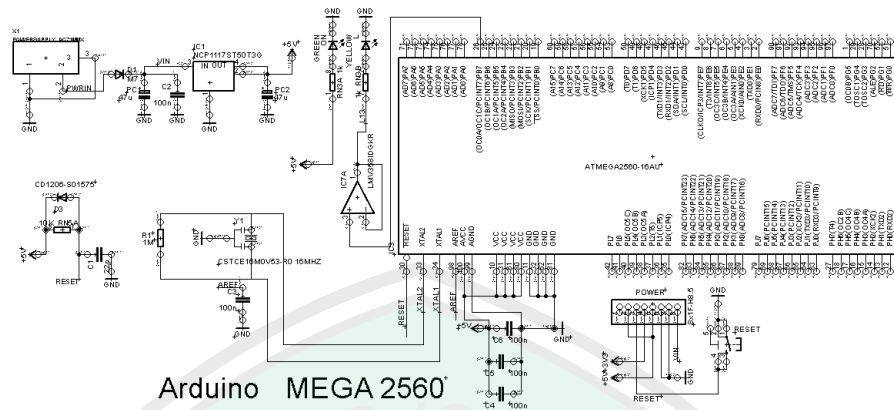
4.1.1.7 Rangkaian Mikrokontroler (ATMega2560 Arduino Mega 2560)

Mikrokontroler adalah perangkat utama dalam sistem elektronik akuisisi data bau. Mikrokontroler adalah perangkat pemroses perintah dari *user interface* di PC lewat komunikasi serial, bertindak sebagai input output hardware lain. Sebagai input sinyal analog dari sensor melalui kanal ADC dan output digital untuk mengendalikan solenoid valve dan pompa udara. Sistem akuisisi data bau yang dibangun menggunakan sepuluh sensor gas. Sepuluh sinyal analog dari sensor akan diukur, diproses, dikirim ke PC dan akhirnya disimpan.

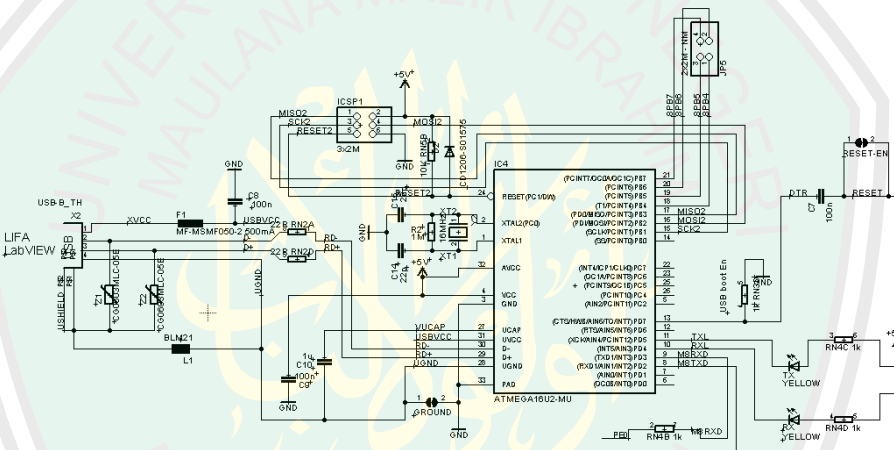
Dibutuhkan sepuluh kanal ADC untuk mengukur sepuluh sinyal analog dari sepuluh sensor gas. ATMega 2560, Mikrokontroler keluarga

ATMega, keluaran dari ATMEL sangat cocok untuk sistem akuisisi data bau. Dengan kanal ADC sebanyak 16 dan yang paling penting mikrokontroler ini memiliki memori flash yang paling besar, yaitu sebesar 256KBytes. Kanal ADC sebanyak lebih dari sepuluh dibutuhkan untuk mengukur kesepuluh sinyal analog sensor gas. Memori flash yang besar juga sangat dibutuhkan untuk menjalankan software pada PC yang menjalankan banyak variabel mulai dari tipe data boolean, string sampai *array* dari double. Untuk memudahkan komunikasi antara mikrokontroler dan software yang dijalankan di PC dibutuhkan fitur komunikasi dari mikrokontroler dan interface mikrokontroler pada software di PC.

Arduino adalah board pengembangan yang menggunakan mikrokontroler dari keluarga ATMega ATMEL. Arduino mendukung komunikasi serial berupa USB yang cocok untuk *motherboard* PC yang memiliki port USB. Untuk memudahkan komunikasi antara software dan mikrokontroler, LabVIEW telah mendukung komunikasi serial antara LabVIEW dan arduino berupa LIFA(LabVIEW Interface fo Arduino). LIFA mendukung programmer LabVIEW untuk mengakses arduino secara langsung lewat LabVIEW. LIFA dapat mengontrol I/O arduino, mengakses data serial I²C dan mengakses data analog dari ADC arduino secara langsung.



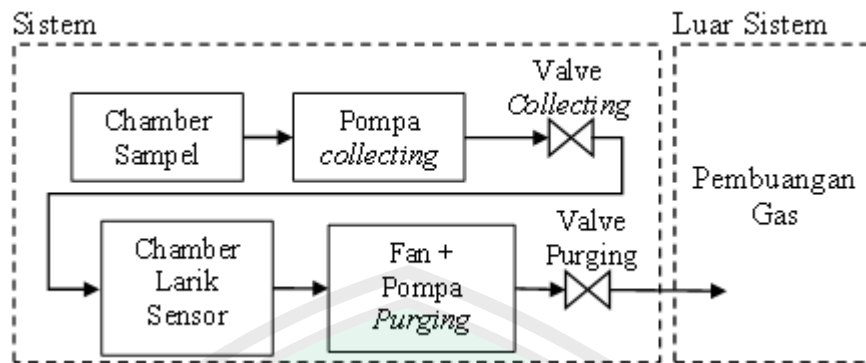
Arduino MEGA 2560
 Gambar 4.9 Skema pin Arduino akuisisi data bau



Gambar 4.10 Komunikasi serial USB Arduino

4.1.2 Sistem Fluida

Dalam sistem akuisisi data bau, aliran bau dari *chamber* sampel ke *chamber* larik sensor adalah faktor yang penting. Tidak stabilnya aliran bau ke *chamber* larik sensor serta tidak baiknya pembuangan bau dari *chamber* larik sensor ke luar sistem mempengaruhi data saat *collecting* dan *purging*. Maka dari itu, diperlukan desain khusus untuk membuat *chambe*, khususnya untuk *chamber* larik sensor. Aliran bau dari sistem fluida pada akuisisi data bau ditunjukkan pada diagram di bawah ini



Gambar 4.11 Diagram Jalannya bau pada sistem fluida akuisisi data bau.

1.1.2.1 Chamber Sampel

Chamber sampel adalah ruang untuk menampung bau dari sampel. Dimensi dari *chamber* sampel lebih baik disesuaikan dengan dimensi sampel yang digunakan. pada penelitian ini menggunakan sampel buah durian. Jadi, *chamber* sampel berukuran sedikit lebih besar dari buah durian. Pemilihan dimensi dari *chamber* sampel yang sedikit lebih besar bertujuan agar konsentrasi dari bau lebih banyak.

Di dalam *chamber* sampel terdapat satu pompa untuk menarik bau dari *chamber* sampel ke *chamber* larik sensor gas. Kinerja dari pompa dikendalikan oleh relay yang dikontrol dari software akuisisi data dari PC.

1.1.2.2 Chamber Larik Sensor

Chamber larik sensor adalah ruang untuk tempat larik sensor saat mengukur bau. Untuk mendistribusikan bau secara merata ke sepuluh sensor gas yang digunakan, dibutuhkan desain khusus untuk *chamber* larik sensor gas. Ukuran ruang *chamber* yang lebih kecil dapat memperbagus data yang diperoleh. Hal tersebut dikarenakan bau langsung dapat

menyebar pada ruangan yang kecil dari pada ruangan yang besar saat *collecting* dan bau akan cepat habis saat proses *purging*.

1.1.2.3 Pompa, Kipas, Valve, Pipa Fluida

Pompa, kipas, valve dan selang fluida digunakan untuk mengatur pendistribusian bau dari *chamber* sample ke *chamber* larik sensor dan membuang bau dari *chamber* larik sensor ke luar sistem. Terdapat dua pompa yaitu pompa yang terdapat di dalam *chamber* larik sensor dan pompa *purging*. Valve digunakan untuk mengatur jalannya bau. Pada saat *collecting* valve *collecting* akan terbuka dan valve *purging* tertutup. Pada saat *purging* valve *collecting* akan tertutup dan valve *purging* terbuka.

Valve yang digunakan adalah valve yang berjenis boolean valve. *Boolean* valve ini bersifat hidup dan mati saja. Penggunaan valve ini karena aliran dari pompa bersifat konstan sehingga tidak dibutuhkan valve yang dapat mengatur aliran bau.

Kipas digunakan untuk membantu pompa *purging* pada saat membuang bau dari *chamber* larik sensor ke luar sistem. Pada saat *purging* bau dari *chamber* larik sensor harus terkuras habis sehingga grafik sensor dapat mencapai kondisi *baseline*.

Pipa fluida digunakan untuk mengalirkan bau. Pada penelitian ini menggunakan pipa yang pendek untuk memperbaiki aliran bau saat *collecting* dan *purging*. Kecepatan pengisian bau dan pengurasan bau dalam *chamber* larik sensor saat *collecting* dan *purging* sangat mempengaruhi data yang diperoleh. Penggunaan pipa yang pendek akan

memperkecil tekanan dari pipa. Sehingga aliran bau dapat mengalir lebih cepat dan melewati pipa yang pendek.

4.2 Software Sistem Akuisisi Data Bau

Software sistem akuisisi data bau dibutuhkan untuk mengontrol kerja hardware. Seperti yang telah gambar 4.1, software sistem akuisisi data bau dibagi atas tiga fungsi utama. Yang pertama adalah untuk *Logger* data, yang kedua sebagai akuisisi data, dan yang ketiga sebagai *user interface*.

Pembuatan software akuisisi data bau dibuat dengan aplikasi LabVIEW. LabVIEW dengan Arduino sangat baik digunakan untuk membangun akuisisi data, data logger dan sistem kontrol *semi* dan *full* otomatis. Dalam Aplikasi LabVIEW pengguna dapat mengontrol *board* arduino secara penuh, seperti membaca *state* tiap pin, mengendalikan komunikasi serial dan membaca nilai dari kanal ADC.

LabVIEW dapat digunakan untuk membangun *project* software dari yang sederhana sampai yang sangat kompleks. Untuk membangun software sederhana pengguna hanya membutuhkan satu *block diagram*(satu VI utama), namun untuk membangun sistem yang kompleks pengguna dapat membangun sub – sub *block diagram* sendiri untuk alasan efisiensi dan kemudahan dalam membuat software.

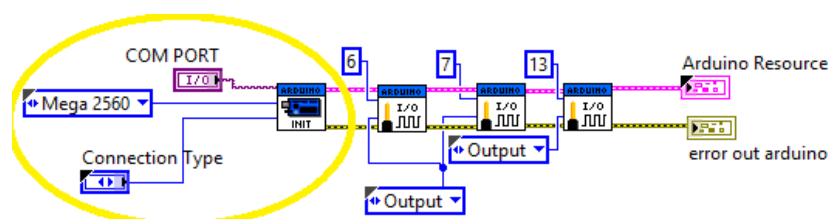
Dalam pembuatan software akuisisi data bau ini dibuat beberapa sub Vi. Sub VI yang dibuat mewakili setiap fungsi yang digunakan pada software akuisisi data bau. Sub VI tersebut antara lain adalah inisialisasi file logger dan arduino, arduino close, algoritma kontrol valve dan pump, Realtime Integral, Kontrol I/O Valve dan pump, Logger, Seleksi Analog Input, Setting Time, Switch Moving Average dan Table. Untuk lebih jelas tentang penggunaan sub VI untuk membangun fungsi

software, berikut akan dijelaskan tiga fungsi utama dalam software akuisisi data bau.

4.2.1 Akuisisi Data

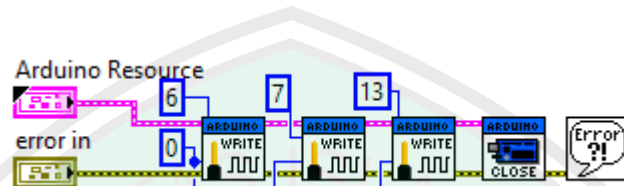
Akuisisi data adalah upaya untuk mengukur parameter dari suatu objek dengan menggunakan sensor dan memperoleh data dari objek tersebut. Kebanyakan sensor memberikan sinyal output yang bersifat analog. Sinyal analog akan dikonversi ke bit digital oleh ADC pada Mikrokontroler sehingga diperoleh data yang kemudian dapat disimpan dan dianalisis langsung pada komputer. Untuk membuat software yang dapat mengontrol board arduino agar dapat memperoleh data dari sepuluh larik sensor diperlukan sub VI akuisisi data yang mengendalikan PORT ADC pada Arduino.

Langkah pertama untuk dapat menggunakan suatu hardware (board Mikrokontroler) untuk disambungkan dengan PC adalah menginisialisasi bagaimana board arduino tersebut berkomunikasi dengan PC. Inisialisasi dilakukan agar komunikasi antara arduino dan PC berjalan dengan baik. Pada langkah inisialisasi arduino dilakukan beberapa settingan untuk komunikasi antara arduino dan PC, seperti seting baudrate, seting COM PORT, seting tipe koneksi dan tipe board arduino yang akan digunakan. Berikut adalah sub VI untuk inisialisasi komunikasi arduino dan PC pada LabVIEW.



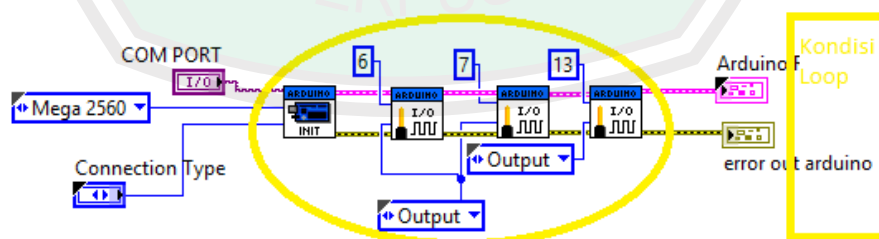
Gambar 4.12 Inisialisasi Komunikasi arduino dan PC pada LabVIEW

Ketika selesai digunakan untuk komunikasi, port serial pada PC yang terbuka harus ditutup untuk mencegah adanya error. Penutupan port pada PC yang telah digunakan oleh komunikasi arduino dilakukan pada saat program telah selesai berjalan.



Gambar 4.13 Diagram blok untuk menutup komunikasi serial antar arduino dan LabVIEW

Setelah inisialisasi komunikasi arduino dengan PC selesai, perlu dilakukan seting pin yang akan digunakan pada arduino, untuk input atau untuk output. Kecuali untuk port ADC(analog input) pada arduino dibiarkan saja, karena port ADC akan bertindak sebagai input sinyal analog pada kondisi defaultnya. Seting pin pada arduino cukup dilakukan sekali saja, tidak perlu diulang, maka dari pada Arduino IDE perintah ini dilakukan sekali saja pada void setup() dan pada LabVIEW block seting pin harus berada pada luar kondisi loop yang digunakan.

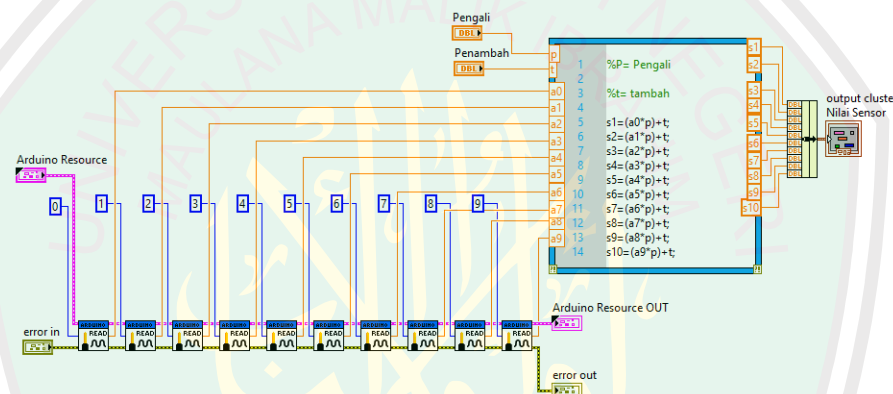


Gambar 4.14 Seting Pin arduino pada LabVIEW.

Pada gambar 4.14 terlihat bahwa pin nomer 6,7 dan 13 digunakan sebagai output. Pin 6 digunakan untuk mengontrol buka tutup valve *collecting* dan

valve *purging*, pin 7 digunakan untuk mengontrol pompa *collecting* dan *purging*, pin 13 digunakan untuk indikator status sistem.

Untuk mengukur output sinyal analog dari tiap sensor diperlukan *library* “Analog Read.vi” yang telah tersedia pada tool LIFA. Dibutuhkan sepuluh Analog read yang disusun secara seri untuk memperoleh output dari sepuluh sensor gas. Berikut adalah blok diagram sub VI untuk mengakses input sinyal analog pada pin ADC arduino dengan LabVIEW.

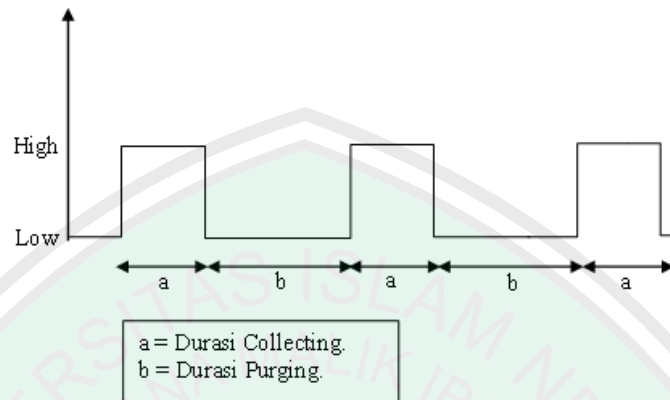


Gambar 4.15 Blok diagram untuk mengakses pin ADC Arduino dengan LabVIEW.

Pada gambar 4.15 terlihat digunakan pin ADC 0 sampai 9 untuk mengakses sepuluh pin ADC untuk mengukur output dari sepuluh sensor gas yang digunakan. pada diagram blok tersebut juga menambahkan “*Mathscript.vi*” yang bertujuan untuk memudahkan kalibrasi nilai ADC dari kesepuluh sensor.

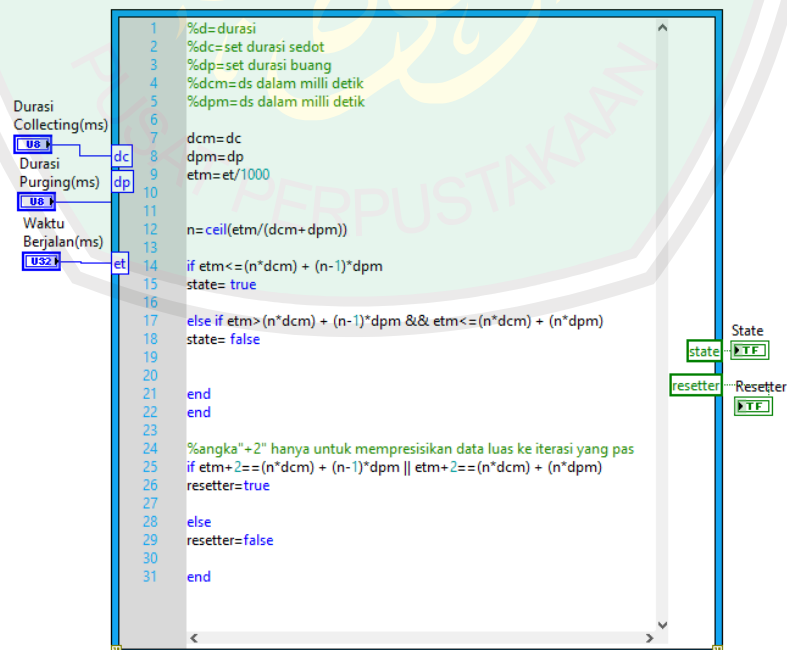
Selain untuk mengukur sinyal output dari sepuluh sensor gas, akuisisi data juga mengendalikan kerja dari valve dan pompa. Kerja valve dan pompa akan berubah ubah secara periodik sesuai dengan durasi *collecting* dan *purging*. Untuk mengendalikan kerja valve dan pompa secara periodik dibutuhkan

algoritma deret periodik. Berikut gambaran sinyal yang dibutuhkan untuk mengontrol valve dan pompa secara periodik dan otomatis.



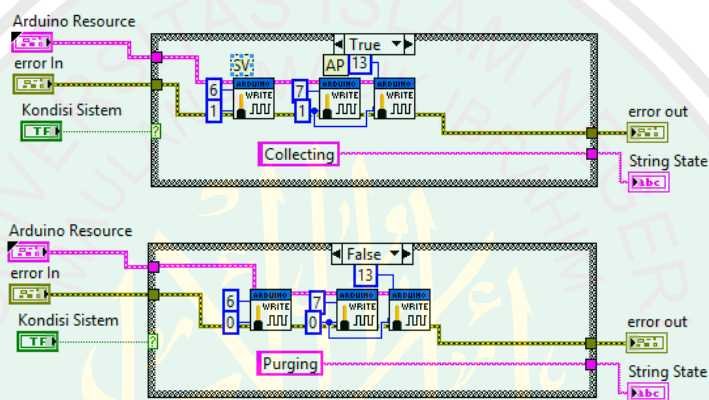
Gambar 4.16 Sinyal untuk mengendalikan valve dan pompa.

Algoritma deret periodik akan ditulis pada *matscript* untuk menyederhanakan blok, karena jika penulisan algoritma dengan blok diagram akan memakan ruang pada wilayah blok diagram. Berikut adalah *script* dan diagram blok yang telah dibuat untuk membentuk sinyal seperti gambar 4.16.



Gambar 4.17 Algoritma untuk membentuk sinyal kontrol valve dan pompa.

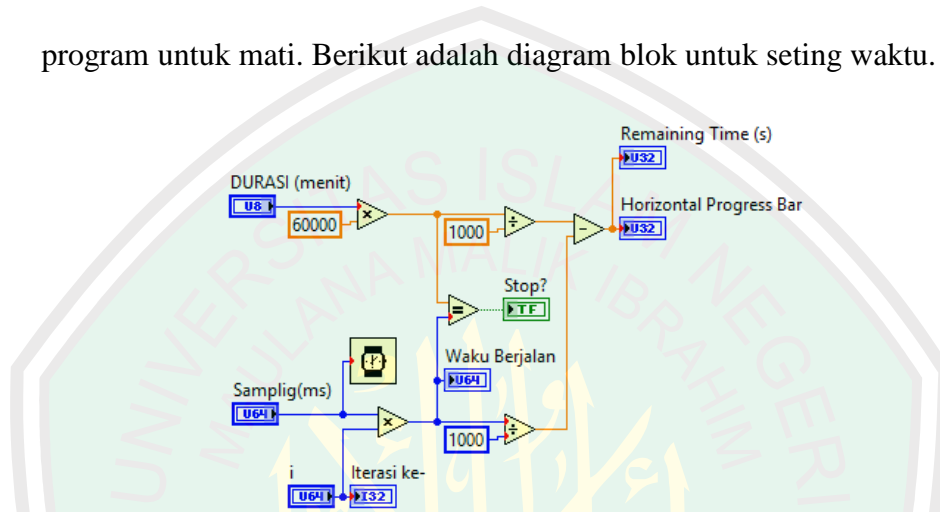
Dari algoritma yang telah dibuat seperti pada gambar 4.17 di atas. Algoritma tersebut akan memicu buka tutup valve dan kerja dari pompa. Pemicu berupa *boolean* “state” pada gambar 4.16 di atas akan diumpungkan pada sub VI yang mengendalikan relay dengan pin digital dan relay akan mengendalikan kinerja valve dan pompa. Berikut adalah diagram blok untuk pin digital yang mengendalikan relay.



Gambar 4.18 Blok diagram untuk mengontrol valve dan pump dengan pin digital.

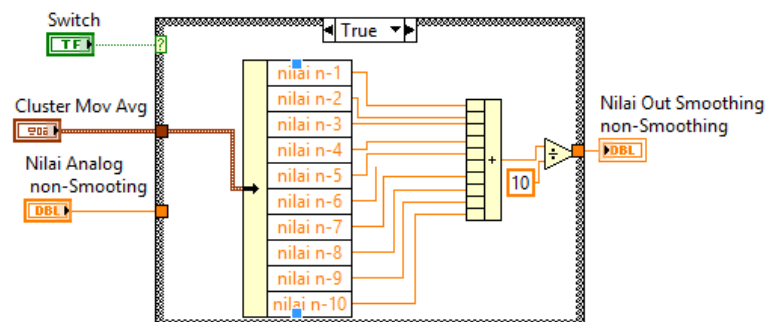
Pada gambar 4.18 di atas terlihat terdapat sebuah block “*case structure*” dengan masukan berupa *boolean* (hidup mati). Kondisi *boolean* tersebut berasal dari *boolean* “state” pada gambar 4.17. jika “state” bernilai *true* (benar), maka blok yang akan dieksekusi program adalah blok yang berindeks *true*. Jika jika “state” bernilai *false* (salah), maka blok yang akan dieksekusi program adalah blok yang berindeks *false*. Pada gambar 4.18 digunakan pin digital nomer 6 pada arduino sebagai pin pengendali relay valve dan pin digital nomer 7 sebagai pengendali relay pompa. Kondisi 0 dan 1 menyatakan kondisi *low* dan *High* pada pin arduino yang digunakan.

Setelah inialisasi arduino, algoritma pengontrol *collecting – purging* dan kondisi pin analog - digital telah diatur kemudian diperlukan sebuah seting waktu. Semua blok diagram pada program akan bergantung kepada waktu, seperti kondisi *collecting – purging*, sampling pembacaan nilai ADC dan seting program untuk mati. Berikut adalah diagram blok untuk seting waktu.



Gambar 4.19 Diagram blok seting waktu.

Pada kenyataannya sistem akuisisi data mendapat sebuah noise dari sistem atau dari luar sistem. Untuk memperbaiki kualitas sinyal dari ADC yang diperoleh diperlukan sebuah *smoothing* sinyal. Pada software data akuisisi bau ini dimasukkan blok diagram berupa *Realtime Smoothing Moving Average* dengan dengan *half width* sebesar 10. Dengan penggunaan *Smoothing Moving Average* sinyal dari tiap sensor menjadi lebih baik.

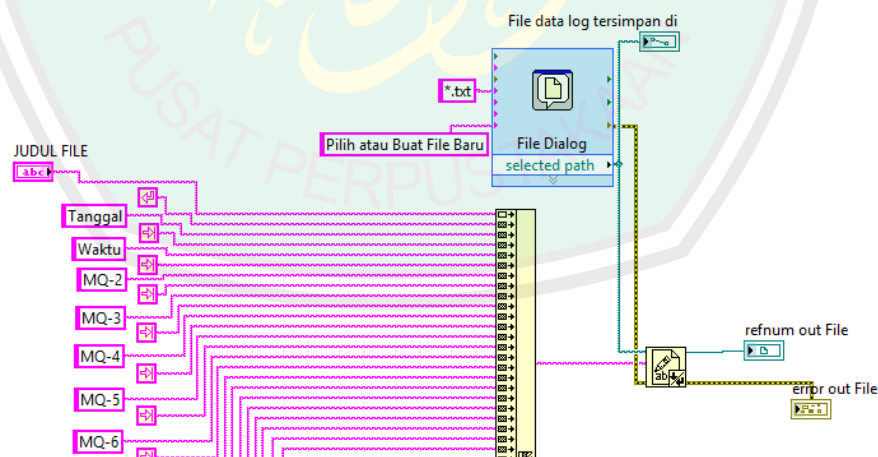


Gambar 4.20 Realtime Smoothing Moving Average 10.

4.2.2 Logger Data

Logger Data berfungsi untuk menyimpan semua data yang telah diperoleh dari akuisisi data. Untuk membangun logger data pada LabVIEW beberapa Sub VI sangat dibutuhkan, seperti Inisialisasi file log dan Logger. Inisialisasi file untuk Log bertujuan untuk menyiapkan file dimana pada file tersebut informasi dan data nantinya akan ditulis dan Logger data berfungsi untuk menyimpan data yang diperoleh pada tiap sampling waktu.

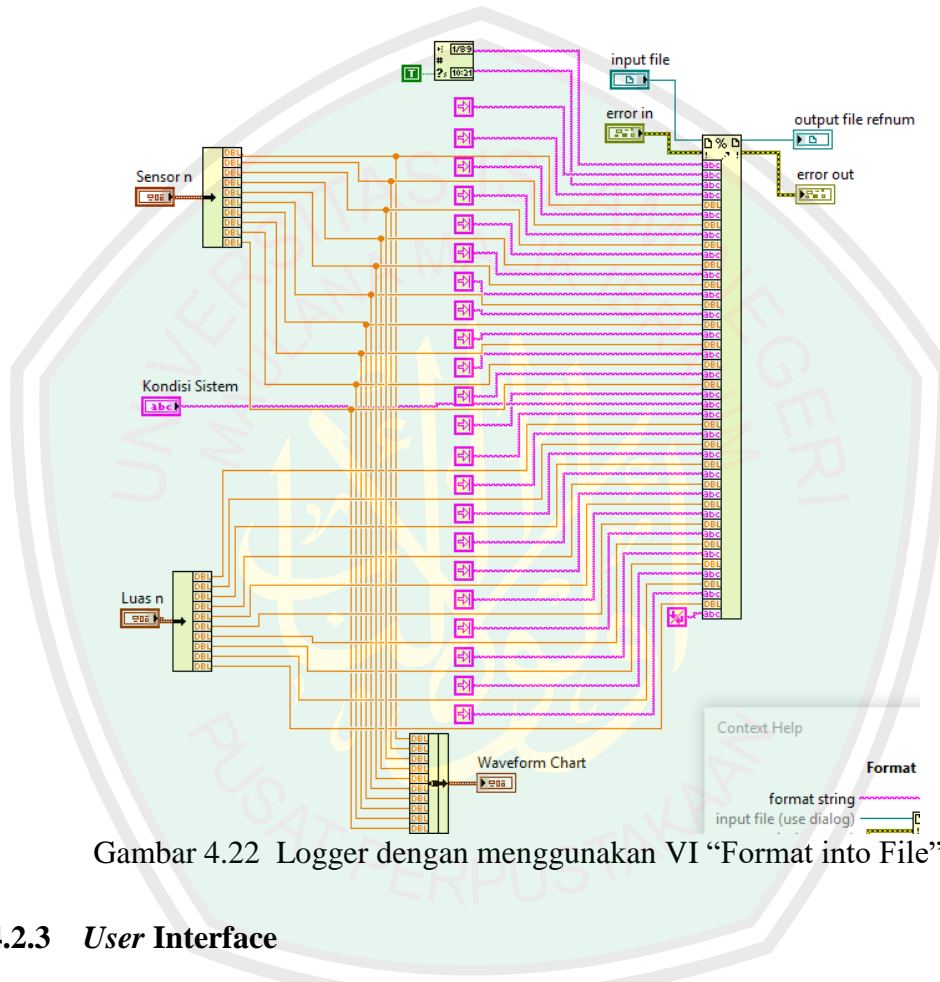
Sub VI inisialisasi file log terdiri dari VI utama yaitu “Write to Text File” dan “File Dialog”. “Write to Text File” berfungsi untuk membuat file yang berisi beberapa header pada tabel dan informasi tentang file logger yang bersifat hanya sekali penulisan. “File dialog” berfungsi sebagai antarmuka kepada pengguna untuk perintah menyimpan dan memberi nama file beserta ekstensi filenya. Berikut diagram blok inisialisasi file log.



Gambar 4.21 Diagram blok inisialisasi file log.

Setelah file log telah terinisialisasi dan siap untuk dimasuki tulisan untuk menyimpan data. Sinyal dari VI “Write to Text File” akan diteruskan ke Sub VI Logger. Pada VI Logger data, ada satu VI utama, yaitu VI “Format into

File”. VI ini akan memformat semua sinyal dari larik sensor, tanggal, waktu, informasi kondisi sistem dan lain – lain yang dimasukkan pada VI tersebut. Berikut adalah cara untuk menyimpan informasi, nilai sinyal dan lain – lain dengan VI “Format into File”



Gambar 4.22 Logger dengan menggunakan VI “Format into File”.

4.2.3 User Interface

User interface sangat penting untuk sebuah software. Kenyamanan dan kemudahan untuk mengakses semua panel menjadi hal yang pokok. Untuk mengatur *User Interface* pada LabVIEW sangat mudah dan banyak tema panel yang bisa digunakan. berikut adalah *User Interface* yang telah dibuat untuk software akuisisi data bau.



Gambar 4.23 *User Interface* untuk proses pemanasan sistem larik sensor.

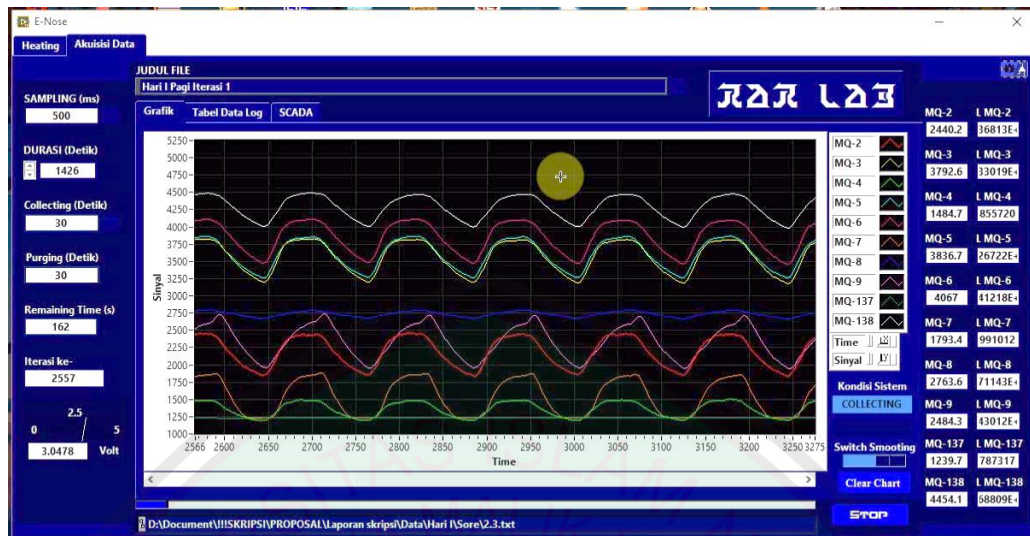


Gambar 4.24 *User Interface* untuk proses akuisisi data dan data logger.

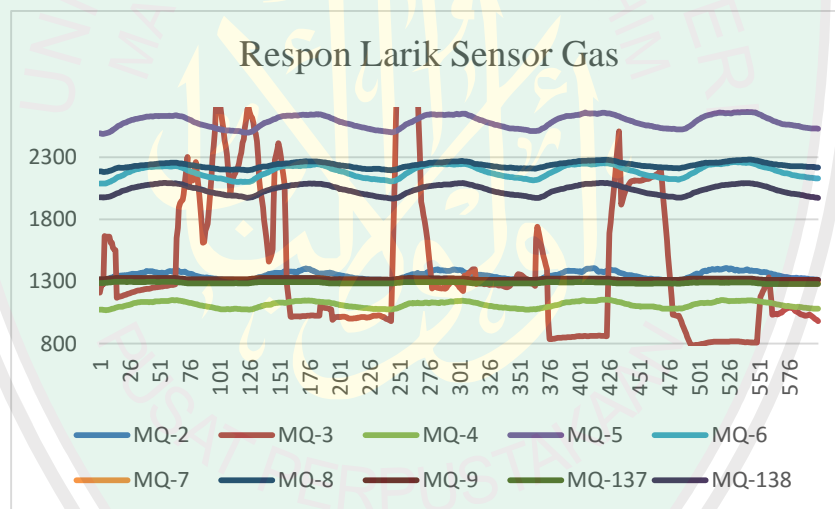
4.3 Data Hasil Penelitian

4.3.1 Data respon Larik sensor gas

Sistem akuisisi data bau bekerja seperti hidung manusia saat mengakuisi data. Terdapat dua siklus, *inhale* dan *exhale* pada hidung manusia, *collecting* dan *purging* pada sistem akuisisi data bau. Karena ada siklus *collecting* dan *purging*, respon dari larik sensor gas yang merespon bau masuk dan bau keluar dari *chamber* larik sensor, data yang diperoleh juga ada dua yaitu data *collecting* dan *purging*. Berikut respon larik sensor pada saat merespon bau saat *collecting* dan *purging*.



Gambar 4.25 Respon larik sensor gas terhadap bau



Gambar 4.26 Respon MQ-3 yang tidak stabil ketika pengujian dalam durasi panjang.

Pada saat dijalankan dengan durasi yang lama terkadang sensor MQ3 mengalami ketidakstabilan respon. Untuk mencegah ketidakvalidan data, pada saat pengolahan data, variabel sensor MQ3 tidak digunakan. Dengan menggunakan data sembilan sensor, data masih bisa digunakan untuk mensifati keseluruhan data dan ini kelebihan dari sistem larik sensor. Jika terdapat satu

dari sensor yang tidak bekerja, data masih bisa didapat dari sensor-sensor yang lain.

4.3.2 Data Pra-prosesing data dengan metode integral Numerik

Data yang diperoleh dari logger data sistem akuisisi data bau adalah data mentah yang belum siap diolah secara PCA. Data yang diolah dengan menggunakan PCA adalah data rata-rata luasan *collecting* tiap sensor pada setiap perulangan pengambilan data. Berikut adalah data yang diolah dengan statistik PCA.

Tabel 4.1 Tabel data Luas tiap Sensor

H	D	P	Luasan sinyal sensor gas saat collecting (Sensor Gas)								
			MQ-2	MQ-4	MQ-5	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	Q-137	MQ-138
I	I	1	2.99	2.67	5.70	5.48	0.50	2.55	0.52	0.49	4.20
		2	3.31	2.85	5.75	5.31	0.48	2.44	0.49	0.50	4.29
		3	3.63	2.80	5.94	5.63	0.51	2.57	0.51	0.50	4.31
		4	3.66	2.76	6.07	5.90	0.51	2.49	0.50	0.52	4.42
		5	3.45	2.66	5.75	5.31	0.51	2.50	0.50	0.50	4.11
	II	1	3.60	2.83	5.77	5.51	0.51	2.50	0.52	0.53	3.88
		2	3.71	2.76	5.95	5.65	0.52	2.45	0.51	0.53	3.88
		3	3.74	2.90	6.09	5.84	0.53	2.50	0.50	0.49	4.07
		4	3.92	2.86	6.24	6.03	0.51	2.52	0.51	0.50	4.03
		5	3.99	3.13	6.36	6.04	0.50	2.45	0.54	0.51	4.06
	III	1	4.32	3.15	6.81	6.70	0.51	2.60	0.53	0.50	4.17
		2	4.50	3.24	7.23	6.87	0.51	2.58	0.50	0.51	4.30
		3	4.49	3.48	7.60	7.25	0.62	2.87	0.64	0.64	4.54
		4	4.62	3.59	7.61	7.40	0.53	2.85	0.59	0.60	4.64
		5	4.73	3.67	7.83	7.41	0.53	2.85	0.62	0.63	4.63
II	I	1	15.88	7.27	18.34	22.66	0.35	3.63	10.28	0.41	18.89
		2	15.47	7.12	17.70	21.66	0.48	3.60	10.68	0.49	17.72
		3	14.64	6.29	16.76	20.26	0.42	3.10	10.12	0.40	16.65
		4	14.60	6.60	16.76	19.95	0.39	3.38	9.42	0.40	16.45
		5	14.34	6.79	16.71	20.61	0.43	3.32	9.88	0.37	17.60
	II	1	14.05	6.85	16.87	20.78	0.81	3.93	11.07	0.52	17.34

		2	15.21	7.41	17.88	21.50	2.84	3.98	12.42	0.55	16.74	
		3	15.47	7.88	18.21	21.32	4.91	3.84	12.92	0.49	16.55	
		4	16.34	8.05	18.62	21.82	6.98	3.91	13.52	0.49	16.47	
		5	16.61	8.23	18.82	21.93	8.61	3.85	13.95	0.53	16.25	
		III	1	17.21	7.16	17.90	19.48	5.02	2.99	12.19	0.46	13.87
	2	16.73	7.03	17.29	18.93	5.59	2.64	12.21	0.48	13.16		
	3	16.91	7.39	17.70	18.98	4.73	3.02	12.46	0.43	14.37		
	4	17.36	7.58	18.05	19.23	5.39	3.08	12.60	0.47	14.00		
	5	17.54	7.75	18.22	19.59	5.75	2.99	13.26	0.45	14.14		
	III	I	1	22.13	10.78	22.45	23.72	11.25	3.62	18.83	0.49	16.30
	2	21.27	10.23	21.77	22.51	10.85	3.53	17.23	0.49	15.28		
	3	21.11	10.37	21.62	22.61	10.26	3.52	17.61	0.49	15.59		
	4	21.28	10.40	21.26	22.46	10.65	3.43	17.25	0.46	15.24		
5	21.13	10.12	21.35	22.09	11.08	3.52	16.58	0.48	14.92			
II	1	20.01	10.02	21.34	23.69	15.92	4.54	16.62	0.85	17.23		
2	19.13	9.56	20.37	22.39	16.49	4.21	16.27	0.60	16.08			
3	19.52	9.86	20.42	22.17	17.68	4.28	16.23	0.64	15.98			
4	19.97	9.63	20.16	22.09	18.00	4.04	15.49	0.60	15.36			
5	19.95	9.72	20.49	22.03	19.75	4.02	15.75	0.65	15.06			
III	1	21.83	10.63	21.79	22.13	15.56	3.66	17.86	0.48	14.85		
2	21.21	10.48	21.28	21.76	13.04	3.49	17.89	0.38	14.72			
3	21.09	10.31	21.38	21.61	13.00	3.20	17.67	0.48	14.70			
4	20.98	10.14	21.05	21.73	11.28	3.57	16.53	0.44	14.66			
5	21.56	10.39	21.75	22.68	11.01	3.60	17.06	0.46	15.19			
IV	I	1	13.75	5.77	15.44	17.50	0.43	3.52	8.10	0.45	15.30	
2	13.83	5.53	15.31	17.13	0.45	3.25	8.78	0.44	14.45			
3	14.57	6.03	15.32	17.28	0.44	3.15	10.20	0.41	14.55			
4	14.16	5.75	15.01	17.01	0.44	3.10	8.84	0.39	13.97			
5	14.43	6.00	15.30	17.35	0.40	3.06	9.65	0.45	14.36			
II	1	17.84	7.02	19.29	22.62	0.64	4.08	14.89	0.63	18.49		
2	16.31	6.78	17.75	20.24	0.74	3.61	12.44	0.71	16.01			
3	15.22	6.35	16.15	18.03	0.76	3.50	10.47	0.69	14.26			
4	15.54	6.69	16.49	18.49	0.73	3.44	10.88	0.71	15.31			
5	15.50	6.58	16.60	18.41	0.68	3.49	10.25	0.71	14.74			
III	1	17.77	7.29	18.51	21.18	0.55	2.90	13.69	0.42	16.42		
2	16.80	7.02	17.58	19.06	0.41	3.01	11.63	0.47	14.39			
3	16.80	6.95	17.76	19.36	0.44	3.05	14.05	0.49	14.54			
4	16.98	7.27	17.91	19.55	0.50	3.13	12.27	0.49	15.17			
5	17.35	7.31	18.34	20.03	0.50	2.99	12.73	0.52	15.19			

V	I	1	11.82	4.98	14.16	19.08	0.43	3.82	7.06	0.45	20.49
		2	11.54	5.14	13.84	17.51	0.43	3.37	7.75	0.41	16.84
		3	12.18	5.62	14.46	18.09	0.44	3.53	2.83	0.43	17.24
		4	12.57	5.70	14.69	18.49	0.45	3.52	1.36	0.49	17.39
		5	11.65	5.33	14.33	18.05	0.40	3.55	0.43	0.45	17.24
	II	1	13.62	6.34	16.44	20.53	0.46	3.88	2.01	0.44	18.11
		2	13.12	6.30	15.94	19.93	0.43	3.52	2.22	0.43	17.76
		3	13.45	6.39	16.05	20.11	0.41	3.64	2.03	0.41	17.71
		4	13.57	6.47	16.07	20.18	0.49	3.44	2.76	0.44	17.70
		5	13.78	6.35	16.30	20.37	0.36	3.54	3.29	0.37	17.44
	III	1	11.29	5.15	13.77	18.05	0.48	3.70	9.91	0.50	18.69
		2	13.98	6.00	15.74	19.38	0.51	3.65	11.21	0.50	18.41
		3	13.97	6.58	16.44	19.37	0.48	3.59	11.38	0.50	17.25
		4	15.09	6.79	17.09	20.04	0.51	3.67	12.33	0.49	17.13
		5	15.66	6.92	17.49	20.02	1.17	3.59	12.49	0.47	16.60

Keterangan Tabel:

H = Hari Ke-

P = Perulangan ke-

D = Durian ke-

Tabel 4.1 diatas menunjukkan nilai luasan rata-rata dari kurva data *collecting* tiap sensor pada saat pengambilan data. Terdapat data dari tiga durian yang masing-masing pengambilan data diulang sebanyak lima kali dan pengambilan data dilakukan dari hari pertama sampai hari kelima sehingga dihasilkan 75 baris data. Baris 1 sampai 5 adalah data luasan durian pertama pada hari pertama, baris 6 sampai 10 adalah data luasan durian kedua pada hari pertama, baris ke 11 sampai 15 adalah data luasan durian pertama pada hari kedua, dan seterusnya.

4.3.3 Data PCA

Dari pengolahan data dengan PCA dihasilkan data berupa nilai eigen, proporsi, komulati dan data hubungan antara sensor dan PC(*Principle Component*). Data nilai eigen menunjukkan nilai eigen dari variansi kovarian data *Principle*

Component. Data nilai eigen ini kemudian digunakan untuk mengurutkan nilai *Principle Component* berdasarkan urutan besar nilai eigen. Data nilai eigen juga digunakan untuk menghitung proporsi dan komulatif dari setiap *Principle Component*. Berikut adalah data nilai eigen tiap *Principle Component* beserta proporsi dan komulatif yang diperoleh dari statistik PCA.

Tabel 4.2 Tabel analisis nilai eigen, proporsi dan komulatif

PC	Nilai eigen	Proporsi	Kumulatif	Kumulatif(%)
PC1	156.07	0.818	0.818	81.8
PC2	26.49	0.139	0.957	95.7
PC3	6.31	0.033	0.99	99
PC4	1.62	0.008	0.998	99.8
PC5	0.25	0.001	0.999	99.9
PC6	0.07	0	1	100
PC7	0.04	0	1	100
PC8	0.01	0	1	100
PC9	0	0	1	100

Keterangan Tabel:

PC = *Principle Component*.

Selain data nilai eigen, proporsi dan komulatif dari setiap *Principle Component*, dengan menggunakan statistik PCA juga diperoleh data hubungan sensor yang digunakan dan nilai *Principle Component*. Data ini menunjukkan pereduksian dimensi data dari data pada tabel 4.1. Data yang telah direduksi adalah kovarian data set dari keseluruhan data pada tabel 4.1. Data ini digunakan untuk menentukan besar respon dari tiap sensor terhadap data yang digambarkan pada grafik loading plot.

Tabel 4.3 Data *Principle Component*

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
MQ2	0.45	0.00	0.11	-0.55	0.60	0.12	-0.44	-0.31	-0.04
MQ4	0.18	-0.09	-0.04	-0.21	-0.28	-0.85	0.17	-0.29	0.08

MQ5	0.40	0.07	-0.01	-0.35	-0.24	-0.06	-0.23	0.77	0.01
MQ6	0.45	0.31	-0.21	-0.02	-0.55	0.43	0.22	-0.35	0.00
MQ7	0.29	-0.76	-0.54	0.20	0.07	0.09	0.03	0.04	0.00
MQ8	0.03	0.02	-0.08	0.12	-0.17	-0.08	-0.88	-0.28	-0.31
MQ9	0.45	-0.23	0.72	0.47	-0.04	-0.01	0.02	0.00	0.00
MQ137	0.00	-0.01	0.00	0.01	-0.02	0.06	-0.30	-0.10	0.95
MQ138	0.32	0.52	-0.35	0.51	0.40	-0.27	0.01	0.12	0.04

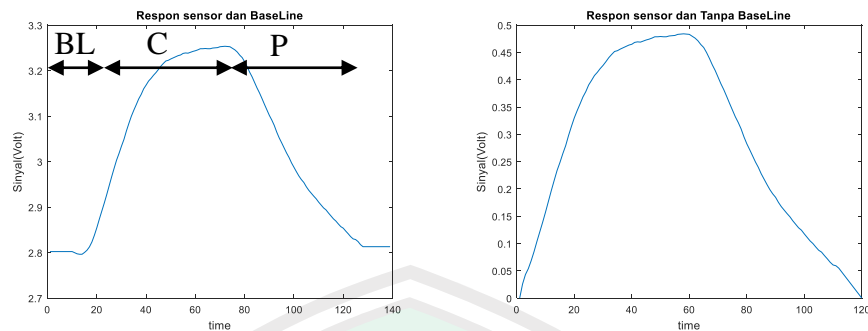
4.4 Pembahasan

4.4.1 Respon sensor gas

Dari gambar 4.25 terlihat bahwa respon larik gas terhadap peristiwa *collecting* dan *purging* adalah logaritmik. Respon dari larik sensor yang berpola logaritmik dikarenakan hubungan antara membran *Metal Oxide* dan konsentrasi bau yang diukur adalah logaritmik (Triyana,2015). Resistansi membran *metal oxide* pada sensor gas menurun saat menerima konsentrasi gas yang tinggi, sehingga sinyal yang dihasilkan akan tinggi.

Ketika sensor gas merespon konsentrasi dari gas, elektron dari sensor gas akan berikatan dengan elektron pada gas yang diukur. Elektron pada semikonduktor *metal oxide* mempunyai titik ambang energi untuk ionisasi, maka dari itu, pemanas sensor gas sangat mempengaruhi kinerja sensor gas. Voltase yang diberikan oleh tiap sensor gas harus $5 \pm 0.5V$ DC.

Pada saat pengukuran bau tidak dapat dipungkiri bahwa bau akan tercampur dengan udara. Permasalahannya adalah sensor gas juga dapat merespon udara.



Gambar 4.27 Respon sensor gas terhadap bau pada udara, BL(Baseline), C(Collecting, P(Purging)

Untuk menyikapi permasalahan tersebut dan dapat memperoleh sinyal asli dari bau yang diukur adalah dengan mengurangi sinyal keseluruhan dengan sinyal *baseline*. Sinyal *Baseline* adalah sinyal sensor gas saat merespon udara. Dengan persamaan berikut maka diperoleh sinyal asli dari bau yang diukur.

$$S = V_c - V_b$$

S = Sinyal Asli

V_c = Sinyal Udara dan Bau yang diukur

V_b = Sinyal Baseline

4.4.2 Pra-prosressing data dengan Integral Numerik trapezoidal

Pengambilan data tiap perulangan durian dilakukan dengan durasi tujuh menit. Durasi *collecting* dan *purging* diset masing-masing 30 detik dengan sampling tiap 500 mili detik. Dari data di atas diperoleh data sebanyak 840 baris x 9 sensor data. Dari 840 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 larik sensor gas yang dihasilkan oleh sistem akuisisi data bau merupakan data dinamik berupa data *collecting* dan *purging* yang tidak dapat langsung diolah dengan metode statistik. Hal tersebut dikarenakan data *collecting* dan data *purging* sendiri adalah data majemuk berupa kumpulan data sinyal output tiap sensor.

Untuk memperoleh data yang dapat diolah dengan PCA dibutuhkan nilai tunggal yang dapat mensifati keseluruhan data saat *collecting* dan *purging*. Banyak metode numerik untuk mensifati kurva yang dihasilkan oleh data majemuk *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. Dalam penelitian ini banyaknya trapesium yang digunakan ditentukan dari lamanya durasi dari *collecting* dan *purging* serta lamanya durasi sampling. Seperti pada pengambilan data pada penelitian ini, 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,

$$\text{Jumlah trapesium} = \frac{\text{durasi collecting}}{\text{durasi sampling}} - 1$$

$$= \frac{30.000 \text{ mili detik}}{500 \text{ mili detik}} - 1$$

$$= 59 \text{ trapesium}$$

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. Berikut ini set data *collecting* yang melalui pra-pengolahan dan akan dibuat sebagai data set yang akan diolah secara PCA.

$$DC_n = \begin{bmatrix} MQ2_1 & MQ4_1 & MQ5_1 & MQ6_1 & MQ7_1 & MQ8_1 & MQ9_1 & MQ137_1 & MQ138_1 \\ MQ2_2 & MQ4_2 & MQ5_2 & MQ6_2 & MQ7_2 & MQ8_2 & MQ9_2 & MQ137_2 & MQ138_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ MQ2_{59} & MQ4_{59} & MQ5_{59} & MQ6_{59} & MQ7_{59} & MQ8_{59} & MQ9_{59} & MQ137_{59} & MQ138_{59} \\ MQ2_{60} & MQ4_{60} & MQ5_{60} & MQ6_{60} & MQ7_{60} & MQ8_{60} & MQ9_{60} & MQ137_{60} & MQ138_{60} \end{bmatrix}$$

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

DC_n = Data collecting ke – n pada tiap perulangan pengambilan data

Dari matrik berdimensi 10 x 60 dan diulang sebanyak lima kali di atas, tiap-tiap sensor dihitung luas dibawah kurva seperti di bawah ini.

$$LDCMQ2_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ2_1 \\ MQ2_2 \\ \vdots \\ MQ2_{59} \\ MQ2_{60} \end{bmatrix}; LDCMQ4_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ4_1 \\ MQ4_2 \\ \vdots \\ MQ4_{59} \\ MQ4_{60} \end{bmatrix}; LDCMQ5_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ5_1 \\ MQ5_2 \\ \vdots \\ MQ5_{59} \\ MQ5_{60} \end{bmatrix}$$

$$LDCMQ6_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ6_1 \\ MQ6_2 \\ \vdots \\ MQ6_{59} \\ MQ6_{60} \end{bmatrix}; LDCMQ7_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ7_1 \\ MQ7_2 \\ \vdots \\ MQ7_{59} \\ MQ7_{60} \end{bmatrix}; LDCMQ8_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ8_1 \\ MQ8_2 \\ \vdots \\ MQ8_{59} \\ MQ8_{60} \end{bmatrix}$$

$$LDCMQ9_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ9_1 \\ MQ9_2 \\ \vdots \\ MQ9_{59} \\ MQ9_{60} \end{bmatrix}; LDCMQ137_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ137_1 \\ MQ137_2 \\ \vdots \\ MQ137_{59} \\ MQ137_{60} \end{bmatrix}; LDCMQ138_n = \text{trapz} \begin{bmatrix} MQ138_1 \\ MQ138_2 \\ \vdots \\ MQ138_{59} \\ MQ138_{60} \end{bmatrix}$$

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

LDCMQ2_n = Luas Data Collecting MQ2 ke – n

Matrik data di atas menunjukkan data yang dihitung dengan integral numerik trapezoid. Dari komputasi numerik 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 durian. Berikut ini penjabaran matiks datanya.

$$DL_n = \begin{bmatrix} \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ2_1 \\ LDCMQ2_2 \\ LDCMQ2_3 \\ LDCMQ2_4 \\ LDCMQ2_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ4_1 \\ LDCMQ4_2 \\ LDCMQ4_3 \\ LDCMQ4_4 \\ LDCMQ4_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ5_1 \\ LDCMQ5_2 \\ LDCMQ5_3 \\ LDCMQ5_4 \\ LDCMQ5_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ6_1 \\ LDCMQ6_2 \\ LDCMQ6_3 \\ LDCMQ6_4 \\ LDCMQ6_5 \end{bmatrix} \\ \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ7_1 \\ LDCMQ7_2 \\ LDCMQ7_3 \\ LDCMQ7_4 \\ LDCMQ7_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ8_1 \\ LDCMQ8_2 \\ LDCMQ8_3 \\ LDCMQ8_4 \\ LDCMQ8_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ9_1 \\ LDCMQ9_2 \\ LDCMQ9_3 \\ LDCMQ9_4 \\ LDCMQ9_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ137_1 \\ LDCMQ137_2 \\ LDCMQ137_3 \\ LDCMQ137_4 \\ LDCMQ137_5 \end{bmatrix} & \text{mean} \begin{bmatrix} LDCMQ138_1 \\ LDCMQ138_2 \\ LDCMQ138_3 \\ LDCMQ138_4 \\ LDCMQ138_5 \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

n perulangan pengujian = 1,2,3,4,5

DLn = Data luas collecting tiap perulangan pengambilan data.

Dari matrik data di atas, tiap sampel durian diulang sebanyak 5 kali dan diuji selama 5 hari untuk menguji kinerja dari sistem akuisisi data bau dan mengetahui pola data durian matang dan belum matang. Data luas dari tiap durian dari hari pertama sampai hari ke lima dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.4.3 Pengolahan data dengan PCA

Sistem akuisisi data bau menggunakan sistem larik sensor. Sistem larik sensor akuisisi data bau tersusun dari 10 sensor gas. Jadi, data yang dihasilkan adalah data *Multivariate* berdimensi sepuluh kolom. Untuk mengukur keberhasilan alat ini adalah dengan menguji kemampuan alat dalam

memperoleh data bau durian dan mengklasifikasikan data tersebut berdasarkan data hari pertama sampai hari kelima.

Metode *Principle Component Analysis* (PCA) sangat baik untuk digunakan pada pengolahan data *multivariate* dan mengklasifikasi dari sebaran data. Metode PCA membuat data baru yang terbangun dari kovarian, vektor eigen dan nilai eigen sebaran data *multivariate* dari data. Data baru yang terbangun adalah kovarian dan vektor eigen dari seluruh data, sehingga data merupakan pengelompokan terdekat dari kovarian data. PCA mengelompokkan kovarian data dengan mengurutkan *Principle Component*(PC) dengan nilai eigen tertinggi sampai terendah. Nilai kovarian matrik data dengan nilai eigen tertinggi adalah data kovarian yang mensifati keseluruhan data dengan pendekatan tertinggi. Sehingga dengan menggunakan data PC1 dan PC2 sudah dapat terlihat kovarian data secara visual pada plot 2 dimensi atau dengan menggunakan PC1, PC2 dan PC3 untuk melihat visual kovarian data *multivariate* secara 3 dimensi sehingga data *multivariate* dapat dianalisis lebih mudah.

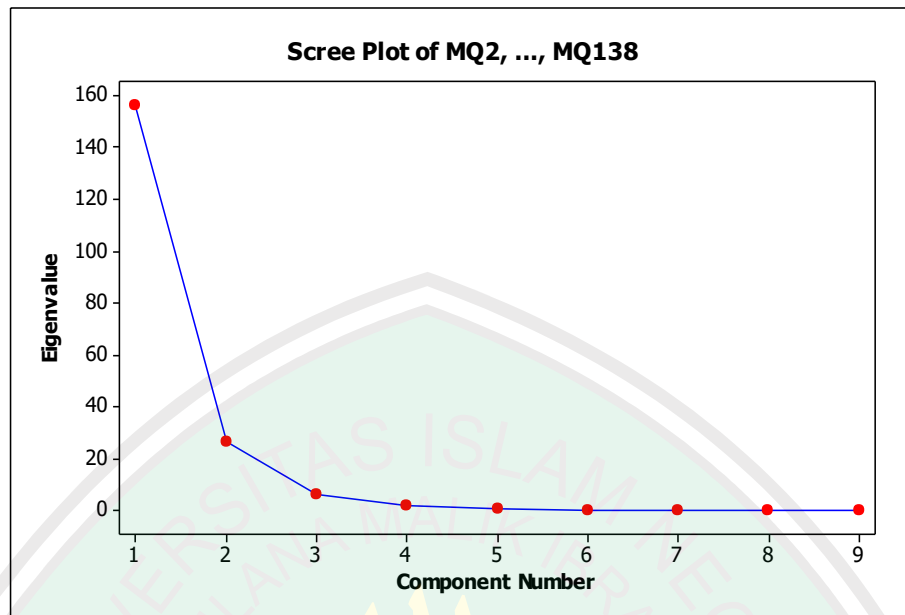
Penelitian ini menggunakan software Minitab dan MATLAB untuk analisis PCA. Software minitab digunakan untuk memperoleh data PC, vektor eigen, nilai eigen, proporsi dan komulatif data PCA. Untuk visualisasi data juga menggunakan minitab untuk visual scree plot, score plot 2D, loading plot, bi plot dan outlier plot. Untuk visualisasi score plot 3D pada penelitian ini menggunakan MATLAB.

Untuk menganalisis dengan metode PCA diperlukan set data yang siap untuk diolah secara PCA. Pada penelitian ini set data adalah data hasil prapengolahan data perhitungan luas tiap *collecting* pada tiap perulangan pengujian durian yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

Penelitian ini mengklasifikasi tingkat kematangan durian dan membedakan sebaran data dari hari pertama pengambilan data sampai hari ke lima pengambilan data. Tingkat kematangan diklasifikasi berdasarkan hari.

Langkah pertama analisis PCA dengan Minitab adalah memasukkan data set pada worksheet Minitab kemudian pilih toolbar “Stat-Multivariate-Principle Component”. Kemudian akan muncul pop-up menu, disini diberikan pilihan variabel mana saja yang akan dianalisis, analisis PCA menggunakan Kovarian matrik atau korelasi matrik dan pemilihan visualisasi plot yang nantinya akan dimunculkan. Untuk menampilkan score plot 3D PCA menggunakan matlab adalah dengan menulis beberapa baris *script* pada MATLAB editor yang dapat dilihat pada lampiran ke-.

Data nilai eigen, proporsi, dan kumulatif pada tabel 4.2 adalah data untuk menentukan kevalidan data PC yang digunakan untuk analisis data PCA. Data nilai eigen menentukan data proporsi, dan data proporsi menentukan nilai data kumulatif. Berikut plot nilai eigen dari PC1 – PC9.



Gambar 4.28 Plot Scree(Nilai eigen)

Nilai eigen pada tabel 4.2 diperoleh dari nilai eigen kovarian data tabel 4.1 yang telah dikurangi tiap kolom dengan rata-ratanya. Dari tabel 4.2 diketahui tiga nilai eigen terbesar yaitu PC1=156.07, PC2=26.49, PC3=6.31. Dengan nilai eigen yang dimiliki oleh tiap PC juga dapat ditentukan proporsi dari tiap PC dengan persamaan berikut.

$$\text{Proporsi PC} = \frac{\text{nilai eigen PC}}{\text{total nilai eigen}}$$

$$\text{Proporsi PC1} = \frac{\text{nilai eigen PC1}}{\text{total nilai eigen}}$$

$$= \frac{156.07}{190.86} = 0.82$$

$$\text{Proporsi PC2} = \frac{\text{nilai eigen PC2}}{\text{total nilai eigen}}$$

$$= \frac{26.49}{190.86} = 0.14$$

$$\text{Proporsi PC3} = \frac{\text{nilai eigen PC3}}{\text{total nilai eigen}}$$

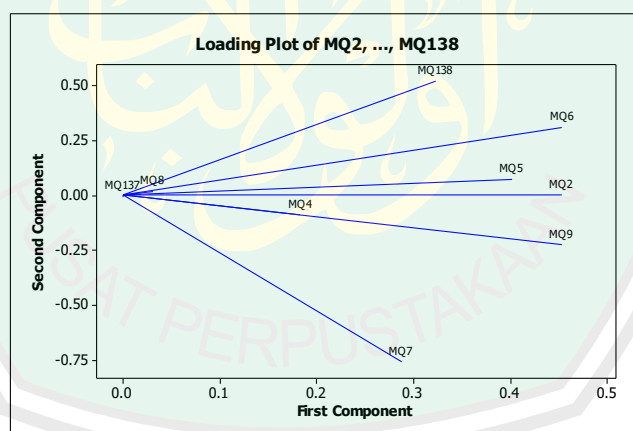
$$= \frac{6.31}{190.86} = 0.03$$

Data komulatif PC adalah gabungan dari data proporsi PC terbesar pertama. Data komulatif menentukan kontribusi kevalidan data PC dari keseluruhan data variabel. Dari tabel 4.3 nilai komulatif dengan menggunakan dua PC, PC1 dan PC2 sudah mencapai angka > 80% yaitu sebesar 95.7 % sedangkan menggunakan tiga PC, PC1,PC2 dan PC3 sebesar 99%. Nilai komulatif memberikan informasi bahwa dengan menggunakan data berdimensi PC1 dan PC2 dapat mewakili jumlah keseluruhan data yang berdimensi 9 variabel.

Data PC pada tabel 4.2 adalah data kovarian dari keseluruhan data. Dari data set yang dimasukkan berdimensi 75 baris x 9 kolom tereduksi menjadi 9 baris x 9 kolom. Variabel sensor gas memiliki nilai yang berbeda-beda pada tiap PC. Hal tersebut dikarenakan tiap sensor memiliki respon yang berbeda-beda saat mendeteksi bau saat hari pertama sampai hari kelima. Data PC dapat memberikan informasi variabel yang berpengaruh besar dalam pengelompokan data dengan analisis Loading plot. Data PC juga digunakan untuk visualisasi pengelompokan keseluruhan sebaran data dengan analisis score plot. Pada penelitian ini menggunakan tiga data PC, yaitu, PC1,PC2 dan PC3. Penggunaan tiga data PC ditujukan untuk membuat score plot 3D pada MATLAB sehingga score plot pengelompokan data dapat terlihat lebih baik.

4.4.4 Analisis Loading Plot PCA Untuk menentukan respon tiap sensor gas

Loading plot adalah gambaran keseluruhan sensor saat merespon sampel. Loading plot berbentuk garis lurus berjumlah sebanyak variabel/sensor yang digunakan. Garis tiap variabel yang berbeda-beda menggambarkan berbedanya respon tiap sensor saat merespon sampel. Titik dari ujung garis loading plot merupakan koordinat yang terbentuk dari nilai yang dimiliki oleh tiap variabel terhadap PC1 dan PC2. Semua garis pada loading plot berpusat dari satu titik. Titik tersebut adalah gambaran semua sampel yang diukur oleh sensor gas. Jadi, semakin panjang garis dari sensor maka semakin besar kontribusi sensor tersebut dalam proses klasifikasi. Berikut adalah loading plot dari data kematangan buah durian.



Gambar 4.29 Loading Plot Larik sensor

Grafik loading plot pada gambar 4.28 menunjukkan semua sensor memiliki kontribusi positif terhadap PC1. Hal tersebut menginformasikan bahwa semua sensor merespon positif terhadap perubahan bau sampel dari hari pertama sampai hari kelima.

Ada tujuh sensor yang memiliki garis terpanjang, MQ6, MQ2, MQ9, MQ5, MQ138, MQ7, dan MQ4 adalah sensor yang berkontribusi besar sebagai

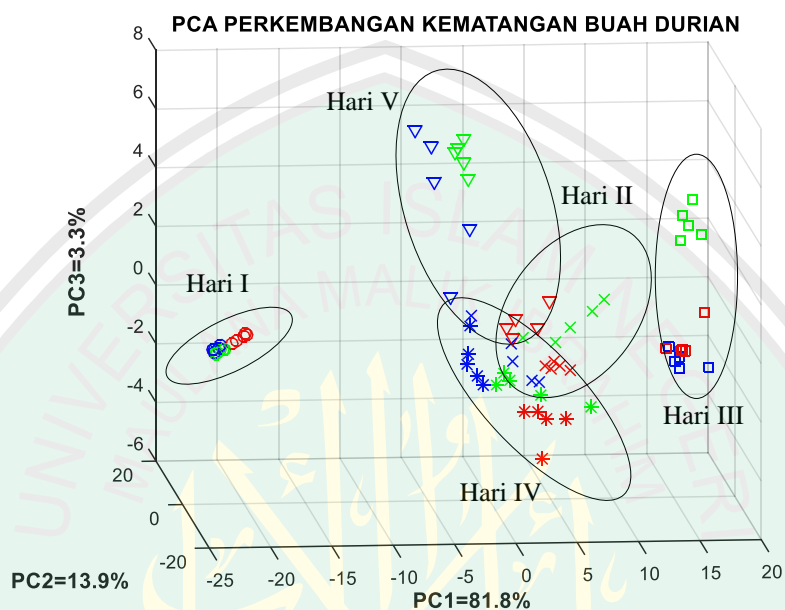
parameter pembeda sampel. Ada dua sensor yang memiliki garis terpendek yaitu senso MQ8 dan MQ137. Hal tersebut menginformasikan bahwa sensor tersebut memberikan kontribusi lebih kecil dari sensor lainnya untuk membedakan kematangan sampel durian.

Tujuh sensor gas MQ6, MQ2, MQ9, MQ5, MQ138, MQ7, dan MQ4 mampu merespon tingkat kematangan buah durian dengan baik dikarenakan sensor MQ6, MQ2, MQ9, MQ5, MQ138, MQ7, dan MQ4 memiliki karakteristik sensitivitas terhadap senyawa volatil yang ada pada bau durian khususnya sensitivitas terhadap senyawa volatil organik dan alkohol. Sensor MQ137 dan MQ8 kurang dapat membedakan tingkat kematangan dai buah durian dikarenakan sensor MQ137 adalah sensor yang memiliki karakteristik respon yang baik hanya pada gas amonia, sedangkan pada senyawa volatil durian tidak mengandung amonia baik itu durian mentah atau saat matang. Sensor MQ8 adalah sensor dengan respon karakteristik sangat merespon terhadap H₂ (hidrogen) dan kurang respon terhadap senyawa volatil organik dan alkohol.

4.4.5 Analisis Score Plot PCA

Score plot digunakan untuk memvisualisasi data kematangan buah durian. Koordinat scoreplot terdiri dari PC1,PC2,PC3 dan datanya terdiri dari data set kematangan buah durian pada tabel 4.1. jadi satu titik pada score plot adalah kovarian data dari keseluruhan sensor yang digunakan.

Dengan menggunakan score plot PCA dapat dilihat pengelompokan data kematangan durian. Pada penelitian ini score plot diperoleh dari plot 3D pada MATLAB.



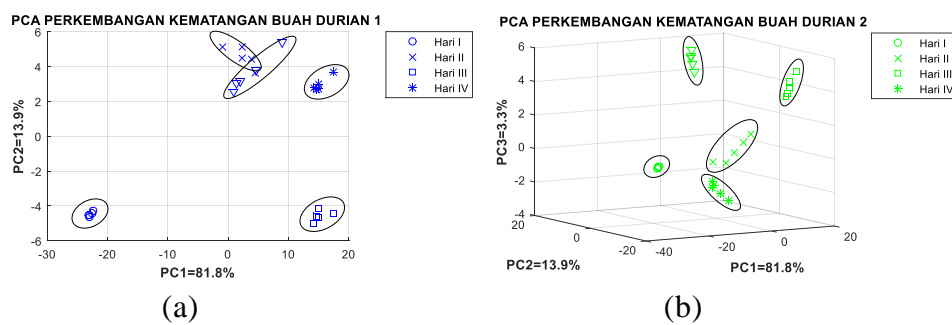
Gambar 4.30 Score Plot PCA kematangan buah durian.

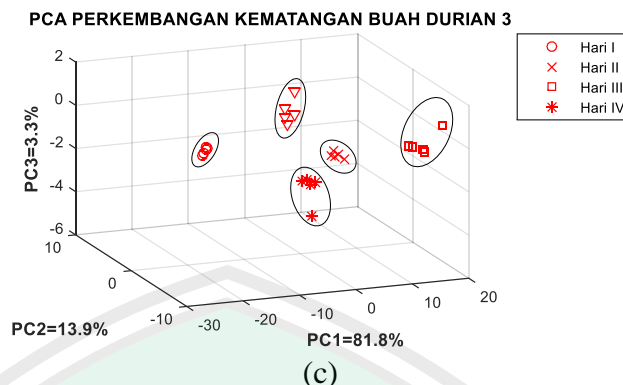
Gambar 4.30 menunjukkan score plot data 4.1 yang diolah dengan PCA. Bentuk plot menunjukkan kematangan pada hari pertama sampai hari ke lima. Warna biru adalah durian 1, warna hijau adalah durian 2 dan warna merah adalah durian ke 3. Score plot menunjukkan pola pengelompokan data menjadi lima kelompok. Pada hari pertama data semua durian mengelompok sangat bagus dan berdekatan. Hal tersebut dikarenakan pada hari pertama ketiga durian dalam kondisi belum matang dan belum mengeluarkan bau yang begitu menyengat. Pada hari kedua score plot masih mengelompok namun data durian satu, durian dua dan durian tiga mengalami pemencaran. Pada hari ketiga score plot data durian mengelompok dengan baik, pada hari ke tiga ini ketiga durian memiliki bau yang paling menyengat dibanding hari-hari yang lain. Pada hari

keempat dan kelima durian mulai membusuk. Peristiwa pembusukan pada durian tidak seperti buah yang lainnya. Buah selain durian akan mengeluarkan bau yang tidak sedap akibat peristiwa pembusukan tersebut. Namun, yang terjadi pada buah durian tidak demikian. Buah durian tidak mengeluarkan bau yang tidak sedap pada saat membusuk, melainkan bau yang dari buah durian yang sangat menyengat pada hari ketiga mengalami penurunan. Dan penurunan bau terus terjadi pada hari kelima, sehingga pada hari kelima durian tidak lagi mengeluarkan bau yang menyengat.

Keuntungan dari peristiwa pengeluaran bau yang khas dan menyengat ini akan memudahkan proses pengenalan pola terhadap kematangan buah durian. seperti yang terlihat pada score plot. Durian satu, dua dan tiga mengelompok dengan baik sangat baik pada hari ketiga dan dapat diamati langsung dengan mata walaupun ketiga durian tersebut mengeluarkan bau yang sedikit berbeda.

Score plot pada gambar 4.30 adalah score plot semua durian yang di plot dalam satu score plot. Untuk lebih jelas dalam mengamati score plot PCA tiap durian dari hari pertama sampai hari ke lima berikut adalah score plot tiap-tiap durian dari hari pertama sampai hari ke lima.





Gambar 4.31 Plot PCA Perkembangan kematangan buah durian dari hari pertama sampai hari kelima pada (a)Durian 1 (b)Durian 2 (c) Durian 3.

4.4.6 Kajian Integrasi Islam Tentang Penggunaan Larik Sensor

Sistem larik sensor adalah aplikasi penggunaan sensor yang kini sangat berkembang pesat. Penggunaan larik sensor artinya menggunakan lebih dari dua sensor untuk mengukur parameter tertentu. Parameter yang diukur adalah parameter kompleks yang tidak bisa diukur hanya dengan satu sensor yang selektif. Penggunaan sensor yang tidak selektif secara bersamaan meningkatkan kevalidan data. Hal ini terjadi karena antara sensor satu dan lainnya terdapat hubungan berupa kovarian data yang dihasilkan dari sensor satu dengan sensor lainnya. Kovarian data tersebut akan mensifati keseluruhan data jika diolah dengan metode statistik multivariate dan akan menghasilkan pola data yang lebih baik dari pada hanya menggunakan sedikit sensor selektif.

Dalam kehidupan sehari-hari kita dianjurkan untuk melakukan kebaikan dengan cara bersama-sama atau berjamaah. Pada saat melakukan hal bersama-sama komunikasi antar individu akan terjalin dan terbentuk. Pembentukan komunikasi yang baik antar sesama individu yang memiliki tujuan yang sama ini akan meningkatkan efisiensi kerja dan prosentase keberhasilan.

Dalam sistem larik sensor, kerja sensor satu akan dipengaruhi oleh sensor lainnya. Untuk mengukur satu parameter menggunakan hanya satu sensor tidak selektif dengan menggunakan tiga sensor tidak selektif akan diperoleh data pengukuran tiap sensor yang berbeda. Kevalidan data yang menggunakan tiga sensor akan lebih baik dari pada hanya menggunakan satu sensor.

Dalam al-Quran terdapat banyak informasi tentang sejarah, ibadah, kehidupan dan hukum. Dalam al-Quran Allah telah menceritakan kisah-kisah dari orang terdahulu yang tersirat pesan bahwa sesuatu yang dicapai secara bersama-sama akan menghasilkan output yang baik. Seperti pada QS An-Nisa'(4) : 71.

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا خُذُوا حِذْرَكُمْ فَانفِرُوا تُبَاتٍ أَوْ آتِفِرُوا جَمِيعًا ﴿٧١﴾

“Hai orang-orang yang beriman, bersiap siagalah kamu, dan majulah berkelompok-kelompok, atau majulah bersama-sama!” (QS An-Nisa';71)

Dalam tafsir Ibnu katsir menjelaskan. Allah SWT memerintahkan hamba-hambanya agar bersikap waspada terhadap ancaman. Oleh karena itu, mereka harus mempersiapkan diri dengan perlengkapan serta memperbanyak jumlahnya (Katsir, 2007).

Dalam penggunaan istilah bersiap siaga atau waspada juga merupakan keuntungan dan sifat dari penggunaan larik sensor. Penggunaan banyak sensor secara bersamaan untuk mengukur suatu parameter juga ditujukan untuk kesiagaan. Dalam penggunaan sensor untuk mengukur sesuatu yang memiliki rentang perubahan yang besar terkadang sensor mengalami kegagalan kerja. Kegagalan kerja dapat diakibatkan oleh kerusakan bahan sensor atau sensor

sudah mencapai titik ambangnya. Saat mencapai titik ambangnya sensor tidak lagi dapat merespon perubahan parameter yang diukur. Tiap sensor memiliki titik ambang dan karakteristik yang berbeda-beda dalam mengukur satu parameter yang sama. Penggunaan sensor secara larik atau bersamaan akan memberi solusi dan memperlebar titik jangkauan pengukuran. Jika salah satu sensor telah mencapai titik ambangnya, masih ada sensor-sensor lain yang dapat merespon dan data masih dapat diwakili oleh sensor-sensor yang lain.

Dalam QS An-Nisa'(4) : 73

وَلَيْنَ أَصْبَبَكُمْ فَضْلٌ مِّنَ اللَّهِ لِيَقُولَنَّ كَأَن لَّمْ تَكُنْ بَيْنَكُمْ وَبَيْنَهُ مَوَدَّةٌ يَلِيَّتَنِي
 كُنْتُ مَعَهُمْ فَأَفُوزَ فَوْزًا عَظِيمًا ﴿٧٣﴾

“Dan sungguh jika kamu beroleh karunia (kemenangan) dari Allah, tentulah dia mengatakan seolah-oleh belum pernah ada hubungan kasih sayang antara kamu dengan dia: "Wahai kiranya saya ada bersama-sama mereka, tentu saya mendapat kemenangan yang besar (pula)!””(Qs An-Nisa';73)

Kalimat *“wahai kiranya saya ada bersama mereka tentu saya mendapat kemenangan yang besar(pula)”*. Dalam tafsir al-Qurthubi menjelaskan, bahwa kalimat tersebut adalah kalimat penyesalan dari kaum/golongan yang munafik yang tidak mau berjuang bersama-sama orang mukmin. Terdapat pesan dalam kalimat tersebut bahwa lebih baik bersama-sama dari pada berjuang sendiri. Kalimat tersebut menjelaskan bahwa penggunaan secara bersama-sama akan diperoleh hasil yang lebih baik. Seperti informasi yang didapat dari penelitian Ke Yan dkk yang berjudul *Sensor Evaluation in a Breath Analysis System*. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa akurasi dari sensor gas yang digunakan meningkat berkali lipat jika satu sensor gas dikombinasikan dengan

sensor gas yang lain dan dijalankan secara larik sensor. Oleh karena itu, sistem larik sensor wajib untuk diteliti dan dikembangkan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sistem akuisisi data bau dapat dibangun dari larik sensor gas seri MQ yang banyak ditemui dan dijual bebas. sistem akuisisi data bau yang dibangun adalah sistem akuisisi berbasis PC. Sistem akuisisi data bau mengukur bau buah durian dan menyimpan data digital pada komputer dengan baik. Data yang tersimpan dalam format digital pada komputer diolah dan dianalisis dengan integral numerik dan statistik multivariate PCA.

Sistem akuisisi data bau menunjukkan respon yang baik pada pengukuran bau buah durian. Respon logaritmik ketika *collecting* dan *purging* menunjukkan sensitivitas yang baik pada saat ada perubahan konsentrasi bau. Respon logaritmik yang dimiliki oleh laik sensor gas ini menunjukkan kemampuan dalam merespon kadar konsentrasi bau dalam rentang yang lebar.

Data yang dihasilkan oleh 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 bau kematangan buah durian dari hari pertama sampai hari ke lima. Dalam penelitian ini diperoleh hasil kumulatif 95.7 % dengan menggunakan PC1,PC2 dan 99% dengan menggunakan PC1,PC2,C3. dengan diperoleh data kumulatif > 80% score plot dapat menjelaskan pendekatan pengelompokan data kematangan buah durian.

5.2 Saran

Sensor gas membutuhkan suplai tegangan 5 ± 0.5 VDC. Tidak stabilnya power suplai mengakibatkan kekacauan respon. Maka dari itu, diperlukan suplai tegangan yang baik untuk larik sensor gas.

Komputasi integral numerik secara realtime pada software akuisi data bau sangat diperlukan. Sehingga data dari pengukuran bau dapat diolah langsung dengan PCA.



DAFTAR PUSTAKA

- Arduino. 2015. Arduino Mega 2560. [Online]. Tersedia: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>. [17 januari 2015]
- Baldry J., Dougan J., Howard G. E. 1972. *Volatile flavoring constituents of durian*. *Phytochemistry* 11:2081-2084
- Banzi, massimo. 2009. *Getting Started with Arduino*. USA: Dale Doughety
- Barrett, E. 2010. *Ganong's Review of Medical Physiology: Twenty-Third Edition*. United States: The McGraw-Hill Companies, Inc
- Basyir, Hikmat. 2011. *At Tafsir Al Muyassar*. Solo: An-Naba'
- Brudzewski, K., Osowski, S., and Markiewicz, T., 2004, *Classification of milk by means of an electronic nose and SVM neural network*, *Sens. Actuators B98* 291–298
- Brudzewski, K., Ulaczyk, J., Osowski, S., and Markiewicz, T., 2007, *Chiral behavior of TGS gas sensors: Discrimination of the enantiomers by the electronic nose*, *Sensors and Actuators B* 122 493–502
- 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
- Gardner, J. W., dan P. N. Bartlett. 1994. *A Brief History of Electronic Noses*. *Sens. Actuators B* 18-19:211–220.
- Guo, Dongmin., Zhang, david., Li, Naimin., Yang, Jianhua. 2010. *A Novel Breath Analysis System Based on Electronic Olfaction*. *IEEE Transactions On Biomedical Engineering* IEEE Electronic Society
- Hansen, T., Petersen, M.A., and Byrne, D.V., 2005, *Sensory based quality control utilising an electronic nose and GC-MS analyses to predict end-product quality from raw materials*, *Meat Sci.* 69 621–634.
- Ibn Katsir, ad-Dimasyqi. 2007. *Shahih Tafsir Ibnu Katsir*. Bogor: Pustaka Ibnu Katsir
- Kiusalaas, jan. 2005. *Numrica Method in Engineering with MATLAB*. United Kingdom: Cambridge Press
- Kusbiantoro, Bram. 2011. *Eksotisme Flavor Durian*. *Food Review Indonesia* Mei 2011
- Morton I.D. dan Macleod A.J.. 1992. *Food Flavors*. New York, Elsevier Sci. Pub. Co.

- Mosser R., Düvel D., and Greve R. 1980. Volatile constituent and fatty acid composition of lipids in *Durio zibethinus*. *Phytochemistry* 19:79-81
- Natale, C.D., Macagnano, A., Martinelli, E., Paolesse, R., Proietti, E., and D'Amico, A., 2001, *The evaluation of quality of post-harvest oranges and apples by means of an electronic nose*, *Sens. Actuators B* 78 26–31.
- National Instrument. 2001. *LabVIEW User Manual*. National Instruments
- National Instrument. 2010. *Introduction to Data Acquisition with LabVIEW*. National Instruments
- Näf S. And Velluz A. 1996. Sulphur compounds and some uncommon esters in durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Flavour and Fragrance Journal* 11:295-303
- O'Connell, M., Valdora, G., Peltzer, G., and Negri, R.M., 2001, *A practical approach for fish freshness determinations using a portable electronic nose*, *Sens. Actuators B* 80 149–154
- Otto, M. 1999. *Chemometrics: Statistics and Computer Application in Analytical Chemistry*. New York: John Wiley and Sons.
- Park, J and Mackay, S. 2009. *Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems*. United kingdom: IDC Technologies
- Pearce, T.C, Sciffman, S.S, Nagle, H.T, Gardner, J.W. 2003. *Handbook of Machine Olfaction(Electronic Nose Technology)*. Germany: Willey-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- Phaisangittisagul, E., and Nagle H. T., 2011, *Predicting odor mixture's responses on machine olfaction sensors*, *Sensors and Actuators B* 155 473–482
- Qurthub. 2008 *Tafsir Al Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Santos, J.P., Fern´andez, M.J., Fontecha, J.L., Lozano, J., Aleixandre, M., Garc´ıa, M., Guti´errez, J., and Horrillo, M.C., 2005, *SAW sensor array for wine discrimination*, *Sens. Actuators B* 107 291–295
- Sarry, F., and Lumbreras, M., 1999, *Gas composition determination in an air conditioned system using a sensor array: characterization of three different TGS sensors*, *Sensors and Actuators B* 59 94–99
- Schiffman, S.S., Gutierrez-Osuna, R., Nagle, H. T., Kermani, B., 2003, *Handbook of Machine Olfaction*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- Sumathi, S. 2007. *LabVIEW Basic Advanced Instrumentation System*. Berlin: Springer.
- Teukolsky, A, S. 2007. *Numerical Recipes 3E*. United Kingdom: Cambridge University Press.

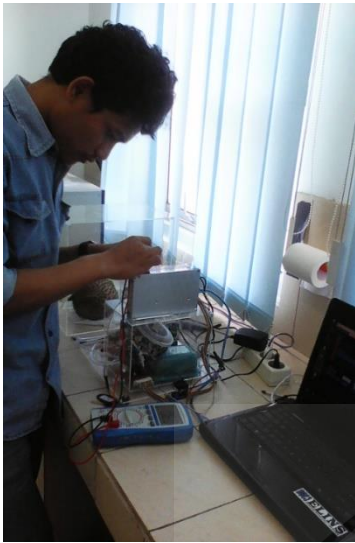
- Triyana, Kuwat. 2015. *Development of Electronic Nose with Low-Cost Dynamic Headspace for Classifying vegetable oils animal fats*. Applied Mechanics and Materials. Vol 771(2015) pp 50-554
- Weenen H., Koolhaas W.E. and Apriyantono A. 1996. Sulfur containing volatiles of durian (*Durio zibethinus* Murr.) fruit. J. Agric. Food Chem. 44:3291-3293
- Wong D.W.S. and Tie D.Y., 1995. Volatile constituents of durian (*Durio zibethinus* Murr.). Flavour and Fragrance Journal 10:79-83
- Yan, Ke., Zhang, david. 2014. *Sensor Evaluation in a Breath Analysis System*. 2014 International Conference on Medical Biometrics
- Zhang, S., Xie, C., Zeng, D., Huayao L., Liua, Y., and Caib, S., 2009, *A sensor array optimization method for electronic noses with sub-arrays*, Sensors and Actuators B 142 243–252



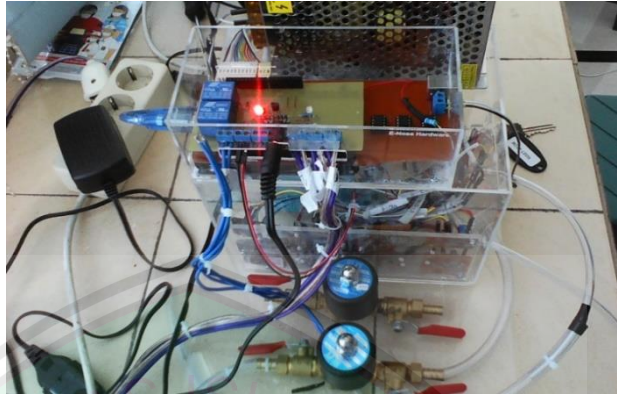


LAMPIRAN

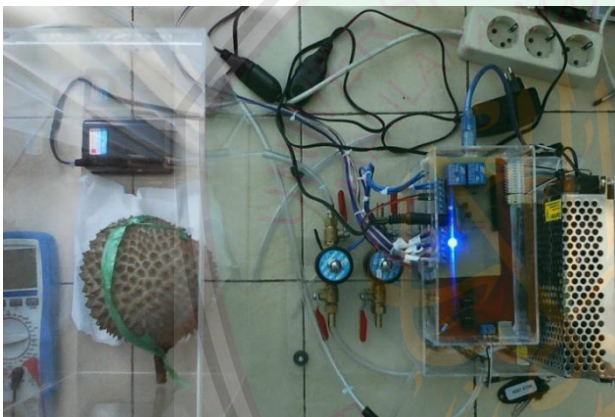
Lampiran 1 Foto Hasil Eksperiment



Pengujian Tegangan Sensor



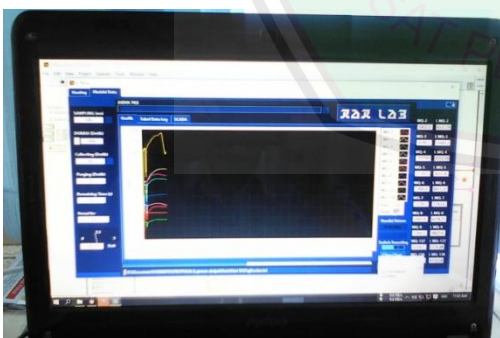
Hardware Sistem Akuisisi data



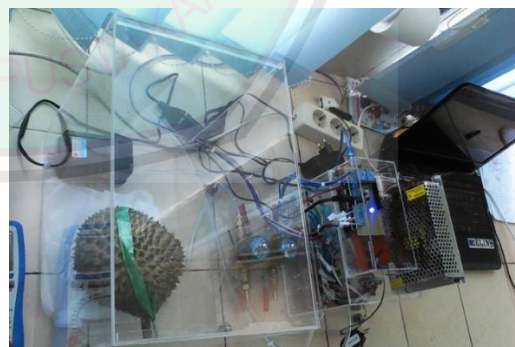
Hardware Akuisi data (Tampak Atas)



Larik Sensor



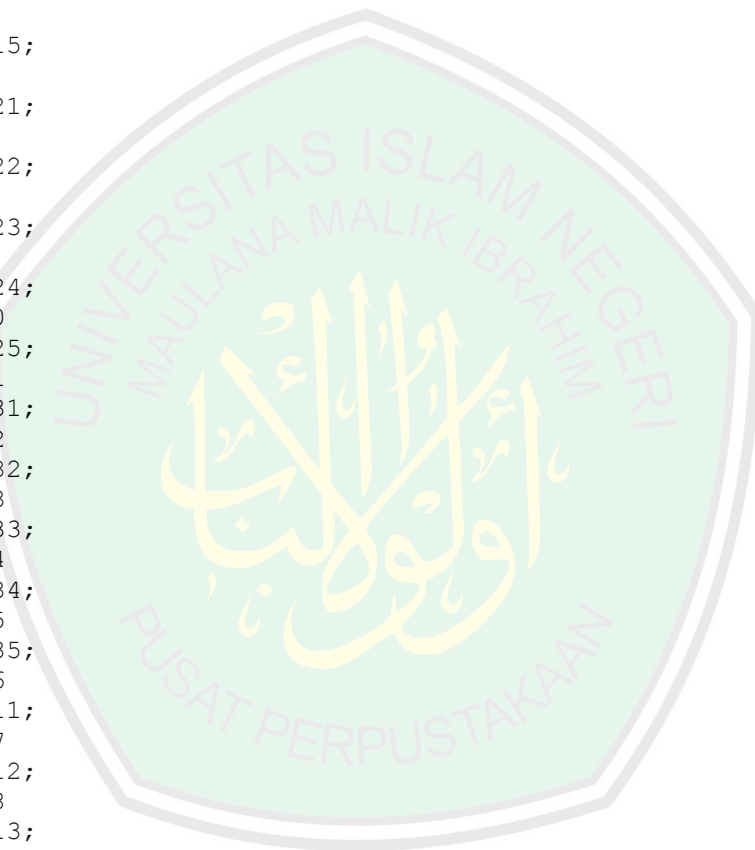
Software Akuisi data



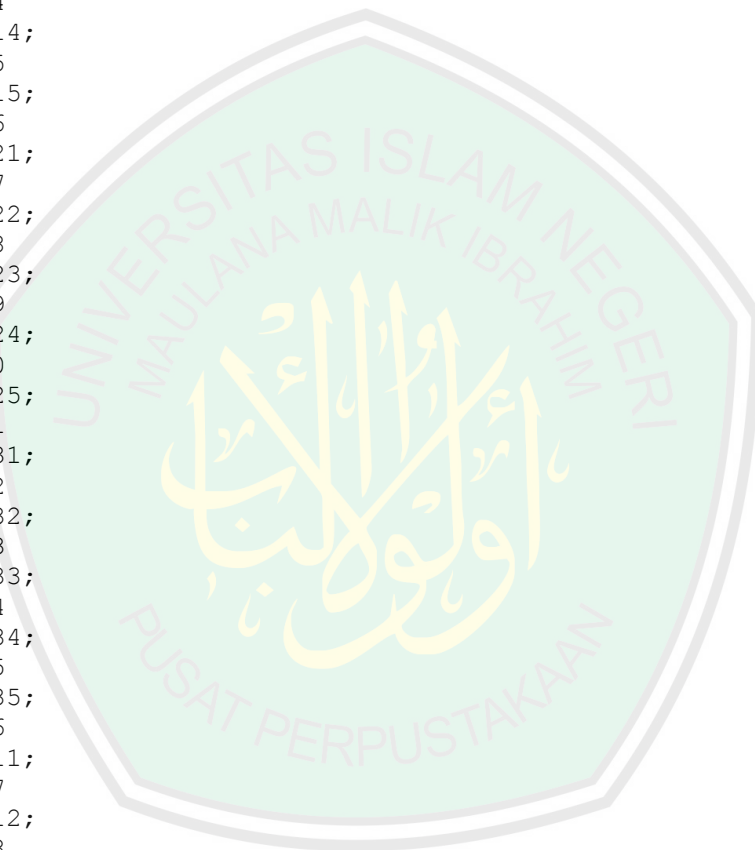
Keseluruhan Alat Sistem

Lampiran 2 Metode Numerik Luas Integral Trapezoid(Mathscript MATLAB).

```
clc,clear %membesihkan Command window dan workspace
load('LuasSensor.mat') %Load Variabel ke workspace
for n=1:1:75; %perulangan untuk membentuk data dengan baris sebanyak
75
%H=
if n==1
    DATA=H1D11; %Load data = Hari 1 Durian 1 perulangan 1
else if n==2
    DATA=H1D12;
else if n==3
    DATA=H1D13;
else if n==4
    DATA=H1D14;
else if n==5
    DATA=H1D15;
else if n==6
    DATA=H1D21;
else if n==7
    DATA=H1D22;
else if n==8
    DATA=H1D23;
else if n==9
    DATA=H1D24;
else if n==10
    DATA=H1D25;
else if n==11
    DATA=H1D31;
else if n==12
    DATA=H1D32;
else if n==13
    DATA=H1D33;
else if n==14
    DATA=H1D34;
else if n==15
    DATA=H1D35;
else if n==16
    DATA=H2D11;
else if n==17
    DATA=H2D12;
else if n==18
    DATA=H2D13;
else if n==19
    DATA=H2D14;
else if n==20
    DATA=H2D15;
else if n==21
    DATA=H2D21;
else if n==22
    DATA=H2D22;
else if n==23
    DATA=H2D23;
else if n==24
    DATA=H2D24;
else if n==25
    DATA=H2D25;
else if n==26
```



```
DATA=H2D31;
else if n==27
DATA=H2D32;
else if n==28
DATA=H2D33;
else if n==29
DATA=H2D34;
else if n==30
DATA=H2D35;
else if n==31
DATA=H3D11;
else if n==32
DATA=H3D12;
else if n==33
DATA=H3D13;
else if n==34
DATA=H3D14;
else if n==35
DATA=H3D15;
else if n==36
DATA=H3D21;
else if n==37
DATA=H3D22;
else if n==38
DATA=H3D23;
else if n==39
DATA=H3D24;
else if n==40
DATA=H3D25;
else if n==41
DATA=H3D31;
else if n==42
DATA=H3D32;
else if n==43
DATA=H3D33;
else if n==44
DATA=H3D34;
else if n==45
DATA=H3D35;
else if n==46
DATA=H4D11;
else if n==47
DATA=H4D12;
else if n==48
DATA=H4D13;
else if n==49
DATA=H4D14;
else if n==50
DATA=H4D15;
else if n==51
DATA=H4D21;
else if n==52
DATA=H4D22;
else if n==53
DATA=H4D23;
else if n==54
DATA=H4D24;
else if n==55
DATA=H4D25;
```




```

DATA=DATA/1000; %resolusi 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
numerek 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;
    end
end

```

```
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;
```

```
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+Lu
asC5MQ137)/5;
Rata_RataLuasMQ138=(LuasC1MQ138+LuasC2MQ138+LuasC3MQ138+LuasC4MQ138+Lu
asC5MQ138)/5;

```

```

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

```

```

LuasCH1PD11=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_R
ataLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ8,Rata_Rat
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
else if n==2

```

```

LuasCH1PD12=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_R
ataLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ8,Rata_Rat
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
else if n==3

```

```

LuasCH1PD13=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_R
ataLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ8,Rata_Rat
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
else if n==4

```

```

LuasCH1PD14=[Rata_RataLuasMQ2,Rata_RataLuasMQ3,Rata_RataLuasMQ4,Rata_R
ataLuasMQ5,Rata_RataLuasMQ6,Rata_RataLuasMQ7,Rata_RataLuasMQ8,Rata_Rat
aLuasMQ9,Rata_RataLuasMQ137,Rata_RataLuasMQ138];
else if n==5

```


Lampiran 3 Algoritma PCA (*Mathscript* MATLAB)

```
x=Luas; %menjadikan Variabel 'Luas' (dari variabel metode numerik luas)
Sebagai variabel 'x'

%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 dari rata-ratanya)
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)
plotPCAD1=plot3(pca1(1:5),pca2(1:5),pca3(1:5),'bo',pca1(16:20),pca2(16:20),pca3(16:20),'xb',pca1(31:35),pca2(31:35),pca3(31:35),'sb',pca1(31:35),pca2(46:50),pca3(46:50),'*b',pca1(51:55),pca2(51:55),pca3(51:55),'vb');
grid on;%mengaktifkan grid pada plot
title('PCA PERKEMBANGAN KEMATANGAN BUAH DURIAN 1','FontWeight','Bold');

%pelabelan plot
xlabel('PC1=81.8%','FontWeight','Bold');
ylabel('PC2=13.9%','FontWeight','Bold');
zlabel('PC3=3.3%','FontWeight','Bold');

subplot(2,2,2)
plotPCAD2=plot3(pca1(6:10),pca2(6:10),pca3(6:10),'go',pca1(21:25),pca2(21:25),pca3(21:25),'xg',pca1(36:40),pca2(36:40),pca3(36:40),'sg',pca1(51:55),pca2(51:55),pca3(51:55),'*g',pca1(66:70),pca2(66:70),pca3(66:70),'vg');
grid on;%mengaktifkan grid pada plot
title('PCA PERKEMBANGAN KEMATANGAN BUAH DURIAN 2','FontWeight','Bold');

%pelabelan plot
xlabel('PC1=81.8%','FontWeight','Bold');
ylabel('PC2=13.9%','FontWeight','Bold');
zlabel('PC3=3.3%','FontWeight','Bold');

subplot(2,2,3)
plotPCAD3=plot3(pca1(11:15),pca2(11:15),pca3(11:15),'ro',pca1(26:30),pca2(26:30),pca3(26:30),'xr',pca1(41:45),pca2(41:45),pca3(41:45),'sr',pca1(56:60),pca2(56:60),pca3(56:60),'*r',pca1(71:75),pca2(71:75),pca3(71:75),'vr');
grid on;%mengaktifkan grid pada plot
title('PCA PERKEMBANGAN KEMATANGAN BUAH DURIAN 3','FontWeight','Bold');

```

```

%pelabelan plot
xlabel('PC1=81.8%', 'FontWeight', 'Bold');
ylabel('PC2=13.9%', 'FontWeight', 'Bold');
zlabel('PC3=3.3%', 'FontWeight', 'Bold');

subplot(2,2,4)
plotPCA=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), 'xb',pca1(21:25),pca2(21:25),pca3(21:25), 'xg',
pca1(26:30),pca2(26:30),pca3(26:30), 'xr',pca1(31:35),pca2(31:35),pca3(
31:35), 'sb',pca1(36:40),pca2(36:40),pca3(36:40), 'sg',pca1(41:45),pca2(
41:45),pca3(41:45), 'sr',pca1(46:50),pca2(46:50),pca3(46:50), '*b',pca1(
51:55),pca2(51:55),pca3(51:55), '*g',pca1(56:60),pca2(56:60),pca3(56:60
), '*r',pca1(61:65),pca2(61:65),pca3(61:65), 'vb',pca1(66:70),pca2(66:70
),pca3(66:70), 'vg',pca1(71:75),pca2(71:75),pca3(71:75), 'vr');
grid on;%mengaktifkan grid pada plot
title('PCA PERKEMBANGAN KEMATANGAN BUAH DURIAN', 'FontWeight', 'Bold');

%pelabelan plot
xlabel('PC1=81.8%', 'FontWeight', 'Bold');
ylabel('PC2=13.9%', 'FontWeight', 'Bold');
zlabel('PC3=3.3%', 'FontWeight', 'Bold');

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

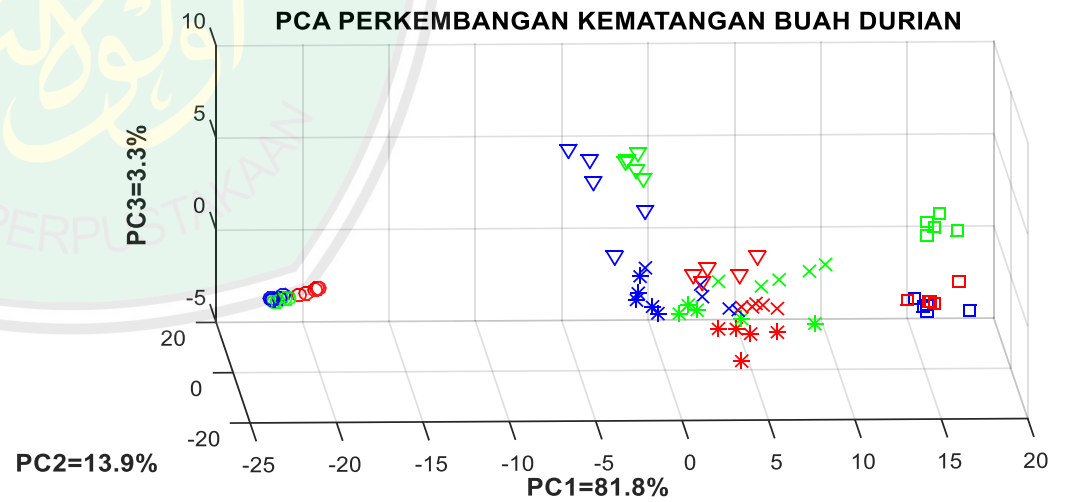
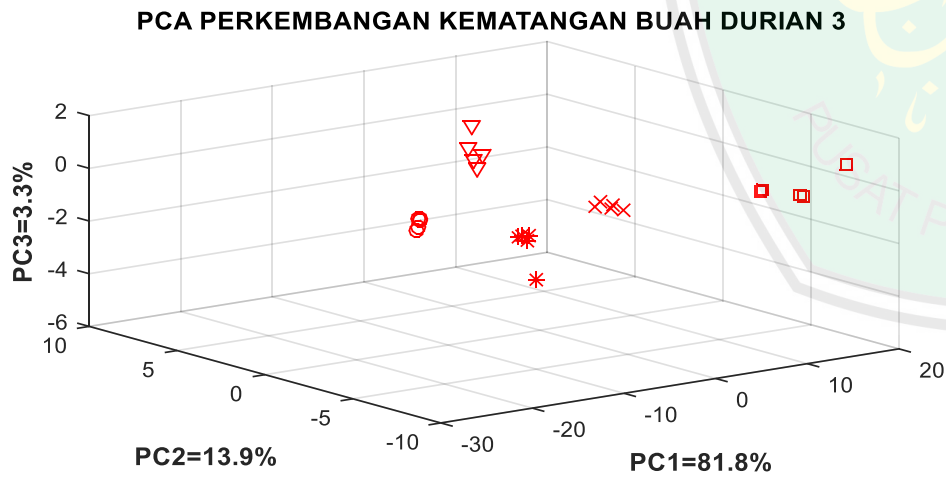
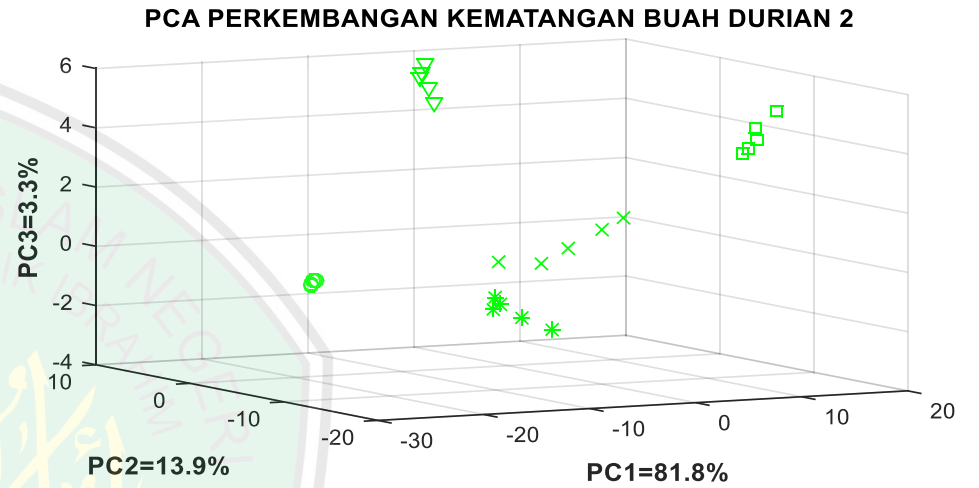
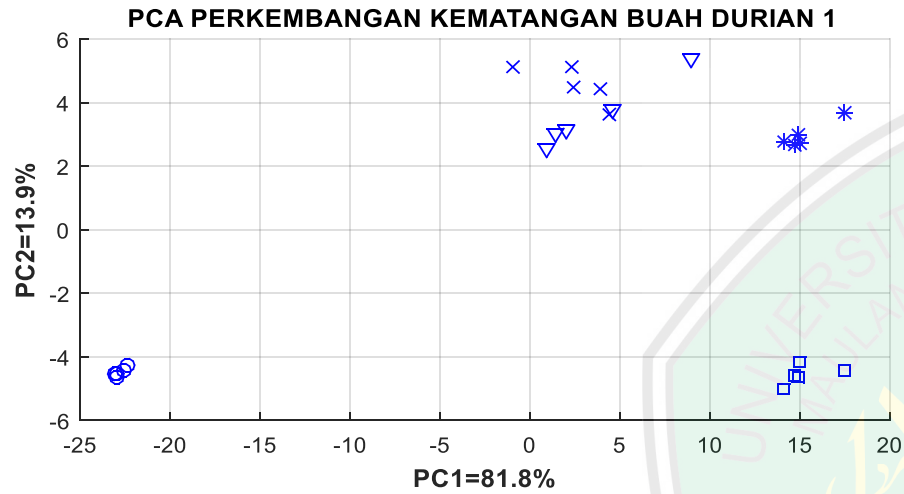
%menjumlahkan semua nilai eigen
total_nilai_eigen=sum(nilai_eigen);

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

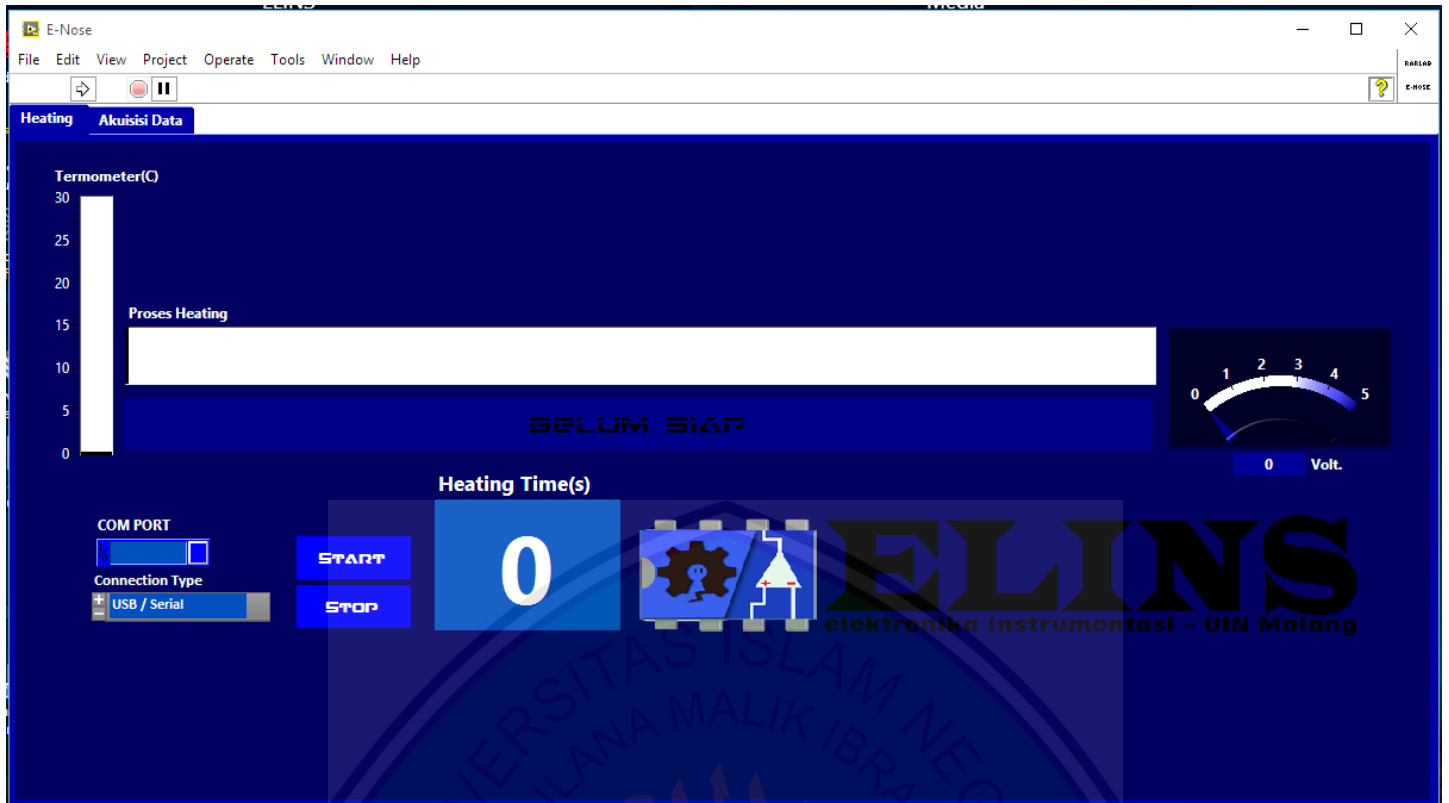
proporsi=[principle_componen1,principle_componen2,principle_componen3,principle_componen4,principle_componen5,principle_componen6,principle_componen7,principle_componen8,principle_componen9];

```

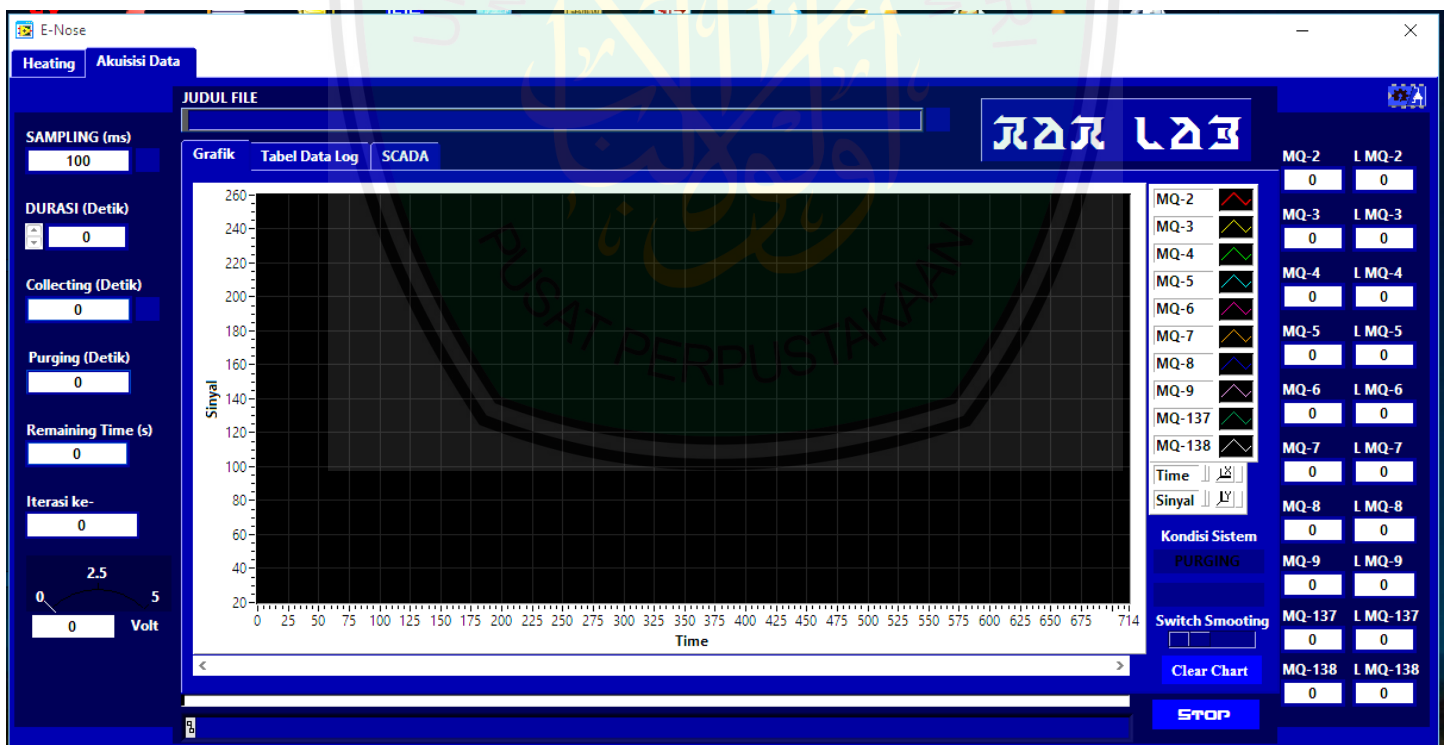
Lampiran 4 Grafik Score Plot Tiap durian.



Lampiran 5 GUI Sistem Akuisi data Bau

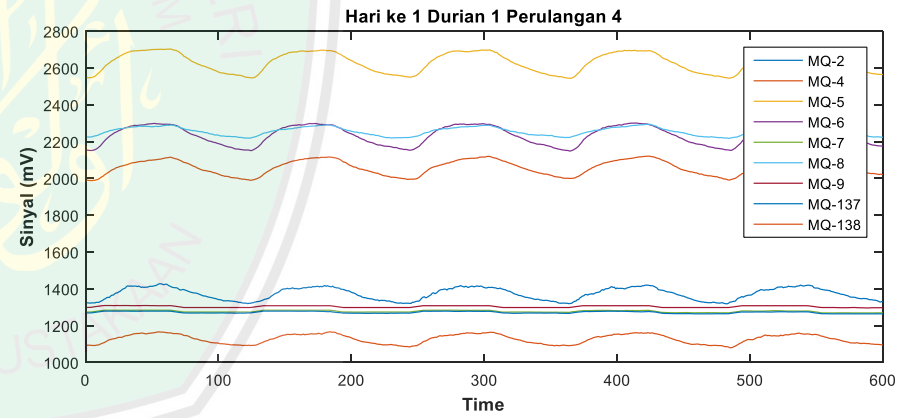
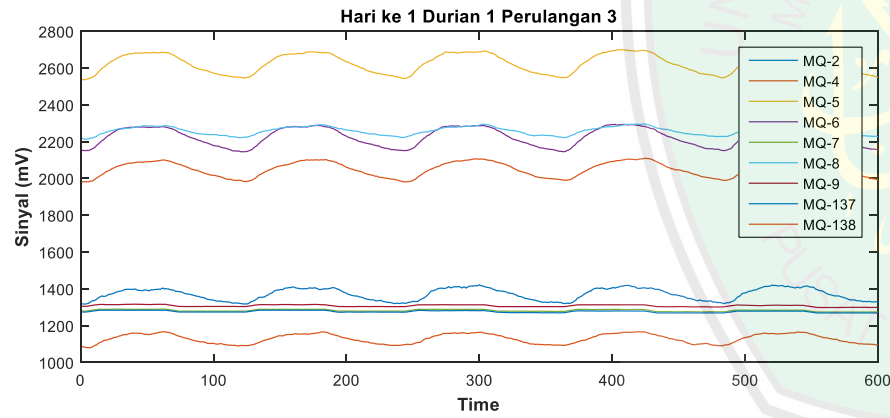
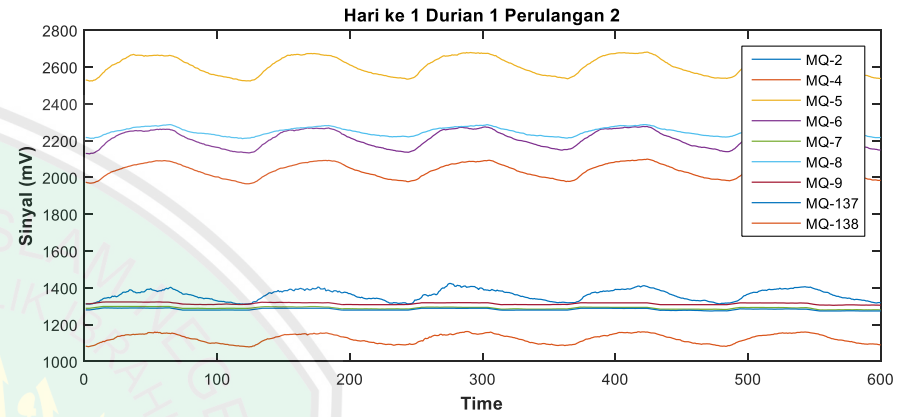
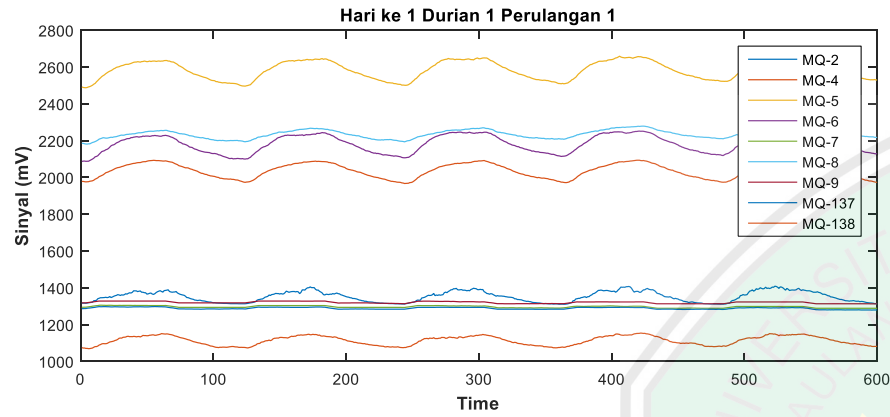


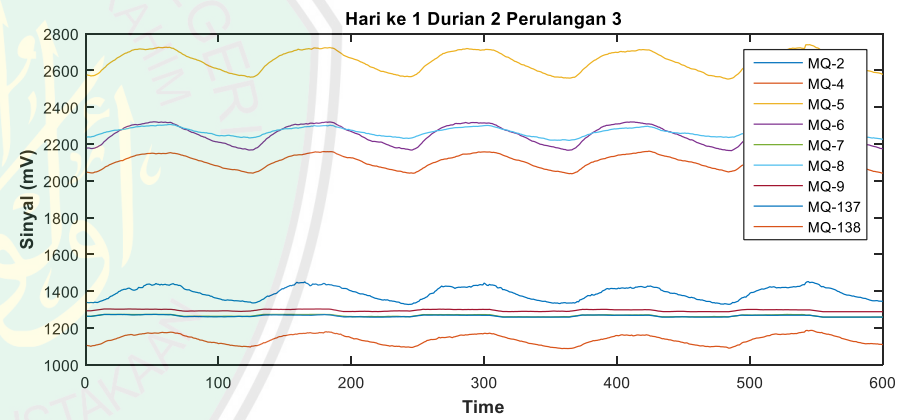
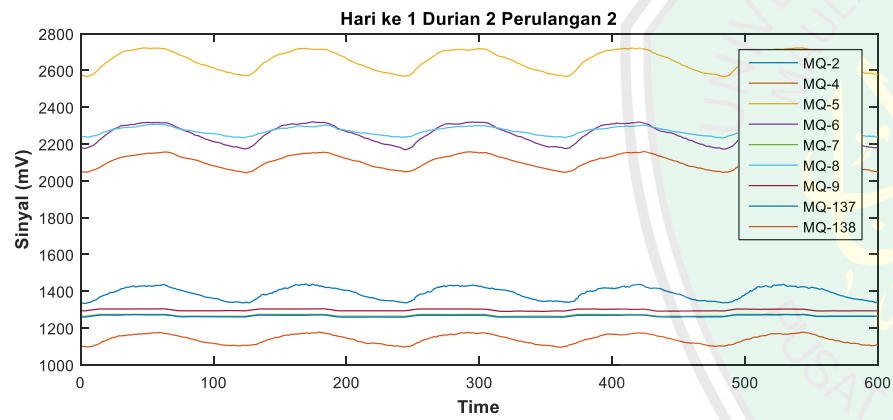
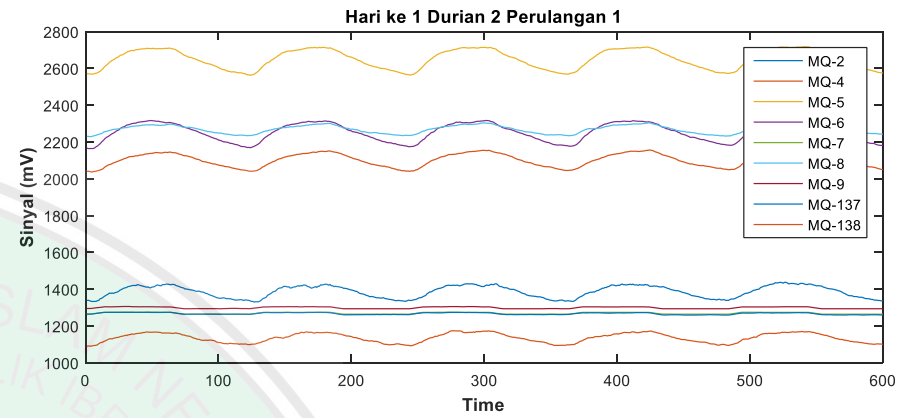
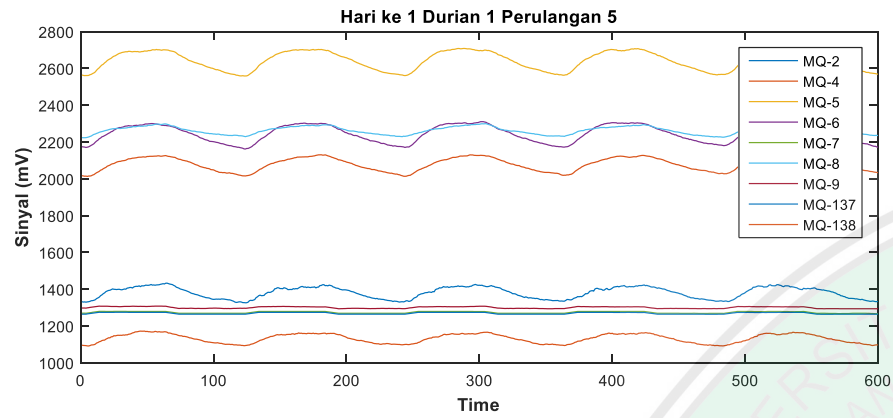
Proses Heating

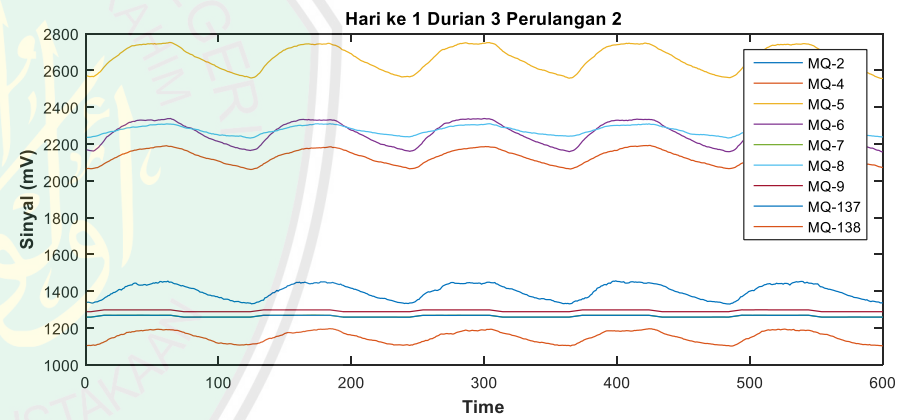
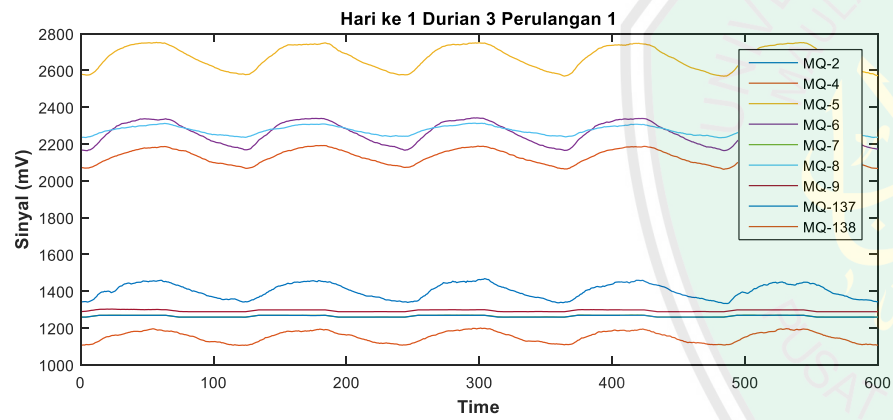
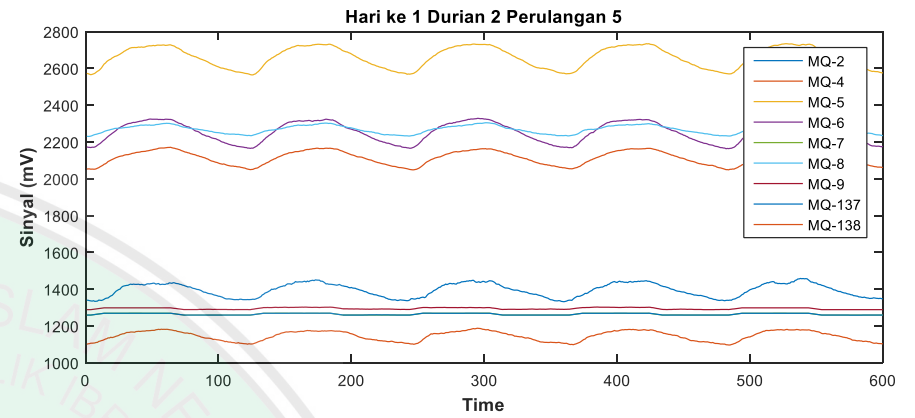
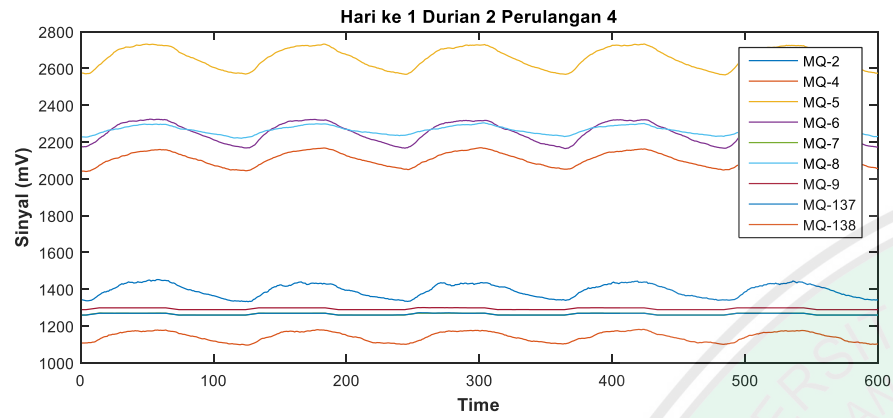


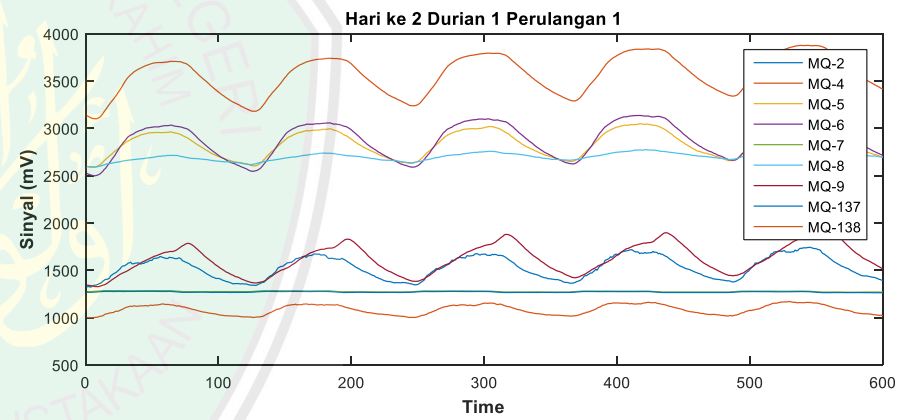
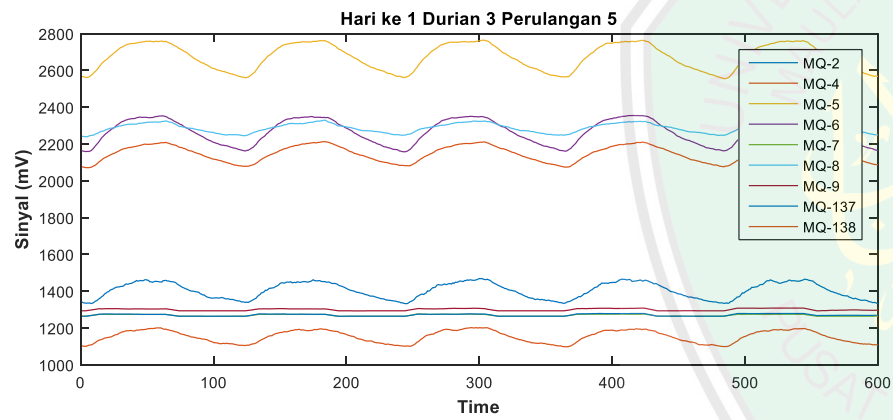
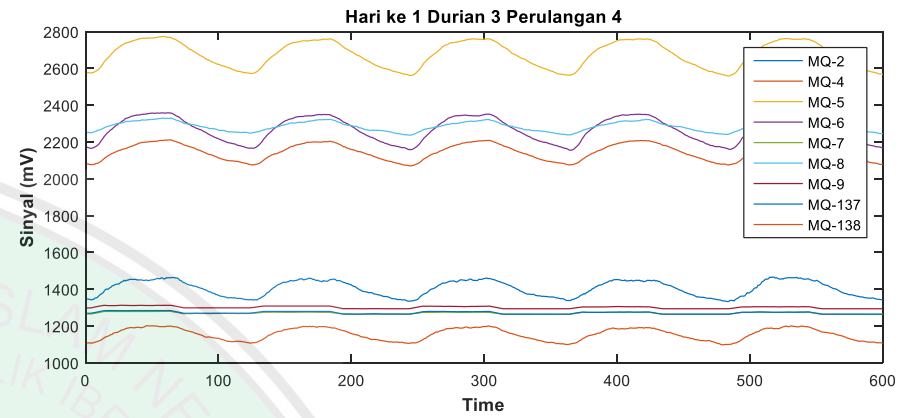
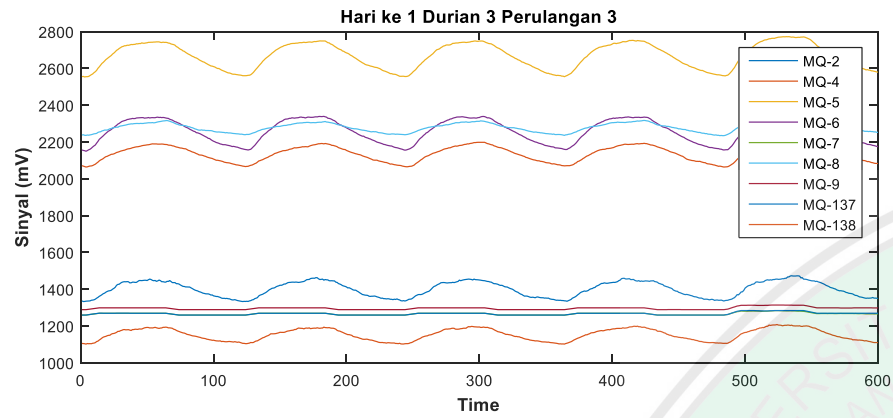
Akuisisi data

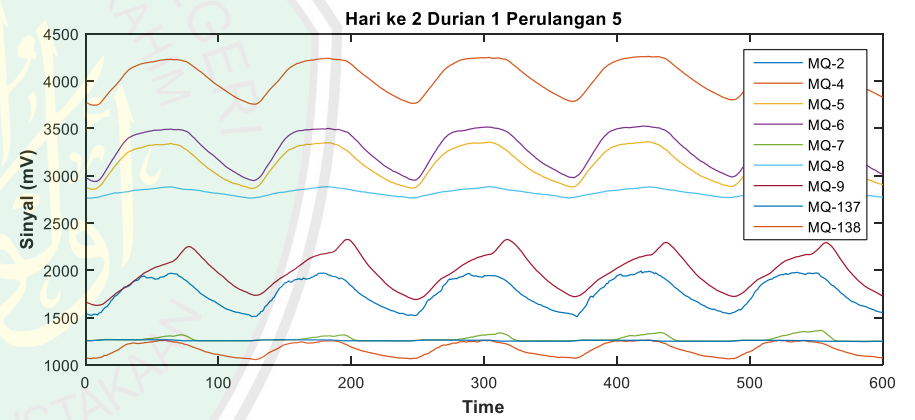
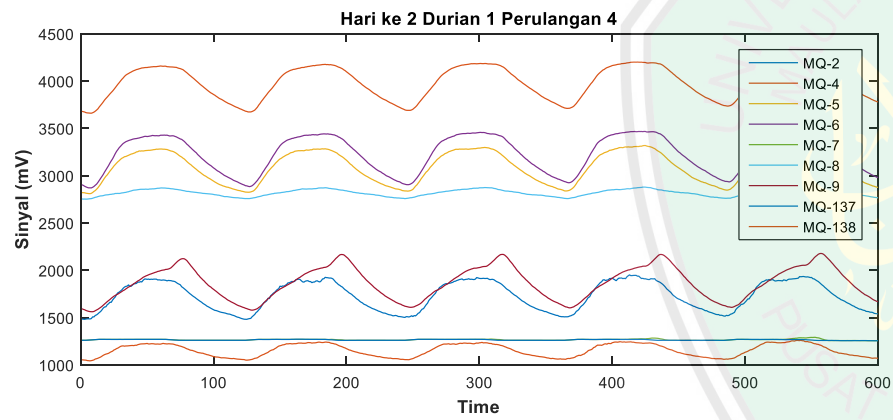
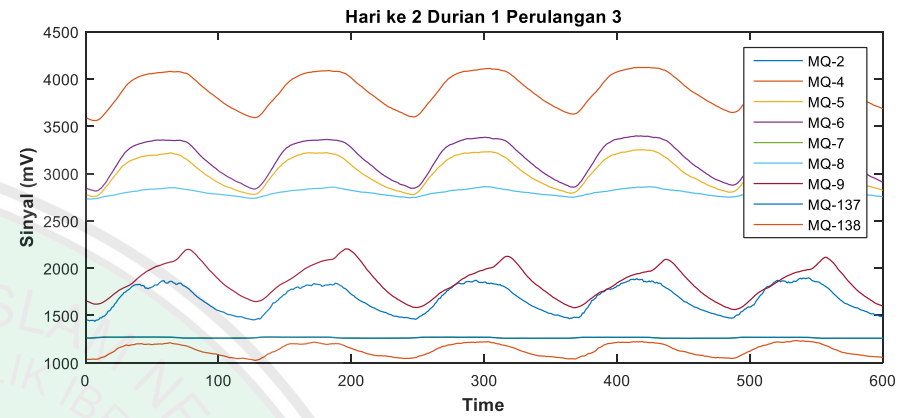
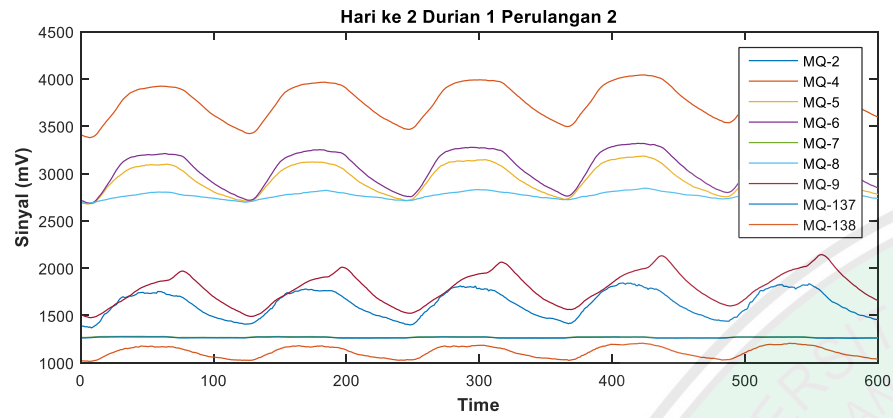
Lampiran 7 Grafik Data Durian

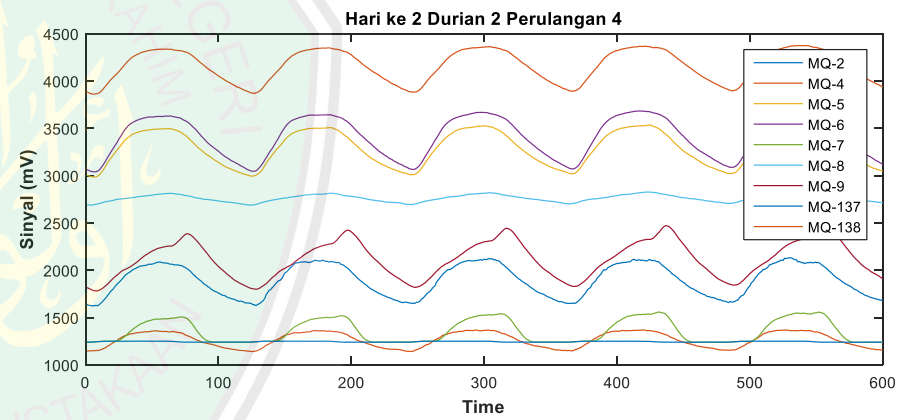
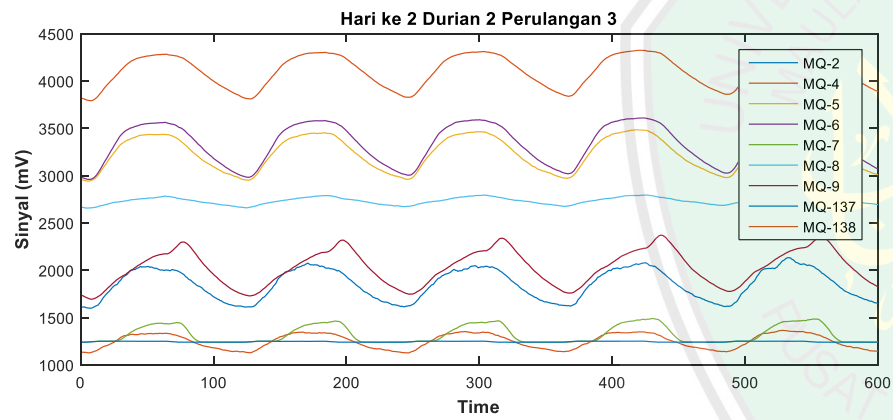
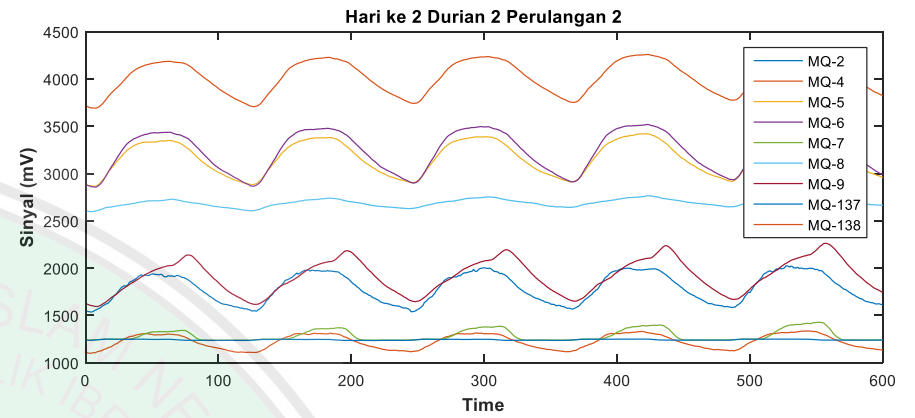
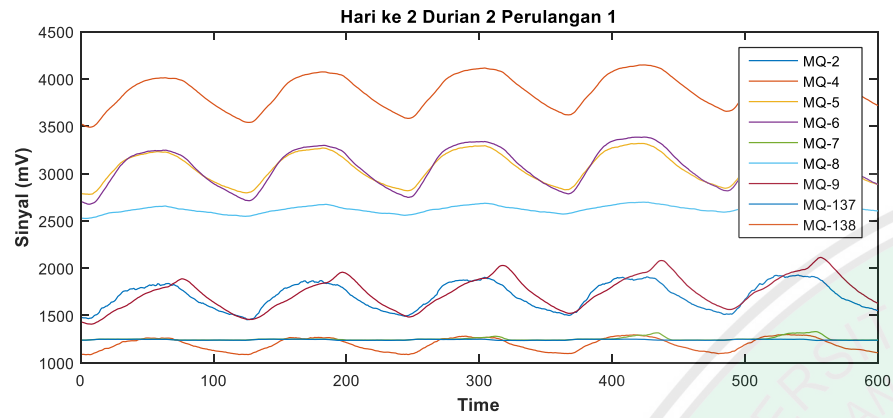


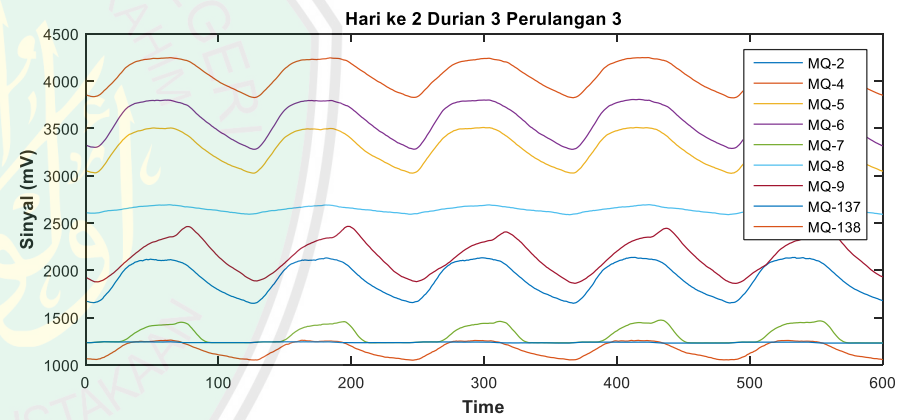
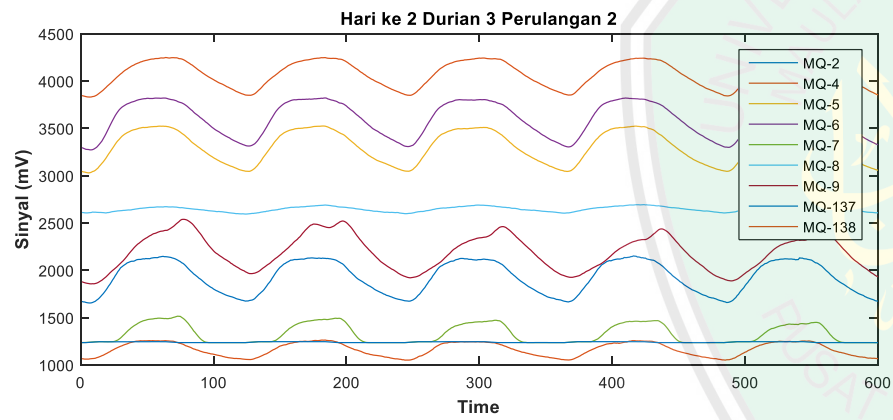
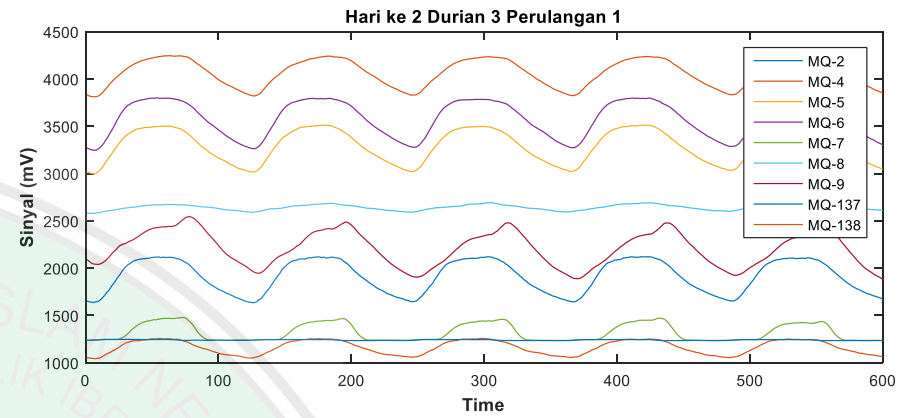
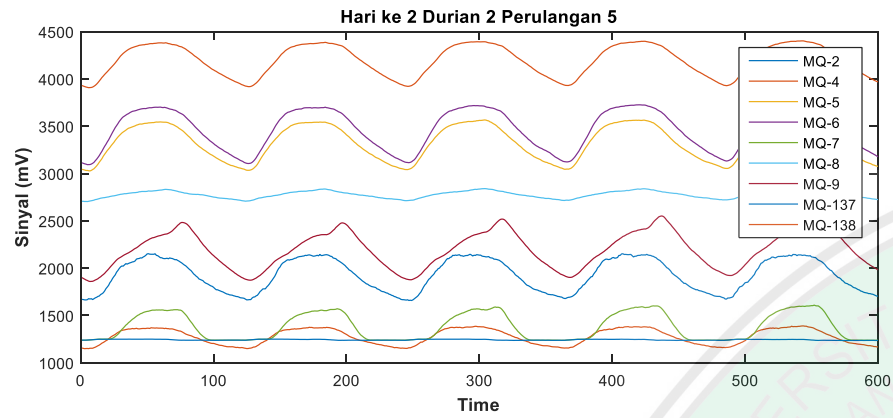


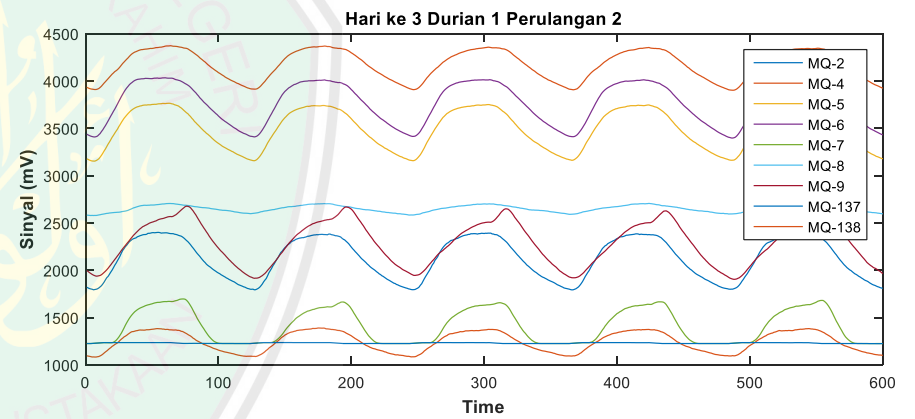
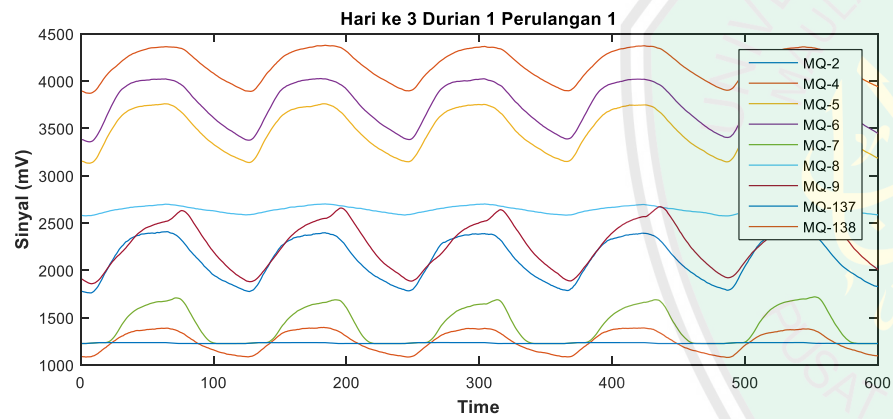
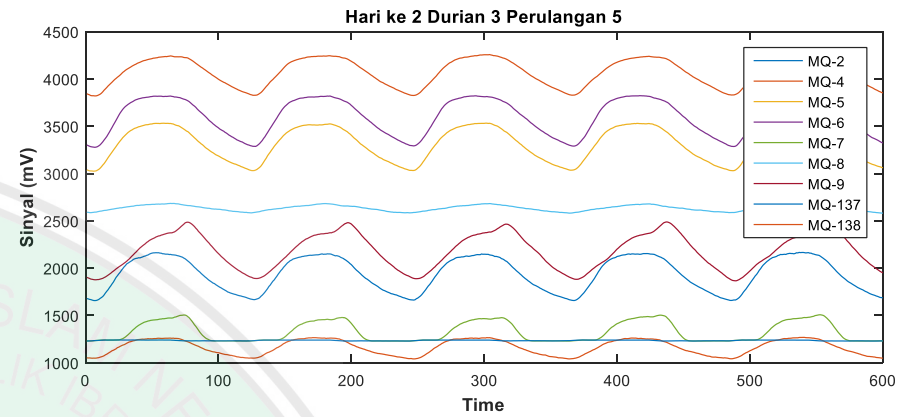
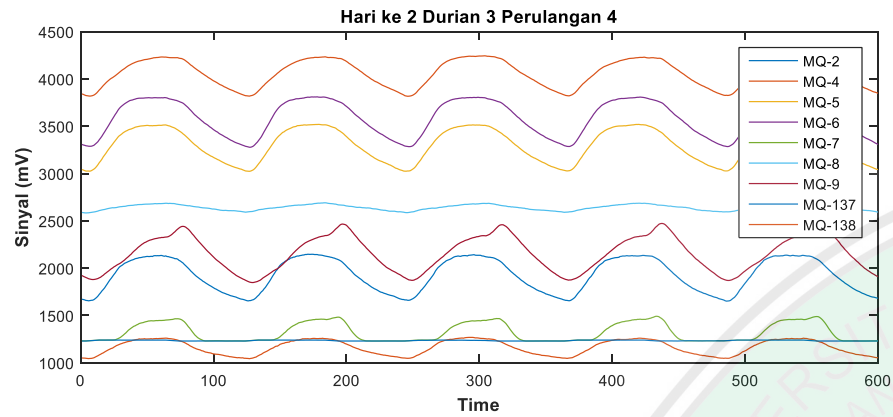


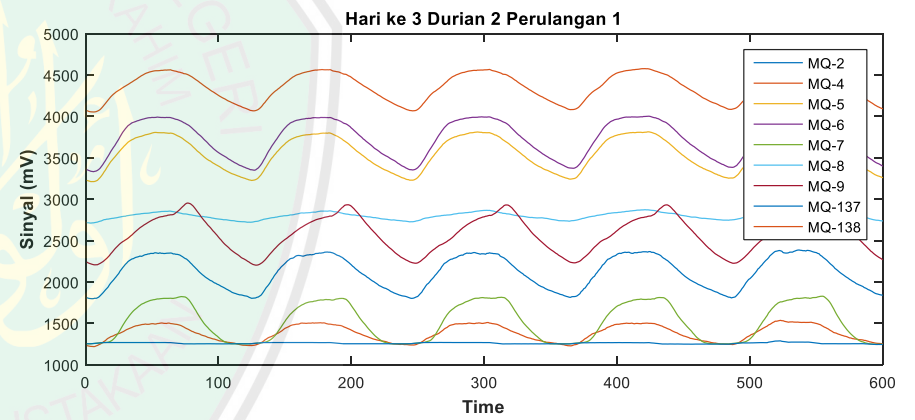
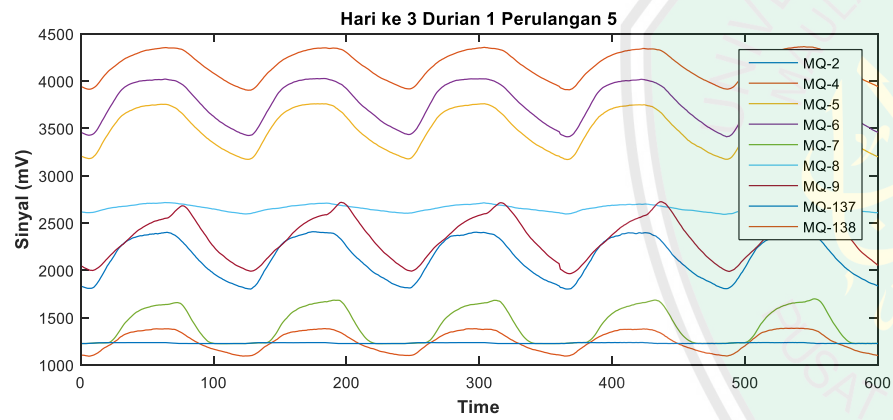
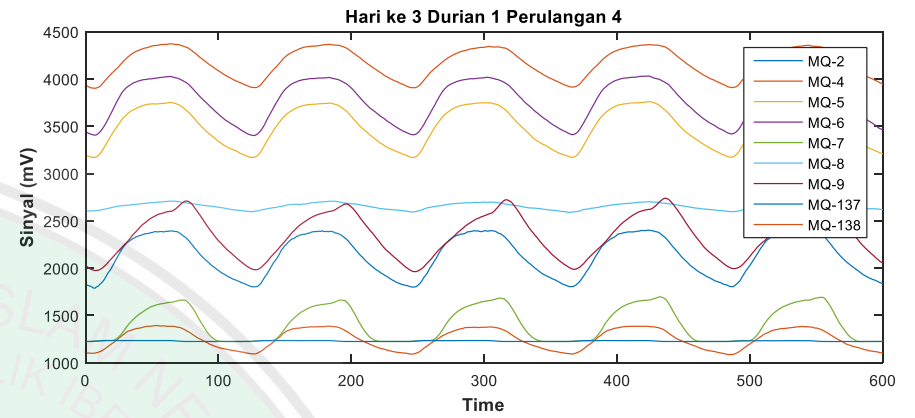
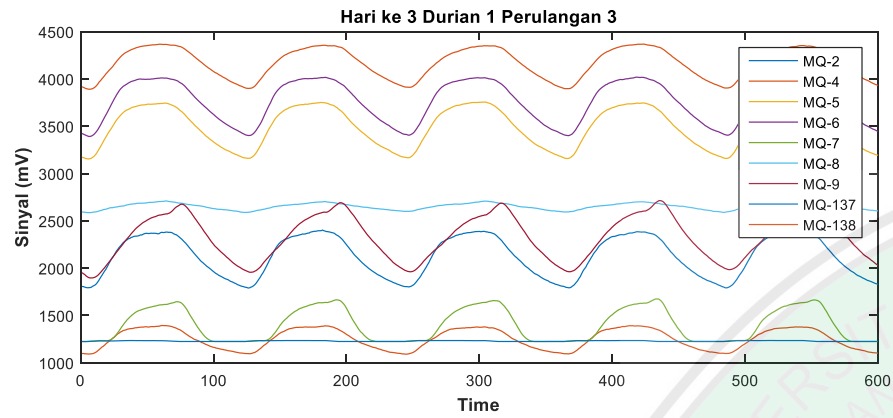


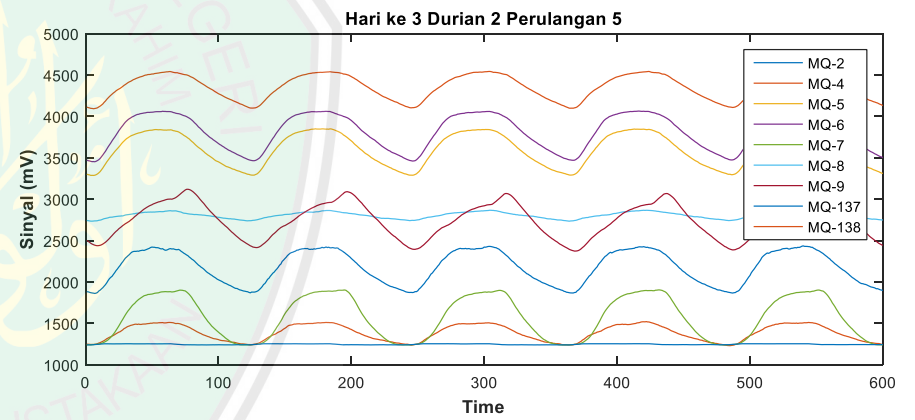
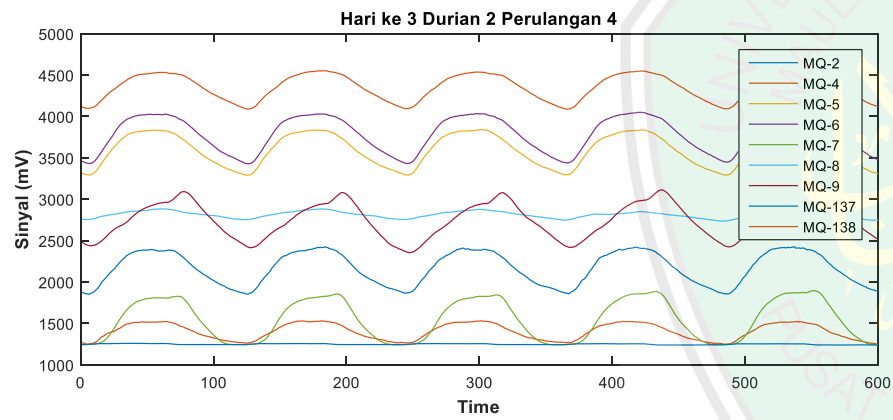
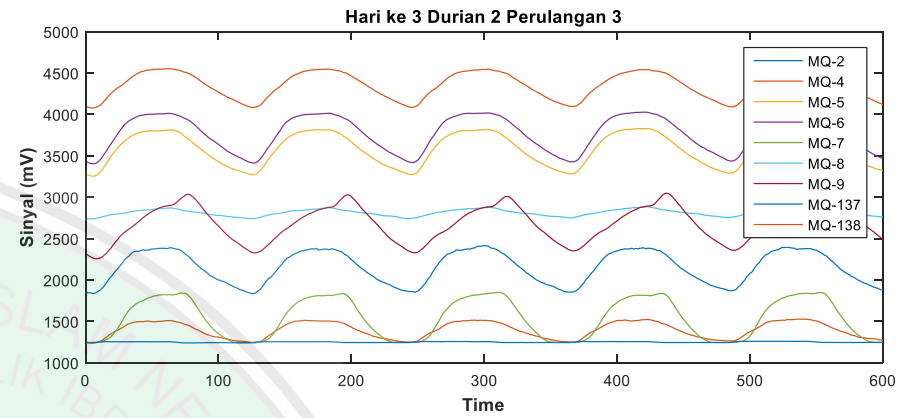
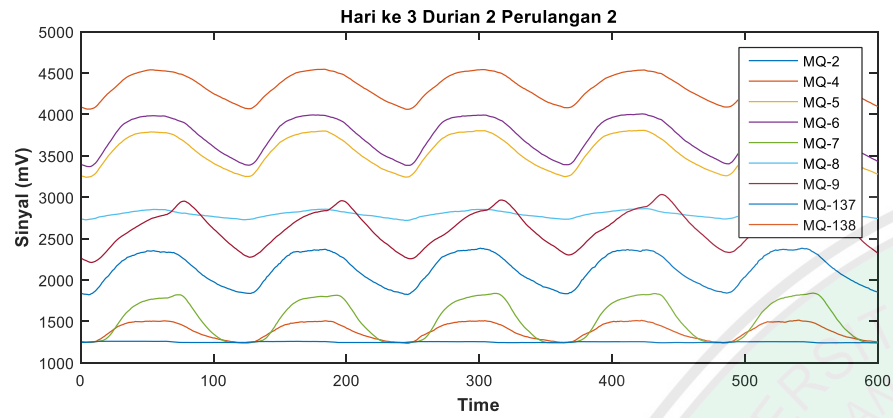


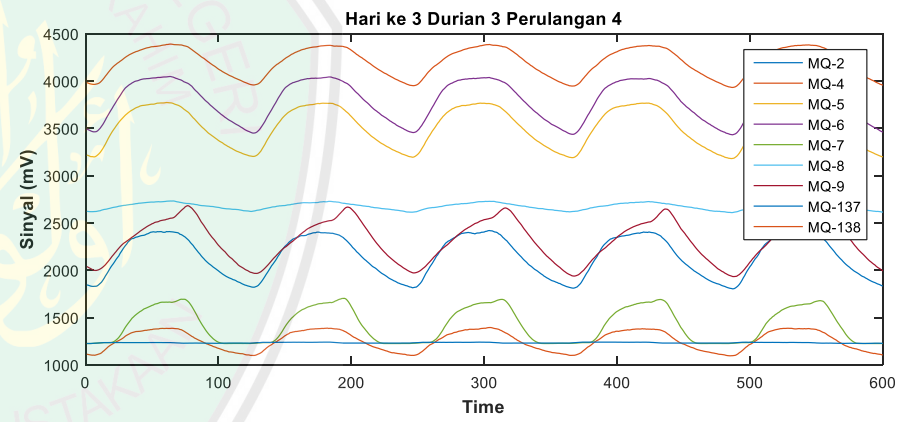
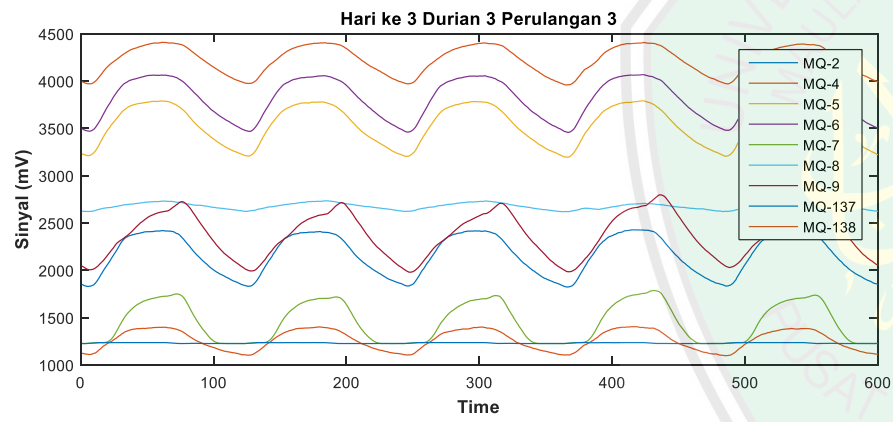
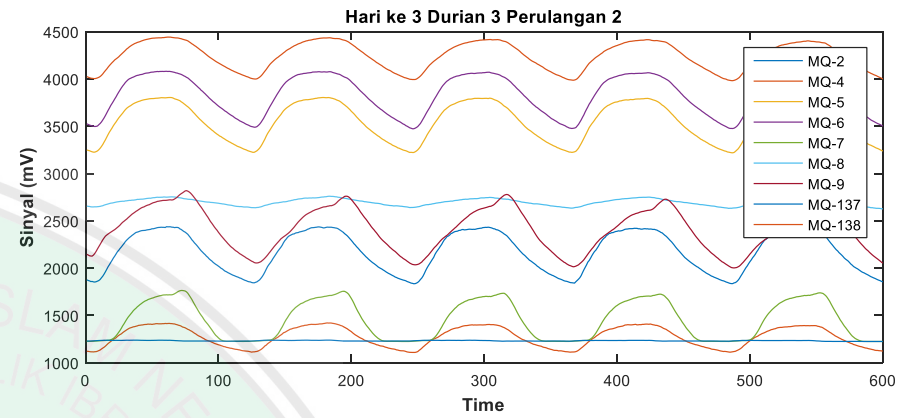
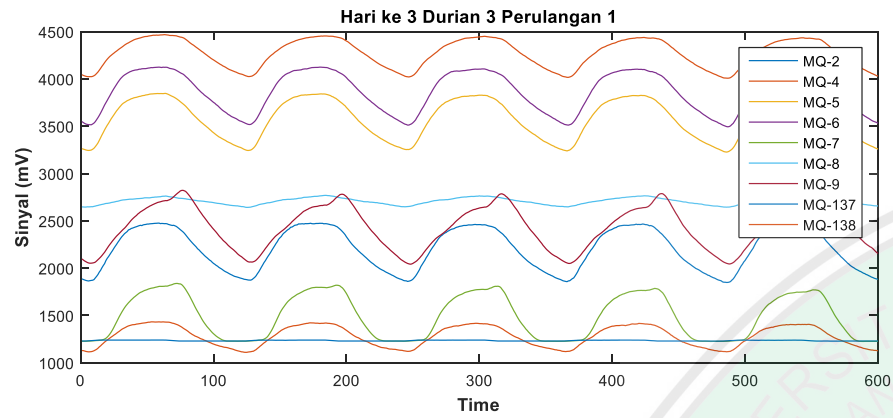


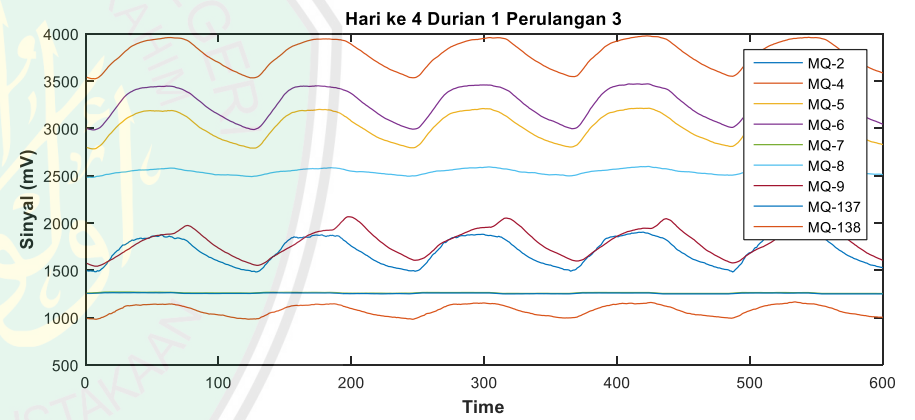
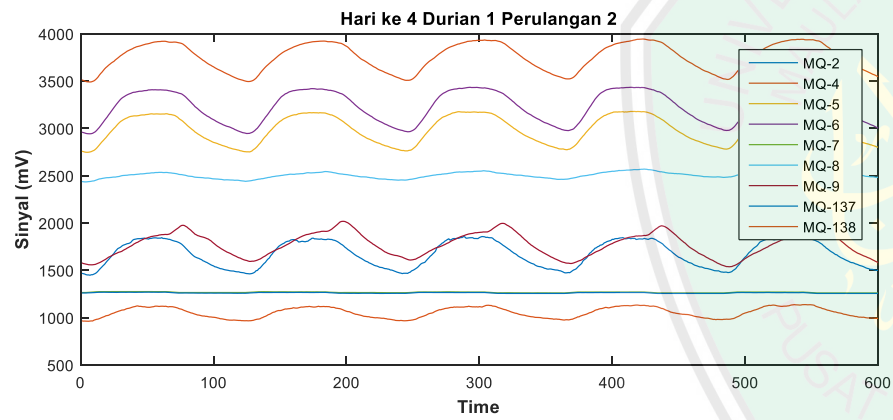
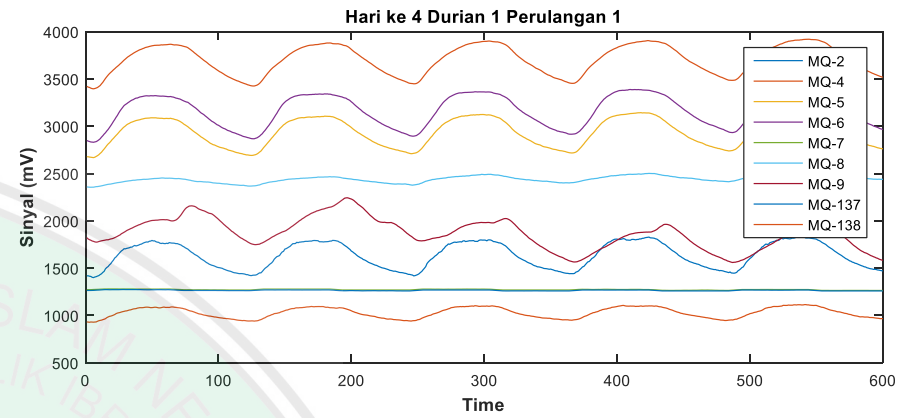
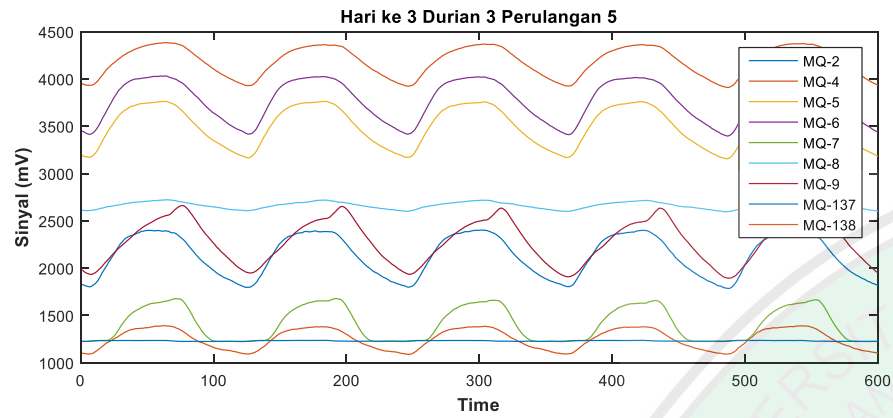


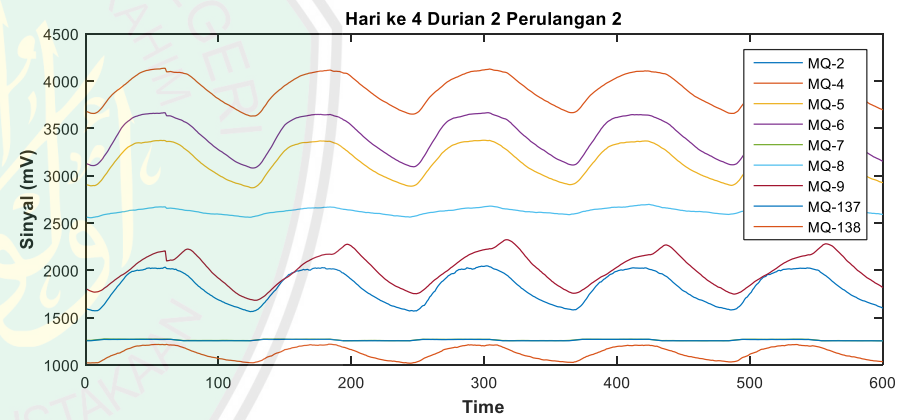
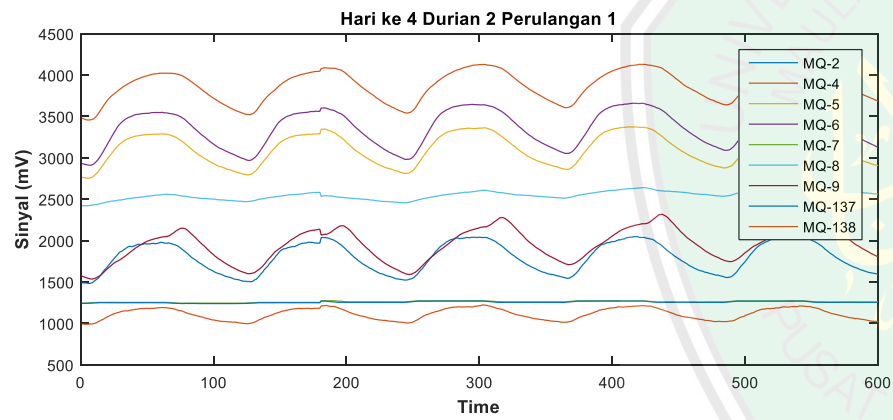
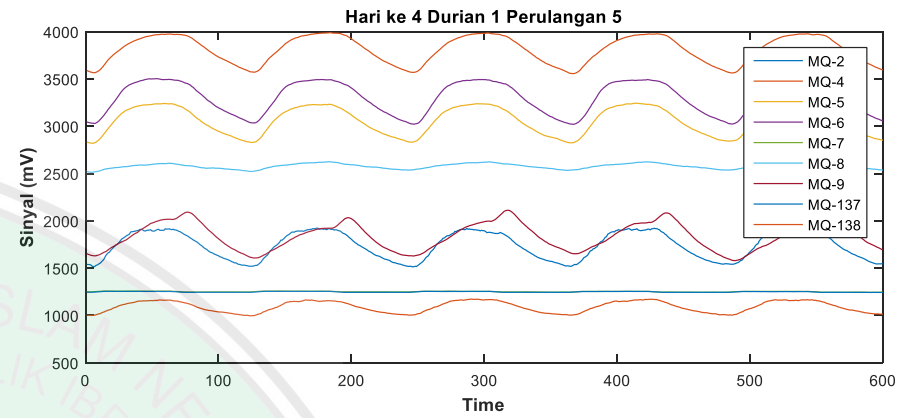
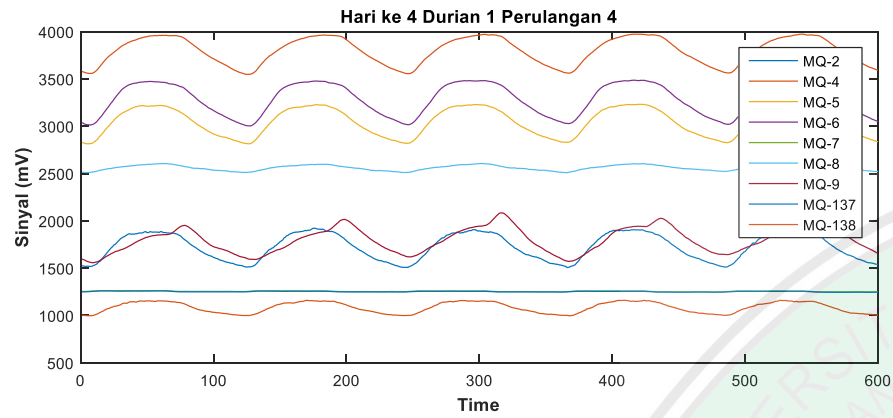


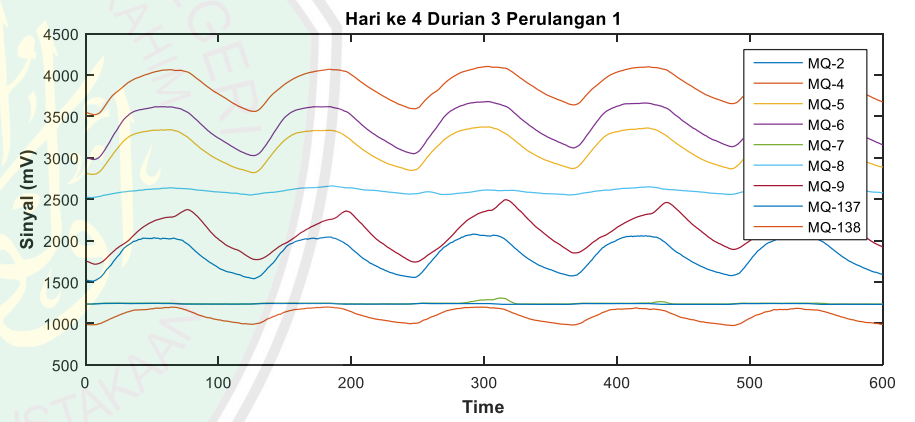
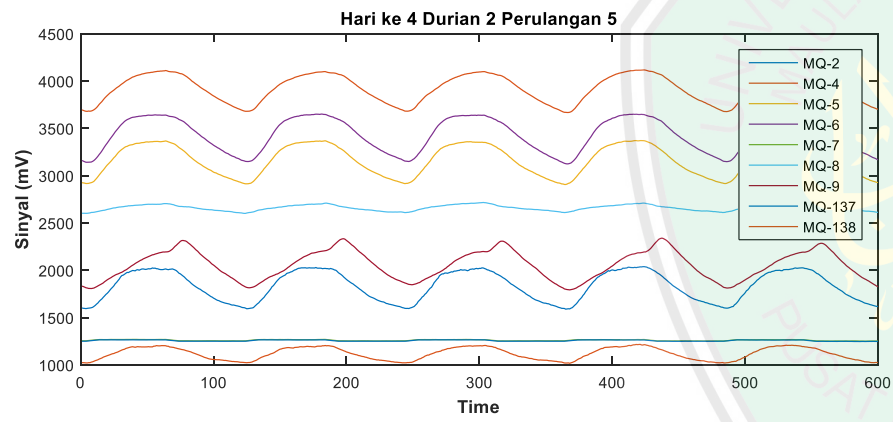
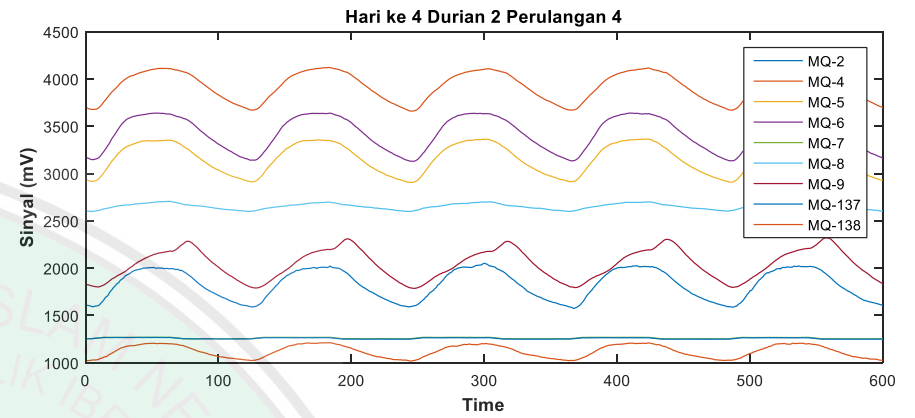
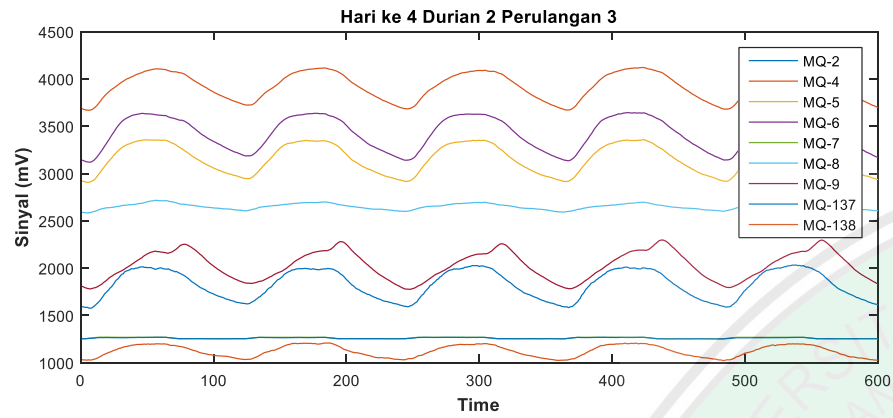


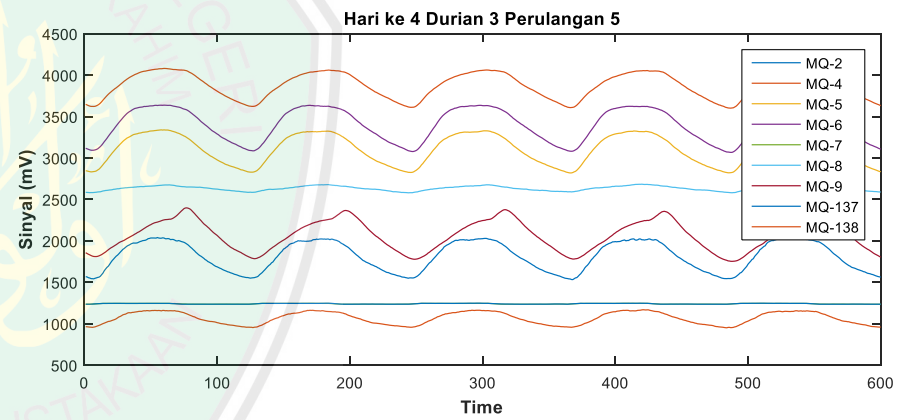
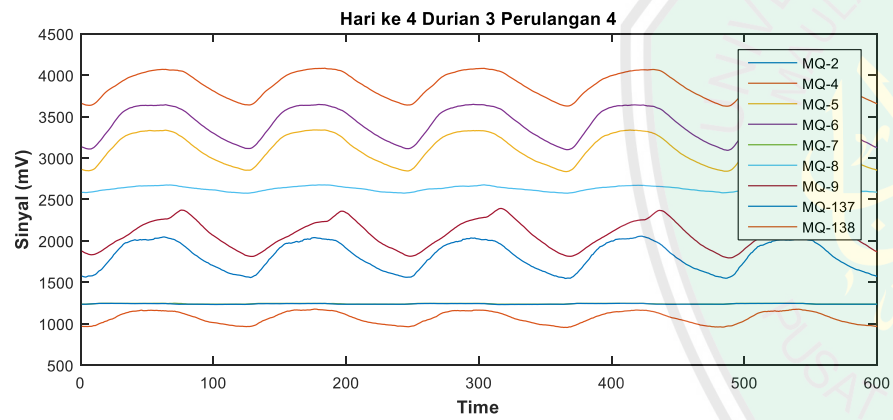
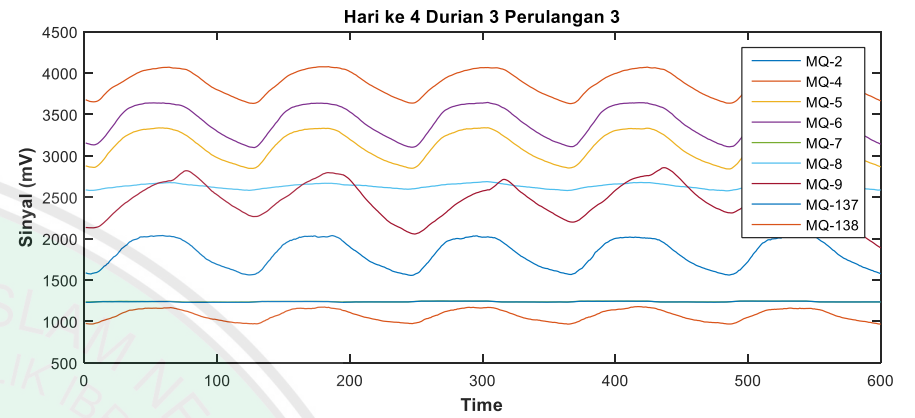
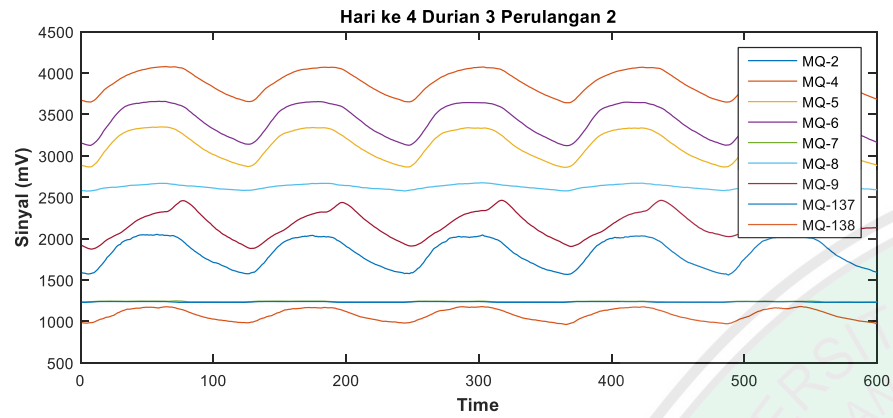


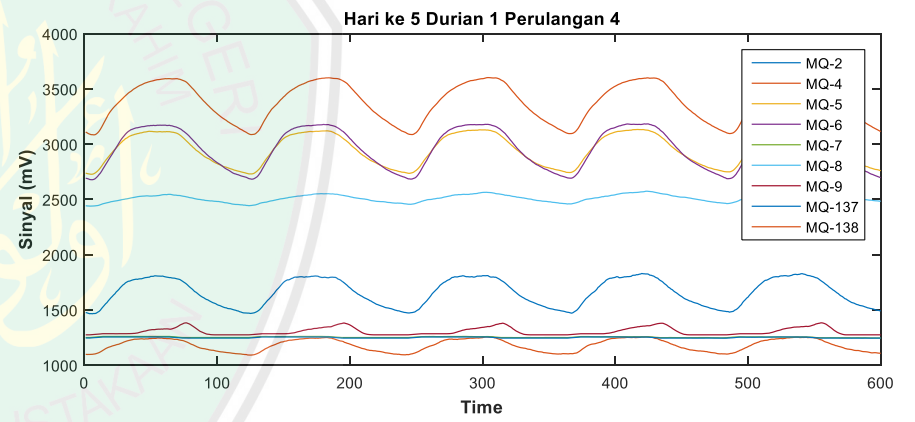
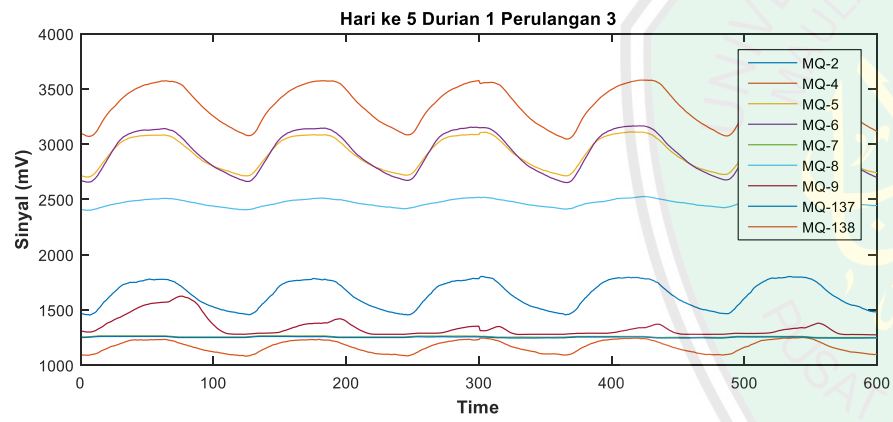
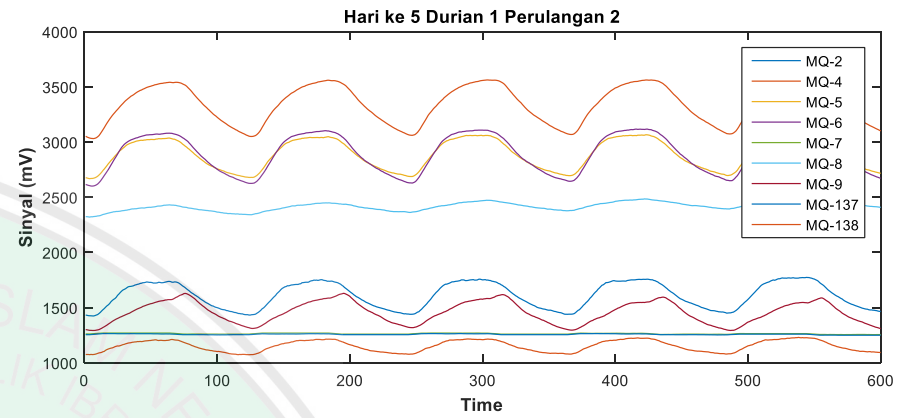
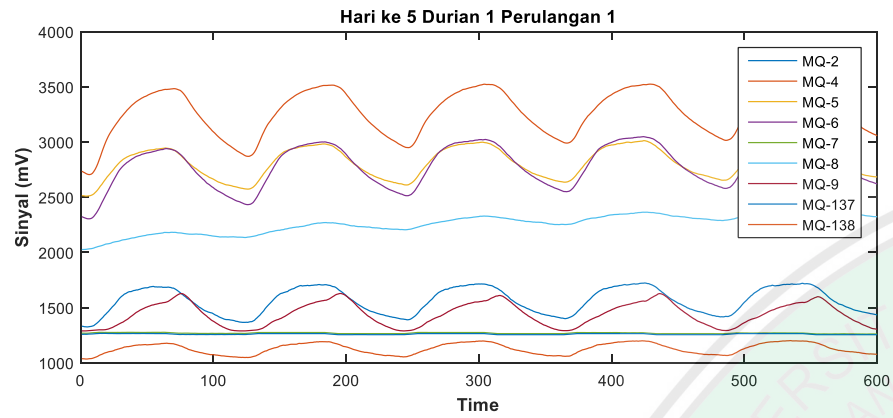


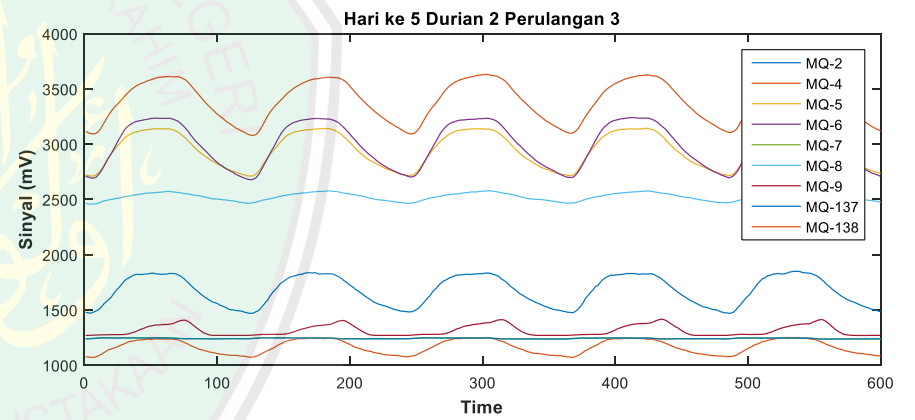
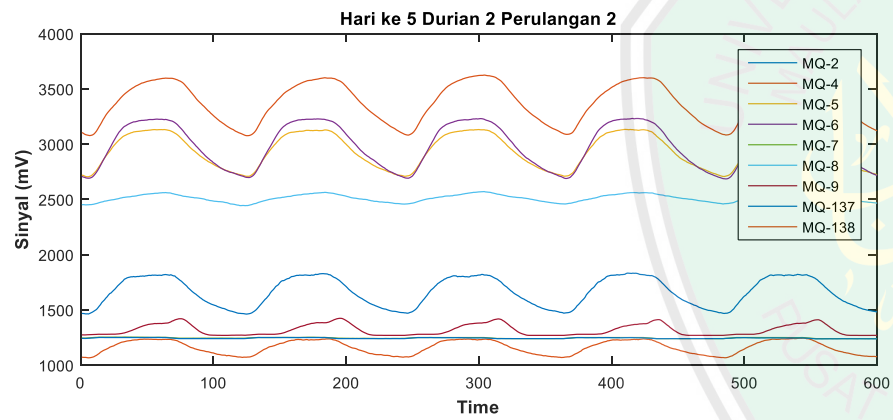
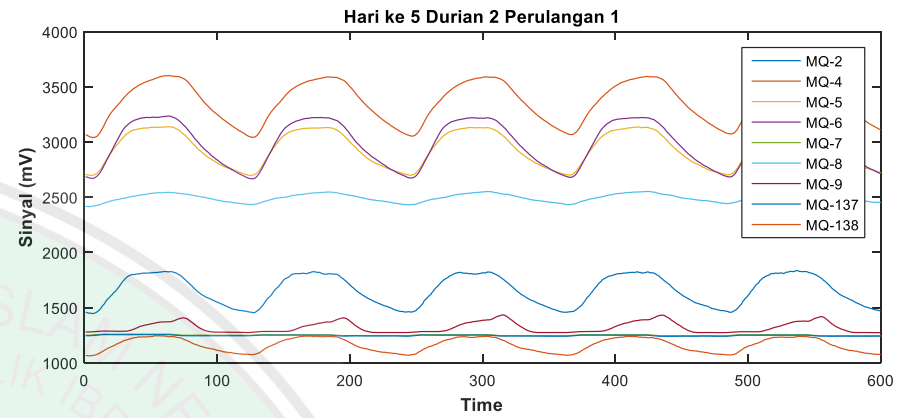
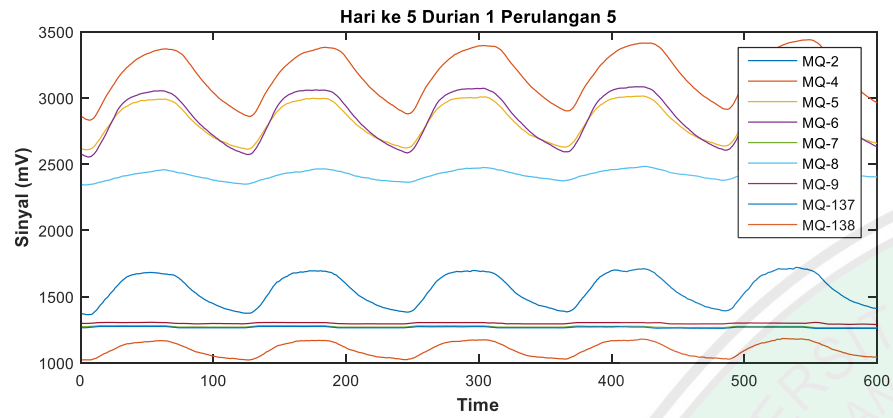


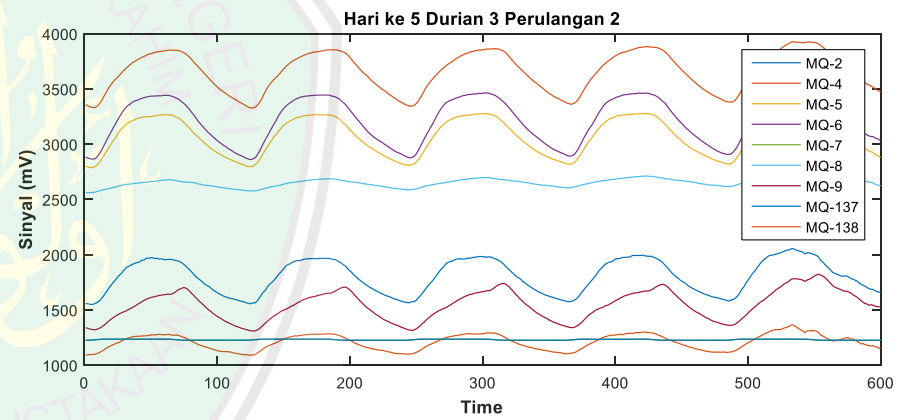
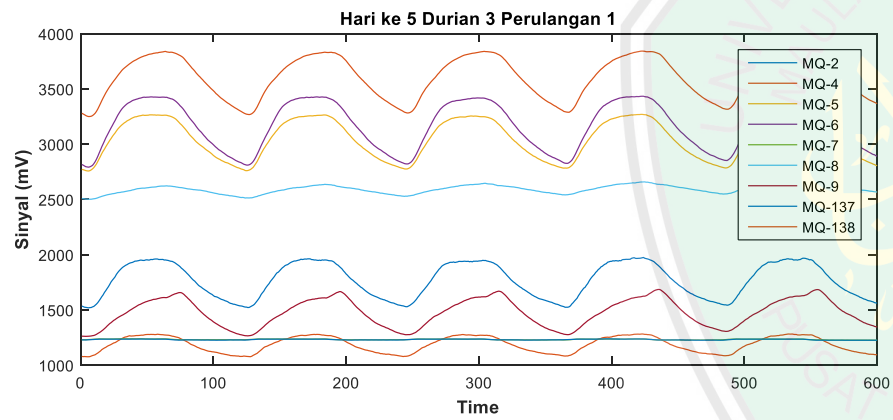
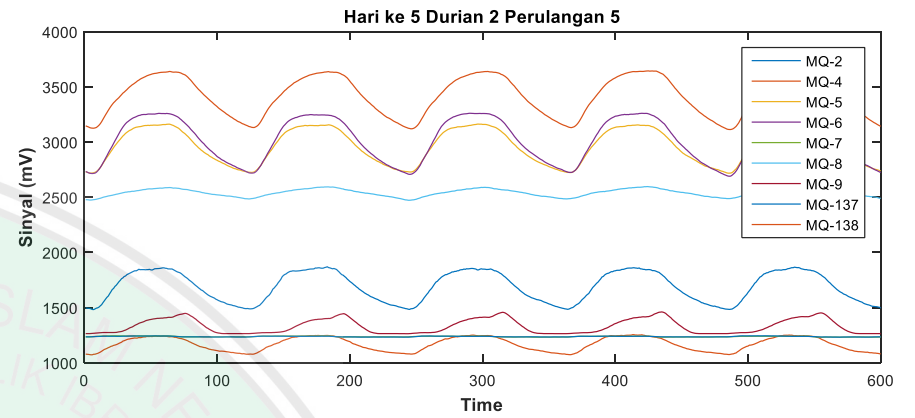
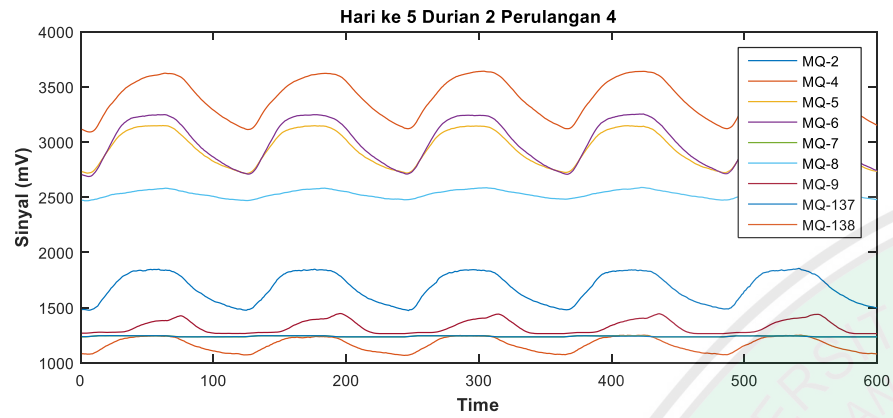


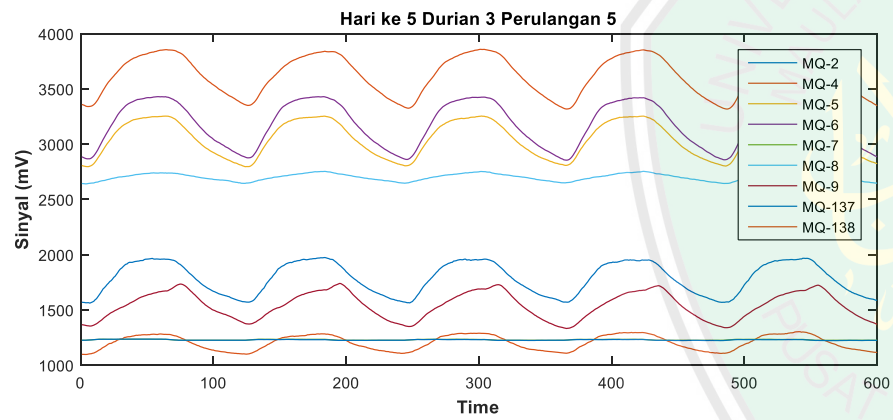
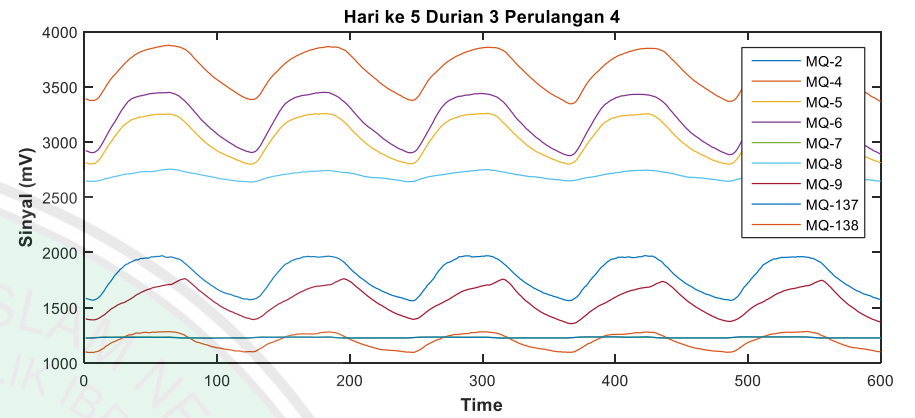
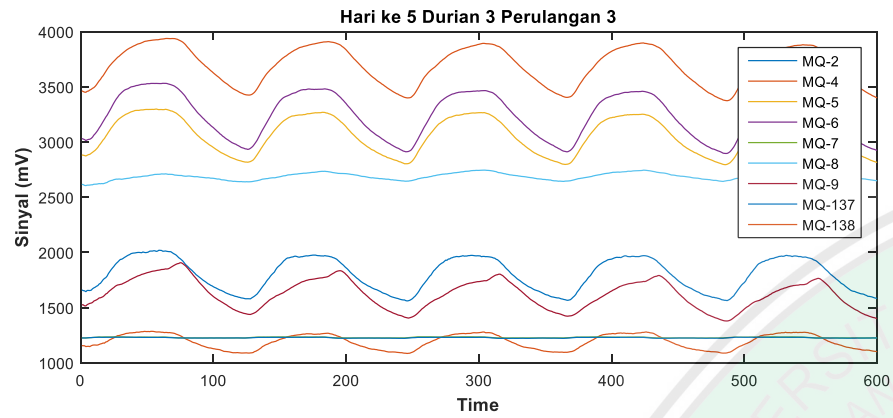












Lampiran 8 Bukti Konsultasi Skripsi



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 : RAHMAT ADITYA RAHARJO
NIM : 11640011
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Bau Dari Larik Sensor Gas Untuk Analisis Kematangan Buah Durian Dengan Menggunakan Metode Integral Trapezoid
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 k,

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