



**KARAKTERISASI PROFIL RESPON SENSOR GAS ARRAY
TERHADAP AROMA BUBUK KOPI ROBUSTA DILIMA
PERKEBUNAN KOPI WILAYAH KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

Oleh

**Meidy Intania Fajerin
NIM 1518103010036**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**KARAKTERISASI PROFIL RESPON SENSOR GAS ARRAY
TERHADAP AROMA BUBUK KOPI ROBUSTA DILIMA
PERKEBUNAN KOPI WILAYAH KABUPATEN JEMBER**

SKRIPSI

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

Oleh

**Meidy Intania Fajerin
NIM 1518103010036**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PERSEMBAHAN

Rasa syukur alhamdulillah atas segala limpahan rahmat dari Allah SWT yang telah memudahkan segala urusan hingga terselesaikannya skripsi ini. Segala ketulusan dan rasa terimakasih yang tak terhingga, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT yang Maha Sempurna atas segala rahmat dan pertolongannya;
2. Ibunda Nurjanah, Ayahanda Samsudin dan Saudara tercinta Ibnu Abdi Muslim yang selalu mendoakan, memotivasi dan memberikan kasih sayang yang tak terhingga selama ini;
3. Semua keluarga besar Muhattam dan keluarga besar Junaedi yang selalu mendoakan dan memberikan kasih sayang;
4. Guru-guru di SDN Kedungcaluk 1, SMPN 2 Krejengan, MAN 2 Probolinggo dan dosen-dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah membimbing dan memberikan segala ilmu dengan penuh kesabaran;
5. Teman-teman tersayang Tutik, Naedin, Kartika, Tya atas segala motivasi dan dukungannya;
6. Tim ristek kopi (Ira, Umik, Desi, Frida dan Rosalita) yang telah saling membantu dan memberi semangat;
7. Raden Rido Triwiarto yang telah menemani dan mendukung selama ini;
8. Teman-teman seperjuangan Chrypton kimia 2015;
9. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu persatu;
10. Almamater tercinta Universitas Jember;

MOTTO

*“Barang siapa keluar mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah” *)*



*) HR. Turmudzi

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Meidy Intania Fajerin

NIM : 151810301036

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Karakterisasi Profil Respon Sensor Gas Array Terhadap Aroma Bubuk Kopi Robusta Dilima Perkebunan Kopi Kabupaten Jember*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran sesuai dengan sika 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 di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Maret 2020

Yang menyatakan,

Meidy Intania Fajerin
NIM 151810301036

SKRIPSI

**KARAKTERISASI PROFIL RESPON SENSOR GAS ARRAY
TERHADAP AROMA BUBUK KOPI ROBUSTA DILIMA
PERKEBUNAN KOPI WILAYAH KABUPATEN JEMBER**

Oleh

Meidy Intania Fajerin
NIM 151810301036

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Zulfikar, Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Asnawati, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Karakterisasi Profil Respon Sensor Gas Array Terhadap Aroma Bubuk Kopi Robusta Dilima Perkebunan Kopi Kabupaten Jember*” karya Meidy Intania Fajerin telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Drs. Zulfikar, Ph.D
NIP. 196310121987021001

Anggota II,

Dwi Indarti, S.Si., M.Si
NIP. 197409012000032004

Anggota I,

Asnawati, S.Si., M.Si
NIP. 196808141999032001

Anggota III,

Drs. Sudarko, Ph.D
NIP. 196903121992031002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D
NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Karakterisasi Profil Respon Sensor Gas Array Terhadap Aroma Bubuk Kopi Robusta Di Lima Perkebunan Kopi Kabupaten Jember. Meidy Intania Fajerin, 151810301036, 2020, 59 halaman, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kopi merupakan hasil perkebunan yang biasa dikonsumsi dalam bentuk minuman yang berkhasiat dengan rasa dan aroma yang khas. Kabupaten Jember merupakan salah satu wilayah penghasil kopi terbesar di Indonesia yang memiliki ke khasan aroma kopi dari setiap wilayah perkebunannya. Kabupaten Jember memiliki luas daerah sekitar 3.375 Km², dimana 18.230 Ha adalah perkebunan kopi. Perkebunan kopi tersebar di 27 kecamatan diantara 31 kecamatan yang ada di Kabupaten Jember, diantaranya kebun kopi Gunung Gunitir dan kebun kopi Silosanen di Kecamatan Silo, kebun kopi Rayap di Kecamatan Arjasa, kebun kopi Kaliwining di Kecamatan Rambipuji, dan kebun kopi Ledokombo di Kecamatan Ledokombo. Karakteristik kopi dari masing-masing kebun memiliki cita rasa yang berbeda. Cita rasa merupakan gabungan dari aroma dan rasa. Cita rasa pada kopi dipengaruhi kandungan senyawa volatil yang dimiliki dan dikeluarkan oleh kopi pada saat diseduh.

Penentuan karakteristik kopi dapat dilakukan dengan menganalisa aroma khas yang dihasilkan bubuk kopi saat proses penyeduhan. Sensor gas array merupakan alat yang dapat digunakan untuk menentukan karakteristik aroma kopi. Sensor gas array yang digunakan tersusun dari 8 sensor gas MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2. Sensor gas array yang telah disusun kemudian digunakan untuk merespon aroma yang dihasilkan oleh sampel sehingga didapatkan sinyal tertentu dari setiap sensor. Sinyal yang dihasilkan oleh sensor berupa sinyal analog. Sinyal analog tersebut kemudian dikirimkan ke Mikrokontroler pada Arduino Mega. ADC (*Analog Digital Converter*) pada mikrokontroler akan merubah sinyal analog yang dikirimkan dari sensor menjadi sinyal digital. Mikrokontroler kemudian akan membaca nilai output dari sensor berupa data tegangan kemudian dikirimkan ke personal computer melalui *port USB*. Data tegangan yang diterima akan ditampilkan dalam bentuk grafik (tegangan vs

waktu) pada LabView. Data yang diperoleh kemudian akan diolah oleh computer untuk menghasilkan pola sinyal pengukuran.

Karakteristik pola respon sensor gas array dari setiap sampel kopi memiliki pola respon yang berbeda-beda (khas). Analisis PCA dan ANOVA mendukung adanya perbedaan karakteristik pada masing-masing sampel kopi. Hasil PCA menunjukkan adanya 5 kelompok wilayah kopi yang berbeda yaitu kopi (Gumitir, Silosanen, Kaliwining, Ledokombo dan Rayap) dan hasil ANOVA menunjukkan jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan data yang diperoleh memiliki perbedaan secara signifikan. Kinerja sensor gas array dalam karakterisasi aroma lima sampel kopi relatif baik digunakan yang ditunjukkan dengan rata-rata nilai RSD $< 5\%$ pada repeatabilitas sensor yang dihasilkan.

PRAKATA

Alhamdulillah atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Karakterisasi Profil Respon Sensor Gas Array Terhadap Aroma Bubuk Kopi Robusta Dilima Perkebunan Kopi Kabupaten Jember*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan srata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Pilharto, S.Si., M.Si. selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Drs.Zulfikar, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Asnawati, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dalam membimbing dengan penuh kesabaran untuk menyelsaikan penulisan skripsi ini;
4. Dwi Indarti, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji I dan Drs. Sudarko, Ph.D. selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya untuk mneguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah membimbing, memberikan nasihat dan arahan serta kritikan bagi penulis selama menjadi mahasiswa;
6. Kepala Laboratorium Kimia Fisik, Kimia Analitik, Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
7. Tim ristek kopi (Ira, Umik, Desi, Frida dan Rosalita) yang telah saling membantu, memberi semangat dan selalu bekerjasama untuk terselesainya penelitian dengan baik;
8. Keluarga, sahabat, teman-teman Crypthon 2015 yang selalu memberikan dukungan selama masa kuliah hingga studi penulis terselesaikan dengan baik

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Akhirnya penulis berharap, semoga setiap kalimat yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan. Aamiin

Jember, Maret 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
SKRIPSI	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kopi	5
2.1.1 Definisi Kopi.....	5
2.1.2 Jenis Kopi	7
2.1.3 Kopi Robusta di Indonesia.....	8
2.1.4 Profil Perkebunan Kopi	8
2.1.5 Kandungan gas dari aroma kopi yang dapat dideteksi oleh sensor	9
2.2 Sensor	10
2.2.1 Sensor Gas	10
2.2.2 Jenis Sensor Gas	12
2.2.3 Sensor Gas Array	13
2.2.4 Sensor Kopi.....	13
2.3 Software LabView	15
2.3.1 Mikrokontroler Arduino Mega 2560	16

2.4 <i>Principal Component Analysis (PCA)</i>	16
2.5 Teknik Preparasi Sampel	18
2.6 <i>Analysis of Variance (ANOVA)</i>	19
2.7 Repeatabilitas.....	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan	21
3.3 Diagram Alir penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian	23
3.4.1 Sampling	23
3.4.2 Susunan Sensor	23
3.4.3 Penyusunan Alat Kerja	24
3.4.4 Metode Analisis	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Lima Aroma Sampel Kopi Jember.....	28
4.1.1 Perbandingan Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Uap Air dan Uap Lima Sampel Kopi Jember.....	28
4.1.2 Identitas Masing-Masing Pola Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Lima Sampel Aroma Kopi Jember.	31
4.1.3 Klasifikasi Pola Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Lima Sampel Aroma Kopi Jember.	34
4.2 Kinerja Sensor Gas Array terhadap Karakteristik Aroma Kopi.....	36
BAB 5. PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	44

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Tipe Sensor Gas dan Gas yang Direspon.....	12
Tabel 2.2 Pengukuran Analisis Anova.....	20
Tabel 4.1 <i>Relative Standart Deviasion</i> (RSD) Pengukuran Uap Air	36
Tabel 4.2 <i>Relative Standart Deviasion</i> (RSD) Pengukuran Uap Kopi	37

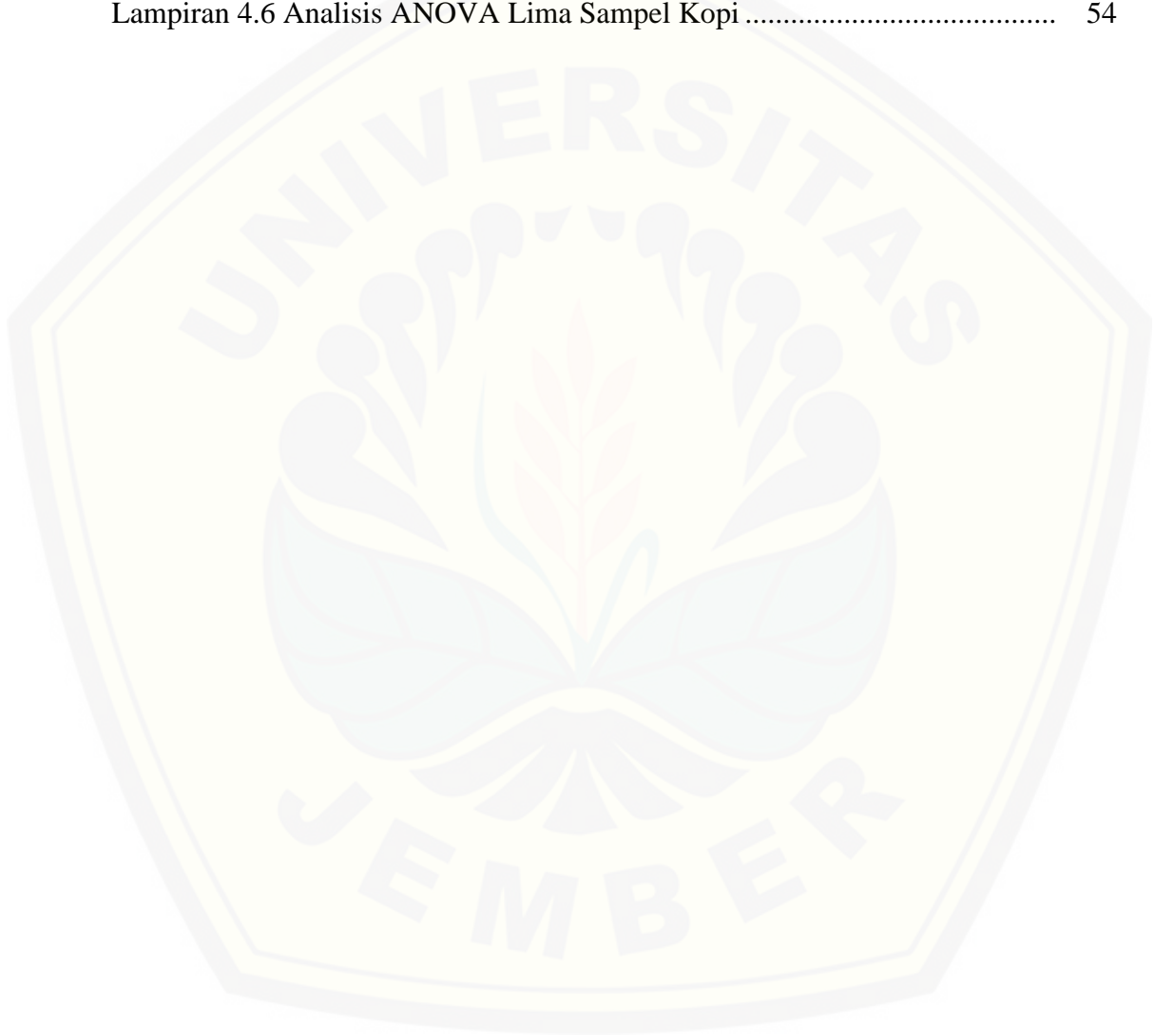


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Sensor Gas Semikonduktor	11
Gambar 2.2 Skema Pembuatan Ruang Sensor Gas.....	13
Gambar 2.3 Respon Sensor Gas Array Terhadap Kopi Robusta Argopuro dengan Variasi Ukuran Bubuk Kopi	15
Gambar 2.4 Nilai Eigen dari Matriks Kovarians	17
Gambar 2.5 Hasil plot PCA dari Suatu Data.....	18
Gambar 3.1 Peta Perkebunan Kopi Jember.....	21
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.3 Desain Susunan Sensor	24
Gambar 3.4 Desain Alat Penelitian.....	25
Gambar 4.1 Pola Respon MQ-135 Terhadap Kopi Gumeitir pada 10 Kali Pengulangan.....	28
Gambar 4.2 Karakteristik Respon Sensor Gas Array Terhadap Uap Air Dari Hasil Pengukuran Lima Sampel Kopi	29
Gambar 4.3 Pola Respon Uap Air dan Uap Kopi pada Sampel Kopi Gumeitir ..	30
Gambar 4.4 Karakteristik Pola Respon Sensor Gas Array dari Lima Sampel Kopi Berbeda.....	31
Gambar 4.5 Hasil PCA Pengukuran Sensor Gas Array dari Lima Sampel Kopi	34
Gambar 4.6 Hasil PCA Data Primer Pengukuran Sensor Gas Array dari Lima Sampel Kopi	35

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 4.1 Pola Respon Sampel Kopi	44
Lampiran 4.2 Rata-rata Pengukuran Uap Air 5 Sampel Kopi	45
Lampiran 4.3 Rata-rata Pengukuran Uap Kopi dari 5 Sampel Kopi.....	47
Lampiran 4.4 Hasil Selisih Pengukuran Uap Kopi-Uap Air.....	50
Lampiran 4.5 Pengolahan Data Metode <i>Principal Component Analysis</i> (PCA)	51
Lampiran 4.6 Analisis ANOVA Lima Sampel Kopi	54



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan hasil perkebunan yang biasa dikonsumsi dalam bentuk minuman yang berkhasiat dengan rasa dan aroma yang khas. Popularitas kopi sebagai produk minuman yang berkhasiat terus berkembang pesat dan dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat. Data dari *International Coffee Organization* (2013), menunjukkan bahwa *trend* peningkatan konsumsi kopi dunia terjadi sejak tahun 2010 dengan jumlah peningkatan 2,5%/tahun. Tahun 2020 mendatang diperkirakan kebutuhan kopi dunia akan mencapai 10,3 juta ton. Total produksi kopi di Indonesia sebesar 12,317 ton/tahun dengan total konsumsi terbesar kedua yaitu sebesar 2,9% atau 4.500 ton/tahun.

Salah satu wilayah penghasil kopi terbesar di Indonesia adalah Kabupaten Jember. Kabupaten Jember adalah daerah di Jawa Timur yang mempunyai potensi untuk memproduksi kopi. Mayoritas jenis kopi yang dibudidayakan di Jember adalah kopi jenis Robusta. Kabupaten Jember memiliki luas daerah sekitar 3.375 Km², dimana 18.230 Ha adalah perkebunan kopi. Perkebunan kopi tersebar di 27 kecamatan diantara 31 kecamatan yang ada di Kabupaten Jember (BPS, 2017).

Varietas kopi merujuk kepada subspecies kopi, dimana biji kopi yang berasal dari dua tempat yang berbeda biasanya juga memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari aroma, kandungan kafein, rasa dan tingkat keasaman. Ciri-ciri ini tergantung pada tempat tumbuh, proses produksi dan perbedaan subspecies kopi (Cahyono, 2012). Menurut penelitian Rahma (2019), faktor penentu kualitas dari aroma kopi adalah suhu penyeduhan, ukuran bubuk kopi dan volume air yang digunakan. Kondisi optimal proses penyeduhan kopi dilakukan dengan suhu air seduh 95⁰C dengan ukuran kekasaran bubuk kopi halus (50-60 mesh) dan perbandingan massa bubuk kopi dengan volume air yang digunakan yaitu 1:15 yang setara dengan 3 gram bubuk kopi dan 45 mL air.

Kualitas biji kopi umumnya ditentukan dengan cara tradisional yaitu dengan menggunakan indera penciuman manusia. Petani kopi biasanya mencium aroma yang ada pada kopi atau bubuk kopi untuk mengetahui jenis dan kualitas aroma

kopi. Pengujian aroma kopi dengan indera penciuman manusia biasanya tidak stabil, tergantung kondisi fisik atau mental yang bersangkutan pada saat itu dan hanya ukuran kualitatif yang bias ditetapkan.

Seiring dengan perkembangan teknologi telah ditemukan sebuah sistem dengan cara kerja yang menyerupai hidung, yaitu *electronic nose* (E-nose). *Electronic nose* merupakan sensor gas dan bau yang dibuat dengan menggunakan teknologi berbeda dalam menemukan prinsip pendeteksiannya ke berbagai aplikasi khusus. *Electronic nose* terdiri dari tiga elemen: susunan sensor yang terpapar oleh volatile; konversi sinyal sensor ke format yang mudah dibaca; dan analisis data untuk menghasilkan output karakteristik yang terkait dengan bau yang terdeteksi (Persaud, 2002). Penerapan *electronic nose* ini telah banyak dilakukan di berbagai bidang dalam analisis makanan dan salah satunya dapat digunakan sebagai alternatif instrument uji kopi berdasarkan aroma (Rodriguez dkk, 2012). Tingkat kemajuan teknologi yang semakin berkembang pesat di bidang teknologi sensor dan elektronika dapat menciptakan suatu alat pendeteksi kopi berdasarkan aroma. Alat tersebut mampu melakukan deteksi jenis kopi berdasarkan aroma yang berbasis sensor gas array metal oksida (Berna, 2010). Salah satu metal oksida yang digunakan sebagai elemen pada sensor gas adalah timah oksida (SnO_2).

Penelitian suatu jenis kopi dengan menggunakan sensor gas sudah banyak dikembangkan di beberapa Negara termasuk Indonesia. Jenis kopi yang pernah diteliti hingga saat ini adalah kopi robusta dan arabika. Kopi robusta dan arabika telah diteliti di Indonesia, salah satunya telah diteliti oleh Rabersyah dkk (2016), yang menggunakan metode *backpropagation* dengan beberapa jenis sensor gas yang memiliki sensitivitas yang berbeda-beda. Sensor-sensor gas yang digunakan adalah TGS-2610, TGS-2611, TGS-2602, TGS-2620 dan TGS-822. Sensor-sensor tunggal tersebut kemudian disusun membentuk sensor gas array yang bekerja sebagai *electronic nose*. Penelitian kopi robusta Kabupaten Jember menggunakan *electronic nose* (E-nose) juga pernah dilakukan oleh Rahma (2019), yaitu karakterisasi aroma bubuk kopi robusta Sidomulyo berdasarkan variasi suhu penyeduhan menggunakan sensor gas jenis MQ yang disusun membentuk sensor gas array.

Sampel gas (senyawa volatil) dapat di deteksi dengan adanya perubahan hambatan listrik dari oksida logam semikonduktor. Resistensi akan berubah karena adanya reaksi pembakaran yang terjadi di dalam bagian kisi oksigen pada permukaan partikel oksida logam. Sinyal dari respon yang terjadi adalah peningkatan dan penurunan resistensi yang dapat dikatakan bahwa oksida logam dapat mengalami reduksi dan oksidasi. Hambatan listrik dari sensor tersebut kemudian terukur sebagai potensial terhadap aliran elektron dalam sensor (Cahyadi, 2010).

Penelitian kali ini difokuskan pada pengukuran sensor gas array yang bekerja untuk mendeteksi karakteristik aroma bubuk kopi pada 5 sampel kopi berbeda di wilayah Jember diantaranya (Gumitir, Silosanen, Kaliwining, Ledokombo dan Rayap) dengan menggunakan kekasaran bubuk dan suhu penyeduhan optimum. Karakteristik tersebut dapat diketahui dari data hasil pengukuran, perhitungan repeatabilitas serta analisis PCA dan ANOVA yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, topik rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan pola respon sensor gas array terhadap karakteristik aroma bubuk kopi dari 5 sampel kebun kopi berbeda di wilayah Jember menggunakan analisis PCA?
2. Bagaimana kinerja sensor gas array terhadap respon profil repeatabilitas yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sampel kopi yang digunakan yaitu sampel kopi robusta.
2. Sampel kopi diambil dari salah satu petani dari 5 wilayah kebun kopi Jember diantaranya kebun Gumitir, kebun Silosanen, kebun Kaliwining, kebun Ledokombo dan kebun Rayap.

3. Penelitian ini menggunakan 8 sensor gas array jenis MQ (MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2) yang telah disusun array diadopsi dari penelitian Rahma (2019).
4. Ukuran bubuk kopi yang digunakan adalah ukuran halus 50-60 mesh dan suhu penyeduhan optimum 95⁰C yang mengacu pada penelitian Rahma (2019).
5. Klasifikasi yang dilakukan difokuskan pada pengolahan data sinyal yang dihasilkan.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui perbedaan pola respon sensor gas array terhadap karakteristik aroma bubuk kopi dari 5 sampel kopi berbeda di wilayah Jember menggunakan analisis PCA.
2. Untuk mengetahui kinerja sensor gas array terhadap respon profil repeatabilitas yang dihasilkan.

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi karakteristik yang khas terhadap kopi lokal di daerah Jember dengan menggunakan sensor gas array.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

2.1.1 Definisi Kopi

Kopi (*Coffea sp.*) merupakan hasil perkebunan yang biasa dikonsumsi dalam bentuk minuman yang berkhasiat dengan rasa dan aromanya yang khas. Sejarah mencatat, kopi pertama kali ditemukan oleh bangsa Etiopia di benua Afrika sekitar 3000 tahun (1000 SM) yang lalu. Kopi kemudian terus berkembang hingga saat ini menjadi salah satu minuman paling populer di dunia yang dikonsumsi oleh berbagai kalangan masyarakat. Manfaat kopi disamping mempunyai rasa dan aroma yang menarik, kopi juga dapat menurunkan resiko terkena penyakit kanker, diabetes, batu empedu, dan berbagai penyakit jantung (Danarti dan Najayati, 2004).

Tanaman kopi termasuk genus *Coffea* yang termasuk ke dalam family *Rubiaceae*. Genus *Coffea sp.* Mencangkup hampir 60 spesies, tetapi hanya ada dua spesies yang ditanam dalam skala luas di seluruh dunia, yaitu kopi arabika (*Coffea Arabica*) dan kopi robusta (*Coffea canephora var robusta*). Sekitar 2% dari total produksi dunia dari dua spesies kopi lainnya yaitu kopi liberika (*Coffea liberica*) dan kopi ekselsa (*Coffea excelsa*) yang ditanam terbatas terutama di Afrika barat dan Asia. Berikut ini sistem taksonomi kopi menurut Rahardjo (2012):

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan berpembuluh)
Super divisi	: <i>Spermatophyta</i> (Tumbuhan penghasil biji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (Tumbuhan berkeping dua/ dikotil)
Sub kelas	: <i>Asteridae</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i> (suku kopi-kopian)
Genus	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea sp.</i> [<i>Coffea arabica</i> , <i>Coffea canephora var robusta</i> , <i>Coffea liberica</i>].

Asosiasi Kopi Spesialis Amerika (SCAA), spesialisasi kopi mempunyai nilai 80 dari skala 100 berdasarkan bentuk, cita rasa (*flavor*), keasaman, kemanisan dan *after taste*. Menurut Bertrand dkk (2012), dalam penelitiannya menyatakan bahwa kopi yang ditanam pada tempat yang lebih tinggi memiliki kualitas sensori yang lebih baik. Kualitas sensori menyangkut kualitas aroma atau senyawa volatil, *body*, keasaman, kepahitan, *fruitness*, *green taste*, *earthy taste* dan penerimaan secara keseluruhan dibandingkan dengan kopi yang ditanam pada tempat yang lebih rendah.

Pengolahan biji kopi terdiri atas tiga tahapan yaitu *roasting*, *grinding*, dan pengemasan. *Roasting* (penyangraian) sangat menentukan warna dan cita rasa produk kopi yang akan dikonsumsi, sedangkan proses *grinding* (penggilingan) yaitu proses penghalusan kopi sehingga dihasilkan kopi dengan variasi kekasaran *coarse* (bubuk kasar), *medium* (sedang), dan *fine* (halus). Pemilihan tingkat kekasaran bubuk kopi berkaitan dengan cara penyeduhan digemari oleh masyarakat (Ridwansyah, 2003).

Cita rasa (*flavor*) yang dihasilkan selama proses *roasting* tergantung pada jenis kopi yang digunakan dan cara pengolahannya. Cita rasa merupakan gabungan dari aroma dan rasa. Cita rasa pada kopi dipengaruhi kandungan senyawa volatil yang dimiliki dan dikeluarkan oleh kopi pada saat diseduh. Hal-hal yang mempengaruhi cita rasa dari kopi adalah orde reaksi, agitasi atau turbulensi, kualitas kopi, teknik penyeduhan, suhu, tingkat kehalusan bubuk kopi, waktu dan air (Asiah, 2017).

Cita rasa (*flavor*) terdiri atas aroma dan rasa (*taste*) yang merupakan komponen yang paling penting dari suatu minuman kopi. Aroma terbentuk dari senyawa volatil yang terdapat pada kopi, sedangkan rasa dari kopi terbentuk karena adanya senyawa non volatil yang terkandung di dalamnya. Senyawa-senyawa volatil yang terkandung dalam kopi mempengaruhi aroma dari kopi saat proses penyeduhan ataupun *roasting*. Senyawa volatil tersebut terdiri dari beberapa gugus fungsi seperti gugus aldehyd, keton, alkohol, pirol, pirazin, furan, tiazol, tiofena, ester, oktazol, lakton, alkana, alkena, senyawa fenolat, senyawa benzena, piranon, dan terpen (Sanz dkk, 2002).

2.1.2 Jenis Kopi

Kopi mempunyai berbagai macam jenis yang jumlahnya sangat banyak, akan tetapi dalam garis besar jenis kopi yang menjadi komoditas populer dunia ada 3 yaitu:

1. Kopi Arabika

Kopi arabika merupakan jenis kopi yang paling banyak di kembangkan di dunia, khususnya di Indonesia. Kopi jenis ini ditanam pada dataran tinggi yang memiliki iklim kering sekitar 1350-1850 m di atas permukaan laut. Sedangkan di Indonesia sendiri kopi ini dapat tumbuh dan berproduksi pada ketinggian 1000-1750 m dari permukaan laut. Kopi arabika cenderung memiliki aroma yang lebih *fruity* karena adanya kandungan senyawa propanal, asetanilida dan aldehid di dalam bijinya, namun jenis kopi ini tidak tahan terhadap serangan penyakit karat daun. Kopi arabika memiliki kadar kafein lebih rendah disbanding dengan biji mentah pada kopi robusta. Kandungan kopi pada kopi arabika adalah sekitar 1,2% (Spinale dan James, 1990).

2. Kopi Robusta

Kopi robusta atau juga biasa disebut kopi *Chanephora* dalam nama botanisnya. Jenis kopi ini berasal dari Afrika, dari pantai barat sampai Uganda. Kopi robusta memiliki kelebihan dari segi produksi yang lebih tinggi dibandingkan jenis kopi arabika dan liberika (AAK, 1980). Kopi robusta telah banyak tersebar di wilayah Indonesia dan juga Filipina. Tanaman kopi robusta memiliki ciri-ciri diantaranya yaitu tinggi pohonnya mencapai 5 m, sedangkan cabangnya memiliki ruas yang pendek, batangnya tegak, berkayu keras, dan berwarna putih keabu-abuan. Tekstur pada bubuk kopi robusta lebih kasar daripada kopi arabika. Biji kopi robusta mentah memiliki kadar kafein lebih tinggi dibandingkan pada biji mentah kopi arabika. Kandungan kafein pada kopi robusta sekitar 2,2% (Spinale dan James, 1990).

3. Kopi Liberika

Kopi liberika berasal dari dataran rendah Monrovia di daerah Liberia. Pohon kopi liberika tumbuh dengan subur di daerah yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi. Kopi liberika memiliki kualitas lebih rendah dari kopi arabika baik dari segi buah dan tingkat rendemennya (AAK, 1980).

2.1.3 Kopi Robusta di Indonesia

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan andalan yang mempunyai kontribusi cukup nyata dalam perekonomian Indonesia. Tahun 2007 tercatat bahwa areal perkebunan kopi Indonesia seluas 1,302 juta Ha dimana 95,96% diantaranya merupakan kopi rakyat dan 4,04% nya diusahakan oleh perkebunan besar. Penanaman kopi di Indonesia sebagian besar 91,5% merupakan kopi robusta pada luas 1.191.557 Ha tersebar mulai dari pulau Sumatera (671,4 ribu Ha atau 60% dari total area kopi robusta), Jawa (14%), Sulawesi (12%), Nusa Tenggara (10%), Kalimantan (3%) dan pulau lainnya 1% (Kustiari, 2008).

Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah di Jawa Timur yang mempunyai komoditas utama berupa kopi. Total terdapat 16,882 Ha perkebunan kopi di Jember, dimana 5.601,31 Ha diantaranya perkebunan kopi rakyat dengan skala usaha antara 1-2 Ha. Perkebunan kopi rakyat di daerah Jember tersebar di 27 kecamatan diantara 31 kecamatan yang ada, dimana daerah terluas perkebunan kopi terdapat di kecamatan Silo (2.291,70 Ha) dan daerah penanaman kopi tersempit berada di kecamatan Gumukmas yaitu sekitar (2,06 Ha) (Istifadah, 2013).

2.1.4 Profil Perkebunan Kopi

Ketinggian tempat dan iklim mempunyai peran penting terhadap suhu, ketersediaan cahaya dan air selama proses pematangan biji kopi dan berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi, mutu dan cita rasa kopi. Biji kopi yang berasal dari dataran tinggi memiliki kadar lemak dan kualitas lebih tinggi dibandingkan biji kopi yang berasal dari dataran yang lebih rendah (Decazy dkk, 2003). Data profil beberapa perkebunan kopi wilayah Jember berdasarkan data Badan Pusat Statistika, (2012):

1. Perkebunan Kopi Gunung Gunitir

Perkebunan kopi gunung gunitir termasuk ke dalam PT. Perkebunan Nusantara XII Gunung Gunitir yang terletak di Kecamatan Silo. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 440-625 m diatas permukaan laut. Jenis tanah perkebunan memiliki tipe latos dengan tipe iklim C.

2. Perkebunan Kopi Silosanen

Perkebunan kopi silosanen termasuk ke dalam PT. Perkebunan Nusantara XII Silosanen yang terletak di kecamatan Silo. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 450-850 m di atas permukaan laut. Jenis tanah perkebunan memiliki tipe latosol 97% dan regusol 3%, dengan tipe iklim C Schmidt ferguson.

3. Perkebunan Kopi Rayap

Perkebunan kopi rayap termasuk ke dalam PT. Perkebunan Nusantara XII Rayap yang terletak di Rembangan kecamatan Arjasa. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 500-850 m di atas permukaan laut. Jenis tanah perkebunan memiliki tipe latosol, aluvia, dan regusol dengan tipe iklim C/D Schmidt ferguson.

4. Perkebunan Kopi Ledokombo

Perkebunan kopi ledokombo termasuk ke dalam PT. Ledokombo (LDO) yang terletak di kecamatan Ledokombo. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 450 m di atas permukaan laut. Jenis tanah perkebunan memiliki tipe latosol dan regusol, dengan tipe iklim Schmidt dan erguson.

5. Perkebunan Kopi Kaliwining

Perkebunan kopi kaliwining tidak termasuk ke dalam PT. Perkebunan Nusantara. Perkebunan kopi kaliwining termasuk ke dalam Pusat Penelitian Kopi dan Kakao yang terletak di kecamatan Rambipuji dengan luas kebun sekitar 160,5 Ha. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 45-550 m di atas permukaan laut.

2.1.5 Kandungan gas dari aroma kopi yang dapat dideteksi oleh sensor

Kandungan gas atau komponen senyawa-senyawa volatil yang membentuk aroma dalam kopi menurut Mabrouk dan Deathrage dalam Ciptadi dan Nasution (1985) adalah:

1. Golongan fenol dan asam tidak menguap yaitu asam kofeat, asam klorogenat, asam ginat dan riboflavin.
2. Golongan senyawa karbonil yaitu asetaldehid, propanon, alcohol dan vanilin aldehid.
3. Golongan senyawa karbonil asam yaitu oksasusinat, aseto asetat, hidroksi piruvat, keton kaproat, oksalasetat, mekoksalat dan merkaptopiruvat.

4. Golongan asam amino yaitu leusin, isoleusin, varilin, hidrokisprolin, alanin, treonin, glisin dan asam piruvat.
5. Golongan asam mudah menguap yaitu asam asetat, propionat, butirat, dan volerat.

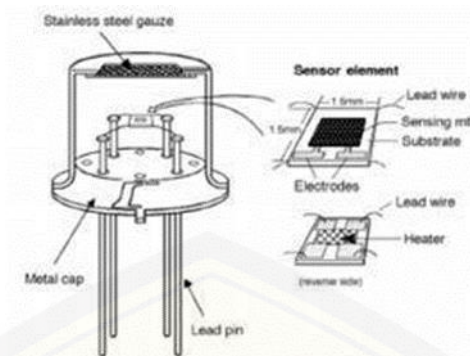
(Ciptadi dan Nasution, 1985).

2.2 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau mengukur sesuatu yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sistem dalam lingkungan pengendali dan robotika sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, dan lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya (D.Petruzella, 2001). Peralatan elektronika yang ada pada saat ini hampir seluruhnya mempunyai sensor di dalamnya. Sensor merupakan bagian dari transduser yang berfungsi untuk melakukan *sensing* atau “merasakan dan menangkap” adanya perubahan kapasitas energy yang ditangkap segera di kirimkan kepada bagian konvertor dari transduser untuk dirubah menjadi energy listrik (Rusmandi Dedy, 2001).

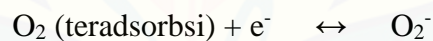
2.2.1 Sensor Gas

Sensor gas adalah alat yang dapat menghasilkan sinyal listrik sebagai fungsi interaksinya dengan senyawa kimia, seperti gas atau uap senyawa organik. Sensor gas juga dapat digunakan untuk mendeteksi senyawa volatil pada makanan. Bahan detektor gas dari sensor gas semikonduktor adalah metal oksida, khususnya senyawa SnO_2 . Struktur sensor ini dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kristal metal oksida (SnO_2) ketika dihangatkan pada temperatur tertentu, oksigen akan diserap pada permukaan kristal dan oksigen di udara akan terionisasi dan terikat pada SnO_2 dalam bentuk ion-ion negatif. Elektron-elektron donor pada permukaan kristal SnO_2 akan ditransferkan untuk mengikat ion-ion oksigen ini. Hasil peristiwa ini meninggalkan ion-ion positif dalam lapisan pertemuan (*Space Charge Layer*) yang terdapat pada permukaan. Tegangan permukaan yang terbentuk akan menghambat laju aliran electron pada kristal sebagai tegangan *barrier*/tegangan penghambat (Figaro, 2004).



Gambar 2.1 Struktur Sensor Gas Semikonduktor

Konduktivitas timah oksida dipengaruhi oleh keberadaan molekul oksigen. Ketika permukaan timah oksida di kemisorpsi oksigen maka terjadi transfer electron dari pita (band) konduksi yang mengubah molekul oksigen menjadi O_2^- , O^{2-} dan O^- (323 K, 373 K dan 723 K) sehingga terjadi perbedaan barrier potensial antar permukaan dan timah oksida menjadi sangat resistif. Menurut Mishra dkk, (2002), pada suhu lebih tinggi hanya O^- yang ada karena terjadi reaksi:



Hubungan antara tahanan sensor dengan konsentrasi gas pereduksi pada suatu konsentrasi gas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$R = A [C]^{-\alpha} \quad 2.1$$

Dengan α merupakan rasio resistensi dari sensor (R_s/R_o)

Keterangan:

R = tahanan listrik sensor

A = konstanta

[C] = konsentrasi gas

α = gradient kurva R_s

(Oktorizal A, 2010).

Keberadaan gas-gas pereduksi, seperti metana atau karbon monoksida (CO) menurunkan perbedaan potensial antar permukaan dan meningkatkan konduktivitas permukaan timah oksida. Reaksi sebaliknya dari keberadaan gas-gas pengoksidasi akan menaikkan perbedaan potensial antar permukaan dan menurunkan konduktivitas permukaan timah oksida. Perubahan konduktivitas yang dihasilkan dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran bahan aditif, karakterisasi morfologi, dan geometri lapisan sensor dan substrat, dan temperatur operasional alat. Reaksi antara gas target, oksigen, dan timah oksida berlangsung pada temperatur tinggi (rentang suhu 200°C sampai 800°C) bergantung jenis gas, material elemen sensor, dan pendoping (Asrorudin, 2009).

2.2.2 Jenis Sensor Gas

Jenis sensor gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor gas MQ. Sensor gas MQ merupakan sensor gas yang diproduksi oleh Zhengzhou Winsen Electronics Technology CO., LTD. Jenis dari sensor gas MQ mempunyai banyak tipe, setiap tipe dari sensor tersebut dibuat secara khusus untuk digunakan pada gas tertentu. Tipe-tipe sensor gas yang digunakan pada penelitian ini adalah:

Tabel 2.2.1 Tipe Sensor Gas dan Gas yang Direspon

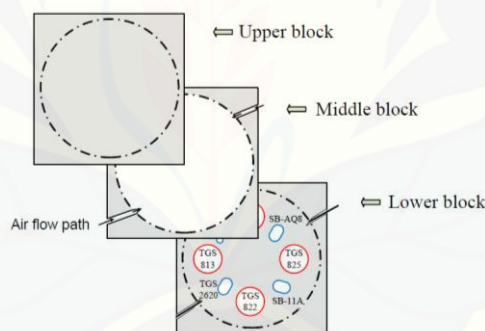
Tipe Sensor	Gas Yang Direspon	Sensitivitas
MQ-2	<i>Flammable gas, smoke</i> dan propane	300-10000 ppm
MQ-3	Gas alcohol	20-500 ppm
MQ-6	LPG (propane)	300-100000 ppm
MQ-7	Gas CO	10-500 ppm
MQ-8	Gas Hidrogen (H ₂)	100-1000 ppm
MQ-9	Karbon monoksida (CO) dan metane	10-500 ppm CO 300-10000 ppm metana
MQ-135	Benzena, gas ammonia dan sulfide	10-1000 ppm
MQ-136	Hydrogen sulfide (H ₂ S)	1-200 ppm

(Sumber: www.winsen-sensor.com, 2013).

2.2.3 Sensor Gas Array

Sensor array secara umum diartikan sebagai sejumlah sensor gas yang disusun menurut aturan tertentu. Sejumlah sensor yang digunakan dalam sensor array ini memiliki sensitivitas yang berbeda-beda. Sensor gas array dapat digunakan untuk mengetahui informasi kimia yang terdapat dalam sampel gas dengan cara mengkonversinya menjadi sinyal yang dapat terukur. Sensor dalam array tersebut dapat diakses secara individual ataupun secara bersamaan pada alat yang digunakan (Jati dan Lelono, 2013).

Sensor gas array pernah digunakan pada penelitian Konduru dkk (2015), desain sensor yang digunakan adalah bahan teflon berbentuk kubus dengan ukuran $132 \times 132 \times 19,8$ mm sebagai chamber untuk meletakkan sensor gas array. Chamber tersebut dipotong menjadi tiga bagian, bagian bawah teflon diberi lubang untuk meletakkan sensor gas tunggal. Bagian tengah diberi lubang melingkar dengan diameter 112 mm sebagai ruang untuk gas agar terdeteksi dengan sensor.



Gambar 2.2 Skema Pembuatan Ruang Sensor Gas

2.2.4 Sensor Kopi

Penentuan suatu jenis kopi dengan menggunakan sensor gas sudah banyak dilakukan dan masih diteliti hingga saat ini. Penelitian kopi menggunakan sensor gas pernah dilakukan untuk mendeteksi kualitas kontrol jenis kopi Kolombia. Rodriguez dkk. (2012), membuat sensor gas array dengan menyusun beberapa sensor tunggal (SP-12A, SP-31, TGS-813, TGS-842, SP-AQ2, TGS-823, ST-32 dan TGS-800) yang bekerja sebagai *electronic nose*. Sensor-sensor tunggal yang digunakan dipilih berdasarkan sensitivitasnya yang tinggi terhadap pelarut organik,

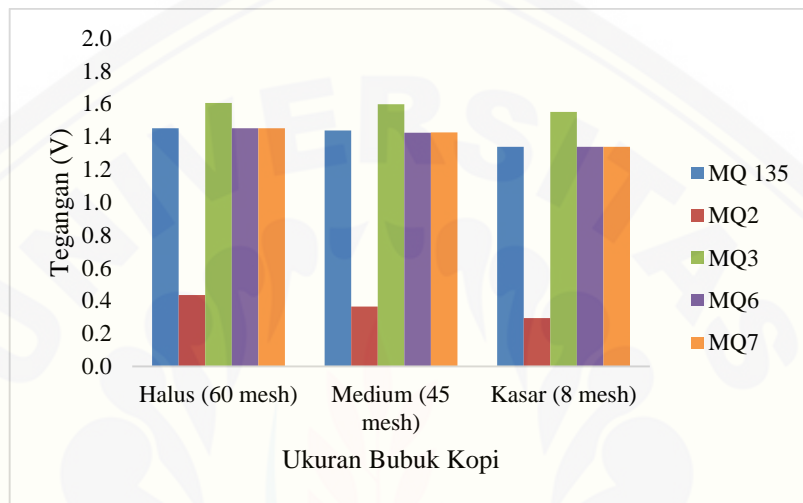
gas alam, polutan dan gas yang mudah terbakar. Proses pengolahan data yang digunakan yaitu PCA (*Principal Component Analysis*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa teknologi gas sensor array memiliki sensitivitas yang baik dan menjadi alat yang berguna untuk mengevaluasi control keunggulan kopi Kolombia.

Penelitian mengenai kopi robusta dan arabika juga telah diteliti di Indonesia, salah satunya diteliti oleh Rabersyah dkk (2016), yang melakukan penelitian metode *backpropagation* menggunakan beberapa jenis gas sensor yang memiliki sensitivitas yang berbeda-beda. Gas-gas sensor yang digunakan adalah (TGS-2610, TGS-2611, TGS-2602, TGS-2620 dan TGS-822). Sensor-sensor tunggal tersebut kemudian disusun membentuk sensor array yang berkerja sebagai *electronic nose*. Hasil penelitiannya menunjukkan kandungan gas H₂S (Hydrogen Sulfida) dan Karbon monoksida (CO) pada bubuk kopi arabika lebih tinggi dibandingkan bubuk kopi robusta, sedangkan kandungan Alkohol pada kopi Arabika lebih rendah dibandingkan bubuk kopi robusta

Penelitian kopi robusta Jember menggunakan sensor gas array pernah dilakukan Rahma (2019), yaitu karakterisasi aroma kopi Sidomulyo berdasarkan variasi suhu penyeduhan. Rahma membuat sensor gas array dengan menyusun beberapa sensor tunggal (MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, dan MQ-7) yang bekerja sebagai *electronic nose*. Proses pengolahan data yang digunakan yaitu analisa ANOVA dan PCA (*Principal Component Analysis*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa suhu penyeduhan kopi robusta Sidomulyo tidak mempengaruhi pola respon sensor, namun mempengaruhi intensitas respon sensor semakin tinggi seiring semakin tingginya suhu penyeduhan. Analisa ANOVA serta PCA yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan pada setiap suhu penyeduhan. Hasil PCA yang diperoleh menunjukkan adanya 5 kelompok kopi robusta Sidomulyo dengan suhu seduhan 75, 80, 85, 92, dan 95 °C.

Penelitian mengenai kopi robusta Jember juga telah dilakukan oleh Aulia (2019), yang melakukan penelitian mengenai pengaruh ukuran bubuk kopi robusta Argopuro terhadap karakteristik aroma seduhannya. Penelitian yang dilakukan menggunakan beberapa jenis sensor gas yang memiliki sensitivitas yang berbeda-beda. Sensor-sensor gas yang digunakan adalah sensor gas jenis MQ

(MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, dan MQ-7) yang disusun menjadi sensor gas array. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa ukuran bubuk kopi tidak berpengaruh terhadap pola respon yang dihasilkan oleh sensor gas array, akan tetapi hanya berpengaruh terhadap besarnya nilai respon yang dihasilkan dimana intensitas respon dari yang tertinggi ke terendah berturut-turut dimiliki oleh ukuran bubuk halus (<60 mesh), medium (<45 mesh), dan kasar (8-16 mesh).



Gambar 2.3 Pola Respon Sensor Gas Array Terhadap Kopi Robusta Argopuro dengan Variasi Ukuran Bubuk Kopi

2.3 Software LabView

LabView adalah salah satu software yang dibuat oleh National Instrument yang dirancang khusus untuk kebutuhan penelitian. Software LabView merupakan software yang biasa digunakan sebagai kontrol pada sistem *electronic nose* sehingga dapat mengatur pemrosesan data serta visualisasi data yang diperoleh. LabView adalah desain sistem programing grafik yang memberikan fasilitas untuk komputer dalam mengontrol data yang diperoleh dan analisis. Programing dalam LabView dilakukan dengan memilih dan memperoleh pola grafik yang tepat (Essick, 2016). Bahasa pemrograman yang digunakan dalam LabView merupakan bahasa pemrograman dataflow. Eksekusi data ditentukan oleh struktur grafik diagram blok (*LabView-source code*) yang terhubung dengan fungsi node atau cabang yang berbeda dengan gambar. LabView menghubungkan kreasi dari user interface (*front panel*) ke dalam siklus pengembangan (Hans Peter, 2016).

2.3.1 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan arduino memiliki kesamaan dengan papan mikrokontroler. Arduino Mega 2560 memiliki 54 pin input / output digital (dimana 14 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Arduino Mega 2560 juga memiliki memori flash 256 KB untuk menyimpan kode, 4 KB EEPROM dan 8 KB SRAM (Handoko & Ramadhan, 2016). Penelitian Rosyad dan Lenono (2016), mengenai klasifikasi kemurnian daging sapi berbasis electronic nose menggunakan mikrokontroler Arduino mega 2560 sebagai rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat ADC (analog digital converter). ADC ini berfungsi untuk mengubah sinyal analog yang dikirimkan oleh sensor menjadi sinyal digital yang akan dibaca oleh mikrokontroler sebagai nilai tegangan (Lintang dkk, 2016).

2.4 *Principal Component Analysis (PCA)*

Menurut Johnson & Wichern (1992), *principal component analysis (PCA)* adalah suatu teknik statistik untuk mengubah sebagian besar dari variabel asli yang saling berkorelasi satu dengan yang lainnya menjadi satu set variabel baru yang lebih kecil dan saling bebas. PCA dapat digunakan untuk menyederhanakan suatu data tanpa mengurangi karakteristik data tersebut secara signifikan, dengan cara mentransformasi linier untuk membentuk sistem koordinat baru dengan varians maksimum. Dengan menggunakan PCA, variabel yang tadinya sebanyak n variabel akan direduksi menjadi k variabel baru (*principal component*) yang jumlahnya lebih sedikit dari variabel n . Sifat dari variabel baru yang terbentuk dengan analisa PCA selain memiliki jumlah variabel yang lebih sedikit nantinya juga menghilangkan kolerasi antar variabel yang terbentuk.

Penerapan metode analisa *principal component analysis (PCA)* dilakukan untuk mendapatkan variabel yang saling bebas dan merupakan kombinasi linier dari variabel asalnya. Analisis PCA dilakukan dengan memasukkan data. Data X merupakan matriks berukuran $n \times p$, dengan simbol “ n ” yang merupakan jumlah observasi atau sampel dan “ p ” merupakan variat variabel acak X . Langkah-langkah

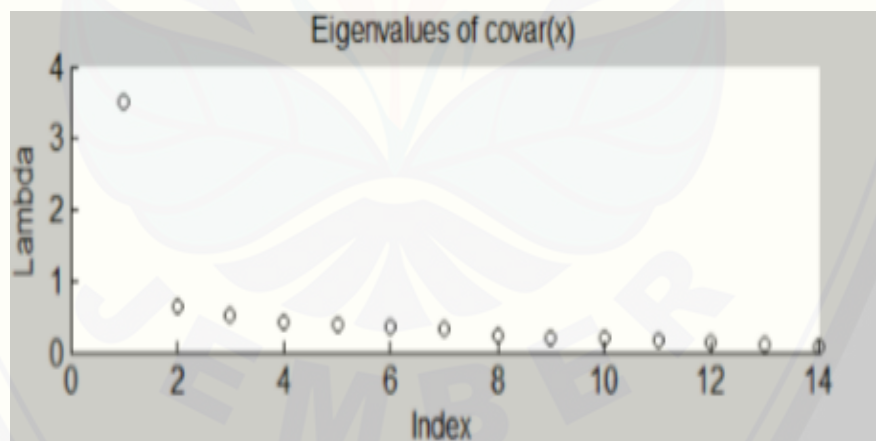
yang harus dilakukan:

1. Misalkan Y dan Z adalah variabel acak. Data tersebut di standarisasi sehingga diperoleh kovarians. Kovarians berfungsi untuk mengukur korelasi antara Y dan Z, dimana kovarians yang mempunyai nilai sama dengan nol merupakan data yang independen.

$$\text{cov}(Y, Z) = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(Z_i - \bar{Z})}{(n-1)} \dots\dots\dots 2.2$$

Dengan \bar{Y} dan \bar{Z} merupakan rata-rata sampel dari variabel Y dan Z. Y_i dan Z_i merupakan nilai observasi ke-i dari variabel Y dan Z.

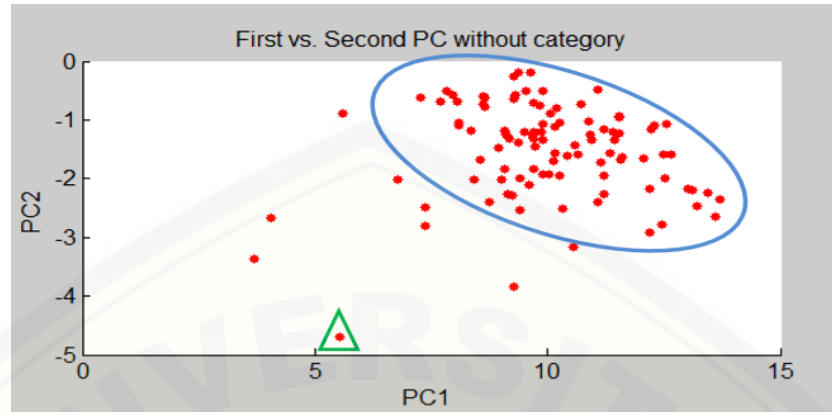
2. Penyelesaian selanjutnya adalah menentukan *eigenvalues* dan *eigenvectors*, *eigenvalues* merupakan sebuah bilangan scalar dan *eigenvectors* merupakan sebuah matriks yang keduanya dapat mendefinisikan matriks A. Hasil dari *eigenvalues* dengan nilai tertinggi dapat menjelaskan variasi data keseluruhan yang digunakan. *Eigenvalues* dan *eigenvectors* dapat dihitung menggunakan program aplikasi statistik dengan mengurutkan *eigenvalue* dari nilai yang terbesar.



Gambar 2.4 Nilai Eigen dari Matriks Kovarians

Matriks yang kolom-kolomnya berisi *eigenvectors* dari *eigenvalue* yang terkait disesuaikan urutannya mulai dari yang terbesar hingga yang terkecil seperti gambar 2.4. Masing-masing variabel baru yang terbentuk memiliki variasi yang besarnya sama dengan *eigenvalue* yang terkait dengan *eigenvectors* pembentuknya. Grafik di atas ditampilkan untuk memperjelas penurunan variasi (nilai eigen) yang terjadi.

3. Menghitung proporsi variasi masing-masing PC beserta nilai akumulasinya dan interpretasi hasil dari analisis komponen utama



Gambar 2.5 Hasil plot PCA dari Suatu Data

Gambar 2.5 merupakan hasil plot PCA untuk memudahkan visualisasi dan interpretasi data. Variabel baru yang terbentuk dilakukan perhitungan proporsi data variasi masing-masing PC beserta nilai akumulasi untuk persentase (%) PC pertama. Ukuran atau nilai dari PC yang diperoleh mampu menjelaskan variasi data yang ada. Visualisasi dan interpretasi hasil PCA biasanya dipilih 2-PC dengan *eigenvalue* terbesar. Berdasarkan gambar 2.4 dijelaskan bahwa interval PC1 mempunyai skala yang lebih besar dari PC2. Hal tersebut menunjukkan bahwa daerah yang dilingkupi oleh garis oval berwarna biru mempunyai varian yang lebih besar.

(Nurina, 2010).

2.5 Teknik Preparasi Sampel

Teknik penyeduhan, pemilihan pelarut, suhu dan tingkat kehalusan bubuk kopi dalam proses preparasi kopi harus diperhatikan agar diperoleh kopi dengan cita rasa terbaik. Proses penyeduhan kopi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu penyeduhan panas dan penyeduhan dingin. Suhu optimum yang digunakan dalam proses penyeduhan panas adalah 105°F sampai 205°F atau 90-95°C (Afriliana, 2018). Menurut Asiah dkk (2017), untuk memperoleh cita rasa kopi robusta yang baik dilakukan dengan menggunakan perbandingan kopi dan pelarut air 1:15 atau setara dengan 10 gram kopi dalam 150 mL air.

Faktor lain yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil seduhan yang optimal pada proses penyeduhan kopi adalah tingkat kehalusan pada bubuk kopi. Semakin kecil ukuran bubuk kopi maka kopi akan terekstrak lebih maksimal, namun demikian proses tersebut akan menghasilkan rasa yang lebih pahit dan sepat. Butiran kopi bubuk mempunyai luas permukaan yang besar sehingga senyawa pembentuk aroma dan cita rasa mudah larut dalam air panas. Selain kehalusan bubuk dan suhu optimum dalam proses penyeduhan, pemilihan pelarut juga harus diperhatikan. Pelarut yang digunakan haruslah air yang bersih, tidak berbau, dan belum didestilasi agar tidak mempengaruhi cita rasa kopi (Asiah dkk, 2017).

2.6 Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA merupakan salah satu analisis statistic yang digunakan untuk menguji hipotesis nol (H_0) mengenai tiga atau lebih populasi yang sama. Analisis yang dilakukan terhadap suatu pengukuran bertujuan untuk mengetahui adanya suatu perbedaan yang signifikan antara varian yang digunakan dalam penelitian. Penerapan uji ANOVA dilakukan dengan memperhitungkan 2 varian suatu populasi yaitu variasi antara sampel dan variasi dalam sampel. ANOVA diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu *One way ANOVA* dan *two way ANOVA*.

- a. *One way ANOVA* merupakan suatu metode pengujian yang dilakukan dengan cara membandingkan rata-rata yang diperoleh dari populasi terhadap 1 faktor atau variabel.
- b. *Two way ANOVA* digunakan untuk menguji pengaruh terhadap 2 faktor pada variabel terikatnya. Factor lain yang menjadi sumber keberagaman juga perlu diperhatikan dalam analisis ANOVA dua arah:

Uji hipotesis ANOVA dapat dituliskan dengan

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 = \text{Tidak semua data sama } (\mu_1 \neq \mu_3)$$

Uji H_0 dapat dilakukan dengan mengambil sampel secara acak kelompok sampel. Keputusan untuk menerima atau menolak H_0 dapat dihitung menggunakan tabel seperti dibawah ini:

Tabel 2.2.2 Pengukuran Analisis Anova

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Varian	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar kolom	$V1 = k - 1$	JKK	S_1^2	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$	$F = V_1 \times V_2$
Sisaan	$V2 = N - k$	JKS	S_2^2		
	$N - 1$	JKT			

Keterangan :

K = Jumlah populasi

JKT = Jumlah kuadrat total

N = Jumlah pengamatan

JKS = Jumlah kuadrat sisaan

$$S_1^2 = JKK / V_1$$

JKK = Jumlah kuadrat antar kolom

$$S_2^2 = JKS / V_2$$

Nilai statistik yang digunakan yaitu F_{hitung} , H_0 ditolak apabila nilai F_{hitung} lebih besar (>) dari pada F_{tabel} (Sugiarto, 2006).

2.7 Repeatabilitas

Repeatabilitas adalah nilai hasil pengukuran yang diperoleh ketika dilakukan oleh individu yang sama secara berulang. Nilai hasil pengukuran ini digunakan untuk menyatakan keakuratan dan kepresisian alat yang digunakan (Lindsay, 2007). Repeatabilitas sensor diukur dengan menggunakan nilai relatif standar deviasi (RSD). Alat ukur akan dikatakan baik jika memiliki nilai RSD yang rendah kurang dari 5%.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x-X)^2}{n-1}} \quad 2.3$$

$$RSD = \left[\frac{SD}{X} \right] \times 100\% \quad 2.4$$

Keterangan:

RSD = simpangan baku relatif

SD = simpangan baku

X = nilai rata-rata pengukuran tegangan

N = jumlah pengulangan

x = nilai tegangan

(Highway Innovative Center, 2001).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Penelitian ini berlangsung dari bulan Juli sampai November 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya alat preparasi: *coffee grinder*, toples kaca, neraca analitik, *magnetic stirrer*, *heater*, termometer, gelas beaker, erlenmeyer, dan alat analisis: sensor gas (MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2), arduino Mega, selang PTFE, pompa, resistor, kabel USB, kabel pelangi dan laptop yang sudah di install LabView.

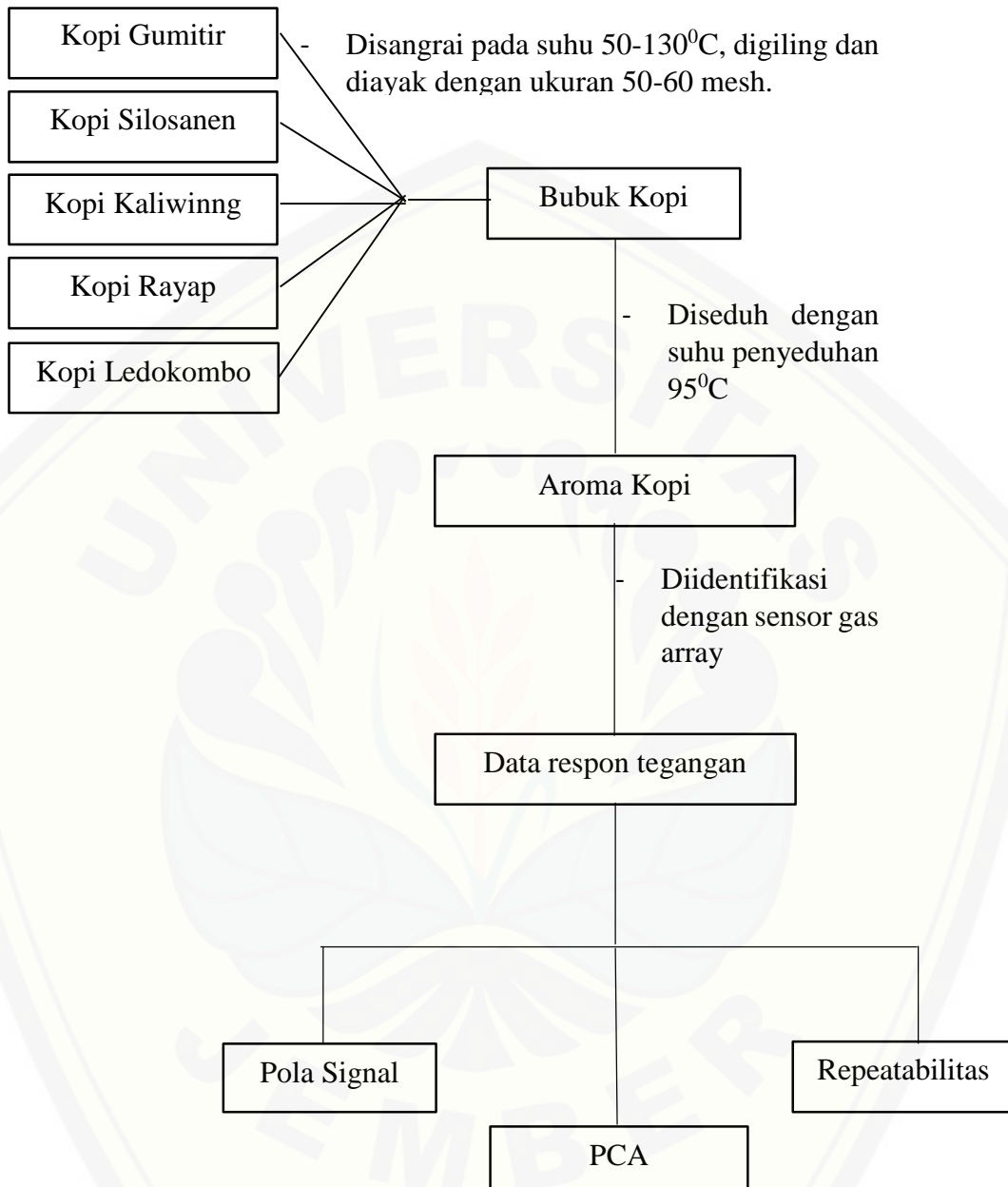
3.2.2 Bahan

Bahan baku penelitian yang digunakan adalah sampel biji kopi robusta dari 5 wilayah kebun kopi Kabupaten Jember yaitu kebun Gunitir di Silo, kebun Silosanen di Silo, kebun Kaliwining di Rambipuji, kebun Ledokombo di Ledokombo dan kebun Rayap di Arjasa serta air mineral merk Aqua.



Gambar 3.1 Peta Perkebunan Kopi Jember

3.3 Diagram Alir penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Sampling

Sampel biji kopi robusta diambil dari 5 wilayah kebun kopi berbeda di Kabupaten Jember yaitu kebun kopi Gunitir, Silosanen, Rayap, Kaliwining dan Ledokombo. Biji kopi yang dipilih adalah biji kopi (*green beans coffe*).

a. Pengolahan Sampel

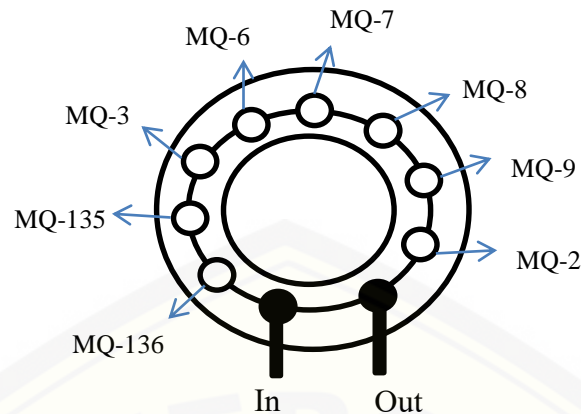
Sampel biji kopi (*green beans coffee*) dari 5 wilayah kebun kopi disiapkan sebanyak 2 kg dan disangrai pada suhu 50-130⁰C selama 15 menit. Biji kopi hasil sangrai dimasukkan kedalam alat penggilingan yang telah diset pada ukuran kekasaran bubuk 45 mesh. Pengayakan bubuk kopi hasil penggilingan dilakukan dengan menggunakan ayakan ukuran 50-60 mesh. Bubuk kopi hasil pengayakan tersebut kemudian disimpan pada gelas kaca yang ditutup alumunium foil dengan rapat.

b. Persiapan Sampel

Identifikasi aroma sampel bubuk kopi dilakukan dengan cara penyeduhan. Sampel bubuk kopi dimasukkan ke dalam wadah tertutup, kemudian ditambahkan air yang telah dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* dengan suhu penyeduhan kopi 95⁰C dengan perbandingan 3 gram bubuk kopi dan 45 mL air mineral aqua, yang kemudian diaduk menggunakan stirrer dan diidentifikasi aroma gasnya menggunakan sensor gas array.

3.4.2 Susunan Sensor

Delapan sensor gas MQ (MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9, MQ-135 dan MQ-136) disusun pada wadah yang terbuat dari material akrilik dengan susunan melingkar dan diberi jarak 72^o tiap sensornya. Diameter lubang untuk tiap sensor sebesar 2 cm. Urutan penyusunan sensor pada akrilik diadopsi dan dioptimasi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rahma, 2019). Gas yang dihasilkan dari sampel seduhan kopi akan masuk ke dalam wadah sensor melalui jalur masuk kemudian bergerak melewati permukaan tiap sensor dan keluar melalui jalur keluar. Desain rancangan penyusunan sensor dapat dilihat pada gambar 3.2.



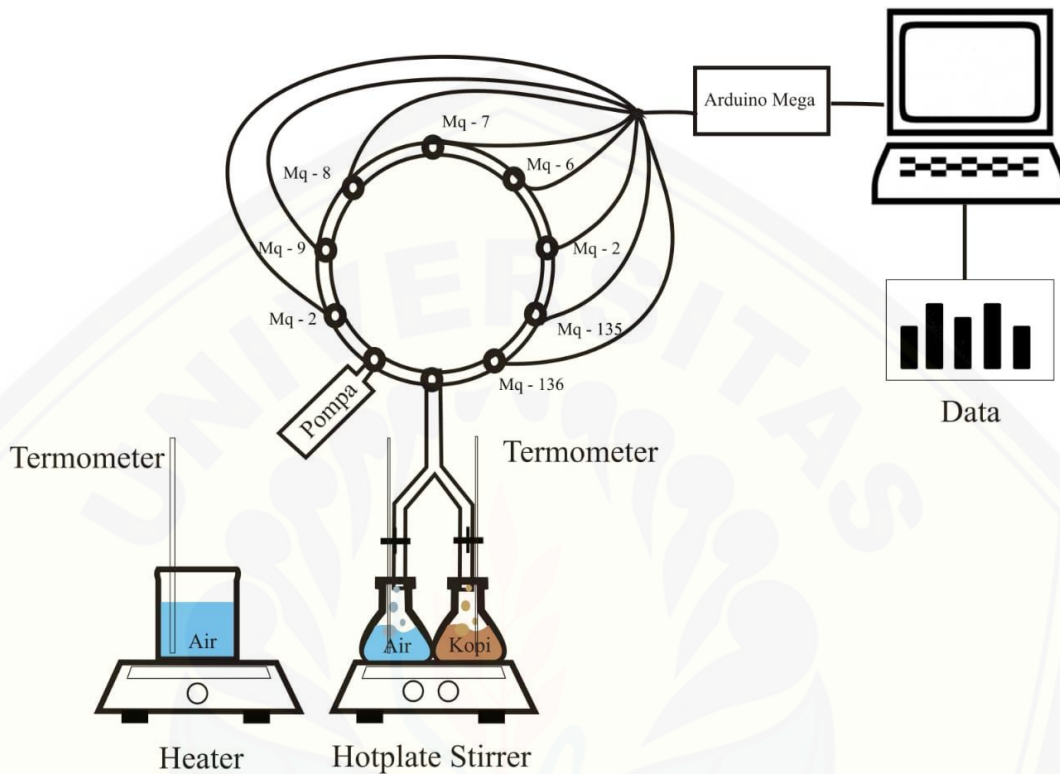
Gambar 3.3 Desain Susunan Sensor

3.4.3 Penyusunan Alat Kerja

Desain susunan alat untuk penelitian ini terdiri dari delapan susunan sensor yang disusun pada wadah yang terbuat dari material akrilik. Delapan sensor disusun sesuai gambar 3.2 dan dihubungkan dengan Arduino Mega, kemudian dihubungkan ke personal komputer yang telah terinstall software LabVIEW dengan menggunakan kabel USB. Wadah sampel kopi dan air di letakkan di atas *hot plate* dan dihubungkan secara langsung dengan wadah sensor menggunakan selang FTFE. Gas yang terbentuk dalam erlenmeyer kemudian ditarik oleh pompa melewati selang dan mengalir menuju ruang sensor.

Sensor array yang telah disusun akan terus merespon aroma yang dihasilkan oleh sampel sehingga didapatkan sinyal tertentu dari setiap sensor. Sinyal yang dihasilkan oleh sensor berupa sinyal analog. Sinyal analog tersebut kemudian dikirimkan ke Mikrokontroler pada Arduino Mega. ADC (*Analog Digital Converter*) pada mikrokontroler akan merubah sinyal analog yang dikirimkan dari sensor menjadi sinyal digital. Mikrokontroler kemudian akan membaca nilai output dari sensor berupa data tegangan kemudian dikirimkan ke personal computer melalui *port USB*. Data tegangan yang diterima akan ditampilkan dalam bentuk grafik (tegangan vs waktu) pada LabView. Data yang diperoleh kemudian akan diolah oleh computer untuk menghasilkan pola sinyal pengukuran. Proses dalam satu kali pengukuran dilakukan secara continue dalam waktu dengan data yang dihasilkan sebanyak 450 data. Proses pengukuran pada 150 data pertama

merupakan hasil respon sensor terhadap uap air dan 300 data lainnya merupakan respon sensor terhadap sampel uap kopi. Desain alat untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Desain Alat Penelitian

3.4.4 Metode Analisis

Analisis signal hasil respon dari sensor gas array dilakukan dengan melihat pola signal yang sensor gas array yang dihasilkan pada sampel kopi dari 5 kebun kopi. Pola yang dihasilkan sensor gas array merupakan signal konduktivitas yang kemudian diubah oleh ADC menjadi data tegangan pada LabView. Data yang diperoleh akan diplotkan antara tegangan vs waktu. Analisa pola signal dilakukan dengan metode *principal component analysis* (PCA), ANOVA dan uji kinerja sensor atau reapatabilitas.

a. *Principal component analysis* (PCA)

Analisis PCA dilakukan dengan memasukkan data. Data X merupakan matriks berukuran $n \times p$, dengan simbol “n” yang merupakan jumlah observasi atau

sampel dan “p” merupakan variat variabel acak X. Langkah-langkah yang harus dilakukan:

1. Misalkan Y dan Z adalah variabel acak. Data tersebut di standarisasi sehingga diperoleh kovarians. Kovarians berfungsi untuk mengukur korelasi antara Y dan Z, dimana kovarians yang mempunyai nilai sama dengan nol merupakan data yang independen.

$$cov(Y, Z) = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})(Z_i - \bar{Z})}{(n-1)} \dots\dots\dots 2.2$$

Dengan \bar{Y} dan \bar{Z} merupakan rata-rata sampel dari variabel Y dan Z. Y_i dan Z_i merupakan nilai observasi ke-i dari variabel Y dan Z.

2. Penyelesaian selanjutnya adalah menentukan *eigenvalues* dan *eigenvectors*, *eigenvalues* merupakan sebuah bilangan scalar dan *eigenvectors* merupakan sebuah matriks yang keduanya dapat mendefinisikan matriks A.
3. Menghitung proporsi variasi masing-masing PC beserta nilai akumulasinya dan interpretasi hasil dari analisis komponen utama

Variabel baru yang terbentuk dilakukan perhitungan proporsi data variasi masing-masing PC beserta nilai akumulasi untuk persentase (%) PC pertama. Ukuran atau nilai dari PC yang diperoleh mampu menjelaskan variasi data yang ada.

b. *Analysis Of Variance* (ANOVA)

Penerapan uji ANOVA dilakukan dengan memperhitungkan 2 varian suatu populasi yaitu variasi antara sampel dan variasi dalam sampel.

Uji hipotesis ANOVA dapat dituliskan dengan

$$H_0 = A_1 = A_2 = A_3 = \dots = A_k$$

$$H_1 = \text{Tidak semua data sama } (A_1 \neq A_3)$$

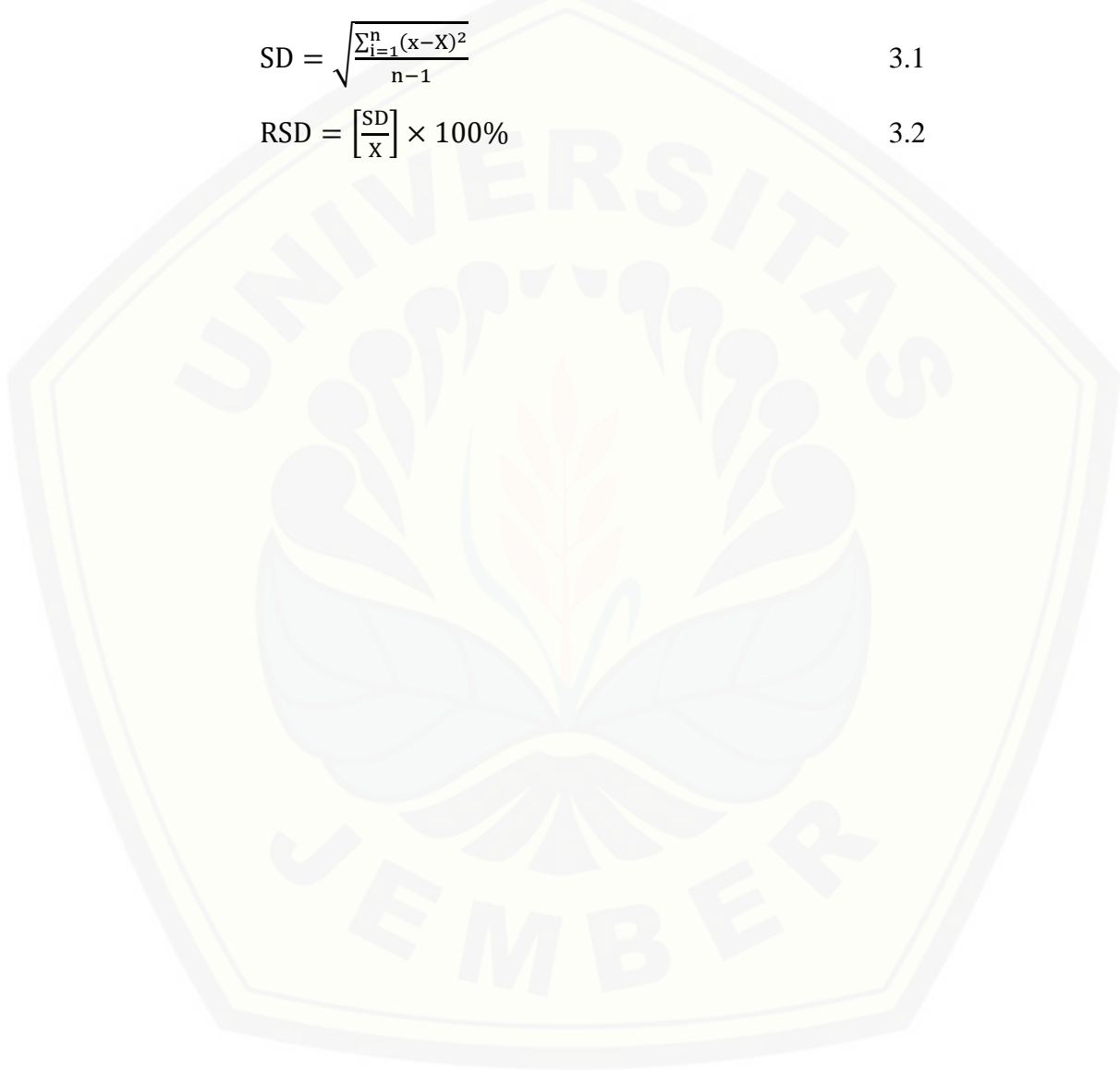
Uji H_0 dapat dilakukan dengan mengambil sampel secara acak kelompok sampel. Keputusan untuk menerima atau menolak H_0 . Nilai statistik yang digunakan yaitu F_{hitung} , H_0 ditolak apabila nilai F_{hitung} lebih besar (>) dari pada F_{tabel} .

c. Reapetabilitas

Proses pengukuran aroma kopi dilakukan dengan pengulangan 10 kali untuk menghasilkan pola yang sesuai berdasarkan repeatabilitasnya. Repeatabilitas sensor diukur dengan menggunakan nilai relatif standar deviasi (RSD). Alat ukur akan dikatakan baik jika memiliki nilai RSD yang rendah kurang dari 5%.

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

$$RSD = \left[\frac{SD}{X} \right] \times 100\% \quad 3.2$$

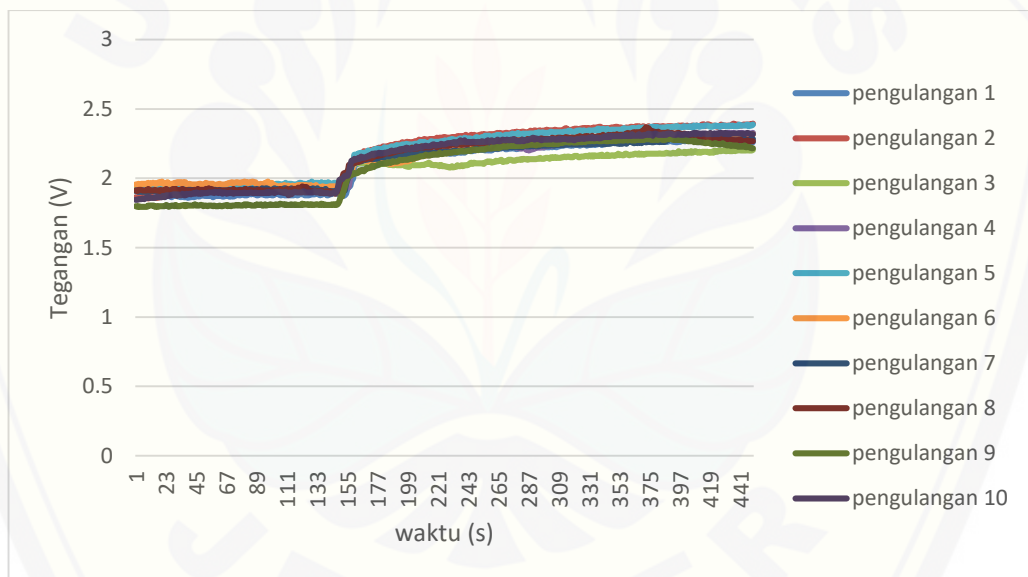


BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Lima Aroma Sampel Kopi Jember

4.1.1 Perbandingan Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Uap Air dan Uap Lima Sampel Kopi Jember.

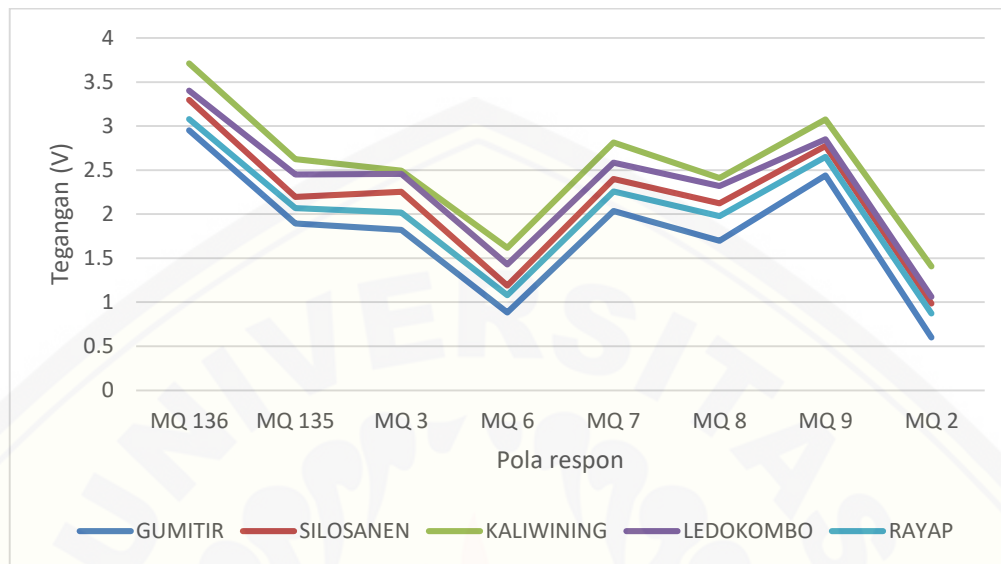
Pola respon yang diperoleh saat proses pengukuran uap air dan uap kopi menghasilkan sebanyak 450 data dalam waktu 450 detik, pada satu kali proses pengukuran. Pengukuran uap air dilakukan sebagai *baseline* untuk mengetahui adanya perbedaan pola respon sinyal yang dihasilkan saat proses pengukuran uap kopi.



Gambar 4.1 Pola Respon MQ-135 Terhadap Kopi Gunitir pada 10 Kali Pengulangan

Gambar 4.1 merupakan salah satu pola respon yang dihasilkan sensor MQ-135 pada proses pengukuran sampel kopi Gunitir selama 10 kali pengulangan. Sinyal yang dihasilkan dari sensor MQ-135 mengalami perubahan nilai tegangan menjadi lebih tinggi saat pengukuran pada uap kopi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah gas atau senyawa volatil yang dikeluarkan oleh uap kopi lebih banyak dibandingkan uap air. Contoh respon jenis sensor lainnya dapat dilihat pada Lampiran 4.1.

Karakteristik respon dari uap air perlu diketahui terlebih dahulu kelayakannya untuk dijadikan *baseline* dari pengukuran sampel uap kopi.



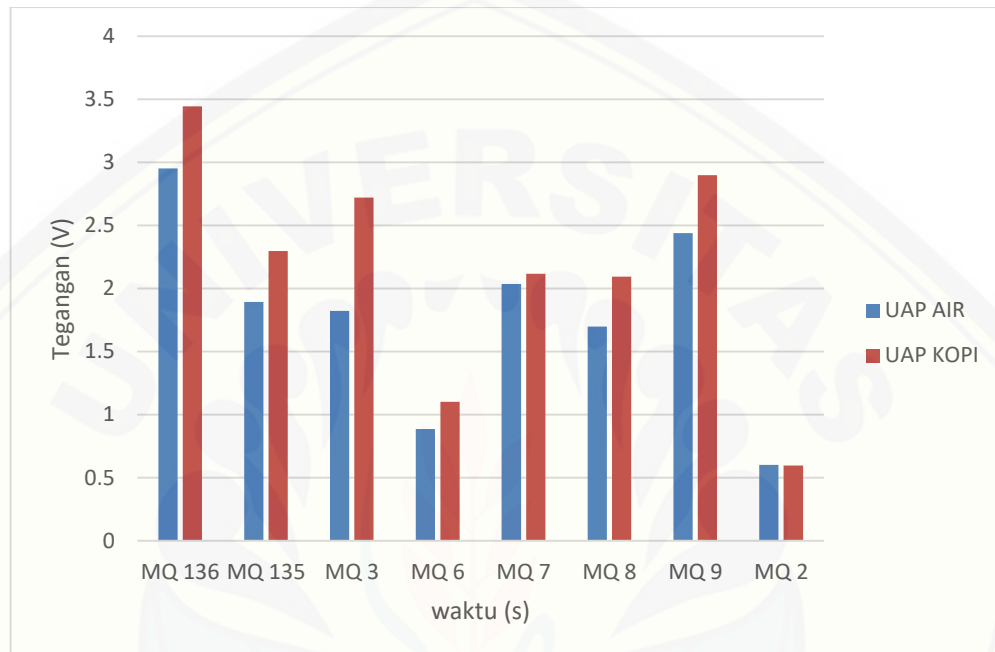
Gambar 4.2 Karakteristik Respon Sensor Gas Array Terhadap Uap Air Dari Hasil Pengukuran Lima Sampel Kopi

Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengukuran uap air dari lima sampel kopi memiliki pola respon (*baseline*) yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa uap air yang terdeteksi pada setiap proses pengukuran memiliki komponen senyawa penyusun yang tidak berbeda signifikan. Hasil tersebut dapat dilihat dari data hasil perhitungan nilai RSD pada tabel 4.3. Setiap sensor menghasilkan rata-rata nilai keluaran tegangan yang berbeda. Perbedaan ini terjadi karena sensitivitas setiap sensor yang digunakan berbeda ketika berinteraksi dengan beberapa senyawa tertentu (Winsen, 2013). Rata-rata nilai keluaran tegangan yang dihasilkan oleh setiap sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 secara berturut turut adalah 3,28; 2,24; 2,20; 1,23; 2,41; 2,10; 2,75 dan 0,98 V.

Perbedaan intensitas dapat terjadi karena adanya perbedaan kelembaban selama proses pengukuran sehingga nilai tegangan yang dihasilkan berbeda. Menurut Winsen (2013), kelembaban dapat mempengaruhi respon sensor. Adsorpsi molekul air akan mengurangi kemampuan oksigen teradsorp pada permukaan SnO_2 sehingga luas permukaan membran pada sensor menurun dan mempengaruhi respon sensor yang dihasilkan (Qi dkk, 2008). Adanya perbedaan sensitivitas dan

spesifikasi pada masing-masing sensor juga mempengaruhi besar atau kecilnya nilai respon yang dihasilkan ketika digunakan untuk mendeteksi aroma dari seduhan sampel kopi.

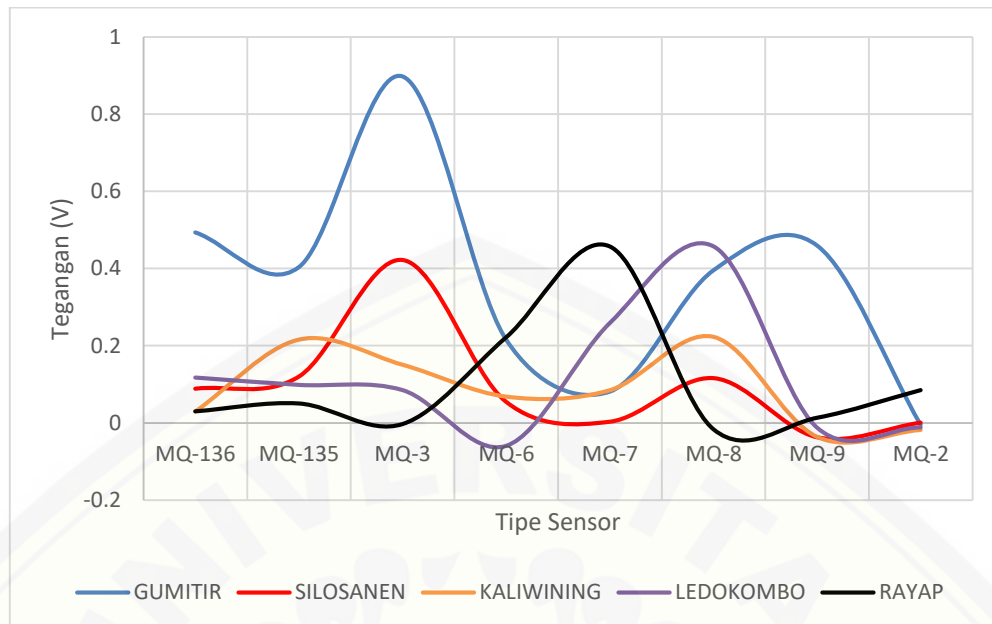
Pola respon uap kopi yang dihasilkan mempunyai pola respon yang berbeda dengan pola respon dari hasil pengukuran uap air.



Gambar 4.3 Pola Respon Uap Air dan Uap Kopipada Sampel Kopi Gumitir

Gambar 4.3 merupakan contoh pola respon uap air dan uap kopi dari sampel kopi Gumitir. Nilai tegangan yang dihasilkan oleh pengukuran uap kopi memiliki nilai yang beragam, yaitu terdapat nilai yang lebih kecil dan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengukuran uap air. Hal tersebut dimungkinkan karena ada perbedaan komposisi atau banyaknya senyawa gas yang dihasilkan saat pengukuran uap kopi, sehingga respon dari setiap sensor tersebut menghasilkan nilai tegangan yang lebih tinggi dan lebih rendah dari hasil pengukuran uap air. Menurut (Aulia, 2019) Aroma atau gas yang dideteksi oleh sensor merupakan gabungan dari keseluruhan senyawa volatil yang terkandung dalam aroma kopi.

Penentuan karakteristik pola respon sensor gas array terhadap lima sampel kopi diambil dari selisih hasil pengukuran uap kopi-uap air sehingga diperoleh suatu pola respon yang khas dari masing-masing sampel. Proses pengambilan data selisih dapat dilihat pada lampiran 4.1.



Gambar 4.4 Karakteristik Pola Respon Sensor Gas Array dari 5 Sampel Kopi Berbeda

Berdasarkan gambar 4.4 terlihat jelas karakteristik pola respon sensor gas array dari masing-masing sampel kopi memiliki pola yang berbeda-beda (khas). Pola respon yang diperoleh dapat ditetapkan untuk membedakan kopi dari berbagai sampel. Setiap sampel memiliki suatu pola respon yang berbeda (khas), hal ini dapat terjadi karena setiap jenis kopi memiliki karakteristik aroma yang berbeda. Perbedaan ini dapat disebabkan karena adanya kandungan senyawa volatile yang berbeda, asal daerah tempat tumbuh serta proses pengolahan kopinya (Ridwansyah, 2003). Hasil ini menunjukkan bahwa kopi yang ditanam di tempat yang berbeda akan memiliki citarasa yang berbeda. Cita rasa merupakan gabungan dari aroma dan rasa. Cita rasa pada kopi dipengaruhi kandungan senyawa volatil yang dimiliki dan dikeluarkan oleh kopi pada saat diseduh (Asiah, 2017).

4.1.2 Identitas Masing-Masing Pola Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Lima Sampel Aroma Kopi Jember.

Berdasarkan gambar 4.4 setiap sampel kopi yang berasal dari wilayah yang berbeda-beda memiliki suatu pola respon yang berbeda. Perbedaan pola respon ini menunjukkan bahwa komponen senyawa penyusun aroma kopi dari ke lima sampel kebun berbeda-beda. Komponen kopi ditentukan juga oleh ketinggian, iklim dan jenis tanah seperti yang disampaikan oleh Decazy dkk (2003), dimana

ketinggian tempat dan iklim mempunyai peran penting terhadap suhu, ketersediaan cahaya dan air selama proses pematangan biji kopi dan berpengaruh terhadap pertumbuhan, produksi, mutu dan citarasa kopi. Aroma pada kopi dipengaruhi oleh kandungan senyawa volatil yang dimiliki dan dikeluarkan oleh kopi pada saat penyeduhan.

Sampel kopi Gunitir berasal dari Perkebunan kopi Gunitir yang terletak di Kecamatan Silo. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 440-625 m di atas permukaan laut (BPS, 2012). Pola respon yang dihasilkan kopi Gunitir pada gambar 4.3 menunjukkan intensitas nilai tegangan yang berbeda-beda pada setiap sensornya. Nilai intensitas tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 secara berturut turut adalah 0,49; 0,40; 0,89; 0,21; 0,08; 0,39; 0,45 dan -0,004 V. Pola respon kopi gunitir menunjukkan adanya dua respon sensor yang tinggi yaitu sensor MQ-3 dan MQ-9 diantara ke delapan sensor lainnya. Sensor MQ-3 sensitif terhadap gas Alkohol dan sensor MQ-9 sensitif terhadap gas CO dan metana. Komposisi senyawa yg terkandung dalam kopi Gunitir dimungkinkan memiliki komponen gas Alkohol, CO dan Metana dengan jumlah yang banyak sehingga menghasilkan nilai tegangan yang lebih tinggi.

Sampel kopi Silosanen berasal dari Perkebunan kopi Silosanen yang terletak di Kecamatan Silo. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 450-850 m di atas permukaan laut (BPS, 2012). Pola respon yang dihasilkan kopi Silosanen pada gambar 4.3 menunjukkan intensitas nilai tegangan yang berbeda-beda pada setiap sensornya. Nilai intensitas tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 secara berturut turut adalah 0,08; 0,12; 0,42; 0,05; 0,003; 0,11; -0,03 dan 0,0009 V. Sensor MQ-3 dan MQ-8 menunjukkan respon yang paling tinggi diantara ke delapan sensor lainnya. Sensor MQ-3 sensitif terhadap gas Alkohol dan MQ-8 sensitif terhadap gas Hidrogen (H_2). Komposisi senyawa yang terkandung dalam sampel kopi Silosanen dimungkinkan memiliki komponen senyawa gas Alkohol dan senyawa gas Hidrogen dengan jumlah yang banyak sehingga menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi.

Sampel ketiga adalah kopi Kaliwining. Kopi Kaliwining berasal dari Perkebunan kopi kaliwining termasuk ke dalam Pusat Penelitian Kopi dan Kakao yang terletak di Kecamatan Rambipuji. Lokasi perkebunan terletak pada ketinggian 45-550 m di atas permukaan laut (BPS, 2012). Pola respon yang dihasilkan kopi Kaliwining pada gambar 4.3 menunjukkan intensitas nilai tegangan yang berbeda-beda pada setiap sensornya. Nilai intensitas tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 secara berturut turut adalah 0,02; 0,21; 0,15; 0,06; 0,08; 0,22; -0,03 dan -0,018 V. Pola respon kopi kaliwining menunjukkan adanya dua respon sensor yang tinggi yaitu sensor MQ-135 dan MQ-8 diantara ke delapan sensor lainnya. Sensor MQ-135 sensitif terhadap gas Ammonia, Sulfide dan Benzene dan sensor MQ-8 sensitif terhadap gas Hidrogen (H_2). Komposisi senyawa yg terkandung dalam kopi Kaliwining dimungkinkan memiliki komponen gas Ammonia, Sulfide dan Benzene dan Hidrogen (H_2) dengan jumlah yang banyak sehingga menghasilkan nilai tegangan yang lebih tinggi.

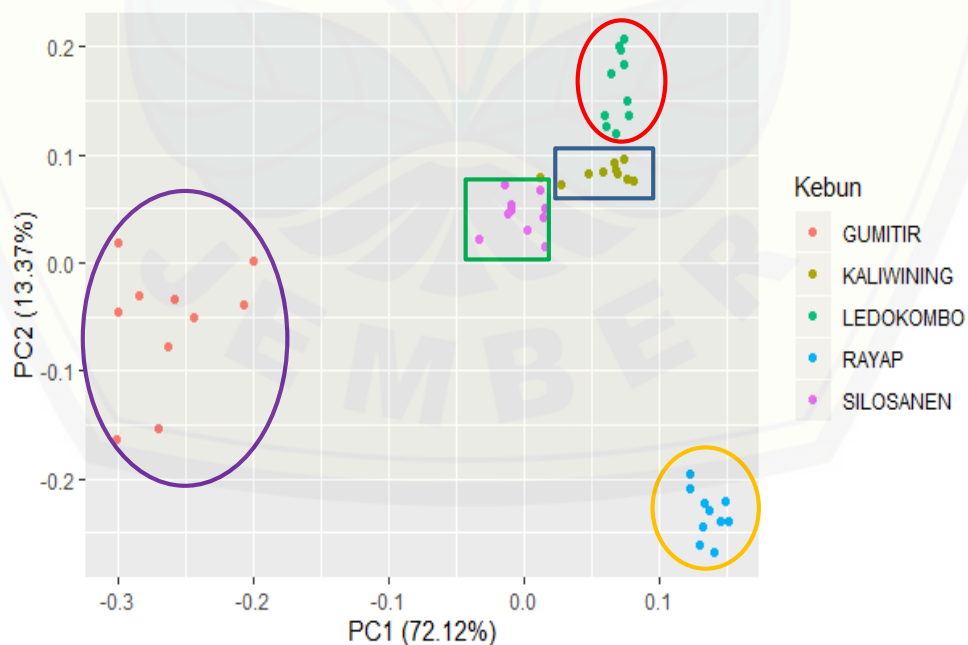
Sampel yang keempat adalah kopi Ledokombo. Kopi Ledokombo berasal dari Perkebunan kopi Ledekombo yang terletak di Kecamatan Ledekombo. Lokasi perkebunan berada pada ketinggian 450 m di atas permukaan laut (BPS, 2012). Pola respon yang dihasilkan kopi Ledokombo pada gambar 4.3 menunjukkan intensitas nilai tegangan yang berbeda-beda pada setiap sensornya. Nilai intensitas tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 secara berturut turut adalah 0,11; 0,09; 0,08; -0,05; 0,25; 0,45; -0,01 dan -0,01 V. Sensor MQ-8 menunjukkan respon yang paling tinggi diantara ke delapan sensor lainnya. Sensor MQ-8 sensitif terhadap gas Hidrogen (H_2). Komposisi senyawa yg terkandung dalam sampel kopi Ledokombo dimungkinkan memiliki komponen gas Hidrogen (H_2) dengan jumlah yang banyak sehingga menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi.

Sampel yang terakhir adalah kopi Rayap. Kopi Rayap berasal dari Perkebunan kopi Rayap yang terletak di Kecamatan Rembangan. Lokasi perkebunan berada pada ketinggian 500-850 m di atas permukaan laut. Pola respon yang dihasilkan kopi Rayap pada gambar 4.3 menunjukkan intensitas nilai tegangan yang berbeda-

beda pada setiap sensornya. Nilai intensitas tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 secara berturut turut adalah 0,02; 0,05; -0,002; 0,22; 0,45; -0,01; 0,01 dan 0,08 V. Sensor MQ-7 menunjukkan respon yang paling tinggi diantara ke delapan sensor lainnya. Sensor MQ-7 sensitif terhadap gas Karbon monoksida (CO). Komposisi senyawa yg terkandung dalam kopi Rayap dimungkinkan memiliki komponen gas Karbon monoksida (CO) dengan jumlah yang banyak sehingga menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi.

4.1.3 Klasifikasi Pola Respon Sensor Gas Array Terhadap Karakteristik Lima Sampel Aroma Kopi Jember.

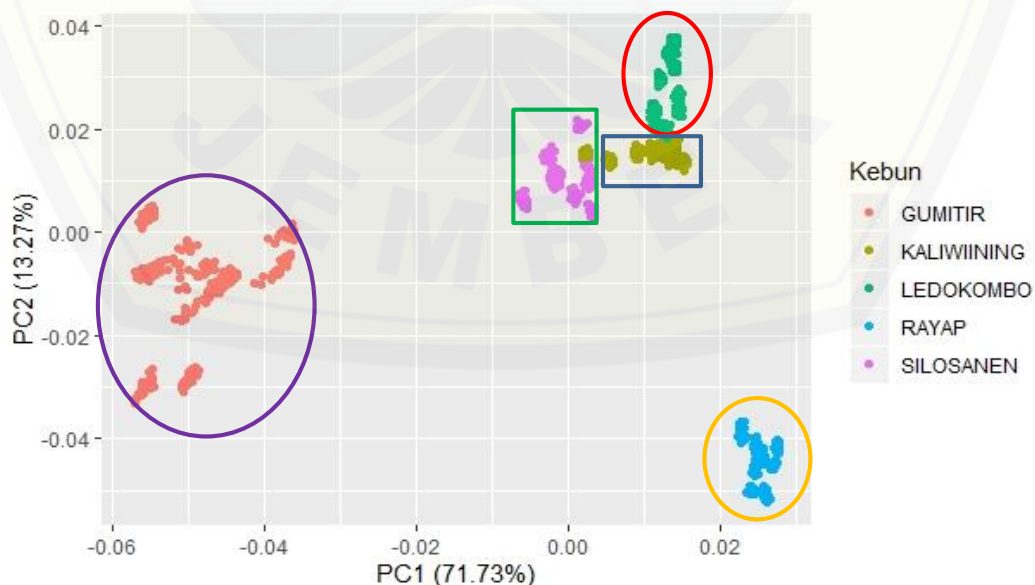
Signal respon sensor yang telah diperoleh kemudian diolah dengan metode analisis *principal component analysis* (PCA) untuk mendukung hasil perbedaan pola respon dari ke lima sampel kopi. Analisis PCA dilakukan dengan menerapkan metode prapemrosesan data agar diperoleh hasil klasifikasi atau klusterisasi yang terbaik. Hasil klusterisasi analisis berdasarkan variasi sampel kopi berada pada kelompok daerah PCA yang berbeda.



Gambar 4.5 Hasil PCA Pengukuran Sensor Gas Array dari Lima Sampel Kopi

Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari analisis PCA setiap data signal dari lima sampel kopi dengan wilayah yang berbeda memiliki dua dimensi yang terdiri dari komponen utama pertama (PCA1) dan komponen utama kedua (PCA2). Menurut Kautsar (2012), kedua *proportion of component* (PC) di dalam *score plot* ini menggambarkan persentase kedekatan antar sampel dan kemungkinan terjadinya campuran sampel kedalam beberapa kelompok. Persentase kedekatan hasil analisis PCA masing-masing komponen sebesar 72,12% untuk PC1 dan 13,37% untuk PC2 dengan jumlah total keseluruhan persentase komponen sebesar 85,49%. Menurut Nurcahyo (2015), jika jumlah keseluruhan dari komponen utama satu PC1 dan dua PC2 lebih besar dari 70%, maka hasil plot komponen memperlihatkan dua dimensi yang baik.

Analisis PCA menggunakan data primer dari hasil pengambilan data kostan pada setiap pengukuran juga dilakukan yang ditunjukkan pada gambar 4.6. Data yang di imput sejumlah 1500 data dari hasil pengukuran ke lima sampel kopi. Hasil yang diperoleh menunjukkan tidak adanya perbedaan antara penggunaan data rata-rata dengan data primer. Jumlah total keseluruhan persentase komponen yang peroleh juga hampir sama yaitu sebesar 85% untuk data primer dan 85,49% untuk data rata-rata. Hal yang berbeda hanya terletak pada jumlah titik-titik yang berkumpul lebih banyak dengan menggunakan data primer.



Gambar 4.6 Hasil PCA Data Primer Pengukuran Sensor Gas Array dari 5 Sampel Kopi

Berdasarkan hasil analisis PCA dan adanya pengelompokan titik data pada masing-masing kelompok menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode identifikasi *e-nose* sensor gas array ini dapat membedakan aroma kopi yang dari setiap sampel yang berbeda-beda. Analisa *one way* ANOVA juga dilakukan untuk mendukung data hasil analisa PCA dan melihat perbedaan hasil respon sinyal sensor gas array terhadap masing-masing kopi secara statistik. Hasilnya menunjukkan jika nilai F hitung (3,477) pada setiap sampel kopi memiliki nilai yang lebih besar dibanding F tabel (2,641) dan nilai *P-value* sebesar (0,017). Berdasarkan hasil nilai F dan *P-value* yang diperoleh dapat dinyatakan jika H_0 ditolak dan H_1 diterima sehingga dapat disimpulkan bahwa data yang diperoleh memiliki perbedaan secara signifikan.

4.2 Kinerja Sensor Gas Array terhadap Karakteristik Aroma Kopi

Kinerja sensor gas array yang digunakan untuk menguji seduhan aroma dari 5 sampel kopi dapat dilihat dari uji repeatabilitasnya. Uji repeatabilitas dilakukan untuk mengetahui tingkat kepresisian dari respon sensor gas array dalam melakukan pengulangan pada satu hari pengukuran sampel. Repeatabilitas sensor array didapatkan dengan menghitung nilai RSD dari data yang dihasilkan saat pengukuran. Hasil perhitungan repeatabilitas sensor array pada lima sampel kopi selama sepuluh kali pengulangan ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 4.1 *Relative Standart Deviasion* (RSD) Pengukuran Uap Air

Jenis Sensor	<i>Relative Standart Deviasion %</i>				
	Gumitir	Silosanen	Kaliwining	Ledokombo	Rayap
MQ-136	2.572	1.120	0.332	0.671	0.005
MQ-135	2.393	1.384	1.888	0.434	0.813
MQ-3	1.395	1.235	2.305	0.353	0.221
MQ-6	5.601	1.022	0.974	0.512	1.148
MQ-7	0.973	0.458	0.359	0.953	1.239
MQ-8	3.997	1.535	1.128	0.999	0.903
MQ-9	2.117	0.558	1.147	0.870	0.806
MQ-2	2.750	0.749	0.773	1.735	1.491

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai RSD yang diperoleh pada pengukuran repeatabilitas sensor terhadap uap air berada pada rentang 0.005 s.d 5.6% dengan rata-rata hasil pengukuran dibawah 5%. Menurut Highway Innovative Center (2012), Alat ukur akan dikatakan baik jika memiliki nilai RSD yang rendah dari 5%. Berdasarkan nilai RSD yang diperoleh kinerja sensor gas array yang digunakan untuk pengukuran uap air dapat dikatakan memiliki repeatabilitas yang baik. Nilai %RSD yang diperoleh memiliki nilai yang lebih baik jika dibanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Suyanto (2011), dimana hasil penelitian yang dilakukan memiliki nilai rentang RSD 8,4 s.d 14,8 % dan sensor yang digunakan dianggap memiliki kinerja yang baik.

Tabel 4.2 *Relative Standart Deviasion* (RSD) Pengukuran Uap Kopi

Jenis Sensor	<i>Relative Standart Deviasion %</i>				
	Gumitir	Silosanen	Kaliwining	Ledokombo	Rayap
MQ-136	2.524	0.962	0.298	0.852	0.960
MQ-135	2.524	0.524	1.058	0.533	0.988
MQ-3	3.567	2.341	1.526	0.727	0.306
MQ-6	2.731	1.104	1.274	0.759	3.515
MQ-7	2.315	0.494	0.542	0.830	2.271
MQ-8	4.550	0.740	0.887	2.277	0.858
MQ-9	3.089	0.261	0.693	0.545	1.016
MQ-2	2.854	0.871	0.624	1.102	2.117

Tabel 4.2 menunjukkan nilai RSD yang diperoleh pada pengukura repeatabilitas sensor terhadap uap kopi berada pada rentang nilai 0.26% s.d 4.55%. Menurut Highway Innovative Center (2012), Alat ukur akan dikatakan baik jika memiliki nilai RSD yang rendah dari 5%. Nilai RSD yang rendah mengindikasikan bahwa sensor relatif baik dan presisi atau dapat dikatakan kinerja sensor gas array saat pengukuran uap kopi ini memiliki repeatabilitas yang sangat baik.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil yang diperoleh menunjukkan karakteristik pola respon sensor gas array dari setiap sampel kopi memiliki pola respon yang berbeda-beda (khas). Analisis PCA dan ANOVA mendukung adanya perbedaan karakteristik pada masing-masing sampel kopi. Hasil PCA menunjukkan adanya lima kelompok sampel kopi yang berbeda yaitu kopi (Gumitir, Silosanen, Kaliwining, Ledokombo dan Rayap) dan hasil ANOVA menunjukkan jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan data yang diperoleh memiliki perbedaan secara signifikan.
2. Kinerja sensor gas array dalam karakterisasi aroma lima sampel kopi relatif baik digunakan yang ditunjukkan dengan rata-rata nilai RSD dibawah 5% pada repeatabilitas yang dihasilkan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu perlunya penambahan variasi sampel untuk menambah informasi karakteristik kopi lokal dari daerah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aak. 1980. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Kanisius.
- Affriliana, asmak. 2018. *Teknologi Pengolahan Kopi Terkini*. Yogyakarta: Deepublish.
- Asiah, N., Septiyana, F., Saptono, U., Cempaka, L., dan Sari, D.A. 2017. Identifikasi Cita Rasa Sajian Tubruk Kopi Robusta Cibulao Pada Berbagai Suhu Dan Tingkat Kehalusan Penyeduhan. *Barometer*. 2(2):52–56.
- Asrorudin, Udin. 2009. *Pengembangan Sensor Gas Berbasis Timah Oksida (SnO₂)*. Jakarta: Warta Akab.
- Aulia, Kartika Indah. 2019. Pengaruh Ukuran Bubuk Kopi Robusta Argopuro Terhadap Karakteristik Aroma Seduhannya Berdasarkan Pola Respon dari Gas Sensor Array: *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Badan Pusat Statistik. 2012. *Data Perkembangan Luas Area dan Produksi Perkebunan Kopi Jember*. Jawa Timur: BPS.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Data Perkembangan Luas Area dan Produksi Perkebunan Kopi Jember*. Jawa Timur: BPS.
- Berna, A. 2010. Metal Oxide Sensors For Electronic Noses And Their Application To Food Analysis. *Sensors*. 10(4):3882–3910.
- Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., & Charmentant, P. 2012. Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*.
- Cahyadi, ludy. 2010. Peningkatan Nilai Konduktansi Sensor Gas LPG dengan Teknik Susun Paralel. *Skripsi yang dipublikasikan*. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Cahyono, Bambang. 2012. *Sukses Berkebun Kopi*. Penerbit Mina: Jakarta.

- Ciptadi, W. dan Nasution, M.Z. 1985. *Pengolahan Kopi*. Bogor: Fakultas Teknologi Institut Pertanian Bogor.
- Danarti dan Najayati, S. 2004. *Kopi : Budidaya dan Penanganan Pasca Panen*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Decazy F., J. avelino., B. Guyot., J.J. Perriot., C. Pineda., C. Cilas. 2006. Quality of Different Honduran Coffes in Relation to Several Environment. *Journal of Food and Science*. Vol 68-7.
- D. Petruzella, Frank. 2001. *Elektronik Industri*. Yogyakarta : Andi.
- Essick, J. 2016. *Hands-On Introduction to LabVIEW for Scientist and Engineers*. Inggris: Oxford University Press.
- Figaro. 2004. General Information For TGS Sensor. <http://www.figarosensor.com/product/general.pdf>. [Diakses pada 1 April 2019].
- Handoko L. Budi dan Ade Surya Ramadhan. 2016. Rancangan Bangunan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Arduino Mega 2560. *Thecno.COM*. Vol 15(2):117-124.
- Hans-Petter Halvorsen. 2016. *Data Acquisiton in Labview*. University College of Southeast Norway: Norwegia.
- Highway Innovative Center. 2001. *Evaluation of the CON/SPAN Wingwall System: Technical Evaluation Report*. American Society of Civil Engenering: US of America.
- International Coffee Organization (ICO)*. 2013. Historical data. Ico.
- Istifadah., dkk. 2013. *Model peningkatan kinerja usaha kopi olahan Berbasis kelompok dan kemitraan Di kabupaten jember*. Jember: Universitas Jember.
- Jati, H. A. P. dan D. Lelono. 2013. Deteksi Dan Monitoring Polusi Udara Berbasis Array Sensor Gas. *Ijeis*. 3(2):2088–3714.

- Johnson RA, Wichern DW. 1992. Applied Multivariate Statistical Analysis. Third Edition. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. Kabir
- Kautsar Rosselina. 2012. Analisis Preferensi Konsumen Yoghurt My Healthy di Dramaga Bogor. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kustiari, Reni. 2008. Pasar Kopi Dunia dan Implikasinya bagi Indonesia. Dalam Majalah Kopi Indonesia Jendela Informasi Perkopian Edisi 140/Th XIII/Mei-Juni-Juli/ 2008.
- 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. *Sensors (Switzerland)*. 15(1):1252–1273.
- Lindsay,W. 2007. *An Introduction to Six Sigma & Process Improvement*. Penerbit Salemba: Jakarta.
- Lintang, C. A., T. W. Widodo, dan D. Lelono. 2016. Rancang bangun electronic nose untuk mendeteksi tingkat kebusukan ikan air tawar. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*. 6(2):129.
- Mishra, S., C. Ghanshyam, R. A. M. Nathai, S. Singh, R. P. Bajpai, dan R. K. Bedi. 2002. Alcohol sensing of tin oxide thin film prepared by sol-gel process. *Bulletin of Materials Science*. 25(3):231–234.
- Nurchahyo B. 2015. Identifikasi dan Autentikasi Meniran (*Phyllanthus niruri* L.) Menggunakan Spektra Ultraviolet-Tampak dan Kemometrika. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Oktorizal, A. 2010. *Studi Sensor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave untuk Penerapan pada Sistem Identifikasi Gas*. *Skripsi*. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Persaud, Krishna dan Dodd, George. 1982. Analisis of Discrimination Mechanisms in The Mammalian Olfactory System Using a Model Nose. *Nature*. Vol. 299:352–355.
- Qi, Q., T. Zhang, X. Zheng, H. Fan, L. Liu, R. Wang, dan Y. Zeng. 2008. Electrical response of Sm_2O_3 -doped SnO_2 to C_2H_2 and effect of humidity interference. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 134(1):36–42.

- Rabersyah, D., Firdaus, dan Derisma. 2016. Identifikasi Jenis Bubuk Kopi Menggunakan Electronic Nose. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*.5(3):332–338.
- Rahardjo, Pudji. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahma, Nihlatur. 2019. Pengembangan Hidung Elektronik untuk Mengkarakterisasi Aroma Kopi Robusta Sidomulyo Berdasarkan Variasi Suhu Penyeduhan: *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Ridwansyah. 2003. *Pengolahan Kopi*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara Digital Library.
- Rodríguez, J., C. Durán, dan A. Reyes. 2010. Electronic Nose For Quality Control Of Colombian Coffee Through The Detection Of Defects In “Cup Tests”. *Sensors*. 10(1):36–46.
- Rosyad, F. dan D. Lenono. 2016. Klasifikasi Kemurnian Daging Sapi Berbasis Electronic Nose Dengan Metode Principal Component Analysis. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*. 6(1):47.
- Rusmandi, Dedy, 2001. *Mengenal Komponen Elektronika*. Bandung: Penerbit Pionir Jaya.
- Sanz, C., L. Maeztu, M. Jose Zapelena, J. Bello, dan C. Cid. 2002. Profiles of volatil compounds and sensory analysis of three blends of coffee: influence of different proportions of arabica and robusta and influence of roasting coffee with sugar. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82(8):840–847.
- Spillane, James J. 1990. *Komoditi Kopi Peranannya dalam Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sugiarto Siagian D. 2006. *Metode Statistika untuk Bisnis dan Ekonomi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Suryanto. 1998. *Metode Statistika Multivarian*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Suyanto Faiz ST, MT. 2014. *Uji Kinerja Taguchi Gas Sensor (TGS) Untuk Memonitoring Gas Methane Pada Portabel Biodigester*. Surabaya: ITS Surabaya.

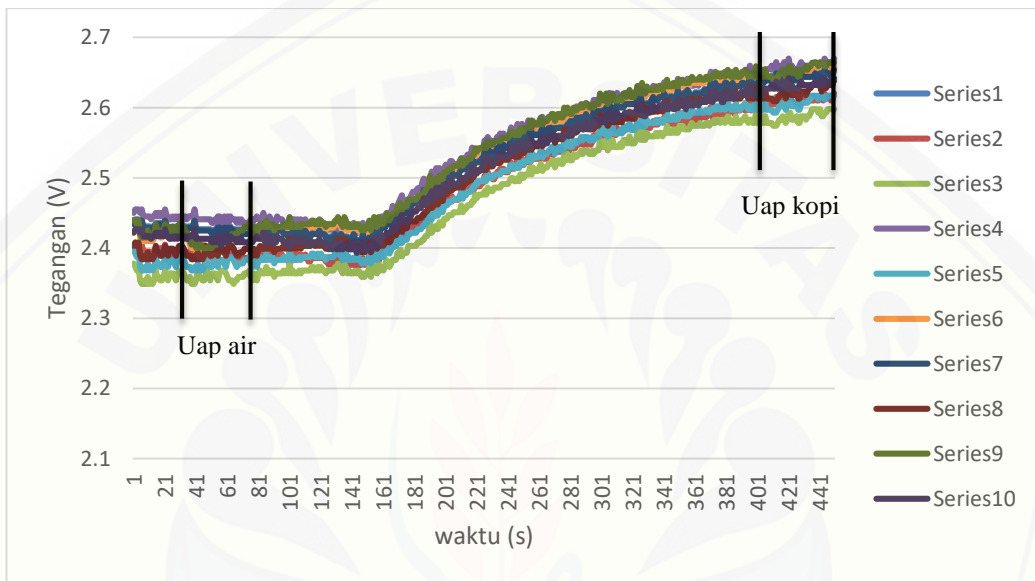
Winsen Electronics Technology Co., Ltd. 2013. Sensor Data Sheet.
<https://www.winsen-sensor.com>. [Diakses pada 28 Agustus 2019].



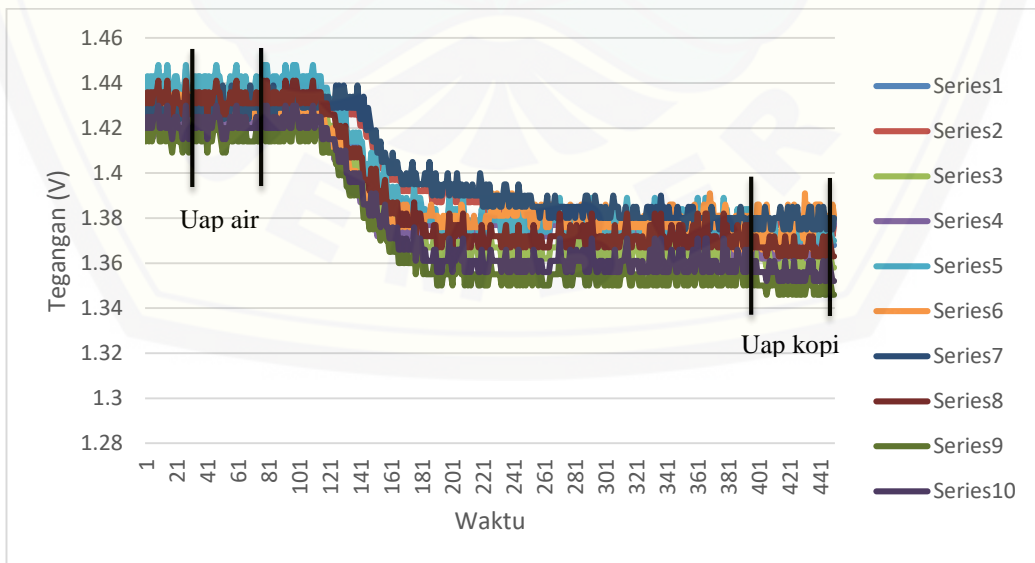
LAMPIRAN

Lampiran 4.1 Pola Respon Sampel Kopi

Proses penentuan pola respon kopi diambil dari hasil selisih pengukuran uap kopi dan uap air dengan menghitung rata-rata dari 30 data konstan pada 10 kali pengulangan.



Respon sensor MQ-8 terhadap kopi Kaliwining selama 10 kali pengulangan



Respon sensor MQ-6 terhadap kopi Ledokombo selama 10 kali pengulangan

Lampiran 4.2 Rata-rata Pengukuran Uap Air 5 Sampel Kopi

1. Kopi Gunitir

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	2.922613	2.989548	2.92229	3.054032	2.857613	3.03129	2.994097	2.970065	2.968161	2.807839	2.951755
MQ-135	1.870903	1.867839	1.924419	1.912	1.919581	1.962774	1.906516	1.913935	1.798258	1.863581	1.893981
MQ-3	1.832097	1.806323	1.840548	1.808935	1.811645	1.884323	1.795387	1.819387	1.806097	1.820548	1.822529
MQ-6	0.873387	0.91671	0.852	0.829645	0.949742	0.949419	0.934161	0.882226	0.830419	0.829645	0.884735
MQ-7	2.054161	2.006903	2.033871	2.025806	2.018968	2.033548	2.025968	2.049742	2.075839	2.026774	2.035158
MQ-8	1.70529	1.679387	1.646452	1.582935	1.784355	1.727194	1.751129	1.607613	1.762194	1.740161	1.698671
MQ-9	2.358065	2.417452	2.416839	2.491903	2.497226	2.412065	2.385323	2.496742	2.414903	2.491774	2.438229
MQ-2	0.582194	0.586871	0.590258	0.60529	0.598968	0.583645	0.592355	0.61571	0.622355	0.627806	0.600545

2. Kopi Silosanen

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.249226	3.268258	3.259871	3.28729	3.253419	3.33971	3.332645	3.304194	3.324645	3.340452	3.295971
MQ-135	2.19929	2.209419	2.206677	2.216194	2.218774	2.226677	2.224097	2.171645	2.15029	2.144161	2.196723
MQ-3	2.241065	2.274161	2.224	2.206419	2.236548	2.293774	2.255258	2.240677	2.270387	2.284355	2.252665
MQ-6	1.186097	1.201742	1.20029	1.181581	1.174	1.191097	1.195774	1.167645	1.204097	1.193806	1.189613
MQ-7	2.416839	2.407839	2.394452	2.402839	2.405258	2.401839	2.392839	2.379452	2.387839	2.390258	2.397945
MQ-8	2.162032	2.125419	2.096194	2.135258	2.086194	2.168387	2.083258	2.158871	2.118968	2.093516	2.12281
MQ-9	2.754387	2.753774	2.765581	2.765	2.78471	2.787935	2.783258	2.760065	2.763774	2.797935	2.771642
MQ-2	0.985516	0.991484	0.975935	0.97371	0.990677	0.986645	0.995516	0.980677	0.976645	0.98071	0.983752

3. Kopi Kaliwining

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.708226	3.721677	3.721323	3.689516	3.704516	3.718226	3.725677	3.726323	3.699516	3.706516	3.712152
MQ-135	2.613387	2.65671	2.592	2.569645	2.689742	2.689419	2.674161	2.622226	2.570419	2.569645	2.624735
MQ-3	2.446161	2.422968	2.491935	2.393161	2.532903	2.495355	2.562903	2.512903	2.527871	2.561161	2.494732
MQ-6	1.624677	1.637871	1.609258	1.609484	1.617387	1.628419	1.630903	1.619258	1.603129	1.583774	1.616416
MQ-7	2.827484	2.813516	2.817387	2.808613	2.807613	2.812484	2.804516	2.810387	2.834516	2.802613	2.813913
MQ-8	2.432774	2.396774	2.35971	2.446774	2.37871	2.42071	2.430774	2.394387	2.425581	2.418774	2.410497
MQ-9	3.050516	3.027871	3.112161	3.098129	3.084645	3.045516	3.022871	3.117161	3.103129	3.089645	3.075165
MQ-2	1.402	1.411097	1.403129	1.42529	1.406968	1.40529	1.389	1.398097	1.417355	1.419968	1.407819

4. Kopi Ledokombo

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.399258	3.382194	3.414355	3.441548	3.401258	3.419258	3.373194	3.421258	3.399548	3.369194	3.402106
MQ-135	2.440581	2.440387	2.461355	2.465774	2.435355	2.44371	2.442774	2.461903	2.446355	2.444774	2.448297
MQ-3	2.464387	2.466	2.474806	2.451806	2.461	2.457323	2.452226	2.462645	2.446419	2.450194	2.458681
MQ-6	1.437935	1.42471	1.427935	1.423258	1.439935	1.427258	1.42771	1.432935	1.415935	1.421935	1.427955
MQ-7	2.577097	2.542226	2.598871	2.602258	2.583871	2.579226	2.572935	2.609871	2.614323	2.546742	2.582742
MQ-8	2.33029	2.326742	2.298968	2.319903	2.355677	2.34129	2.299419	2.283516	2.293387	2.32971	2.31789
MQ-9	2.859516	2.803774	2.860548	2.864839	2.839129	2.890355	2.852774	2.841968	2.815774	2.853774	2.848245
MQ-2	1.057871	1.054452	1.047032	1.047968	1.078935	1.102645	1.040065	1.071484	1.065194	1.055548	1.062119

5. Kopi Rayap

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.081645	3.066226	3.072387	3.043323	3.081387	3.111645	3.096226	3.072387	3.073323	3.081387	3.077994
MQ-135	2.04429	2.048452	2.085226	2.065548	2.054419	2.083774	2.083935	2.050968	2.072323	2.085548	2.067448
MQ-3	2.011581	2.019968	2.018032	2.011419	2.014806	2.017194	2.020742	2.017677	2.018968	2.026548	2.017694
MQ-6	1.063613	1.076548	1.095516	1.094387	1.089226	1.078065	1.062161	1.093419	1.086484	1.073258	1.081268
MQ-7	2.23029	2.226742	2.288968	2.219903	2.255677	2.24129	2.299419	2.273516	2.283387	2.25971	2.25789
MQ-8	1.969258	1.970871	1.997258	1.971032	2.000677	1.967645	1.940903	1.990613	1.987387	1.987323	1.978297
MQ-9	2.619097	2.662452	2.645871	2.648484	2.642774	2.624581	2.680194	2.671484	2.624871	2.666968	2.648677
MQ-2	0.864387	0.886	0.871806	0.891806	0.871	0.865323	0.862226	0.852645	0.866419	0.890194	0.872181

Lampiran 4.3 Rata-rata Pengukuran Uap Kopi dari 5 Sampel Kopi

1. Kopi Gunitir

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.427581	3.578194	3.599581	3.486968	3.459677	3.399161	3.374516	3.376903	3.338226	3.412774	3.445358
MQ-135	2.282065	2.382806	2.197742	2.321516	2.378581	2.310226	2.27429	2.272839	2.235871	2.321032	2.297697
MQ-3	2.577387	2.791516	2.770484	2.656903	2.801484	2.634903	2.799	2.617355	2.832613	2.829226	2.720183
MQ-6	1.083097	1.165871	1.087935	1.107129	1.094323	1.098806	1.069548	1.132355	1.063935	1.103258	1.100626
MQ-7	2.107032	2.083742	2.177839	2.129032	2.049419	2.091903	2.061935	2.108323	2.200258	2.153419	2.11629
MQ-8	2.192194	2.238226	1.946677	2.037226	2.140903	2.124548	2.151226	1.970871	2.110839	2.027032	2.093974
MQ-9	3.012387	2.781516	2.883581	2.938806	2.971645	2.818839	2.966452	2.816742	2.793452	2.996613	2.898003
MQ-2	0.571452	0.581065	0.612516	0.599129	0.594613	0.585258	0.575258	0.616677	0.605258	0.616839	0.595806

2. Kopi Silosanen

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.356742	3.355129	3.340935	3.387516	3.361484	3.41471	3.407677	3.432935	3.422484	3.368677	3.384829
MQ-135	2.321742	2.316677	2.328839	2.316355	2.336097	2.327742	2.300968	2.310387	2.297742	2.313194	2.316974
MQ-3	2.584355	2.734742	2.669935	2.618194	2.679129	2.687581	2.742871	2.768161	2.592903	2.666645	2.674452
MQ-6	1.243548	1.260548	1.249194	1.225097	1.240258	1.231065	1.255613	1.224871	1.258548	1.25629	1.244503
MQ-7	2.423516	2.411065	2.406581	2.405097	2.398194	2.408516	2.396065	2.391581	2.390097	2.383194	2.40139
MQ-8	2.217774	2.25129	2.232806	2.219065	2.222806	2.252032	2.264355	2.256097	2.242129	2.231355	2.238971
MQ-9	2.735387	2.729419	2.748129	2.734419	2.736194	2.721032	2.734903	2.740065	2.739419	2.731032	2.735
MQ-2	0.979806	0.976806	0.97971	0.994484	0.986323	0.986161	0.989806	0.976323	0.976161	1.001484	0.984706

3. Kopi Kaliwining

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.753032	3.730387	3.743516	3.725452	3.740452	3.763032	3.734387	3.748516	3.735452	3.742452	3.741668
MQ-135	2.823097	2.905871	2.827935	2.847129	2.834323	2.838806	2.809548	2.872355	2.803935	2.843258	2.840626
MQ-3	2.631677	2.699226	2.610226	2.727903	2.617419	2.650065	2.647419	2.597419	2.624742	2.648903	2.6455
MQ-6	1.666	1.697645	1.658452	1.682645	1.727452	1.690387	1.695387	1.668452	1.697452	1.661548	1.684542
MQ-7	2.908452	2.903387	2.914452	2.88229	2.88129	2.893452	2.894387	2.907452	2.924387	2.87629	2.898584
MQ-8	2.647774	2.611129	2.590742	2.661129	2.61071	2.651419	2.645129	2.62671	2.657871	2.633129	2.633574
MQ-9	3.031258	3.010613	3.065097	3.044645	3.041548	3.026258	3.005613	3.070097	3.049645	3.046548	3.039132
MQ-2	1.396194	1.392161	1.392	1.39371	1.386581	1.37371	1.383194	1.379161	1.399258	1.399581	1.389555

4. Kopi Ledokombo

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.476355	3.558161	3.489677	3.554355	3.497065	3.496355	3.549161	3.517065	3.512355	3.545161	3.519571
MQ-135	2.551194	2.557548	2.569097	2.523677	2.545742	2.530742	2.547645	2.535548	2.556742	2.549645	2.546758
MQ-3	2.54971	2.555935	2.544613	2.531581	2.525	2.56229	2.542226	2.540161	2.57429	2.510452	2.543626
MQ-6	1.371032	1.376194	1.361032	1.374903	1.373032	1.378903	1.379194	1.366032	1.349032	1.355032	1.368439
MQ-7	2.830935	2.866419	2.830871	2.817742	2.827581	2.849968	2.873742	2.799355	2.858194	2.856871	2.841168
MQ-8	2.850806	2.784613	2.813677	2.719903	2.831613	2.737968	2.710226	2.750806	2.686484	2.866548	2.775265
MQ-9	2.841	2.812968	2.838645	2.841065	2.826516	2.857903	2.826	2.829065	2.824968	2.862968	2.83611
MQ-2	1.046742	1.06329	1.035226	1.029258	1.059032	1.066548	1.048419	1.050484	1.05329	1.051742	1.050403

5. Kopi Rayap

SENSOR	Rata-rata (V)										Rata total
	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10	
MQ-136	3.131968	3.115032	3.085258	3.079903	3.082645	3.161968	3.145032	3.085258	3.109903	3.082645	3.107961
MQ-135	2.113419	2.094387	2.142742	2.104871	2.098355	2.143065	2.124871	2.088548	2.142581	2.124871	2.117771
MQ-3	2.008194	2.020613	2.008194	2.007065	2.015935	2.014613	2.018323	2.01329	2.014935	2.026871	2.014803
MQ-6	1.311484	1.305194	1.312613	1.368065	1.310194	1.267161	1.379968	1.285387	1.25329	1.236387	1.302974
MQ-7	2.750935	2.684452	2.803516	2.619742	2.731613	2.637645	2.709903	2.740323	2.675677	2.796387	2.715019
MQ-8	1.977323	1.958323	1.952548	1.967677	1.960516	1.962839	1.933645	1.95929	1.997226	1.950742	1.962013
MQ-9	2.669065	2.64171	2.695	2.643968	2.623452	2.690387	2.666968	2.633935	2.701323	2.653903	2.661971
MQ-2	0.94971	0.975935	0.941613	0.971581	0.935	0.97029	0.952226	0.930161	0.99429	0.950452	0.957126

Lampiran 4.4 Hasil Selisih Pengukuran Uap Kopi-Uap Air

Kebun	Pengukuran	Sensor (Volt)							
		MQ 136	MQ 135	MQ 3	MQ 6	MQ 7	MQ 8	MQ 9	MQ 2
GUMITIR	Uap air	2.951755	1.893981	1.822529	0.884735	2.035158	1.698671	2.438229	0.600545
	Uap kopi	3.445358	2.297697	2.720183	1.100626	2.11629	2.093974	2.898003	0.595806
	Selisih	0.493603	0.403716	0.897654	0.21589	0.081132	0.395303	0.459774	-0.00474
SILOSANEN	Uap air	3.295971	2.196723	2.252665	1.189613	2.397945	2.12281	2.771642	0.983752
	Uap kopi	3.384829	2.316974	2.674452	1.244503	2.40139	2.238971	2.735	0.984706
	Selisih	0.088858	0.120252	0.421787	0.05489	0.003445	0.116161	-0.03664	0.000955
KALIWINING	Uap air	3.712152	2.624735	2.494732	1.616416	2.813913	2.410497	3.075165	1.407819
	Uap kopi	3.741668	2.840626	2.6455	1.684542	2.898584	2.633574	3.039132	1.389555
	Selisih	0.029516	0.21589	0.150768	0.068126	0.084671	0.223077	-0.03603	-0.01826
LEDOKOMBO	Uap air	3.402106	2.448297	2.458681	1.427955	2.582742	2.31789	2.848245	1.062119
	Uap kopi	3.519571	2.546758	2.543626	1.368439	2.841168	2.775265	2.83611	1.050403
	Selisih	0.117465	0.098461	0.084945	-0.05952	0.258426	0.457374	-0.01214	-0.01172
RAYAP	Uap air	3.077994	2.067448	2.017694	1.081268	2.25789	1.978297	2.648677	0.872181
	Uap kopi	3.107961	2.117771	2.014803	1.302974	2.715019	1.962013	2.661971	0.957126
	Selisih	0.029968	0.050323	-0.00289	0.221706	0.457129	-0.01628	0.013294	0.084945

Lampiran 4.5 Pengolahan Data Metode Principal Component Analysis (PCA)

Input data PCA:

Kebun	MQ-136	MQ-135	MQ-3	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	MQ-2
GUMITIR	0.50497	0.41116	0.74529	0.20971	0.05287	0.4869	0.65432	-0.0107
GUMITIR	0.58865	0.51497	0.98519	0.24916	0.07684	0.55884	0.36406	-0.0058
GUMITIR	0.67729	0.27332	0.92994	0.23594	0.14397	0.30023	0.46674	0.02226
GUMITIR	0.43294	0.40952	0.84797	0.27748	0.10323	0.45429	0.4469	-0.0062
GUMITIR	0.60206	0.459	0.98984	0.14458	0.03045	0.35655	0.47442	-0.0044
GUMITIR	0.36787	0.34745	0.75058	0.14939	0.05835	0.39735	0.40677	0.00161
GUMITIR	0.38042	0.36777	1.00361	0.13539	0.03597	0.4001	0.58113	-0.0171
GUMITIR	0.40684	0.3589	0.79797	0.25013	0.05858	0.36326	0.32	0.00097
GUMITIR	0.37006	0.43761	1.02652	0.23352	0.12442	0.34865	0.37855	-0.0171
GUMITIR	0.60494	0.45745	1.00868	0.27361	0.12665	0.28687	0.50484	-0.011
SILOSANEN	0.10752	0.12245	0.34329	0.05745	0.00668	0.05574	-0.019	-0.0057
SILOSANEN	0.08687	0.10726	0.46058	0.05881	0.00323	0.12587	-0.02435	-0.0147
SILOSANEN	0.08106	0.12216	0.44594	0.0489	0.01213	0.13661	-0.01745	0.00377
SILOSANEN	0.10023	0.10016	0.41177	0.04352	0.00226	0.08381	-0.03058	0.02077
SILOSANEN	0.10806	0.11732	0.44258	0.06626	-0.0071	0.13661	-0.04852	-0.0044
SILOSANEN	0.075	0.10106	0.39381	0.03997	0.00668	0.08365	-0.0669	-0.0005
SILOSANEN	0.07503	0.07687	0.48761	0.05984	0.00323	0.1811	-0.04835	-0.0057
SILOSANEN	0.12874	0.13874	0.52748	0.05723	0.01213	0.09723	-0.02	-0.0044
SILOSANEN	0.09784	0.14745	0.32252	0.05445	0.00226	0.12316	-0.02435	-0.0005
SILOSANEN	0.02823	0.16903	0.38229	0.06248	-0.0071	0.13784	-0.0669	0.02077
KALIWINING	0.04481	0.20971	0.18552	0.04132	0.08097	0.215	-0.01926	-0.0058

KALIWINING	0.00871	0.24916	0.27626	0.05977	0.08987	0.21435	-0.01726	-0.0189
KALIWINING	0.02219	0.23594	0.11829	0.04919	0.09706	0.23103	-0.04706	-0.0111
KALIWINING	0.03594	0.27748	0.33474	0.07316	0.07368	0.21435	-0.05348	-0.0316
KALIWINING	0.03594	0.14458	0.08452	0.11006	0.07368	0.232	-0.0431	-0.0204
KALIWINING	0.04481	0.14939	0.15471	0.06197	0.08097	0.23071	-0.01926	-0.0316
KALIWINING	0.00871	0.13539	0.08452	0.06448	0.08987	0.21435	-0.01726	-0.0058
KALIWINING	0.02219	0.25013	0.08452	0.04919	0.09706	0.23232	-0.04706	-0.0189
KALIWINING	0.03594	0.23352	0.09687	0.09432	0.08987	0.23229	-0.05348	-0.0181
KALIWINING	0.03594	0.27361	0.08774	0.07777	0.07368	0.21435	-0.0431	-0.0204
LEDOKOMBO	0.0771	0.11061	0.08532	-0.0669	0.25384	0.52052	-0.01852	-0.0111
LEDOKOMBO	0.17597	0.11716	0.08994	-0.04852	0.32419	0.45787	0.00919	0.00884
LEDOKOMBO	0.07532	0.10774	0.06981	-0.0669	0.232	0.51471	-0.0219	-0.0118
LEDOKOMBO	0.11281	0.0579	0.07977	-0.04835	0.21548	0.4	-0.02377	-0.0187
LEDOKOMBO	0.09581	0.11039	0.064	-0.0669	0.24371	0.47594	-0.01261	-0.0199
LEDOKOMBO	0.0771	0.08703	0.10497	-0.04835	0.27074	0.39668	-0.03245	-0.0361
LEDOKOMBO	0.17597	0.10487	0.09	-0.04852	0.30081	0.41081	-0.02677	0.00835
LEDOKOMBO	0.09581	0.07365	0.07752	-0.0669	0.18948	0.46729	-0.0129	-0.021
LEDOKOMBO	0.11281	0.11039	0.12787	-0.0669	0.24387	0.3931	0.00919	-0.0119
LEDOKOMBO	0.17597	0.10487	0.06026	-0.0669	0.31013	0.53684	0.00919	-0.0038
RAYAP	0.05032	0.06913	-0.00339	0.24787	0.52065	0.00806	0.04997	0.08532
RAYAP	0.04881	0.04594	0.00065	0.22865	0.45771	-0.0125	-0.02074	0.08994
RAYAP	0.01287	0.05752	-0.00984	0.2171	0.51455	-0.0447	0.04913	0.06981
RAYAP	0.03658	0.03932	-0.00435	0.27368	0.39984	-0.0034	-0.00452	0.07977
RAYAP	0.00126	0.04394	0.00113	0.22097	0.47594	-0.0402	-0.01932	0.064

RAYAP	0.05032	0.05929	-0.00258	0.1891	0.39635	-0.0048	0.06581	0.10497
RAYAP	0.04881	0.04094	-0.00242	0.31781	0.41048	-0.0073	-0.01323	0.09
RAYAP	0.01287	0.03758	-0.00439	0.19197	0.46681	-0.0313	-0.03755	0.07752
RAYAP	0.03658	0.07026	-0.00403	0.16681	0.39229	0.00984	0.07645	0.12787
RAYAP	0.00126	0.03932	0.00032	0.16313	0.53668	-0.0366	-0.01306	0.06026

Proses PCA:

```
install.packages("ggfortify")
```

```
install.packages("readxl")
```

```
library(ggfortify)
```

```
library(readxl)
```

```
data_kopi <- read_excel("D:/Data/Meidy.xlsx")
```

```
View(data_kopi)
```

```
pca_data=prcomp(data_kopi[,-1])
```

```
summary(pca_data)
```

```
datanew=data.frame(data_kopi[,-1])
```

```
datanew=cov(data_kopi[,-1])
```

```
cov(datanew)
```

```
eigen(datanew)
```

```
autoplot(prcomp(data_kopi[,-1]), data = data_kopi, colour = "Kebun")
```

Lampiran 4.6 Analisis ANOVA Lima Sampel Kopi

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
GUMITIR	8	2.942334	0.367792	0.078731
SILOSANEN	8	0.769706	0.096213	0.020581
KALIWINING	8	0.717752	0.089719	0.00986
LEDOKOMBO	8	0.933303	0.116663	0.028804
RAYAP	8	0.83819	0.104774	0.025914

<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>
Between Groups	0.455922	4	0.11398	3.477351	0.017112	2.641465
Within Groups	1.147229	35	0.032778			
Total	1.603151	39				

