



**IDENTIFIKASI AROMA KOPI ROBUSTA KEBUN GARAHAN  
MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE* DENGAN VARIASI SUHU  
PENYEDUHAN**

**SKRIPSI**

Oleh  
**Khonita Anjalsari Rhomadoni**  
**NIM 151810301063**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**IDENTIFIKASI AROMA KOPI ROBUSTA KEBUN GARAHAN  
MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE* DENGAN VARIASI SUHU  
PENYEDUHAN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh  
**Khonita Anjalsari Rhomadoni**  
**NIM 151810301063**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

### PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Alm. Ayahanda Suhariyanto dan Almh. Ibunda Riyani A.P. yang telah memberikan doa, pengorbanan dan kasih sayang hingga saya bisa meraih semua ini.
2. Saudara tersayang Noor Yudha Priyantini dan Moch. Choirul Hidayat yang selalu memberikan doa dan dukungannya.
3. Keluarga besar yang selalu menemani dan memberi motivasi.
4. Almamater tercinta SDN Penompo II, SMPN 2 Jetis, SMAN 2 Mojokerto serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
5. Chrypton angkatan 2015 yang selama ini berjuang bersama dan berbagi kenangan yang tak terlupakan
6. Sahabat Meita, Diva, Karunia, Juan, Alvi, Leli, Mega terima kasih atas waktu kalian untuk saling memotivasi dan berbagi kebahagiaan.
7. Sahabat *Sister Another Mother*, *English Cafe batch I* dan Majelis Cangkruk yang selalu memberikan keceriaan dan persahabatan kepada saya.
8. Tim Riset Analitik 2018 yang telah banyak membantu dalam penelitian saya.
9. Semua pihak yang telah berkontribusi, tetapi tidak dapat disebutkan satu persatu.

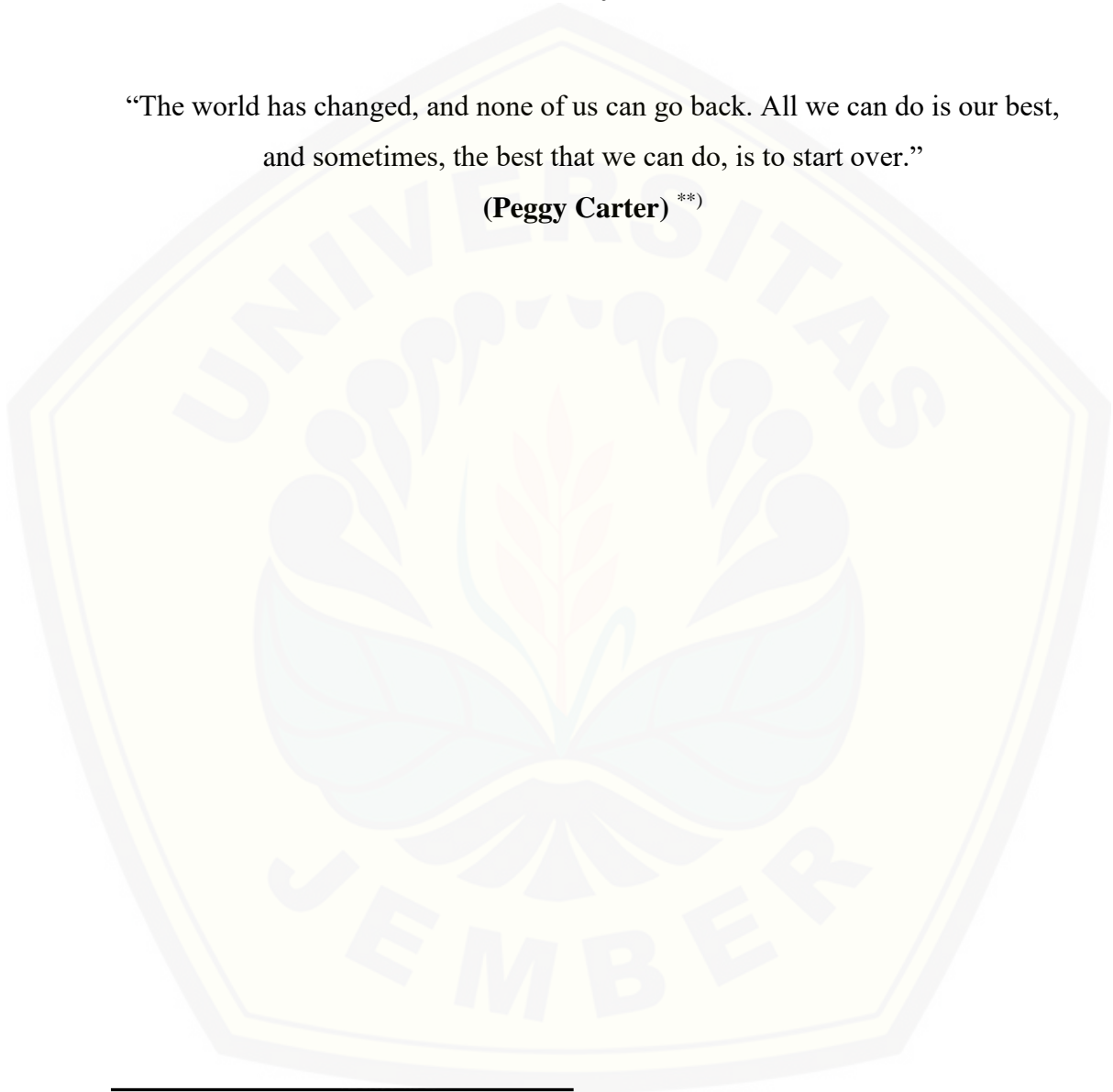
**MOTTO**

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”

**(Qs. Al-Insyirah: 5) <sup>\*)</sup>**

“The world has changed, and none of us can go back. All we can do is our best,  
and sometimes, the best that we can do, is to start over.”

**(Peggy Carter) <sup>\*\*)</sup>**



---

<sup>\*)</sup> Kementerian Agama RI. 2007. *Al-Qur'an dan Terjemahnya dilengkapi dengan Kajian Usul Fiqih dan Intisari Ayat*. Bandung: PT. Sygma Examedia Arkanleema.

<sup>\*\*)</sup> Film *Captain America: The Winter Soldier* (2014) karya Anthony dan Joe Russo. Walt Disney Pictures dan Marvel Cinematic Universe

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Khonita Anjalsari Rhomadoni

NIM : 151810301063

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Identifikasi Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan Menggunakan Electronic Nose dengan Variasi Suhu Penyeduhan” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subttansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2019

Yang menyatakan



Khonita Anjalsari Rhomadoni

NIM 151810301063

**SKRIPSI**

**IDENTIFIKASI AROMA KOPI ROBUSTA KEBUN GARAHAN  
MENGUNAKAN *ELECTRONIC NOSE* DENGAN VARIASI SUHU  
PENYEDUHAN**

Oleh

Khonita Anjalsari Rhomadoni  
NIM 151810301063

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Tri Mulyono, S.Si, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.



**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Identifikasi Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan Menggunakan Electronic Nose dengan Variasi Suhu Penyeduhan” karya Khonita Anjalsari Rhomadoni telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Jember

**Tim Penguji**

Ketua,



Tri Mulyono, S.Si, M.Si.  
NIP: 196810021998021001

Anggota I,

Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 1916605291993031003

Anggota II,

Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si  
NIP. 197012251997022001

Anggota III,

Novita Andarini, S.Si., M.Si  
NIP. 197211122000032001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Identifikasi Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan Menggunakan Electronic Nose dengan Variasi Suhu Penyeduhan;** Khonita Anjalsari Rhomadoni, 151810301063; 2019: 56 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kopi (*Coffea sp.*) adalah salah satu komoditas unggulan daerah Jember. Kopi Robusta kebun Garahan merupakan salah satu kopi yang dibudidayakan di daerah Jember. Kopi memiliki keistimewaan dan kualitas masing-masing yang dipengaruhi oleh beberapa hal seperti curah hujan, pemberian pupuk, dan penyiraman. Kualitas kopi juga dapat dipengaruhi oleh penyeduhan kopi yang dilakukan. Suhu penyeduhan air akan mengakibatkan adanya penguapan senyawa volatil pada kopi yang mempengaruhi kualitas kopi tersebut. Kualitas aroma kopi biasanya dideteksi oleh penguji kopi (*expert tasters*), namun cara ini memiliki kelemahan yaitu bersifat subjektif. Kualitas kopi juga dapat dianalisis menggunakan *Gas Chromatography and Mass Spectroscopy* (GC-MS), tetapi metode ini memiliki kekurangan yaitu memerlukan finansial yang tinggi. Salah satu cara deteksi aroma kopi yang murah dan mudah adalah dengan *Electronic Nose* yang digunakan dalam penelitian ini.

*Electronic Nose* yang dibuat menggunakan sensor gas MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7 dan MQ-135 yang dipasang pada sensor *chamber*. Sensor gas yang sudah disusun kemudian dihubungkan dengan *beard board* dan arduino uno untuk mengambil informasi tegangan dari sensor. Sampel bubuk kopi sebanyak 3 gram diseduh 45 mL air panas pada variasi suhu 75, 80, 85, 92 dan 95 °C. Sampel tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan aroma kopi akan terdeteksi oleh sensor. Sinyal yang terdeteksi oleh sensor diolah ke rangkaian pengkondisi sinyal dan dilanjutkan ke rangkaian pengubah analog digital (ADC) pada arduino uno. Arduino uno tersebut dihubungkan dengan laptop yang sudah terinstall software *LabView* 2018.

Pengukuran aroma kopi Robusta kebun Garahan ini akan menghasilkan pola respon untuk kopi Robusta kebun Garahan. Pola respon yang didapatkan untuk



pengukuran aroma kopi Robusta kebun Garahan adalah respon sensor paling tinggi sensor gas MQ-135, MQ-6, MQ-7, kemudian sensor gas MQ-3, dan yang paling rendah sensor gas MQ-2. Pengukuran aroma kopi Robusta kebun Garahan juga dilakukan variasi suhu penyeduhan. Berdasarkan hasil yang didapatkan suhu mempengaruhi besarnya tegangan pola respon sensor gas yang didapatkan. Uji *repeatability* dan *reproducibility* juga dilakukan untuk menguji *Electronic Nose* yang telah dibuat. Hasil yang didapatkan adalah *repeatability* dan *reproducibility* baik.



## PRAKATA

Segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulisan skripsi yang berjudul “Identifikasi Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan Menggunakan Electronic Nose dengan Variasi Suhu Penyeduhan” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak, sehingga ucapan terima kasih disampaikan dengan tulus kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Dr. Anak Agung Istri Ratna Dewi, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Yudi Aris Sulistiyo S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
7. Teknisi-teknisi laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;

Segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Jember, Juli 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Kopi</b> .....	5
2.1.1 Definisi Kopi.....	5
2.1.2 Jenis-jenis kopi di Indonesia.....	7
2.1.3 Kopi Robusta .....	9
<b>2.2 Sensor Gas</b> .....	10
2.2.1 Definisi Sensor Gas .....	10
2.2.2 Prinsip Kerja Sensor Gas .....	11
2.2.3 Jenis-Jenis Sensor Gas .....	13

<b>2.3 Gas sensor array untuk mendeteksi Aroma Kopi</b> .....	15
2.3.1 Sensor tunggal dan Sensor <i>array</i> .....	15
2.3.2 Desain <i>Sensor Array</i> .....	16
<b>2.4 Electronic Nose (E-Nose)</b> .....	17
<b>2.5 Arduino Uno</b> .....	18
<b>2.6 LabView 2018</b> .....	19
<b>2.7 Perlakuan Sample Kopi Robusta</b> .....	19
2.7.1 Teknik Preparasi Sampel Kopi .....	19
2.7.2 Suhu Penyeduhan Kopi Robusta.....	19
<b>2.8 Metode Analisis</b> .....	20
2.8.1 Metode <i>Principal Component Analysis (PCA)</i> .....	20
2.8.2 Akurasi, reproduibilitas, sensitifitas.....	21
<b>BAB 3. METODELOGI PENELITIAN</b> .....	23
<b>3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan</b> .....	23
<b>3.2 Alat dan Bahan</b> .....	23
3.2.1 Alat.....	23
3.2.2 Bahan .....	23
<b>3.3 Desain Alat</b> .....	23
<b>3.4 Diagram Alir Penelitian</b> .....	26
<b>3.5 Prosedur Kerja</b> .....	26
3.5.1 Uji Sensor dan Perancangan <i>Electronic Nose</i> .....	26
3.5.2 Persiapan Sampel dan Penyeduhan.....	27
3.5.3 Pengukuran Aroma Kopi .....	27
3.5.4 Metode Analisis .....	28
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	29
<b>4.1 Karakteristik Respon dari Sensor Gas Tunggal</b> .....	29
<b>4.2 Pola Respon Dari Instrumentasi Gas sensor array Untuk Analisis Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan</b> .....	30
<b>4.3 Pengaruh Suhu Penyeduhan Terhadap Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan</b> .....	32
<b>4.4 Kinerja Sensor Tunggal dan Gas Sensor Array Dalam Karakterisasi Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan</b> .....	33
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	37



<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>37</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>44</b>



**DAFTAR TABEL**

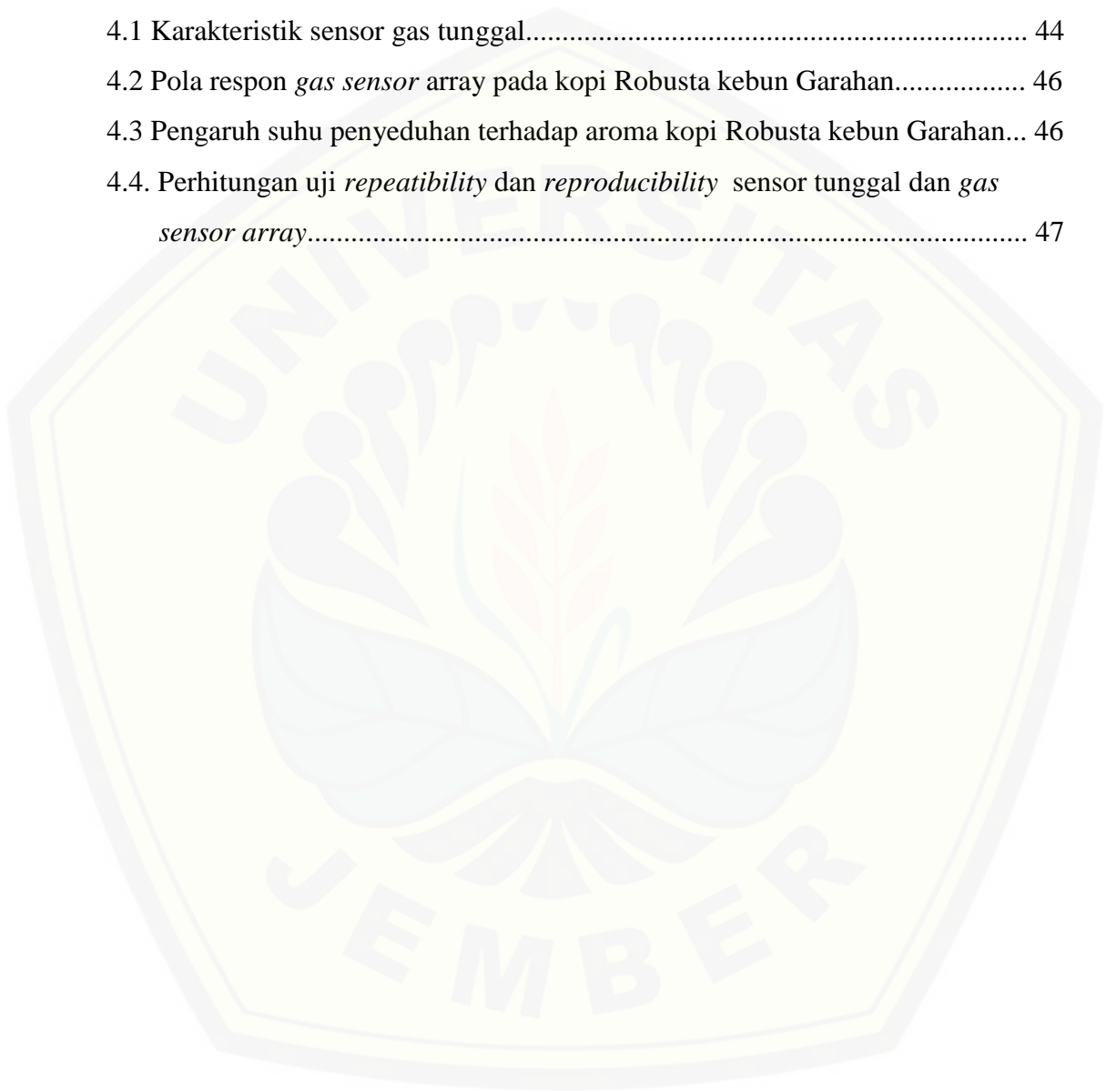
	Halaman
2.1 Kandungan senyawa aroma pada biji kopi.....	6
2.2 Komposisi biji kopi Arabika sebelum dan sesudah disangrai.....	8
2.3 Kandungan kimia kopi Robusta.....	9
4.1 Nilai RSD uji sensor tunggal.....	33
4.2 Hasil uji <i>repeatability</i> .....	34
4.3 Hasil uji <i>reproducibility</i> pada suhu 95 °C.....	34
4.4 Hasil uji ANOVA <i>two way</i> .....	36

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 <i>Flavor wheel</i> .....	7
2.2 Susunan dasar sensor gas.....	10
2.3 Model penghalang antar butir.....	12
2.4 Konfigurasi sensor gas MQ-7. ....	13
2.5 Konfigurasi sensor gas MQ-6.....	14
2.6 Konfigurasi sensor gas MQ-2.....	14
2.7. Gas sensor <i>chamber</i> .....	16
2.8 Prinsip PCA.....	20
2.9 Kurva ideal dan sensitifitas error.....	21
3.1 Desain <i>electronic nose</i> .....	24
3.2 Desain akrilik (sensor chamber) .....	25
3.3 Diagram alir identifikasi aroma kopi Robusta kebun garahan.....	26
4.1 Rangkaian alat.....	29
4.2. Respon dari sensor tunggal.....	30
4.3 Pola respon sensor <i>array</i> dan sensor tunggal pada pengukuran kopi Robusta kebun Garahan.....	31
4.4 Pola respon sensor <i>array</i> pada minggu ketiga.....	32
4.5 Pola respon sensor <i>array</i> .....	34
4.6 Nilai rata-rata RSD masing-masing Sensor Gas.....	37
4.5 Pola respon sensor <i>array</i> setiap pengulangan.....	35
4.6 Uji PCA pada pola respon sensor <i>array</i> dengan variasi suhu.....	36

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
4.1 Karakteristik sensor gas tunggal.....	44
4.2 Pola respon <i>gas sensor array</i> pada kopi Robusta kebun Garahan.....	46
4.3 Pengaruh suhu penyeduhan terhadap aroma kopi Robusta kebun Garahan...	46
4.4. Perhitungan uji <i>repeatability</i> dan <i>reproducibility</i> sensor tunggal dan <i>gas sensor array</i> .....	47



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kopi (*Coffea sp.*) merupakan salah satu komoditas unggulan daerah Jember. Menurut data dari Badan Pusat Statistika (BPS) pada tahun 2016, Jember menghasilkan komoditas kopi sebanyak 18230 ton. Kopi yang dibudidayakan di daerah Jember mayoritas merupakan kopi jenis Robusta dan Arabika. Kopi-kopi tersebut ditanam di berbagai kebun di Jember, seperti di Panti, Sidomulyo, Garahan dan Argopuro.

Komoditas kopi di berbagai kebun yang ada di Jember memiliki keistimewaan dan kualitas masing-masing karena dipengaruhi oleh keadaan lingkungan yang berbeda. Menurut Koebler (2013), suhu yang meningkat dan curah hujan dapat mempengaruhi pertumbuhan kopi. Pemberian pupuk dan penyiraman juga dapat mempengaruhi hasil kopi yang didapatkan. Tanaman kopi mengambil hara dan mineral dari dalam tanah untuk pertumbuhan vegetatifnya, oleh karena itu pemberian pupuk dan air dapat mempengaruhi kualitas kopi yang dihasilkan. Hal-hal tersebut akan menyebabkan kualitas kopi yang dihasilkan berbeda.

Kualitas kopi dapat diketahui dari rasa dan aroma yang dapat mempengaruhi persepsi panca indra manusia. Kualitas kopi tersebut juga dapat dipengaruhi oleh penyeduhan yang dilakukan. Air penyeduhan kopi yang sesuai adalah air dengan batas total kadar kesadahan 50 ppm – 175 ppm. Kadar kesadahan yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan ekstraksi kopi tidak maksimal (Wellinger dkk., 2015). Suhu penyeduhan juga mempengaruhi kualitas kopi yang dihasilkan. Hal tersebut dikarenakan suhu akan mengakibatkan adanya penguapan senyawa volatil pada kopi. Senyawa-senyawa volatil yang berpengaruh pada aroma kopi yaitu alkohol, keton dan aldehid. Senyawa yang tidak mudah menguap (nonvolatil) juga terkandung dalam kopi, misalnya protein, karbohidrat, lemak, kafein, dan polifenol yang juga mempengaruhi mutu kopi (Alexander dkk., 2017).

Kualitas aroma kopi biasanya dideteksi oleh penguji kopi, namun cara ini memiliki kelemahan pada standarisasi karena hasil yang diperoleh bersifat subjektif dan bergantung pada kemampuan penguji tersebut. Kualitas kopi juga dapat



dianalisis menggunakan *Gas Chromatography and Mass Spectroscopy* (GC-MS). Metode ini memiliki kekurangan yaitu memerlukan finansial yang tinggi (Alexander dkk., 2017). Salah satu cara deteksi aroma kopi yang murah dan mudah adalah dengan menggunakan *Electronic Nose*.

*Electronic Nose* merupakan instrumen yang dapat mendeteksi aroma. *Electronic Nose* memiliki prinsip kerja yang mirip dengan hidung manusia dimana terdapat berbagai reseptor bau. Sistem *Electronic Nose* dibuat dari susunan sensor gas yang nantinya akan memiliki kemampuan meniru kerja indera penciuman manusia (Raharjo, 2015). Sensor gas tersebut akan mendeteksi gas-gas yang spesifik. *Output* dari *Electronic Nose* berupa sinyal yang merupakan pola masing-masing aroma yang terdeteksi oleh sensor sehingga dapat digunakan untuk identifikasi, perbandingan dan kuantifikasi berdasarkan aroma. Pola yang didapatkan tersebut dapat dianalisis menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN).

Penelitian-penelitian internasional banyak yang mengembangkan *Electronic Nose*. *Electronic Nose* tersebut digunakan untuk analisis kualitas kopi espresso Italia (Falasconi, 2003), analisis kualitas pada kopi Colombia (Rodriguez dkk., 2010) dan untuk klasifikasi aroma kopi instan (Thepudom, 2003). *Electronic Nose* juga telah digunakan di Indonesia untuk identifikasi jenis teh (Putra dkk., 2016). *Electronic Nose* juga dikembangkan oleh Rabersyah dkk.(2016) untuk identifikasi jenis bubuk kopi Arabika dan Robusta di Indonesia.

Penelitian ini akan dikembangkan *gas sensor array* sebagai *Electronic Nose* yang dapat mendeteksi jenis-jenis gas (aroma) dalam kopi Robusta kebun Garahan yang berasal dari Jember. Desain *gas sensor array* yang digunakan menggunakan lima jenis sensor yang dapat mendeteksi gas-gas yang berbeda. Penelitian dilakukan variasi suhu penyeduhan kopi untuk mengetahui pengaruhnya pada karakteristik aroma kopi Robusta kebun Garahan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana karakteristik respon dari gas sensor tunggal yang akan digunakan untuk *gas sensor array*?
- b. Bagaimana pola respon dari instrumentasi *gas sensor array* untuk analisis aroma kopi Robusta kebun Garahan?
- c. Bagaimana pengaruh suhu penyeduhan kopi terhadap pola respon *gas sensor array* yang dihasilkan?
- d. Bagaimana kinerja sensor tunggal dan *gas sensor array* dalam karakterisasi aroma kopi Robusta kebun Garahan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Mengetahui karakteristik respon dari gas sensor tunggal yang akan digunakan untuk *gas sensor array*.
- b. Mengetahui pola respon dari instrumentasi *gas sensor array* untuk analisis aroma kopi Robusta kebun Garahan.
- c. Mengetahui pengaruh suhu penyeduhan penyeduhan kopi terhadap pola respon *gas sensor array* yang dihasilkan.
- d. Mengetahui kinerja sensor tunggal dan *gas sensor array* dalam karakterisasi aroma kopi Robusta kebun Garahan.

## 1.4 Batasan Masalah

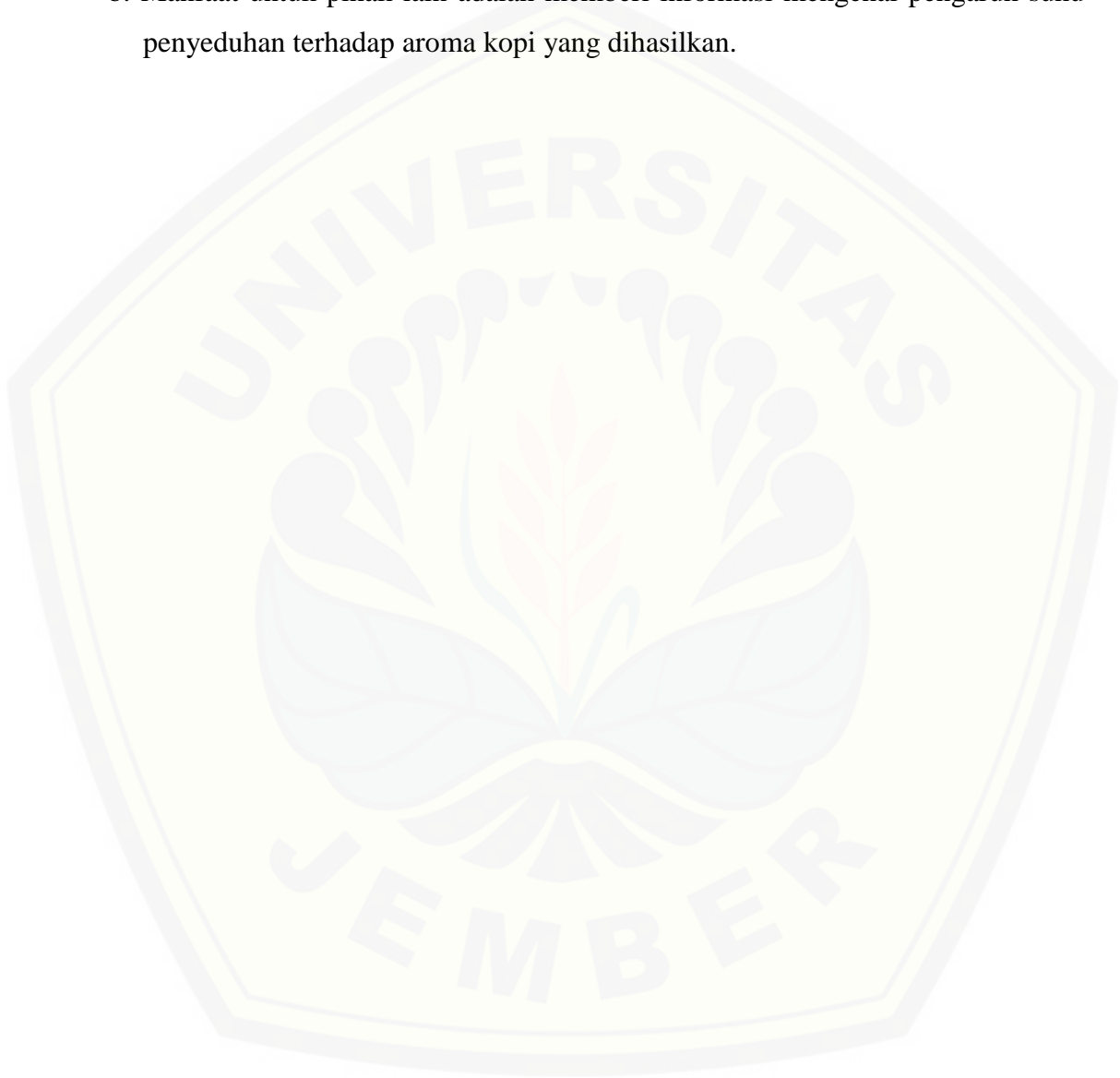
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Sampel biji kopi yang digunakan adalah biji kopi Robusta kebun Garahan yang diambil dari kebun kopi di Garahan.
- b. Desain sensor yang digunakan terdapat lima jenis sensor yang berbeda yaitu sensor MQ-2, sensor MQ-3, sensor MQ-6, sensor MQ-7, sensor MQ-135.
- c. Suhu *roasting* biji kopi yang digunakan adalah 150-210 °C.
- d. Tingkat kekasaran bubuk kopi yang digunakan adalah medium (< 45 mesh).

### 1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pemikiran dan pengetahuan bagi akademisi tentang *Electronic Nose* untuk identifikasi aroma kopi.
- b. Manfaat untuk pihak lain adalah memberi informasi mengenai pengaruh suhu penyeduhan terhadap aroma kopi yang dihasilkan.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kopi

#### 2.1.1 Definisi Kopi

Kopi yang memiliki nama latin *Coffea sp.* adalah salah satu komoditas lokal di Indonesia. Indonesia menempati posisi keempat penghasil kopi terbesar di dunia. Kopi disebarakan pertama kali di Indonesia khususnya pulau Jawa pada tahun 1700-an. Biji kopi dapat menjadi minuman yang digemari oleh masyarakat karena memiliki aroma khas. Konsumsi kopi telah menjadi hobi bahkan kebiasaan yang mendunia terutama di Negara yang menghasilkan kopi (Drajat, 2004). *International Coffee Organization* (ICO) mengatakan konsumsi kopi global dalam periode 2005-2015 meningkat 35,5%. Survei LPM UJ pada tahun 1989 juga menunjukkan bahwa konsumsi kopi dalam negeri mencapai 500 gram/kapita/tahun dan saat ini diperkirakan konsumsi kopi di Indonesia telah mencapai 800 gram/kapita/tahun dan bagi masyarakat di Jawa timur sekitar 15 ribu ton per tahun.

Kopi juga memiliki berbagai manfaat karena kandungan zat yang terdapat di dalamnya. Salah satunya kopi mengandung antioksidan yang dapat mencegah kerusakan sel-sel pada otak dan baik untuk kesehatan hati. Antioksidan pada kopi terdapat pada senyawa asam klorogenat yang merupakan golongan fenol (Gardjito dan Rahadian, 2011). Manfaat kopi lainnya juga didapatkan dari kafein yang dapat meningkatkan laju metabolisme dalam tubuh serta mengatasi rasa kantuk (Panggabean, 2012). Kopi memiliki komposisi kimia yang berbeda-beda bergantung pada proses yang diterapkan. Kopi mengandung glukosa, fruktosa, karbohidrat dan asam amino bebas (Selmar dkk., 2008). Kandungan senyawa aroma yang terdapat pada biji kopi secara umum disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan senyawa aroma pada biji kopi

Senyawa	Konsentrasi saat penyeduhan (mg kg <sup>-1</sup> )	Aroma
<i>4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone (furanol)</i>	7.2	Seperti karamel
<i>2,3-Butane-dione (diacetyl)</i>	3.1	Mentega
<i>2,3-Pentane-dione</i>	1.6	Mentega pedas, manis
<i>5 2-Methylbutanal</i>	0.9	
<i>2-Ethyl-4-hydroxy-5-methyl-3(2H)-furanone</i>	0.8	Seperti karamel tajam, buah
<i>Methylpropanal</i>	0.8	
<i>3-Methylbutanal</i>	0.6	menyengat, manis
<i>Vanillin</i>	0.2	Manis (vanilla)
<i>2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine</i>	0.017	Panggang
<i>2,3-Diethyl-5-methylpyrazine</i>	0.0036	Panggang
<i>2-Ethenyl-3-ethyl-5-methylpyrazine</i>	0.002	Panggang
<i>3-Isobutyl-2-methoxypyrazine</i>	0.0015	Panggang
<i>2-Ethenyl-3,5-dimethylpyrazine</i>	0.001	Panggang
<i>2-Furfurylthiol</i>	0.017	Panggang
<i>Methional</i>	0.010	Seperti kentang, manis
<i>3-Mercapto-3-methyl-butyl formate</i>	0.0057	panggang
<i>2-Methyl-3-furan-thiol</i>	0.0011	<i>Meaty</i>
<i>3-Methyl-2-buten-1-thiol</i>	0.0006	seperti amina
<i>4-Vinylguaiacol</i>	0.74	Pedas, mirip cengkeh
<i>Guaiacol</i>	0.12	Fenolik, pedas
<i>4-Ethylguaiacol</i>	0.05	Pedas, mirip cengkeh
<i>Acetaldehyde</i>	4.7	Buah, anggur
<i>b-Damascenone</i>	0.0016	Buah, seperti madu
<i>3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2-furanone (Sotolone)</i>	0.08	Pedas
<i>4-Ethyl-3-hydroxy-5-methyl-2(5H)-furanone</i>	0.132	Pedas

(Sumber : Janzen, 2013).





di Indonesia adalah kopi Robusta. Persentase produksi kopi Robusta mencapai 87,1% dari total produksi kopi.

#### a. Kopi Arabika

Kopi Arabika dapat tumbuh dengan subur pada daerah yang mempunyai iklim kering dengan ketinggian 1350-1850 m di atas permukaan laut. Namun, kopi Arabika di Indonesia dapat tumbuh pada ketinggian 1000-1750 m di atas permukaan laut. Kopi Arabika tumbuh baik pada suhu 15,56-21,11 °C. Kopi Arabika akan tumbuh tidak sehat apabila suhu melebihi 23,89 °C. Kopi Arabika membutuhkan curah hujan sebanyak 1250-3000 mm/tahun dengan 1-5 bulan kering (Putra, 2015).

Tanaman kopi Arabika memiliki akar tunggang yang lurus ke bawah, bunga kopi kecil, batang pokok yang beruas dan daun yang berbentuk bulat telur. Biji kopi Arabika memiliki bentuk agak memanjang, lebih bercahaya, ujung biji mengkilap dan celah tengah di bagian datarnya berlekuk. Buah kopi mentah awalnya berwarna hijau muda dan ketika berbuah akan menjadi berwarna hijau tua lalu kuning. Buah kopi yang matang akan berwarna merah atau merah tua. Tingkat aroma dan rasa kopi Arabika kuat. Buah kopi Arabika berukuran 12-18 mm dan terdiri dari beberapa lapisan yaitu endokarp (kulit tanduk), mesokarp (daging buah), dan eksokarp (kulit buah) (Putra, 2015). Tabel 2.2 menunjukkan komposisi biji kopi Robusta sebelum dan sesudah disangrai.

Tabel 2.2 Komposisi biji kopi Arabika sebelum dan sesudah disangrai

<b>Komponen</b>	<b>Arabika Green</b>	<b>Arabika Roasted</b>
Mineral	3,0-4,2	3,5-4,5
Kafein	0,9-1,2	1,0
Triogenelline	1,0-1,2	0,5-1,0
Lemak	12,0-18,0	14,5-20,0
Asam alifatis	1,5-2,0	1,0-1,5
Asam amino	2,0	0
<i>Humic acid</i>	16,0-17,0	16,0-17,0
<i>Chologenic acid</i>	5,5-8,0	1,2-2,3

(Sumber : Clarke dan Macrae, 1987).

#### b. Kopi Liberika

Kopi liberika berasal dari daerah Liberia. Kopi liberika memiliki syarat tumbuh yang mudah karena adaptif dan tumbuh di dataran rendah. Kopi liberika memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada lahan gambut yang biasanya belum dimanfaatkan. Kopi liberika memiliki daging buah yang tebal, pupus daun berwarna hijau atau hijau sedikit kecoklatan. Bentuk biji kopi liberika membulat oval dengan panjang 0,83-1,10 cm dan lebar 0,61 cm. Ukuran buah kopi liberika biasanya tidak merata dan bercampur dalam satu dompol. Kopi liberika jarang dibudidayakan karena dianggap memiliki mutu yang lebih rendah dibandingkan dengan kopi Robusta dan kopi liberika (Sianipar, 2017).

#### c. Kopi Robusta

Kopi Robusta adalah kopi yang berasal dari daerah Kongo. Morfologi dari kopi Robusta adalah tajuk yang lebar, ukuran daun besar, bentuk pangkal tumpul. Daun kopi Robusta tumbuh berhadapan dengan batang dan cabangnya (Najiyatih dan Danarti, 2012). Biji kopi Robusta memiliki bentuk agak bulat, lengkungan bijinya tebal, dan garis tengah yang hampir rata dari atas ke hampir rata. Kopi Robusta memiliki rasa yang lebih seperti coklat dengan bau khas dan manis. Kopi Robusta memiliki tekstur yang lebih kasar daripada kopi Arabika.

#### 2.1.3 Kopi Robusta

Kopi Robusta adalah jenis kopi terakhir yang dikembangkan oleh pemerintahan Belanda di Indonesia. Kopi Robusta tumbuh baik pada suhu sekitar 20-24 °C dengan ketinggian 600-700 m di atas permukaan laut (Indrawanto dkk., 2010). Produksi kopi Robusta rata-rata 9-13 ku/ha/th dimana jumlah ini lebih banyak dibandingkan dengan kopi Arabika dan liberika (Najiyatih dan Danarti, 2012). Komponen kimia dari biji kopi Robusta ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Kandungan kimia kopi Robusta

No	Zat	Kadar (%)	
		Biji Kopi	Bubuk Kopi
1.	Mineral	4,0-4,5	4,6-5,0
2.	Kafein	1,6-2,4	-2,0
3.	Trigonelline	0,6-0,75	0,3-0,6
4.	Lipid	9,0-13,0	6,0-11,0
5.	Asam Klorogenat	7,0-10,0	3,9-4,6
6.	Asam Alifatik	1,5-2,0	1,0-1,5
7.	Oligosakarida	5,0-7,0	0-3,5
8.	Polisakarida	37,0-47,0	-
9.	Asam Amino	2,0	0
10.	Protein	11,0-13,0	13,0-15,0
11.	Asam Humin	-	16,0-17,0

(Sumber : Panggabean, 2012).

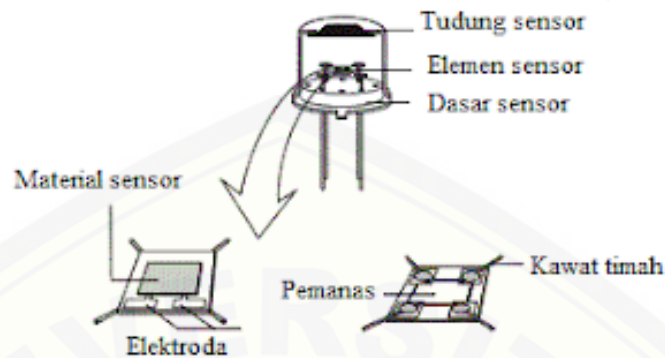
Kopi Robusta juga banyak dibudidayakan oleh masyarakat Jember ditanam pada daerah yang kebun yang berbeda. Kabupaten Jember memiliki luas wilayah perkebunan kopi yang luas yaitu sebesar 16.882 ha dan tersebar di 27 dari 31 kecamatan di Jember (Prayuginingsih dkk., 2012). Komoditas kopi setiap daerah kebun memiliki kualitas dan cita rasa yang tidak sama. Salah satu jenis kopi Robusta Jember adalah kopi Robusta kebun Garahan. Wilayah budidaya kopi Robusta kebun Garahan berada pada Jember bagian Timur di desa kebun Garahan kecamatan Silo tepatnya di lereng gunung Gunitir.

## 2.2 Sensor Gas

### 2.2.1 Definisi Sensor Gas

Sensor kimia merupakan sensor yang dapat mendeteksi jumlah zat kimia dengan cara menangkap besaran kimia dan mengubahnya ke besaran listrik. Sensor dapat merasakan maupun menangkap adanya perubahan energi luar yang masuk ke bagian *input*, sehingga perubahan energi yang ditangkap diubah menjadi energi listrik. Sensor gas termasuk dalam sensor kimia. Sensor gas akan menghasilkan sinyal listrik yang sebanding dengan konsentrasi gas. Konsep yang digunakan sensor gas adalah perubahan sifat elektronik dari suatu bahan apabila berinteraksi dengan gas tertentu (Nor dkk., 2014). Sensor gas memiliki bagian-bagian yaitu

elemen dasar sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Bagian-bagian sensor gas ditunjukkan pada Gambar 2.2 (Oktorizal, 2010).



Gambar 2.2 Susunan dasar sensor gas (Sumber : Oktorizal, 2010).

Elemen sensor biasanya terbuat dari bahan-bahan logam oksida seperti timah oksida ( $\text{SnO}_2$ ), wolfram oksida ( $\text{WO}_3$ ) dan sebagainya. Elemen dasar merupakan bahan sensor dan bahan pemanas untuk memanaskan elemen. Sensor metal oksida merupakan sensor gas yang memiliki sensitifitas yang cukup baik pada beberapa jenis gas sekaligus dan harganya sangat terjangkau.

Sensor gas mulai dikembangkan sejak tahun 1980-an oleh para peneliti. Pengembangan sensor meliputi antisipasi terhadap keracunan gas yang dapat mengganggu kesehatan maupun ledakan. Sensor gas telah digunakan oleh Putra dkk. (2016) untuk mengidentifikasi aroma teh. Hasil yang didapatkan sensor gas yang digunakan yaitu TGS 2602, TGS 2620, dan TGS 822 dapat digunakan untuk mendeteksi adanya gas amonia, alkohol, karbon monoksida dan hidrogen sulfida pada teh. Rabersyah (2016) juga telah melakukan identifikasi jenis bubuk kopi menggunakan sensor gas. Jenis kopi yang dideteksi adalah jenis kopi Arabika dan Robusta.

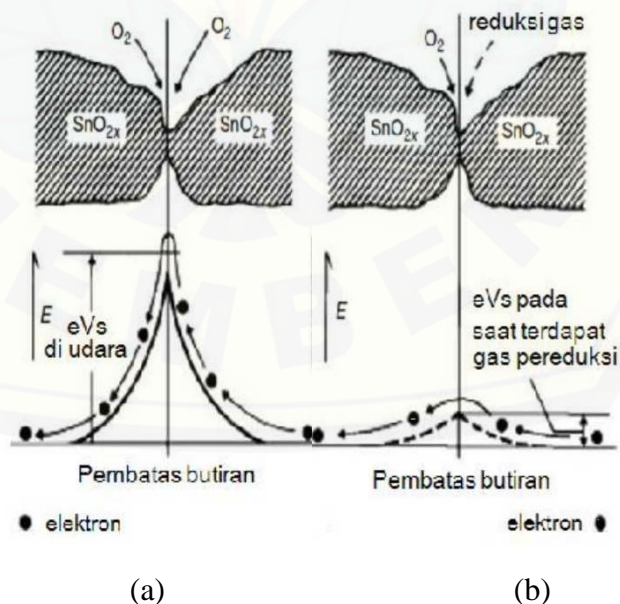
### 2.2.2 Prinsip Kerja Sensor Gas

Konduktivitas dari logam oksida dipengaruhi oleh adanya molekul oksigen. Sensor kristal oksida logam apabila dipanaskan pada suhu yang tinggi akan menyebabkan oksigen yang bermuatan negatif akan diserap pada permukaan



kristal. Elektron pada permukaan kristal didonorkan ke oksigen sehingga menghasilkan lapisan ruang dengan muatan positif. Lapisan ruang akan membentuk potensial pada permukaan kristal. Potensial permukaan akan menghambat aliran elektron. Arus listrik dari elektron akan mengalir melalui bagian-bagian penghubung (batas butir) kristal-kristal mikro oksida logam. Oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial pada batas butir dan akan menghambat muatan bebas bergerak sehingga terdapat tahanan listrik (Oktorizal, 2010).

Permukaan logam oksida yang terkemisorpsi oleh oksigen menyebabkan terjadinya transfer elektron dari *band* konduksi yang mengubah molekul oksigen menjadi  $O^{2-}$  (323 K),  $O_2^-$  (373 K), dan  $O^{3-}$  (723 K). Peristiwa yang terjadi menyebabkan adanya perbedaan potensial antara permukaan sehingga logam oksida menjadi dangat resistif. Keberadaan gas-gas pengoksidasi akan menyebabkan naiknya perbedaan potensial antar permukaan dan menurunkan konduktivitas permukaan logam oksida. Reaksi antara gas target, gas oksigen dan logam oksida berlangsung pada suhu yang tinggi bergantung jenis gasnya (Asrorudin, 2009).



(a) Keadaan tanpa gas; (b) Keadaan dalam lingkungan gas

Gambar 2.3 Model penghalang antar butir (Sumber: Oktorizal, 2010 )

Gambar 2.3 menunjukkan model penghalang antar butir pada sensor gas dalam keadaan tanpa adanya gas dan adanya gas reduksi. Keadaan adanya gas pereduksi yang terdapat dalam lingkungan dapat mengakibatkan kerapatan oksigen yang teradsorpsi pada permukaan sensor berkurang. Ketinggian penghalang pada batas antar butir akan berkurang yang menyebabkan tahanan sensor butir dalam lingkungan gas juga berkurang (Oktorizal, 2010).

### 2.2.3 Jenis-Jenis Sensor Gas

Sensor gas dapat mendeteksi berbagai jenis gas dan lebih sensitif terhadap gas tertentu. Sensor gas memiliki berbagai jenis sensor, yaitu :

#### a. Sensor MQ-3

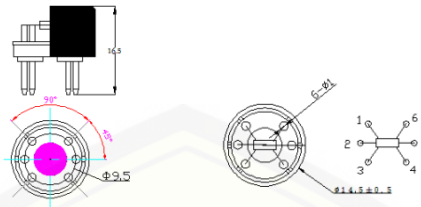
Sensor gas MQ-3 merupakan sensor yang dapat mendeteksi kadar alkohol pada *sample*. Sensor gas MQ-3 memiliki kepekaan yang tinggi terhadap alkohol, stabil dan tahan lama, dan waktu respon yang cepat. Sensor MQ-3 akan menghasilkan *output* dalam bentuk tegangan analog yang sama dengan dengan kadar alkohol *sample* yang diukur. Sensor MQ-3 memiliki elemen yang terdiri dari lapisan kristal logam oksida dengan konduktivitas kecil pada udara bersih (Winsen, 2014). Konduktivitas adalah kemampuan material untuk menghantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas material bergantung pada sifat material tersebut.

#### b. Sensor gas MQ-7

Sensor gas MQ-7 dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas karbon monoksida (CO). Sensor gas MQ-7 memiliki sensitifitas tinggi terhadap CO, tahan lama dan stabil. Sensor MQ-7 terdiri dari lapisan tipis SnO<sub>2</sub>, keramik Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan *heater* yang digabungkan pada lapisan kerak dari plastik dan *stainless* dengan konfigurasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. *Output* yang dikeluarkan oleh sensor gas MQ-7 berupa analog sehingga diperlukan pemrosesan ADC yang telah diprogram pada mikrokontroler (Ya'kut dkk., 2010). Rumus hubungan hambatan dengan tegangan menurut *datasheet* Hanwei sebagai berikut :

$$\frac{R_s}{R_L} = \frac{V_c - V_{RL}}{V_{RL}} \quad (2.1)$$

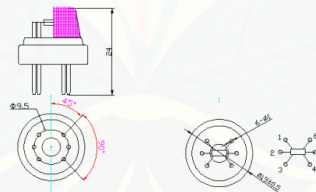
dimana  $R_s$  merupakan hambatan sensor,  $V_c$  adalah tegangan catu,  $V_{RL}$  adalah tegangan *output*.



Gambar 2.4 Konfigurasi sensor gas MQ-7 (Sumber : Winsen, 2015)

#### c. Sensor gas MQ-6

Sensor gas MQ-6 mempunyai sensitifitas yang rendah terhadap alkohol dan asap rokok tetapi memiliki respon cepat terhadap *liquid petroleum gas*. Sensor gas MQ-6 juga mempunyai sensitifitas yang tinggi pada metana, isobutana dan propana. Rangkaian yang digunakan sensor gas MQ-6 sederhana dan berumur panjang dengan konfigurasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.5. Konsumsi daya dari sensor gas MQ-6 juga rendah yaitu kurang dari 900 mWatt (Priyangga dkk., 2012).

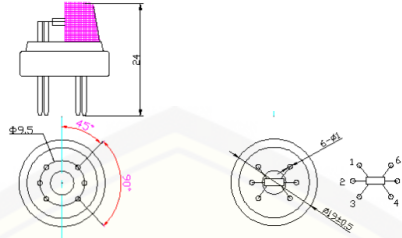


Gambar 2.5 Konfigurasi sensor gas MQ-6 (Sumber : Winsen, 2015)

#### d. Sensor gas MQ-2

Sensor gas MQ-2 memiliki sensitifitas terhadap gas LPG, hidrogen, karbon monoksida, propana, alkohol dan metana. Konfigurasi sensor gas MQ-2 ditunjukkan Gambar 2.6. Sensor gas MQ-2 dapat diatur sensitifitasnya dengan memutar trimpotnya. *Output* yang dihasilkan sensor gas MQ-2 berupa analog. Sensor gas MQ-2 memiliki materi sensitif yaitu  $\text{SnO}_2$ . Sensor gas MQ-2 dapat

digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas dari 100 sampai 10.000 sensor ppm (Sari, 2015).



Gambar 2.6 Konfigurasi sensor gas MQ-2 (Sumber : Winsen, 2015)

#### e. Sensor gas MQ-135

Sensor gas MQ-135 memiliki kepekaan yang tinggi pada gas amonia, sulfida dan benzena. Bahan sensitif dari sensor gas MQ-135 adalah SnO<sub>2</sub> dengan konduktivitas rendah dalam keadaan udara bersih. Sensor gas MQ-5 memiliki waktu aktif yang lama dan harga yang terjangkau. Karakteristik dari jenis sensor MQ-135 adalah apabila dalam posisi bekerja mendeteksi gas, tegangan sensor akan turun (Indahwati dan Nurhayati, 2012).

### 2.3 Gas sensor array untuk mendeteksi Aroma Kopi

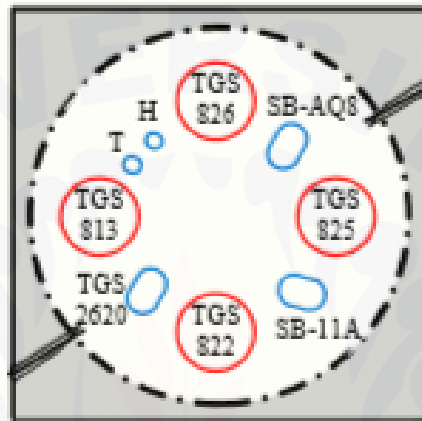
#### 2.3.1 Sensor tunggal dan Sensor array

Sensor gas tunggal pernah digunakan oleh Indahwati dan Nurhayati (2012) untuk mendeteksi gas karbonmonoksida (CO). Sensor yang digunakan adalah sensor gas MQ-135. Sensor gas tunggal tidak perlu dilakukan *array* karena sensor yang digunakan hanya satu. Sensor gas dihubungkan dengan mikrokontroler lalu disambungkan ke PC untuk dideteksi hasil yang didapatkan. Christian dan Nurul (2013) juga pernah memanfaatkan sensor tunggal untuk mendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor gas MQ-2.

*Gas sensor array* merupakan susunan sensor yang digunakan untuk mengumpulkan informasi mengenai bahan yang sedang diuji. Sensor-sensor yang digunakan biasanya berbeda dan memiliki sensitifitas yang berbeda-beda. Sensor

*array* akan mengubah informasi kimia dari sampel (gas) menjadi sinyal-sinyal yang dapat terukur (Jati dan Danang, 2014).

*Gas sensor array* sudah pernah diteliti oleh Konduru dkk. (2015) untuk mendeteksi pola dari senyawa volatil yang dikeluarkan oleh bawang. Komponen elektronik termasuk papan sirkuit dengan mikrokontroler (MCU), chip memori, chip penyimpanan waktu, dan perangkat perifer lainnya. *Array sensor* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Gas sensor *chamber* (Sumber: Konduru dkk., 2015)

Sensor gas yang digunakan sensitif terhadap etanol, aseton, asetonitril dan etil asetat dan mampu membedakan perbedaan konsentrasi gas tersebut. *Array sensor* gas yang digunakan mampu mencapai akurasi sebesar 89% (Konduru dkk., 2015).

### 2.3.2 Desain *Sensor Array*

Desain *sensor array* telah banyak diteliti oleh peneliti luar negeri. Salah satu peneliti adalah Rodriguez dkk. (2010) yang menggunakan desain *sensor array* untuk mengidentifikasi kopi Columbia. Sensor yang digunakan adalah SP-12A, SP-31, TGS-813, TGS-842, SP-AQ3, TGS-823, ST-31, dan TGS-800. Hasil yang diperoleh menunjukkan sensor gas yang digunakan memiliki selektivitas dan sensitifitas yang baik dan berhasil digunakan untuk mengklasifikasikan kopi excelso.



Desain sensor *array* untuk deteksi aroma kopi telah dikembangkan di Indonesia, yaitu oleh Rabersyah dkk. (2016). Sensor gas yang digunakan adalah TGS 2602, TGS 2620, TGS 2610, TGS 2611 dan TGS 822. Hasil yang didapatkan mendeteksi adanya kandungan gas alkohol, karbon monoksida, amonia dan hidrogen sulfida pada bubuk kopi. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa sensor gas dapat membedakan jenis bubuk kopi dengan perbedaan hasil gas yang dideteksi. Kandungan gas karbon monoksida, hidrogen sulfida dan amonia pada kopi Arabika lebih tinggi daripada kopi Robusta. Kandungan alkohol kopi Robusta lebih tinggi daripada kopi Arabika.

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

*Electronic nose (E-nose)* merupakan rangkaian dari sensor gas yang dapat meniru cara kerja hidung manusia. *Electronic nose* dapat digunakan untuk pendeteksian, identifikasi atau kuantisasi senyawa volatil (Gutierrez, 2002). Aroma dari *sample* akan ditangkap oleh sistem *electronic nose* yang diproses sehingga membentuk pola dari masing-masing sensor yang digunakan (Lelono dan Muhammad, 2013). *Electronic nose* memiliki tiga komponen fungsional utama yang beroperasi yaitu tempat sampel, susunan sensor (*sensor array*) dan sistem akuisisi data. Aroma *sample* dialirkan ke ruang susunan sensor yang terdapat pada ruang sensor menggunakan sistem aliran udara. Sensor gas disusun menjadi susunan sensor untuk merespon aroma (senyawa kimia) pada sampel yang akan menghasilkan sinyal analog kemudian ditangkap oleh ADC (*Analog to Digital Converter*) sehingga dapat ditampilkan oleh komputer (Lintang dkk., 2016).

*Electronic nose* memiliki dua jenis model yaitu yaitu *direct* (langsung) dan *indirect* (tidak langsung). *E-nose* model *direct* (langsung) merupakan model pengambilan aroma langsung terhadap sampel. Sensor pada *E-nose* model *direct* dihadapkan langsung pada *sample* untuk pengambilan aroma. Model *direct* memiliki keuntungan yaitu pengambilan sampel sangat mudah dan jarak antara sensor dan aroma dekat tetapi memiliki kelemahan yaitu adanya gangguan dari aroma udara sekitar sehingga pendeteksian gas oleh sensor dapat terganggu. Model *indirect* dilakukan dengan cara mengalirkan aroma *sample* melalui aliran udara



yang dibawa dari ruang sampel dan kran (*valve*) sehingga dapat diatur penggunaannya. *E-nose* model *indirect* memiliki keuntungan yaitu pengaruh aroma lain yang berasal dari luar dapat diminimalisir tetapi kelemahannya yaitu tahap preparasi sampel lebih rumit (Pearce dkk., 2003).

*Electronic nose* telah banyak digunakan oleh peneliti. *Electronic nose* dalam penelitian internasional pernah digunakan untuk analisis kualitas kopi espresso Italia (Falasconi, 2003). *Electronic Nose* juga pernah digunakan oleh Rodriguez dkk. (2010) untuk analisis kualitas pada kopi Colombia. Selain untuk analisis, *electronic nose* juga dapat digunakan untuk klasifikasi aroma kopi instan (Thepudom, 2003). *Electronic nose* di Indonesia juga telah digunakan untuk identifikasi jenis teh. Hasil yang didapatkan untuk identifikasi teh melati 90%, teh hijau 100%, teh hitam 80% dan teh oolong 80%. (Putra dkk., 2016). *Electronic nose* telah dikembangkan oleh Rabersyah dkk. (2016) untuk identifikasi jenis bubuk kopi Arabika dan Robusta di Indonesia dengan menggunakan metode JST *backpropagation*.

## 2.5 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroler yang berdasarkan pada datasheet ATmega328P. Arduino Uno memiliki 12 buah pin digital input/output. Pin digital tersebut memiliki fungsi masing-masing yaitu 6 buah pin dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 buah pin input analog yaitu pin A0-A5. Arduino uno memiliki sebuah kristal kuarsa dengan frekuensi 16 MHz, port USB, sebuah power jack dan header ICSP. Tombol reset juga tersedia pada arduino uno (Simamora, 2017).

Arduino uno dilengkapi dengan *polyfuse*. *Polyfuse* dapat direset untuk melindungi port USB komputer pengguna dari arus berlebih atau hubungan singkat arus. *Fuse* pada arduino menambahkan lapisan perlindungan ekstra terhadap komputer. Cara kerja *fuse* ini adalah apabila arduino menarik arus lebih besar dari 500 mA dari port USB, fuse akan putus secara otomatis sampai hubungan singkat atau kelebihan beban tersebut berhenti (Simamora, 2017).

## 2.6 LabView 2018

Labview 2018 merupakan salah satu *software* yang dibuat oleh *National Instrument* yang dirancang khusus untuk kebutuhan ilmuwan dan insinyur. LabView memiliki beberapa fitur yang dapat dihubungkan dengan perangkat keras maupun *software* lainnya. Salah satu fitur yang sering digunakan adalah pemrograman grafis. Pengguna LabView dapat mengoperasikan program instrumentasi rancangan sendiri, mengendalikan *hardware* dan menganalisis data. *Output* juga dapat langsung ditampilkan pada aplikasi *LabView* (Hidayat, 2015).

*LabView* agar dapat dihubungkan dengan arduino harus dilakukan pemasangan Ni-Visa, VI Pack Manager, dan LINX. Ni-Visa berfungsi untuk mengaktifkan komunikasi serial pada aplikasi LabView. VI Pack Manager diperlukan untuk membantu proses pemasangan Arduino toolkit pada LabView. LINK berujuan untuk melakukan abstraksi *software* terhadap arduino.

## 2.7 Perlakuan *Sample* Kopi Robusta

### 2.7.1 Teknik Preparasi Sampel Kopi

Penyeduhan kopi dilakukan dengan cara menuangkan air ke bubuk kopi. Air yang digunakan harus bersih dan tidak berbau. Alat pemanas air kemudian disiapkan dan dipanaskan *sample* dari suhu 92 °C. Air panas diseduh langsung pada bubuk kopi untuk mengekstrak kandungan bubuk kopi (Samsura, 2014).. Menurut *Specialty Coffee Association of America* (2015) menyatakan untuk penyeduhan kopi yang baik dibutuhkan 55 gram kopi untuk 1 liter air dengan kata lain perbandingan kopi:air yang digunakan adalah 1:18. Kopi ditunggu sampai kurang lebih 4 menit sampai ampas kopi mengendap seluruhnya.

### 2.7.2 Suhu Penyeduhan Kopi Robusta

Kualitas aroma kopi dipengaruhi oleh suhu penyeduhan yang diberikan. Proses penyeduhan minuman kopi yang baik biasanya pada suhu sekitar 90-100 °C dengan waktu sekitar 3 menit. Seduhan kopi dapat dibuat dengan cara lain yaitu dengan memanaskan air dan bubuk kopi hingga mendidih. Cara tersebut digunakan untuk menimbulkan warna serta rasa kopi panas yang sesuai selera konsumen

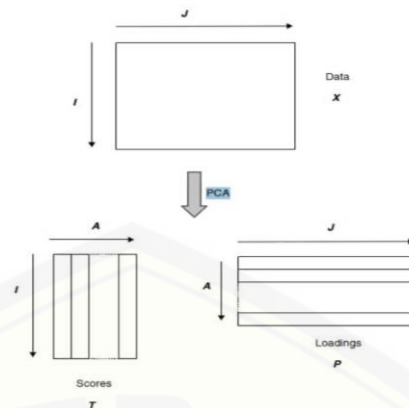
(Gardjito dan Rahadian, 2011). Samsura (2012) juga menyatakan suhu ideal untuk penyeduhan kopi Robusta atau Arabika adalah 90 °C. *National Coffee Association* menyatakan suhu air penyeduhan yang baik adalah 90 - 96 °C.

Suhu penyeduhan kopi merupakan hal yang harus diperhatikan karena mempengaruhi cita rasa dan aroma kopi. *Specialty Coffee Association of America* (SCAA) menyatakan suhu penyeduhan kopi yang paling baik adalah  $\pm 93$  °C. Asiah dkk. (2017) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu penyeduhan terhadap kopi Robusta. Hasil yang didapatkan suhu penyeduhan untuk kopi Robusta dengan cita rasa dan aroma yang paling baik adalah 92 °C. Suhu yang semakin tinggi akan mengakibatkan laju proses pelarutan komponen kimia pada kopi (asam klorogenik, kafein dan trigonelline) meningkat dan laju ekstraksi juga meningkat. Kopi yang diseduh dengan suhu terlalu tinggi akan menghasilkan kopi yang lebih pahit dan cenderung tidak disukai masyarakat. Proses pada penyeduhan dengan suhu lebih rendah, misalnya 85 °C menyebabkan proses pelarutan komponen asam dalam kopi kurang maksimal.

## 2.8 Metode Analisis

### 2.8.1 Metode *Principal Component Analysis* (PCA)

Metode *Principal Component Analysis* (PCA) merupakan salah satu teknik analisis yang digunakan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara mereduksi dimensinya. PCA adalah metode yang dapat mempermudah visualisasi pengelompokan data, evaluasi kesamaan antar kelompok serta menemukan faktor dibalik pola yang teramati. Variabel dapat disederhanakan dengan cara transformasi variabel bebas asal ke variabel baru yang tidak berkorelasi (Chew dkk., 2004). Prinsip PCA ditunjukkan pada Gambar 2.8 yang berdasarkan pada dekomposisi matriks data X menjadi matriks T dan P yang saling tegak lurus. Matriks T merupakan matriks yang menggambarkan variasi dalam objek, sedangkan matriks P merupakan pengaruh variabel terhadap komponen utama (Brereton, 2003).



Gambar 2.8 Prinsip PCA (Sumber : Brereton, 2003)

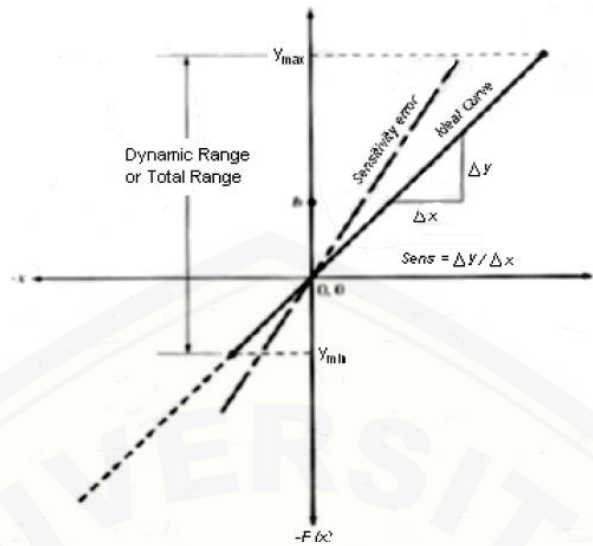
## 2.8.2 Akurasi, reproduisibilitas, sensitifitas

### a. Akurasi (*accuracy*)

Akurasi disebut juga dengan ketepatan merupakan perbedaan maksimum antara nilai standar (nilai aktual yang terukur oleh standar primer atau sekunder) dengan nilai hasil yang ditunjukkan pada *output* sensor. Akurasi mengukur ketepatan dengan nilai acuan yang sudah ada. Akurasi sensor dapat dikatakan baik sebagai persentasi dari skala penuh atau secara absolut (Oktorizal, 2010).

### b. Sensitifitas (*sensitivity*)

Sensitifitas menunjukkan kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitifitas sensor biasanya didefinisikan sebagai *slope* (kemiringan) kurva karakteristik *output*. Sensitifitas juga dapat disebut dengan perubahan paramet *input* yang diperlukan untuk menghasilkan suatu perubahan *ouput* yang terstandarisasi. Linearitas sensor dapat mempengaruhi sensitifitas sensor, semakin linier maka sensitifitas juga akan sama untuk jangkauan keseluruhan pengukuran. Sensitifitas *error* yang berupa garis-garis putus pada Gambar 2.9 merupakan sebuah garis yang menjauh dari garis kemiringan ideal pada grafik karakteristik (Oktorizal, 2010).



Gambar 2.9 Kurva ideal dan sensitifitas error (Sumber : Oktorizal, 2010)

#### c. Reprodusibilitas

Reprodusibilitas adalah kemampuan sensor menghasilkan keluaran (*output*) yang sama ketika diberikan *input* yang tetap tanpa memulai ulang sistem. Koefisien variasi ( $K_v$ ) menunjukkan tingkat kesalahan pengukuran pada pengulangan. Nilai  $K_v$  yang kurang dari 5% dapat menunjukkan bahwa reprodusibilitas sensor baik (Asnawati dkk., 2013).

#### d. Presisi (*precision*)

Presisi atau ketelitian merupakan pengukuran yang menghasilkan nilai yang sama dalam setiap pengulangan yang dilakukan. Presisi adalah sifat yang menunjukkan keterulangan nilai. Alat dikatakan memiliki presisi yang baik apabila hasil nilai yang didapatkan sama pada pengukuran beberapa kali di setiap waktu (Oktorizal, 2010).

#### e. Linearitas

Linearitas menyatakan sejauh mana penyimpangan kurva hasil pengukuran dari sensor dengan kurva ideal. Ketidaklinearan dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, suhu, kelembapan dan getaran (Oktorizal, 2010).



## BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian akan dilaksanakan di laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember dengan waktu pelaksanaan dilakukan mulai bulan Januari 2019 sampai Maret 2019.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *statif dan klem*, *magnetic stirrer*, kompor listrik, erlenmeyer, *beaker glass*, sensor *chamber*, pompa, gelas ukur, termometer, selang, *grinder*, *neraca* analitik, batang pengaduk, Module Arduino Uno, laptop dan *software LabView* 2018, sensor gas MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7 dan sensor MQ-135.

#### 3.2.2 Bahan

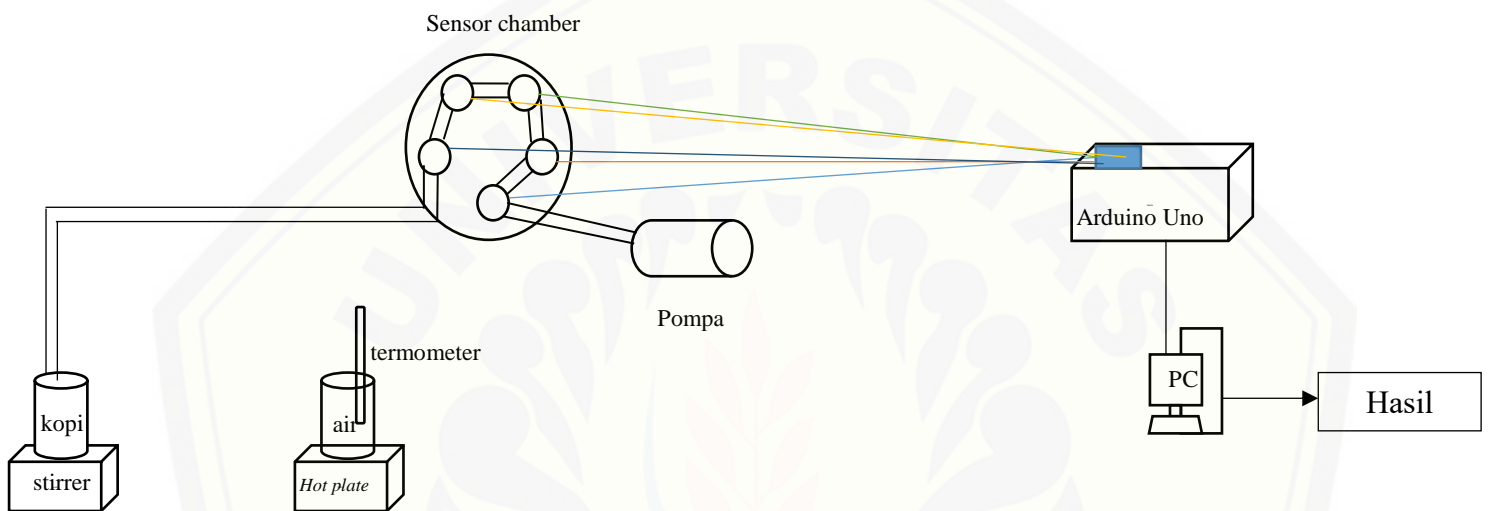
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi Robusta kebun Garahan (yang diperoleh dari Kebun Kopi Robusta Garahan) dan air merk 'Aqua'.

### 3.3 Desain Alat

Desain *Electronic Nose* ditunjukkan pada Gambar 3.1. Pada desain *Electronic Nose* tersebut terdapat beberapa komponen yaitu, erlenmeyer, *magnetic stirrer*, kompor listrik, gelas beaker, termometer, pompa, sensor *chamber*, arduino uno dan laptop. Erlenmeyer berfungsi untuk tempat sampel bubuk kopi Robusta yang diletakkan di atas *magnetic stirrer* yang berfungsi untuk mengaduk dan memanaskan sampel. Gelas beaker digunakan untuk wadah air yang diletakkan di atas kompor listrik untuk pemanasan. Suhu pemanasan air diamati menggunakan termometer. Suhu air panas yang sudah sesuai dengan variasi suhu yang diinginkan kemudian dituangkan ke erlenmeyer yang berisi bubuk kopi. Senyawa volatil (aroma) yang menguap dari kopi akan ditarik oleh pompa peristaltik menuju sensor *chamber* sehingga aroma kopi dapat dideteksi oleh sensor. Arduino uno berfungsi

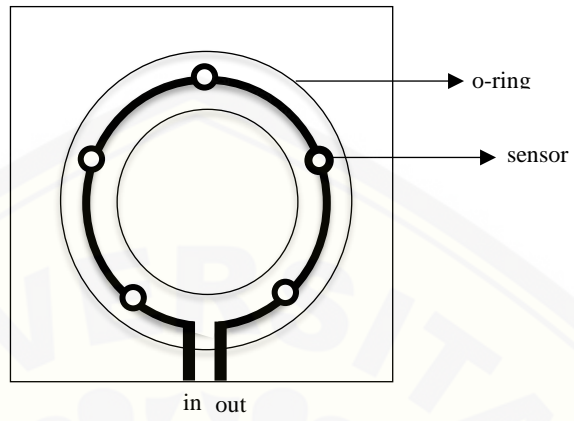


untuk menangkap sinyal yang direspon sensor dalam bentuk tegangan (V) bersesuaian dengan nilai konduktifitas sensor yang digunakan. Sinyal analog akan dikonversi menjadi sinyal digital oleh ADC pada arduino uno. Sinyal tersebut kemudian akan diolah data oleh *software LabView 2018* pada laptop. Laptop akan menampilkan *output* hasil pengukuran aroma kopi.



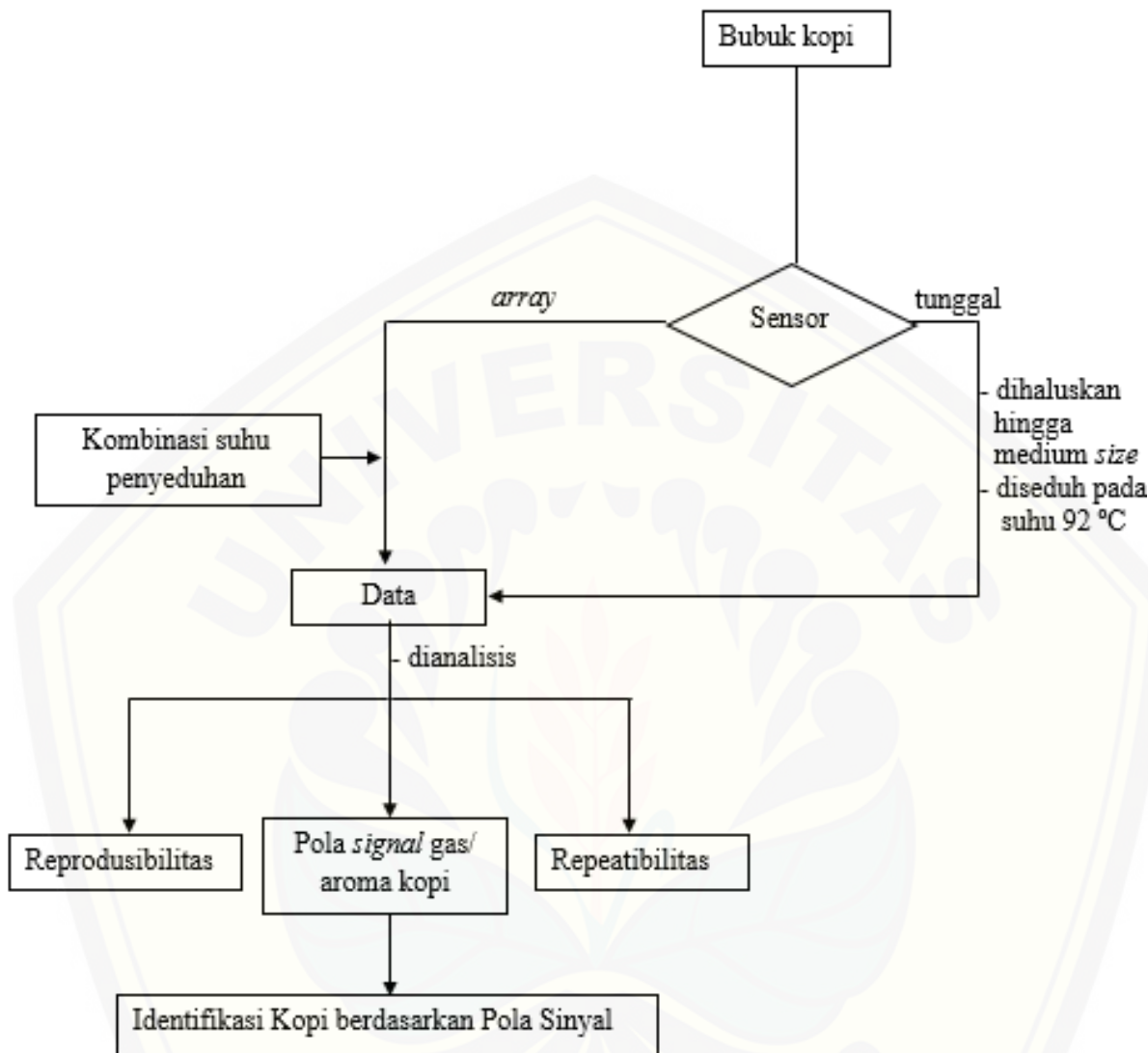
Gambar 3.1 Desain *Electronic Nose*

Desain sensor *chamber* tampak dari atas yang digunakan untuk *Electronic Nose* ditunjukkan pada Gambar 3.2. Pada desain tersebut terdapat lima sensor dengan diameter tertentu yang disusun melingkar. Sensor disusun dengan variasi kombinasi tertentu sehingga didapatkan susunan sensor yang menghasilkan pola sinyal yang paling baik. Diameter jalur antara sensor sebesar 2,2 mm. Jalur *in* merupakan jalur masuknya gas aroma kopi dan jalur *out* adalah jalur keluarnya aroma kopi. Pada bagian bawah terdapat o-ring yang bertujuan agar tidak terjadi kebocoran gas.



Gambar 3.2 Desain akrilik (sensor *chamber*)

### 3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.3 Diagram Alir Identifikasi Aroma Kopi Robusta Kebun Garahan

### 3.5 Prosedur Kerja

#### 3.5.1 Uji Sensor dan Perancangan *Electronic Nose*

Sensor gas yang digunakan untuk *electronic nose* dalam penelitian ini adalah sensor MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7 dan MQ-135. Sensor gas tersebut masing-masing diuji responnya terhadap kopi yang akan dideteksi. Uji tersebut dilakukan dengan cara sensor gas dihubungkan dengan arduino uno yang sudah tersambung dengan PC. Sensor diletakkan di atas sampel kopi. Sampel yang

digunakan adalah bubuk kopi yang dipanaskan dan bubuk kopi yang diseduh. Kekasaran sampel yang digunakan mengikuti acuan pada penelitian Asiah dkk. (2017) yaitu medium dan dengan suhu penyeduhan 92 °C. *Output* yang ditampilkan pada PC menunjukkan respon dari sensor gas tunggal yang diuji.

*Electronic nose* dirancang menggunakan lima sensor gas yang dipasang pada akrilik (sensor *chamber*). Sensor gas memiliki nilai resistensi berbeda-beda yang bergantung pada besarnya konsentrasi gas yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Sensor yang sudah disusun kemudian dihubungkan dengan arduino uno untuk mengambil informasi tegangan dari sensor. ADC pada Arduino digunakan sebanyak lima port, dikarenakan pada penelitian ini menggunakan lima buah sensor. ADC memerlukan tegangan. Arduino uno tersebut dihubungkan dengan PC yang sudah terinstall software *LabView* 2018.

### 3.5.2 Persiapan Sampel dan Penyeduhan

Sampel kopi yang digunakan dalam penelitian ini adalah kopi Robusta kebun Garahan yang diperoleh dari kebun kopi Robusta kebun Garahan Jember. Kopi yang didapatkan dari kebun kopi kebun Garahan disangrai (*roasting*) pada suhu 150-210 °C. Sampel kopi yang didapatkan dihaluskan menjadi bubuk kopi dengan kehalusan medium (< 45 mesh) menggunakan *grinder*.

### 3.5.3 Pengukuran Aroma Kopi

Sampel yang diukur aromanya berupa bubuk kopi yang diseduh dengan air panas. Bubuk kopi sebanyak 3 gram diseduh 45 mL air panas pada variasi suhu 75, 80, 85, 92 dan 95 °C. Sampel tersebut diaduk menggunakan *stirrer* dan senyawa volatil pada kopi akan menguap dan terdeteksi oleh sensor. Sinyal yang terdeteksi oleh sensor diolah ke rangkaian pengkondisi sinyal dan dilanjutkan ke rangkaian pengubah analog digital (ADC) pada arduino uno. Sinyal analog akan diubah menjadi sinyal digital. Sinyal digital yang telah dihasilkan akan diteruskan menuju PC kemudian diolah menjadi grafik. *Output* akan ditampilkan oleh *LabView* 2018 pada laptop. Data dari *LabView* 2018 diplotkan dalam *Microsoft Excel*.

Pengukuran kinerja sensor dilakukan dengan cara mengukur *reproducibility* dan *repeatability* alat. Uji *repeatability* aroma kopi dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 5 kali pada hari pertama. Uji *reproducibility* dilakukan pengulangan pengukuran 2 minggu sekali selama 2 bulan. Sensor dan *beaker glass* harus dinetralkan terlebih dahulu setiap pengulangan pengukuran maupun variasi suhu. Penetralkan dapat dilakukan dengan cara membuka tutup selang pada akrilik dan didiamkan sampai suhu ruang.

#### 3.5.4 Metode Analisis

Data-data aroma sampel kopi yang diperoleh dilakukan uji *repeatability* dan uji *reproducibility*. Cara uji *repeatability* dihitung nilai %RSD (% *Relative Standard Deviation*).

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.1)$$

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100 \% \quad (3.2)$$

SD = Standar Deviasi

RSD = *Relative Standard Deviation*

$\bar{x}$  = nilai rata-rata tegangan keseluruhan

$x_i$  = nilai tegangan ke-i

n = jumlah data

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

- a. Respon dari sensor gas tunggal yang digunakan untuk *gas sensor array* pada pengukuran aroma kopi Robusta kebun Garahan memiliki karakteristik berbeda dilihat dari nilai tegangan yang dihasilkan. Nilai tegangan yang dihasilkan sensor gas MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6 dan MQ-7 berturut-turut adalah 2,00 V; 1,33 V; 1,86 V; 2,61 V; 2,47 V.
- b. Pola respon dari instrumentasi *gas sensor array* untuk analisis aroma kopi Robusta kebun Garahan yang didapatkan adalah respon sensor paling tinggi sensor gas MQ-135, MQ-6, MQ-7, kemudian sensor gas MQ-3, dan yang paling rendah sensor gas MQ-2.
- c. Suhu penyeduhan kopi berpengaruh terhadap intensitas tegangan pola respon *gas sensor array* pada pengukuran aroma kopi Robusta kebun Garahan.
- d. Uji *reproducibility* sensor gas tunggal dikatakan baik dengan nilai RSD dibawah 5%. Kinerja *gas sensor array* dalam karakterisasi aroma kopi Robusta kebun Garahan ditentukan dengan *reproducibility* dan *repeatibility*. Hasil yang didapatkan *repeatibility* relatif baik dengan RSD dibawah 5%. *Reproducibility* yang dihasilkan baik dikarenakan nilai RSD yang didapatkan pada pengukuran selama dua bulan kurang dari 20%.

### 5.2 Saran

Penyimpanan sensor harus pada tempat yang kedap udara. Kelembaban udara merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan untuk penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, Y., Yakov Y., Xiaoyan X. Dan Boris N. 2017. Chromatographic Methods for Coffee Analysis. *Journal of Food Research*. 6 (4) : 60-74.
- Asiah, N., F. Septiyana, U. Saptono, L. Cempaka dan D. A. Sari. 2017. Identifikasi Cita Rasa Sajian Tubruk Kopi Robusta Cibulao pada Berbagai Suhu dan Tingkat Kehalusan Penyeduhan. *Barometer*. 2(2): 52-56.
- Asnawati, Dwi I., dan Tri M. 2013. Biosensor Amperometri Untuk Deteksi Glukosa Berbasis Immobilisasi Glukosa Oksidase Dalam Membran Selulosa Asetat Dengan Ferrocene Sebagai Mediator. *Jurnal Ilmu Dasar*. 14 (1) : 45-51.
- Asrorudin, U. 2009. Pengembangan Sensor Gas Berbasis Timah Oksida (SnO<sub>2</sub>). *Warta Akab*. 21.
- Badan Pusat Statistika. 2018. *Produksi Perkebunan Kopi di Jawa Timur Tahun 2006-2016 (Ton)*. <https://jatim.bps.go.id/>. Diakses tanggal : 18 Oktober 2018.
- Bi, Lyan, Yunqing Wang, Ying Yang, Yuling Li, Shanshan Mo, Qingyin Zheng, dan Lingxin Chen. 2018. Highly sensitive and reproducible SERS sensor for biological pH detection based on uniform gold nanorod array platform. *ACS Appl. Mater. Interfaces*.
- Brereton R.G. 2003. *Chemometrics: Data Analysis for The Laboratory and Chemical Plant*. Bristol: Wiley.
- Chew O.S., Hamdan M.R., Ismail Z., Ahmad M.N. 2004. *Assesment of Herbal Medicines by Chemometrics-assisted Interpretation of FTIR spectra*. *Journal of Analytica Chemica Acta*.
- Christian, J. Dan Nurul K. 2013. Prototipe Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor Gas MQ-2, Board Arduino Duemilanove, Buzzer dan Arduino GSM Shield pada PT.Alfa Retailindo. *Jurnal TICOM*. 2 (1) : 58-63.

- Chu, Yi-Fang. 2012. *Coffee : Emerging Health Effects and Disease Prevention*. Wiley-Blackwell. USA.
- Clarke dan Macrae. 1987. *Coffee*. Oxford: Blackwell Science.
- Falasconi. M., M. Pardo, dan G. Sberveglieri. 2003. The novel EOS<sup>835</sup> electronic nose sniffs out the Italian Espresso Coffee Quality. *Sensors*. 1 : 26-29.
- Gardjito, M., dan D. Rahadian, 2011. *Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gutierrez, R. 2002. Pattern Analysis for Machine Olfaction: A Review. *IEE Sensors Journal*. 2(3) : 189-201.
- Hanwei. 2019. *Carbon Monoxide Gas Sensor MQ-7*. <https://cdn.sparkfun.com/datasheets-Sensors/Biometric/MQ-7/ver1.3.Manual.pdf>. [diakses pada 28 April 2019]
- Hidayat, T. 2015. Penggunaan LabView untuk Simulasi Sistem Kontrol Keamanan Rumah. *Jurnal Teknik*. 7(15) : 1-5.
- Indahwati, E., dan Nurhayati. 2012. Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (C) Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler dengan Komunikasi Serial USART. *Jurnal Teknik*.
- Indrawanto, C., Kamawati, E. Munarso, Prastowo, Rubijo dan Siswanto. 2010. *Budidaya dan Pascapanen Kopi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Jati, H. A. P. dan Danang L. 2014. Deteksi dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Array Gas Sensor. *IJEIS*. 3 (2) : 147-156.
- Koebler, J. 2013. *How Climate Change Could Eventually End Coffee* .US: USNews.

Konduru, T., G.C. Rains, dan C. Li. 2015. *A Customized Metal Oxide Semiconductor-Based Gas Sensor Array for Onion Quality Evaluation: System Development and Characterization*. *Jurnal Sensors*. 15: 1253-1256.

Lelono, D. dan Muhammad A.C. 2013. Karakterisasi Pola Aroma Salak Pondoh dengan E-Nose berbasis Sensor Metal Oksida. *IJEIS*. 3 (1) : 71-82.

Lintang, C.A., Triyogatama W.W. dan Lelono D. 2016. Rancang Bangun *Electronic Nose* untuk Mendeteksi Tingkat Kebusukan Ikan Air Tawar. *IJEIS*. 6 (2) : 129-140.

Maddu, A.I., H Syafutra dan A. Ismangil. 2010. *Uji Konduktivitas Listrik dan Dielektrik Film Tipis Lithium Tantalate (LiTaO<sub>3</sub>) yang Didadah Niobium Pentaoksida (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Menggunakan Metode Chemical Solution Deposition*. 20 Agustus 2010. Institut Pertanian Bogor : 175-183.

Mamat, M., Salina A.S. dan Muhammad A.H. 2011. *An Electronic Nose for Reliable Measurement and Correct Classification of Beverages*. *Sensors*. 11 : 6435-6453.

Najiyatih, S. dan Danarti. 2012. *Kopi, Budaya dan Penanganan Lepas Panen*. Jakarta: Penebar Swadaya.

National Coffee Association. 2015. *How to Brew Coffee*. <https://www.ncausa.org/>. Diakses tanggal 5 Oktober 2018.

Nor, F. J., S. A. Wella dan Suprijadi. 2014. Pengembangan Sensor Gas Ethyl  $\alpha$ -Methylbutyrate (C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>) Berbasis Graphene. *Research and Development on Nanotechnology*. 1 (2) : 53-57.

Oktozoral, A. 2010. *Studi Sensor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave Untuk Penerapan Pada Sistem Identifikasi Gas*. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Panggabean, E. 2012. *Buku Pintar Kopi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.

- Pearce, T.C., Schiffman, S.S., Nagle H.T., dan Gardner J.W. 2003. *Handbook of Machine Olfaction*. Weinheim : Willey-VCH.
- Prayuginingsih, H., Saptya P. Dan Arief N.A. 2012. *Model Peningkatan Daya Saing Kopi Rakyat sebagai Upaya untuk Memperkokoh Ekonomi Masyarakat*. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Priyanga, K., Iwan S., dan Sumardi. 2012. Sistem Kontrol Kadar Gas CO dan Gas LPG dalam Model Ruaang Simulasi. *TRANSIENT*. 1 (4).
- Putra, O. A., Firdaus dan Mohammad H.H. 2016. Identifikasi Aroma Teh Dengan E-Nose Menggunakan Metode Backpropagation. *Sains dan Teknologi*.
- Putra, Y.S. 2015. Pengelolaan Pembibitan Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) Kebun Kalisat Jampit, PTPN XII, Bondowoso, Jawa Timur. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Rabersyah, D., Firdaus dan Derisma. 2016. Identifikasi Jenis Bubuk Kopi Menggunakan Electronic Nose Dengan Metode Pembelajaran Backpropagation. 5 (30).
- Raharjo, A. R. 2015. Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Bau dari Larik Sensor Gas untuk Analisis Kematangan Buah Durian dengan Menggunakan Metode Integral Trapezoid. *Skripsi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Rahma, Nihlatur. 2019. Pengembangan Hidung Elektronik untuk Mengkarakterisasi Aroma Kopi Robusta Sidomulyo Berdasarkan Variasi Suhu Penyeduhan. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Rodriguez J.C., Christian M.D., dan Adriana X. R. 2010. *Electronic Nose for Quality Control of Columbian Coffee Through the Detection of Defect in "Cup Tests"*. *Sensors*. 10 (1) : 36-46.
- Samsura, D. 2014. *Ngopi ala Barista*. Depok: Penebar Plus.

- Sari, A. D. K. 2015. Aplikasi Sensor MQ-2 pada Sistem *Monitoring* Keamanan Rumah Berbasis Android dengan Aplikasi Teamviewer. *Skripsi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya
- SCAA Standard. 2015. *Golden Cup Standard*. 2015. *Specialty Coffee Association of America* : 1-2.
- SCAA Standard. 2016. *Coffee Taster's Flavor Wheel Design and Use*. *Specialty Coffee Association of America* : 10-19.
- Sianipar, H. 2017. Keragaman Genetik Populasi Kopi Liberika (*Coffea Liberica* w. Bull Ex. Hiern) di Kecamatan Betara Berdasarkan Karakter Buah dan Biji. *Skripsi*. Jambi: Fakultas Pertanian Universitas Jambi.
- Simamora, Joshwa. 2017. Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kesegaran Daging Berdasarkan Sensor Bau dan Warna. *Skripsi*. Surabaya: ITS.
- Sotomayor, Maria D.P.T., Anderson Sigoli, Marcos R.V. Lanza, Auro A. Tanako dan Lauro. 2008. *Construction and Application of an Electrochemical Sensor for Paracetamol Determination based on Iron Tetraprydunoporphyzarine as a Biomimetic Catalyst of P450 Enzyme*. *Chem Soz.* 19 (4) : 734-743.
- Spillane, J. 1990. *Komoditas Kopi dan Perannya dalam Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta: Kansius.
- Thepudom, T., Nuttawoot S., dan Teerakiat K. 2013. *Classification of Instant Coffe Odors by Electronic Nose toward Quality Control of Production*. Thailand : Muhidol University.
- Tunggorono, Harman. 2017. Aplikasi Pendeteksi Kelayakan Telur Menggunakan Metode *Backpropagation* dan *Threesholding*. *Journal of Informattion and Technology*. 05 (02).
- Wellinger, M., Sarno S., dan Chahan Y. 2015. The SCAE Water Chart Measure Aim Treat. *Specialty Coffee Association of Europe*. Zurich University of Applied Sciences.



Winsen. 2014. *Alcohol Gas Sensor MQ-3*. <https://www.winsen-sensor.com>. [diakses pada 28 April 2019]

Winsen. 2015. *Carbon Monoxide Gas Sensor MQ-7*. <https://www.winsen-sensor.com> [diakses pada 28 April 2019]

Winsen. 2015. *Flammable Gas Sensor MQ-6*. <https://www.winsen-sensor.com> [diakses pada 28 April 2019]

Winsen. 2015. *Smoke Gas Sensor MQ-2*. <https://www.winsen-sensor.com>. [diakses pada 28 April 2019]

Winsen. 2015. *Semiconductor Gas Sensor MQ-135*. <https://www.winsen-sensor.com> [diakses pada 28 April 2019]

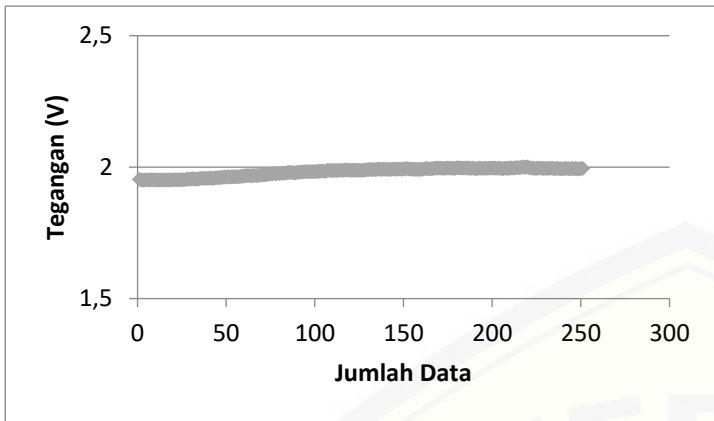
Yang, Victor C. dan That T. Ngo. 2000. *Biosensors and Their Applications*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publisher.

Ya'kut, H. A., Arinto Y. P.W. dan Hari A.D. 2010. *Rancang Bangun Sistem Pengukur Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Sensor MQ-7 Berbasis Mikrokontroler ATMEGA-16A*. Malang : Universitas Brawijaya.

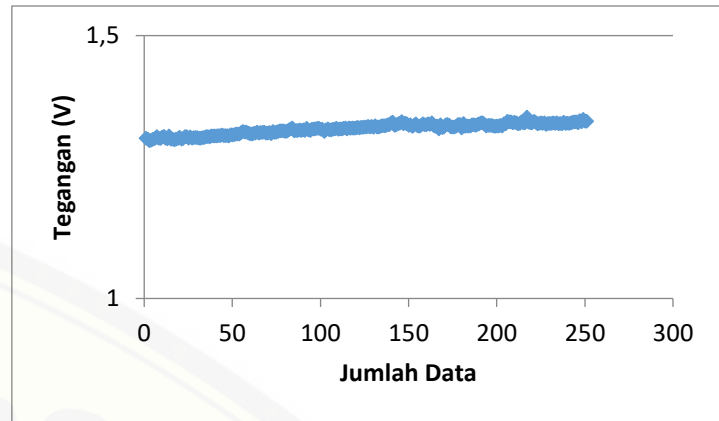
**LAMPIRAN****Lampiran 4.1 Karakteristik sensor gas tunggal**

$$RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \cdot 100 \%$$

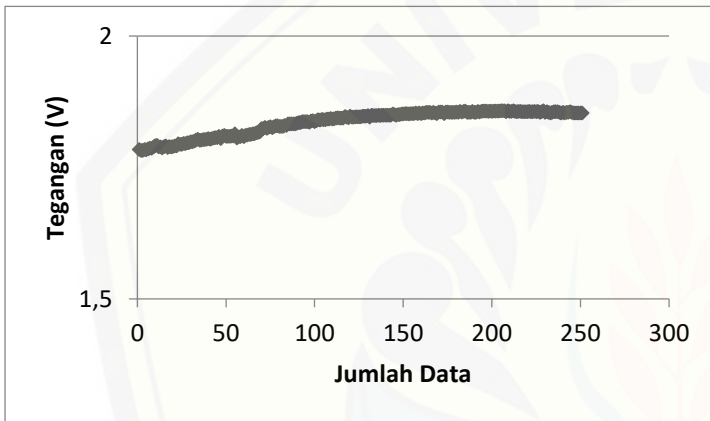
Sensor Gas	Tegangan (mV)					Rata- rata	S <sub>D</sub>	RSD (%)
	1	2	3	4	5			
MQ-135	2,05	2,06	1,97	1,94	1,97	2,00	0,05	2,56
MQ-2	1,32	1,32	1,33	1,36	1,34	1,33	0,02	1,15
MQ-3	1,81	1,83	1,87	1,84	1,92	1,86	0,04	2,26
MQ-6	2,60	2,61	2,61	2,60	2,61	2,61	0,01	0,19
MQ-7	2,56	2,52	2,52	2,48	2,30	2,47	0,10	4,22



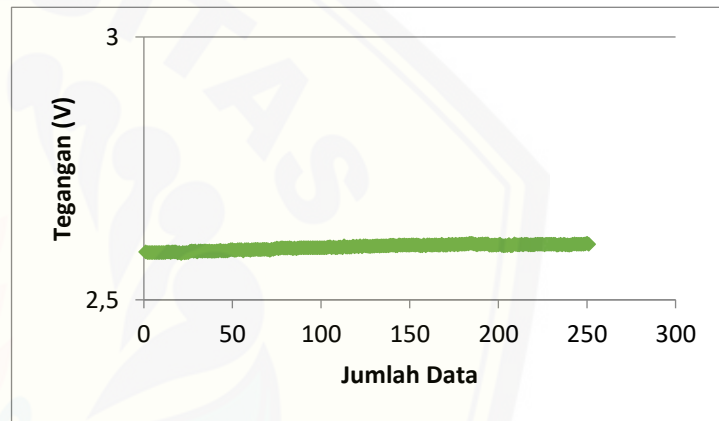
(a)



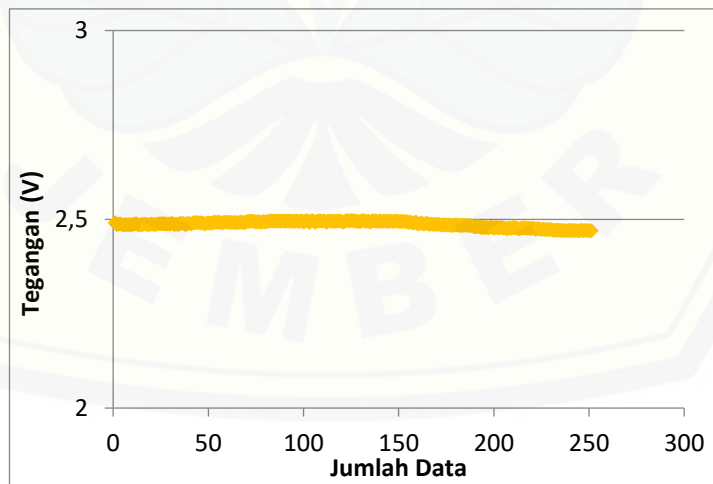
(b)



(c)



(d)



(e)

(a) MQ-135 (b) MQ-2 (c) MQ-3 (d) MQ-6 (e) MQ-7

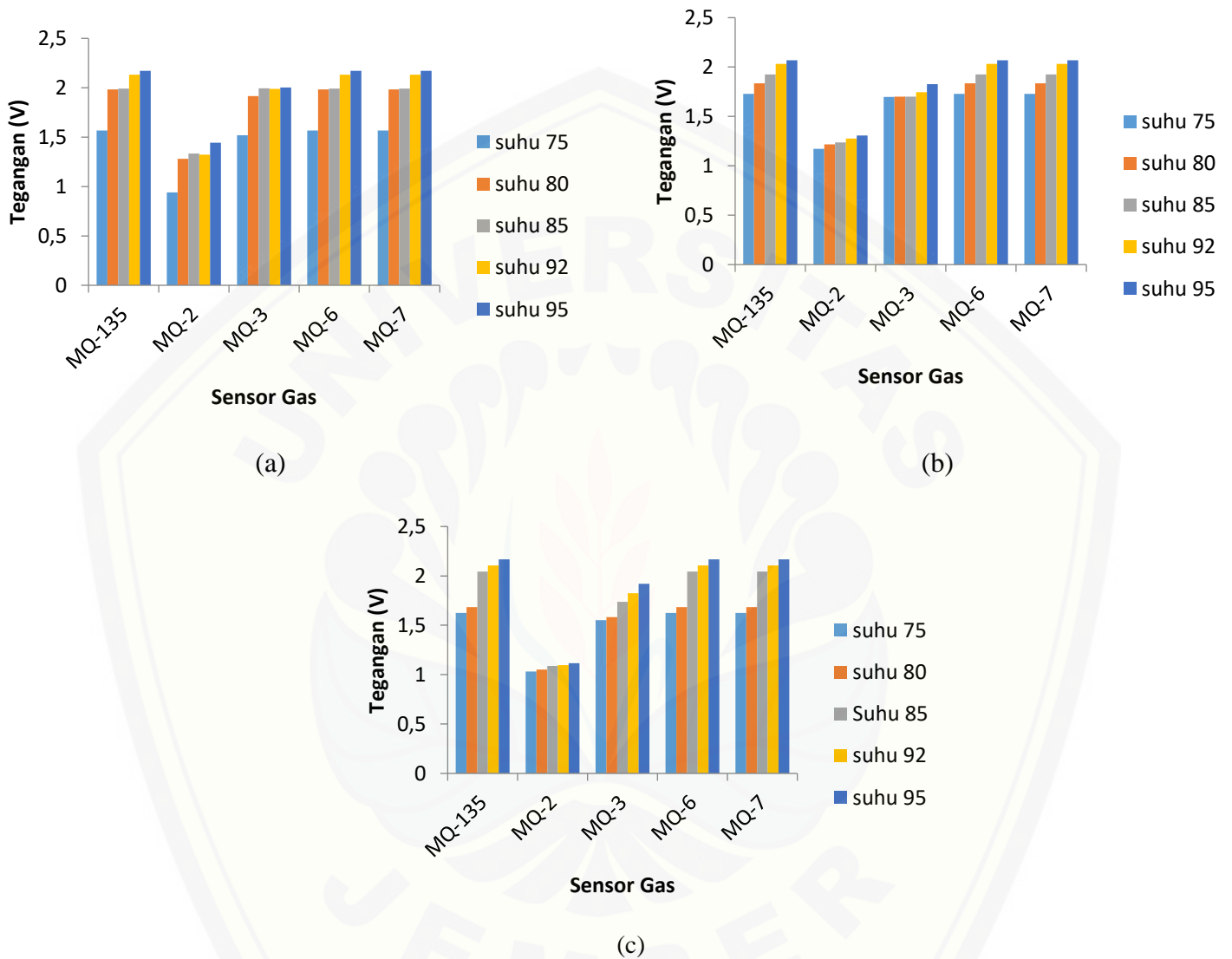
Gambar 1. Respon dari Sensor Gas

**Lampiran 4.2 Pola respon gas sensor array pada kopi Robusta kebun****Garahan**

Sensor Gas	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Tunggal	2,0	1,33	1,86	2,61	2,47
Array (92 °C)	2,0	1,2	1,8	2,0	2,0



**Lampiran 4.3 Pengaruh suhu penyeduhan terhadap aroma kopi Robusta kebun Garahan**



a) Minggu pertama; (b) Minggu ketiga; (c) Minggu kelima

Gambar 2. Pola respon dengan variasi suhu penyeduhan



**Lampiran 4.4. Perhitungan uji *repeatability* dan *reproducibility* sensor tunggal dan gas sensor array**

**a. Uji *repeatability* sensor tunggal**

Sensor Gas	S <sub>D</sub>	RSD (%)
MQ-135	0,05	2,56
MQ-2	0,02	1,15
MQ-3	0,04	2,26
MQ-6	0,01	0,19
MQ-7	0,10	4,22

**b. Uji *repeatability* gas sensor array**

Suhu (°C)	RSD (%)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
75	3,88	0,69	2,72	4,94	4,94
80	1,94	2,62	1,91	1,85	1,86
85	4,46	4,48	4,38	4,45	4,44
92	1,66	0,82	3,79	1,66	1,64
95	1,03	1,26	3,99	1,01	1,01

**c. Uji *reproducibility* gas sensor array**

**1. Pengulangan Minggu Pertama (02 Februari 2019)**

Sensor Gas	Tegangan pada Suhu (mV)				
	75 °C	80 °C	85 °C	92 °C	95 °C
MQ-135	1,55	1,98	1,99	2,13	2,17
MQ-2	0,94	1,28	1,33	1,32	1,44
MQ-3	1,52	1,92	1,99	1,99	2,00
MQ-6	1,57	1,98	1,99	2,13	2,17
MQ-7	1,57	1,98	1,99	2,13	2,17

**a. Suhu 75 °C**

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,06	0,01	0,04	0,08	0,08
Relative Standar Deviation (%)	3,88	0,69	2,72	4,94	4,94

## b. Suhu 80 °C

	Sensor Gas				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,94	2,62	1,91	1,85	1,86

## c. Suhu 85 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,09	0,06	0,09	0,09	0,09
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	4,46	4,48	4,38	4,45	4,44

## d. Suhu 92 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,04	0,01	0,05	0,04	0,04
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,66	0,82	3,79	1,66	1,64

## e. Suhu 95 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,02	0,02	0,08	0,02	0,02
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,03	1,26	4,00	1,01	1,01

**2. Pengulangan Minggu Ketiga (16 Februari 2019)**

Sensor Gas	Tegangan pada Suhu (mV)				
	75 °C	80 °C	85 °C	92 °C	95 °C
MQ-135	1,73	1,84	1,93	2,03	2,07
MQ-2	1,17	1,22	1,24	1,28	1,31
MQ-3	1,70	1,70	1,70	1,75	1,83
MQ-6	1,73	1,84	1,93	2,03	2,07
MQ-7	1,73	1,84	1,93	2,03	2,07

## a. Suhu 75°C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,03	0,01	0,01	0,03	0,03
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,97	1,16	0,55	1,96	1,97

## b. Suhu 80 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,04	0,01	0,06	0,04	0,04
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	2,02	0,78	3,62	2,01	2,03

## c. Suhu 85 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,82	1,28	2,47	1,82	1,82

## d. Suhu 92 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,10	1,01	1,40	1,11	1,11

## e. Suhu 95 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	0,73	0,60	1,58	0,73	0,73

**3. Pengulangan Minggu Kelima (02 Maret 2019)**

Sensor Gas	Tegangan pada Suhu (mV)				
	75 °C	80 °C	85 °C	92 °C	95 °C
MQ-135	1,63	1,68	2,04	2,11	2,17
MQ-2	1,03	1,05	1,09	1,10	1,12
MQ-3	1,55	1,58	1,74	1,82	1,92
MQ-6	1,63	1,68	2,04	2,11	2,17
MQ-7	1,63	1,68	2,04	2,11	2,17

## a. Suhu 75 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,05	0,01	0,02	0,06	0,06
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	3,20	1,12	1,44	3,48	3,49

## b. Suhu 80 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,64	0,93	1,04	1,64	1,64

## c. Suhu 85 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,25	0,93	1,25	1,26	1,27

## d. Suhu 92 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,04	0,01	0,06	0,03	0,03
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,70	0,73	3,10	1,53	1,55

## e. Suhu 95 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,06	0,03	0,04	0,06	0,06
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	2,66	2,63	1,97	2,66	2,66

## 4. Pengulangan Minggu Ketujuh (16 Maret 2019)

Sensor Gas	Tegangan pada Suhu (mV)				
	75 °C	80 °C	85 °C	92 °C	95 °C
MQ-135	1,56	1,69	1,74	1,85	1,88
MQ-2	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12
MQ-3	1,42	1,47	1,56	1,65	1,76
MQ-6	1,56	1,69	1,74	1,85	1,88
MQ-7	1,56	1,69	1,74	1,85	1,88

## a. Suhu 75 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	2,36	1,57	1,08	2,35	2,35

## b. Suhu 80 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,06	0,01	0,05	0,06	0,06
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	3,51	1,03	3,26	3,51	3,52

## c. Suhu 85 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,02	0,01	0,07	0,02	0,02
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,38	1,18	4,17	1,38	0,02



## c. Suhu 92 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,03	0,02	0,07	0,03	0,04
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	1,81	2,08	4,11	1,80	2,07

## d. Suhu 95 °C

	Tegangan Sensor Gas (mV)				
	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Standar Deviasi	0,05	0,01	0,02	0,05	0,05
<i>Relative Standar Deviation (%)</i>	2,63	0,54	1,28	2,63	2,65

**5. Uji reproducibility pengukuran selama 2 bulan**

## a. Suhu 75 °C

Sensor Gas	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Rata-Rata	SD	RSD (%)
MQ-135	1,55	1,73	1,63	1,56	1,62	0,08	5,13
MQ-2	0,94	1,17	1,03	1,08	1,06	0,10	9,11
MQ-3	1,52	1,7	1,55	1,42	1,55	0,12	7,49
MQ-6	1,57	1,73	1,63	1,56	1,62	0,08	4,81
MQ-7	1,57	1,73	1,63	1,56	1,62	0,08	4,81

## b. Suhu 80 °C

Sensor Gas	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Rata-Rata	SD	RSD (%)
MQ-135	1,98	1,84	1,68	1,69	1,80	0,14	7,90
MQ-2	1,28	1,22	1,05	1,09	1,16	0,11	9,31
MQ-3	1,92	1,7	1,58	1,47	1,67	0,19	11,56
MQ-6	1,98	1,84	1,68	1,69	1,80	0,14	7,90
MQ-7	1,98	1,84	1,68	1,69	1,80	0,14	7,90

## c. Suhu 85 °C

Sensor Gas	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Rata-Rata	SD	RSD (%)
MQ-135	1,99	1,93	2,04	1,74	1,93	0,13	6,82
MQ-2	1,33	1,24	1,09	1,1	1,19	0,12	9,73
MQ-3	1,99	1,7	1,74	1,56	1,75	0,18	10,25
MQ-6	1,99	1,93	2,04	1,74	1,93	0,13	6,82
MQ-7	1,99	1,93	2,04	1,74	1,93	0,13	6,82

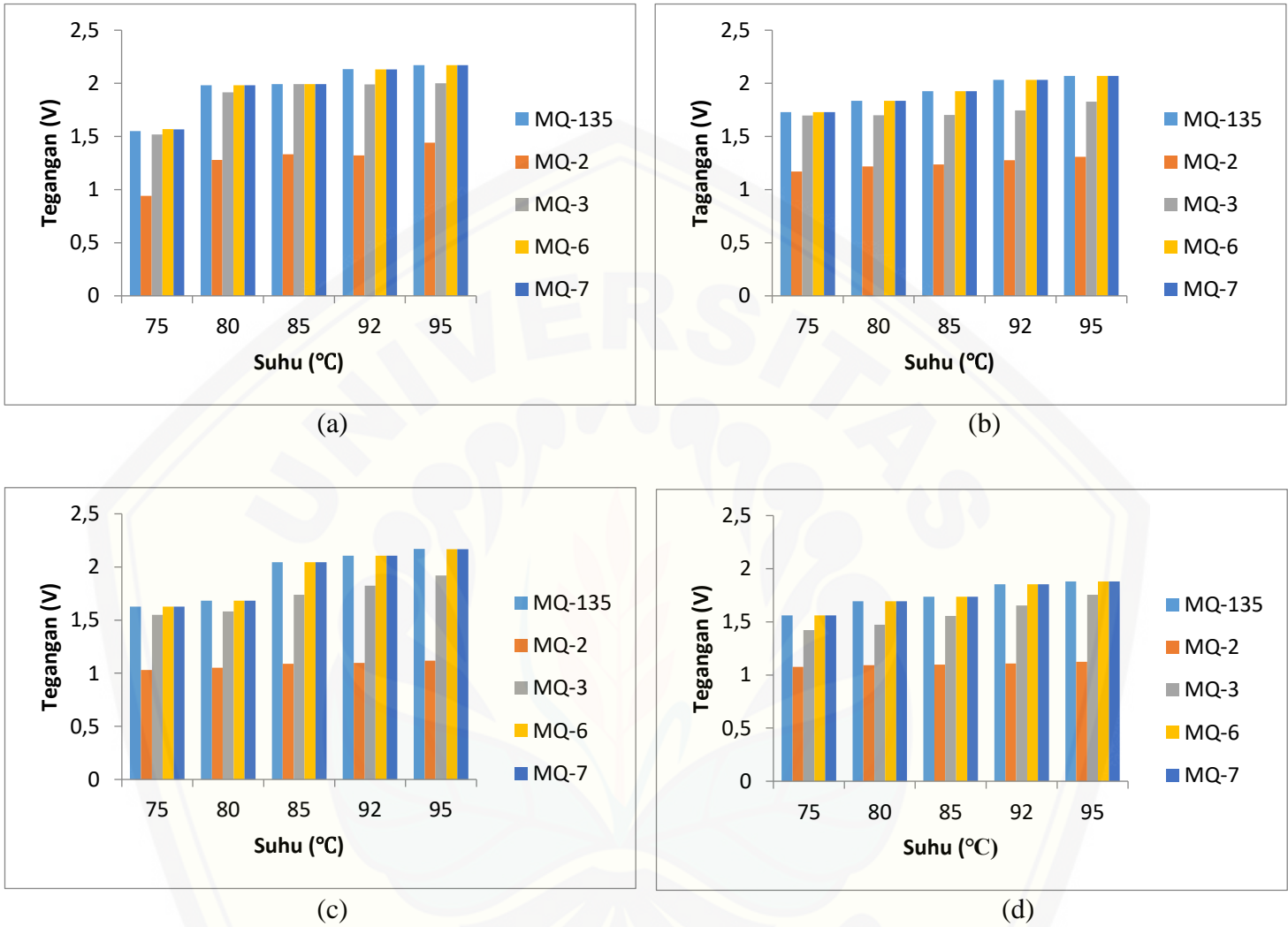
## d. Suhu 92 °C

Sensor Gas	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Rata-Rata	SD	RSD (%)
MQ-135	2,13	2,03	2,11	1,85	2,03	0,13	6,28
MQ-2	1,32	1,28	1,1	1,11	1,20	0,11	9,47
MQ-3	1,99	1,75	1,82	1,65	1,80	0,14	7,94
MQ-6	2,13	2,03	2,11	1,85	2,03	0,13	6,28
MQ-7	2,13	2,03	2,11	1,85	2,03	0,13	6,28

## e. Suhu 95 °C

Sensor Gas	Minggu 1	Minggu 3	Minggu 5	Minggu 7	Rata-Rata	SD	RSD (%)
MQ-135	2,17	2,07	2,17	1,88	2,07	0,14	6,60
MQ-2	1,44	1,31	1,12	1,12	1,25	0,16	12,54
MQ-3	2	1,83	1,92	1,76	1,88	0,10	5,58
MQ-6	2,17	2,07	2,17	1,88	2,07	0,14	6,60
MQ-7	2,17	2,07	2,17	1,88	2,07	0,14	6,60

**6. Pola Respon Gas Sensor Array selama dua bulan**



a) Minggu Pertama; (b) Minggu Ketiga; (c) Minggu Kelima; (d) Minggu Ketujuh

Gambar 3. Pola Respon Gas Sensor Array

### 7. Hasil Uji ANOVA Two Way

Sensor Gas	Suhu (°C)				
	75	80	85	92	95
MQ-135	1,62	1,80	1,92	2,09	2,07
MQ-2	1,05	1,16	1,19	1,20	1,25
MQ-3	1,55	1,67	1,75	1,85	1,88
MQ-6	1,62	1,80	1,92	2,09	2,07
MQ-7	1,62	1,80	1,92	2,09	2,07

#### ANOVA: Two-Factor Without Replication

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
MQ-135	5	9,51	1,90	0,04
MQ-2	5	5,85	1,17	0,01
MQ-3	5	8,68	1,74	0,02
MQ-6	5	9,51	1,90	0,04
MQ-7	5	9,51	1,90	0,04
75	5	7,46	1,49	0,06
80	5	8,22	1,64	0,08
85	5	8,71	1,74	0,10
92	5	9,32	1,86	0,15
95	5	9,34	1,87	0,13

#### ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows	2,01	4	0,50	140,33	3E-12	3,01
Columns	0,50	4	0,13	35,13	1E-07	3,01
Error	0,06	16	0,00			
Total	2,57	24				