



**KARAKTERISASI PROFIL RESPON GAS SENSOR ARRAY
TERHADAP AROMA KOPI ROBUSTA DARI KEBUN PANTI
DENGAN VARIASI UKURAN SERBUK**

SKRIPSI

Oleh:
Zulfi Nauril F
NIM 151810301027

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



**KARAKTERISASI PROFIL RESPON GAS SENSOR ARRAY
TERHADAP AROMA KOPI ROBUSTA DARI KEBUN PANTI
DENGAN VARIASI UKURAN SERBUK**

SKRIPSI

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

Oleh:
Zulfi Nauril F
NIM 151810301027

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Ibu Tatun Asmiarsi dan Bapak Syamsul Arifin yang telah memberikan do'a, cinta, kasih sayang, bimbingan, pengorbanan, perjuangan, keikhlasan didikan, kesabaran, semangat yang tiada hentinya kepada saya hingga saya bisa meraih semua ini.
2. Nenek Siti dan (alm) kakek Heri yang senantiasa memberikan cinta, kasih sayang, pengorbanan, perjuangan, keikhlasan dan dukungan.
3. Saudaraku tercinta Khoirun Nisa R dan Alvin Zidna Faqih yang selalu memberikan doa, dan dukungannya.
4. Keluarga besarku yang selalu mendo'akan, mendukung, dan memberi motivasi.
5. Bapak Ibu Guru di MI Ihyaul Islam, Mts. Sunan Giri, SMAN 3 Probolinggo serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing dengan penuh kesabaran.
6. Sahabat Sister Tri Wulan, Rosa Safitri, Khonita Anjalsari, dan Desyawati Irnasari yang telah membantu, menemani saya, memberikan dukungan, saran dan masukan.
7. Sahabat saya Ria Yulian, Annisa Dwi, Puspadillah R, Winda Avianti laily, dan Yunita yang selalu memberikan do'a, dukungan dan motivasi.
8. Rian Citra yang senantiasa memberikan dukungan, semangat dan motivasi.
9. Tim kelompok riset kopi yang telah menemani, mendo'akan, berjuang bersama.
10. Teman-teman kost ungu yang selalu membantu, mendukung dan memberikan semangat.
11. Teman seperjuangan Chrypton 2015 terimakasih atas bantuan, semangat dan do'a yang telah diberikan.
12. Semua pihak yang telah berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

MOTTO

“Sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan, maka apabila telah selesai (dari urusan dunia) bersungguh-sungguhlah (dalam beribadah). Dan hanya kepada

Tuhan-Mu lah berharap”

(Qs. Al-Insyirah: 6-8) ^{*}

“Barang siapa yang keluar rumah untuk mencari ilmu maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga”

(Hadis Riwayat Muslim) ^{}**

^{*}) Kementrian Agama RI. 2007. *Al-Qur'an dan Terjemahnya dilengkapi dengan Kajian Usul Fiqih dan Intisari Ayat*. Bandung: PT. Sygma Examedia Arkanleema.

^{**}) Almath, Muhammad Faiz. 1991. *1100 Hadits Terpilih: Sinar Ajaran Muhammad*. Jakarta : Gema insani.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Zulfi Nauril F

NIM : 151810301027

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakterisasi Profil Respon Gas Sensor *Array* Terhadap Aroma Kopi Robusta Dari Kebun Panti Dengan Variasi Ukuran Serbuk” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan subtransi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, Juli 2019

Yang menyatakan,

Zulfi Nauril F

NIM 151810301027

SKRIPSI

**KARAKTERISASI PROFIL RESPON GAS SENSOR ARRAY
TERHADAP AROMA KOPI ROBUSTA DARI KEBUN PANTI
DENGAN VARIASI UKURAN SERBUK**

Oleh:
Zulfi Nauril F
NIM 151810301027

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Siswoyo, Ms.C., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Zulfikar, Ph.D.



RINGKASAN

Karakterisasi Profil Respon Gas Sensor Array Terhadap Aroma Kopi Robusta Dari Kebun Panti Dengan Variasi Ukuran Serbuk; Zulfi Nauril F, 151810301027; 2019: 90 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kopi merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai ekonomis tinggi di Indonesia. Jenis kopi yang paling umum ditanam di Indonesia yaitu kopi Robusta dan kopi Arabika. Jember merupakan salah satu daerah penghasil kopi yang terbagi dalam beberapa Kecamatan. Salah satunya yaitu Panti. Jenis kopi yang ditanam di daerah Panti yaitu kopi jenis Robusta dan Arabika, akan tetapi jenis kopi Robusta yang lebih banyak dibudidayakan di daerah ini, setiap jenis kopi akan memiliki karakteristik yang berbeda. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu asal daerah kopi tumbuh, pengolahan, pemberian pupuk, serta kandungan senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam kopi, di dalam kopi terdapat banyak senyawa volatil maupun nonvolatil yang mempengaruhi cita rasa kopi.

Senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam kopi dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis-jenis kopi dari berbagai daerah. Senyawa kimia dalam kopi akan menghasilkan suatu aroma ketika dilakukan penyeduhan, selain penyeduhan faktor lain yang mempengaruhi aroma kopi yaitu ukuran serbuk kopi. Penyeduhan kopi menggunakan air dengan suhu (92°C) akan membuat senyawa-senyawa volatil yang terdapat dalam kopi menguap. Ukuran serbuk kopi yang digunakan yaitu terdiri dari 3 variasi (halus, medium, kasar). Metode yang paling sederhana untuk pendeteksian senyawa volatil dalam kopi yaitu menggunakan gas sensor array berbasis *electronic nose*. *E-nose* merupakan suatu elektronik yang memiliki prinsip seperti hidung manusia yang dapat mendeteksi adanya bau atau aroma. *E-nose* merupakan salah satu teknik penelitian yang bernilai ekonomis, mudah serta tidak banyak perlakuan.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dari bulan November 2018 - april 2019. Kopi Robusta Panti yang digunakan diseduh menggunakan air panas dengan suhu 92° C dengan perbandingan 1:15. Metode pendeteksian aroma yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sensor gas yang disusun menjadi *array*. Sensor gas yang digunakan terdiri dari 5 sensor yaitu MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6 dan MQ-7. Proses penyeduhan yang dilakukan akan menghasilkan aroma yang kemudian ditarik oleh pompa sehingga dapat terdeteksi oleh sensor, kemudian akan dialirkan menuju arduino untuk diolah datanya menjadi data digital dan respon yang diperoleh akan ditampilkan pada *software Labview*.

Hasil yang diperoleh yaitu setiap sensor yang digunakan memiliki sensitivitas yang berbeda dan ketika disusun menjadi *array* akan menghasilkan suatu respon sensor yang berbeda sehingga menjadi suatu pola respon yang khas dari suatu daerah. MQ-3 memiliki respon yang paling tinggi, MQ-135, MQ-6, MQ-7 memiliki respon yang sejajar dan MQ-2 memiliki respon yang paling rendah. Hasil yang diperoleh yaitu tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara ketiga variasi ukuran serbuk. Sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi aroma kopi diuji kinerjanya menggunakan uji repeatabilitas. Uji repeatabilitas dapat dilihat dari nilai %RSD, sensor gas yang digunakan menghasilkan nilai RSD <5% yang menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki repeatabilitas yang baik. Uji reproduibilitas juga dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor berdasarkan hasil yang diperoleh yaitu sensor gas yang digunakan memiliki %RSD dibawah 20% yang menunjukkan bahwa sensor gas yang digunakan masih baik dan *reproducible*.

PRAKATA

Alhamdulillah Segala puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Karakterisasi Profil Respon Gas Sensor Array Terhadap Aroma Kopi Robusta Dari Kebun Panti Dengan Variasi Ukuran Serbuk” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

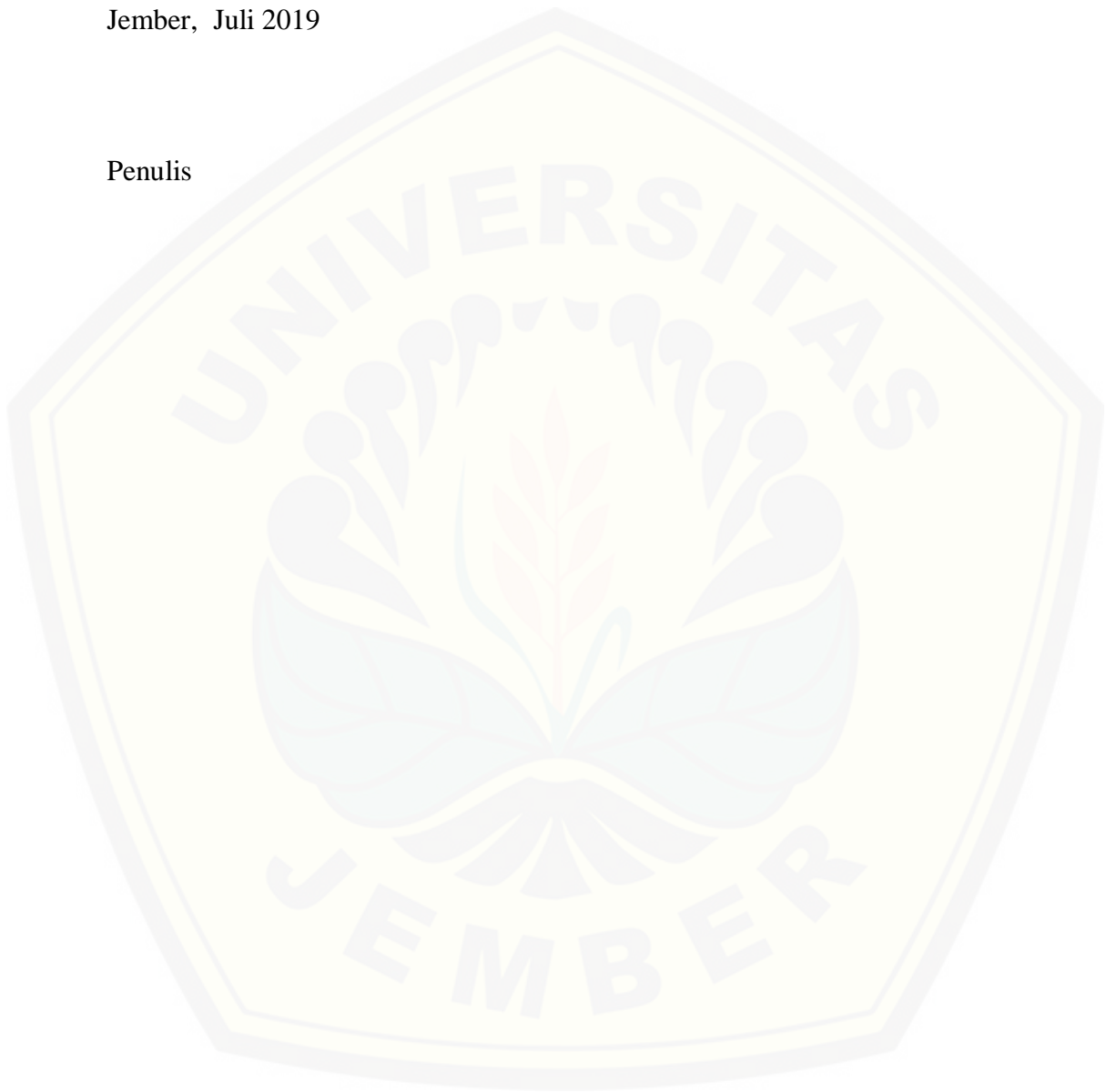
Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak, sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Drs. Siswoyo, Ms.C., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Zulfikar, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta do'a dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Asnawati, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji I dan Yudi Aris Sulistiyo, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Tanti Haryati, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
6. Kepala Laboratorium Kimia Analitik, Kepala Laboratorium Kimia Fisik, Kepala Laboratorium Kimia Organik, Kepala Laboratorium;
7. Segenap dosen pengajar Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
8. Seluruh teknisi laboratorium Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;

Penulis berharap setiap kalimat dalam skripsi ini dapat bermanfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Jember, Juli 2019

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
HALAMAN 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	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kopi	6
2.1.1 Definisi kopi.....	6
2.1.2 Jenis Kopi.....	7
2.1.3 Kopi Robusta Jember.....	8
2.1.4 Aroma Kopi dan Senyawa Volatil.....	10
2.2 Gas Sensor	11
2.2.1 Definisi.....	11
2.2.2 Prinsip kerja sensor gas.....	13
2.2.3 Hubungan antara konsep gas ideal terhadap pendeteksian aroma kopi Robusta.....	15
2.2.4 Macam-macam sensor gas.....	16
2.2.5 Pembacaan Respon sensor.....	18

2.2.6	Sensor <i>array</i>	19
2.2.7	<i>Electronic Nose</i>	19
2.3	Gas Sensor untuk Kopi Flavor	20
2.3.1	Gas Sensor untuk Kopi yang Telah Berkembang	20
2.3.2	Design sensor <i>array</i>	23
2.3.3	Instrumentasi pengukuran.....	24
2.4	Tenik preparasi sampel kopi	26
2.5	Kriteria pengukuran	28
2.6	<i>Analysis of Variance</i> (ANOVA)	30
BAB 3.	METODE PENELITIAN	33
3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan	33
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	33
3.2.1	Alat.....	33
3.2.2	Bahan.....	33
3.3	Desain Alat	33
3.3.1	Desain <i>sensor array</i>	34
3.3.2	Desain set alat pengukuran	34
3.4	Diagram Alir	36
3.5	Prosedur Kerja	37
3.5.1	Proses penyangraian dan penggilingan.....	37
3.5.2	Proses persiapan sampel	37
3.5.3	Pengukuran Respon sensor tunggal.....	37
3.5.4	Pengukuran respon <i>Sensor Array</i>	38
3.5.5	Skema yang Digunakan dalam <i>Labview</i>	38
3.3.6	Pengukuran	40
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1	Respon Sensor Tunggal terhadap Pendeteksian Aroma Kopi Robusta Kebun Panti	42
4.2	Pengaruh Ukuran Serbuk Kopi terhadap Pendeteksian Aroma Kopi Robusta Kebun Panti menggunakan Gas Sensor <i>Array</i> dan Pola Respon yang Dihasilkan	45
4.3	Kinerja Sensor terhadap Pendeteksian Aroma Kopi dalam Jangka Waktu tertentu	49
BAB 5.	PENUTUP	54
5.1	Kesimpulan	54
5.2	Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Perbandingan Luas Lahan dan Produktivitas usaha kopi Robusta dan Arabika pada daerah Kecamatan Panti Kabupaten jember	10
2.2 Daftar Sensor yang Digunakan dalam deteksi Cacat Kopi.....	21
2.3 Pengukuran analisis ANOVA.....	31
4.1 Respon Sensor Gas pada Pengukuran Aroma Kopi Robusta Panti.....	42
4.2 Pengukuran Data analisis menggunakan metode ANOVA.....	46
4.3 Nilai Relatif Standar Deviasi Variasi Medium Minggu ke 1.....	49
4.4 Nilai Relative Standar Deviasi Tiap 2 Minggu.....	49
4.5 Perhitungan Nilai Reprodusibilitas berdasarkan Analisis ANOVA.....	50
4.6 Pengukuran Data Analisis menggunakan ANOVA.....,.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Susunan dasar sensor gas.....	12
2.2 Model penghalang antar butir.....	14
2.3 Sensor MQ-3.....	16
2.4 Sensor MQ-2.....	17
2.5 Sensor MQ-7.....	17
2.6 Sensor MQ-6.....	17
2.7 Sensor MQ-135.....	18
2.8 Contoh susunan sensor array.....	18
2.9 Rancangan JST <i>Backpropagation</i>	22
2.10 Diagram skematik <i>E-Nose</i>	23
2.11 Desain sensor array menggunakan metode <i>backpropagation</i>	24
2.12 Penampakan Arduino.....	26
2.13 Tingkatan presisi.....	29
3.1 Desain Sensor <i>Array</i>	34
3.2 Desain Set Alat Pengukuran	34
3.3 Diagram Alir Penelitian	36
3.4 Diagram Blok Labview Sensor <i>Array</i>	39
4.1 Respon Sensor Tunggal.....	42
4.2 Perbandingan Respon Sensor Tunggal dan <i>Array</i> Variasi Medium.....	44
4.3 Rata- Rata Pola Respon Gas Sensor <i>Array</i>	46
4.4 Perbedaan Intensitas Respon Sensor <i>Array</i> terhadap Variasi Ukuran Serbuk.....	46
4.5 Pola respon sensor <i>Array</i> Variasi Medium.....	48
4.6 Grafik respon sensor pada ukuran bubuk <45 mesh Minggu Kesatu- Minggu ketujuh.....	49
4.7 Perbandingan Pola Respon Kopi Panti dan Kopi Sidomulyo.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Dokumen Sampel Kopi Robusta Kebun Panti	62
4.2 Dokumen Desain Alat Sensor <i>Array</i>	62
4.3 Perhitungan Keterulangan (Repeatabilitas) sensor gas tunggal.....	63
4.4 Nilai respon gas sensor tunggal dan array pada kopi Robusta Kebun Panti..	65
4.5 Pengaruh kekasaran terhadap aroma kopi Robusta kebun Panti.....	66
4.6 Perhitungan uji repeatability dan reproducibility gas sensor <i>array</i>	67
4.7 Pola Respon Gas Sensor Array selama Dua Bulan.....	69
4.8 Perhitungan Anova untuk Variasi Kekasaran.....	72
4.9 Penerapan <i>Electronic Nose</i> dalam Membedakan Kopi Robusta Kebun Panti dan Kebun Sidomulyo.....	74

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi (*Coffea sp*) adalah salah satu komoditas perkebunan yang bernilai ekonomis tinggi. Indonesia merupakan negara yang menempati urutan ke 4 setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia dalam produksi kopi. Kopi merupakan salah satu minuman yang digemari oleh manusia dari setiap kalangan. International Coffee Organization (ICO) (2008), menyatakan bahwa konsumsi kopi sedikitnya mencapai 1,6 miliar/hari. Hal ini menunjukkan bahwa sebesar 23,9 % dari total penduduk dunia yang mengkonsumsi kopi. ICO (2014) menyatakan bahwa konsumsi kopi setiap tahun selalu mengalami peningkatan dapat dilihat dari periode 2008-2012 mengalami peningkatan sebesar 6,9 % dengan rata-rata 1,7 % per tahun. Kopi terdiri dari berbagai jenis di antaranya yaitu Robusta, Arabika, dan Liberika.

Kabupaten Jember memiliki potensi yang tinggi dalam pengembangan perkebunan kopi. Kopi merupakan salah satu komoditas lokal utama dari kota Jember. Daerah ini setiap tahunnya mengalami peningkatan dalam produksi kopi yaitu dapat dilihat dari periode 2014-2016 produksi kopi mengalami peningkatan dari 2893, 3149 dan 18230 ton/tahun (BPS, 2018). Kecamatan Panti merupakan salah satu daerah di Jember yang memiliki perkebunan kopi yang cukup luas, dimana perkebunan kopi pada daerah ini hanya menanam 2 jenis kopi yaitu Robusta dan Arabika. Salah satu jenis kopi yang banyak disukai masyarakat yaitu jenis kopi Robusta. Kopi memiliki karakteristik aroma yang berbeda dengan kopi jenis yang lain. Perbedaan karakteristik ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan kandungan-kandungan senyawa kimia dalam kopi, tanah tempat tumbuh, dan pengolahan (penyangraian dan penyeduhan) kopi (Ridwansyah, 2003).

Bahan pangan perlu dilakukan suatu *quality control* atau pengendalian mutu untuk mengetahui kualitas dan kandungan yang terdapat dalam bahan pangan tersebut dapat diukur menggunakan beberapa parameter diantaranya yaitu ukuran, warna, tekstur, rasa, bentuk dan bau atau aroma. Industri pangan dalam

melakukan evaluasi kualitatif dari suatu produk berkaitan erat dengan pendapat atau tanggapan masyarakat mengenai beberapa parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, salah satunya yaitu aroma dari suatu produk (Gomez et al., 2006). Aroma dapat digunakan sebagai tolok ukur masyarakat untuk dapat menerima atau tidak suatu produk, aroma dari zat atau bahan pangan tertentu juga dapat memberikan kepuasan batin kepada manusia. Uji mutu suatu bahan pangan dapat dilakukan berdasarkan aroma yang dimiliki oleh suatu produk. Kopi merupakan salah satu produk yang dapat diuji kualitasnya berdasarkan aroma yang dimilikinya.

Penelitian mengenai pendeteksian aroma kopi telah dilakukan menggunakan bermacam-macam metode seperti metode *headspace solidphase microextraction* (HS-SPME (CAR/PDMS)), *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS). Metode tersebut menurut (Akiyama et al., 2005) telah menunjukkan hasil yang baik untuk pendeteksian senyawa volatil. Senyawa-senyawa yang telah teridentifikasi menggunakan metode tersebut diantaranya yaitu piridin, pirazin, furan, fenolat, alkohol dan asam asetat. (FTIR) *fourier transform infrared* dan (NIR) *near infrared* juga dapat digunakan untuk menentukan kualitas kopi. Metode-metode yang telah dijelaskan sebelumnya menghasilkan hasil yang telah baik akan tetapi memiliki kekurangan yaitu harganya mahal dan membutuhkan waktu yang lama (Barbin et al., 2014). Metode *Human tester* juga telah digunakan mengidentifikasi kualitas kopi, akan tetapi metode ini memiliki beberapa kelemahan yaitu memerlukan biaya yang mahal, bersifat subyektif serta hanya dapat dilakukan oleh ahli analisisnya saja. Metode lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi aroma kopi yaitu instrumen *electronic nose (E-nose)* menggunakan metode *backpropagation*.

Electronic nose merupakan suatu instrumen yang diciptakan berdasarkan perkembangan teknologi. *Electronic nose* memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan hidung manusia, di dalam *electronic nose* terdapat reseptor yang dapat mendeteksi suatu bau dan aroma yang diserap. Konsep *electronic nose* sebagai instrumen terdiri dari sensor yang digunakan untuk mengklasifikasikan bau, pertama kali diperkenalkan oleh Persaud dan Dodd pada tahun 1982. Pada

percobaannya Persaud dan Dodd bertujuan untuk menciptakan suatu instrumen yang mampu meniru sistem penciuman mamalia dengan mengenali bau yang berbeda dan dapat memberikan respon secara berulang. *Electronic nose* yang dikembangkan oleh 2 peneliti ini terdiri dari matriks sensor untuk mensimulasikan reseptor dari sistem penciuman manusia, unit pengolahan data, dan yang terakhir sistem pengenalan pola yang dapat mengenali zat yang sedang diuji dimana fungsi yang dilakukan oleh otak ketika manusia dalam sistem penciuman (Capelli et al., 2014).

Output yang diperoleh dari sistem *electronic nose* berupa sinyal. Sinyal yang telah terdeteksi oleh sensor akan menghasilkan sebuah tanda atau pola yang merupakan karakteristik dari masing-masing aroma yang dihasilkan sampel pada saat proses pemanasan (Berna, 2010). Pola atau *pattern* yang diperoleh dapat digunakan untuk kuantifikasi, identifikasi serta klasifikasi suatu zat berdasarkan aroma yang terdeteksi. *Electronic nose* menggunakan gas sensor yang dapat menghasilkan reaksi apabila mendeteksi bau, aroma, uap. *Electronic nose* telah digunakan dalam beberapa bidang penelitian seperti yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya diantaranya yaitu *E-Nose* telah digunakan untuk deteksi bahan peledak, deteksi senyawa kimia (belerang) pada limbah (Persaud, 2005), deteksi aroma teh dan mengidentifikasinya (Putra, 2016), deteksi bahan peledak (Yan, 2015), kualitas kontrol terhadap penyimpanan bawang (Konduru, 2015), *Quality control* dalam industri makanan, (Berna, 2010) dan aplikasi pemantauan lingkungan (Capelli et al., 2014).

Gas sensor merupakan instrumen yang fungsi interaksinya dengan senyawa-senyawa kimia seperti zat organik bisa menghasilkan suatu sinyal listrik (Rabersyah, 2016). Gas sensor memiliki prinsip berdasarkan pengadsorpsian gas. Gas akan teradsorpsi ke permukaan sensor logam dan terdisosiasi membentuk ion atau kompleks yang memiliki muatan, kemudian akan terjadi proses transfer elektron. Hal ini menyebabkan perubahan konduktivitas sensor yang kemudian akan terbaca oleh elektroda sebagai tanda keberadaan gas tertentu (Partridge, 2007).

Pendeteksian aroma kopi menggunakan gas sensor berbasis *E-Nose* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu suhu dan ukuran butir kopi. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka senyawa volatil dalam kopi akan dapat terdeteksi dengan lebih baik karena semakin tinggi suhu semakin banyak senyawa volatil yang akan menguap dan berinteraksi dengan sensor. Ukuran partikel juga dapat berpengaruh dikarenakan semakin kecil (halus) ukuran kopi yang digunakan maka luas permukaannya semakin besar dan proses pengestrakan senyawa volatil dalam kopi akan terjadi secara maksimal (Asiah, 2017).

Sensor array berbasis *E-nose* sebelumnya telah digunakan untuk mengevaluasi kualitas kopi Espresso Italia (Falasconi, 2003), mendeteksi beberapa jenis kopi Colombia (Rodriguez, 2010), mengidentifikasi jenis kopi Thailand (Thepudom *et al.*, 2013), mengidentifikasi bubuk kopi Robusta dan Arabica (Rabersyah, 2016). Pendeteksian aroma menggunakan *sensor array* berbasis *E-nose* merupakan suatu hal yang menarik akan tetapi di Indonesia masih kurang luas pengaplikasiannya khususnya di daerah Jember belum ada yang mendeteksi aroma kopi menggunakan *sensor array* berbasis *E-nose* maka dari itu penelitian ini dilaksanakan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan penjelasan latar belakang di atas yaitu

- 1.2.1 Bagaimana respon sensor tunggal yang digunakan untuk mendeteksi aroma kopi robusta kebun Panti ?
- 1.2.2 Bagaimana pengaruh ukuran serbuk kopi terhadap pendektेशन aroma menggunakan *gas sensor array* dan pola respon yang dihasilkan ?
- 1.2.3 Bagaimana kinerja sensor (repeatabilitas dan reproduibilitas) terhadap pendeteksian aroma kopi dalam jangka waktu 2 bulan ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian kali ini yaitu

- 1.3.1 Mengetahui respon sensor tunggal yang digunakan untuk mendeteksi aroma kopi robusta kebun Panti

- 1.3.2 Mengetahui pengaruh ukuran serbuk kopi terhadap pendektesian aroma menggunakan *gas sensor array* dan pola respon yang dihasilkan
- 1.3.3 Mengetahui kinerja sensor terhadap pendeteksian aroma kopi dalam jangka waktu tertentu

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian kali ini yaitu

- 1.4.1 Sampel kopi yang digunakan merupakan kopi Robusta yang berasal dari daerah Panti Kabupaten Jember
- 1.4.2 Sensor yang digunakan merupakan sensor komersial yang berbahan dasar SnO₂ yang diproduksi oleh pabrik Winsen
- 1.4.3 Sampel kopi yang digunakan terdiri dari tiga variasi kekasaran (kasar, medium, halus)
- 1.4.4 Sampel kopi disimpan dalam wadah yang kedap udara dalam waktu tertentu
- 1.4.5 Pendektesian aroma kopi dibatasi sampai diperoleh respon sinyal yang *reproducible* dan konstan
- 1.4.6 Suhu penyeduhan kopi yang digunakan sebesar 92 °C

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah diharapkan *electronic nose* menggunakan *gas sensor array* dapat digunakan untuk mendeteksi senyawa yang ada dalam sampel kopi Robusta kebun Panti sehingga dapat mengetahui kemiripan antara kopi jenis satu dengan jenis yang lain. Data yang diperoleh kemudian dapat dijadikan database untuk mengelompokkan jenis-jenis kopi yang sama pada berbagai daerah berdasarkan karakterisasi aroma kopi yang diperoleh. *Electronic nose* di harapkan mampu menjadi suatu instrumen yang digunakan sebagai alternatif lain untuk *quality control* suatu bahan pangan seperti kopi sebagai pengganti metode yang lain seperti *human tester* dan (HS-SPME), (GC-MS), dan yang lainnya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

2.1.1 Definisi kopi

Kopi merupakan tumbuhan yang penting di dalam industri perkebunan yang dapat membantu perekonomian masyarakat petani pada negara-negara tropis. Kopi, di dalam dunia perdagangan internasional termasuk dalam kategori terbesar urutan kedua setelah petroleum. Indonesia merupakan negara yang menempati urutan ke 4 setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia dalam produksi kopi. Kopi yang ada di Indonesia mencapai total produksi sebesar 12,317 ton/tahun dengan nilai total konsumsi sebesar 2,9% atau 4.500 ton/tahun angka ini mencapai urutan kedua. Kopi (*Coffea sp*) adalah salah satu komoditas perkebunan yang bernilai ekonomis tinggi. Kopi dapat memberikan tambahan pendapatan devisa bagi negara, menyejahterakan petani, serta dapat menyediakan lapangan pekerjaan bagi masyarakat (Rahardjo, 2012).

Kopi memiliki karakteristik aroma yang berbeda dengan kopi jenis yang lain. Perbedaan karakteristik ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan kandungan-kandungan senyawa kimia, asal daerah tempat tumbuh, dan pengolahan (pemanggangan) kopi (Ridwansyah, 2003). Kopi yang diproduksi di Indonesia dihasilkan dari tiga aspek diantaranya yaitu kopi yang diproduksi dari perkebunan rakyat, negara dan swasta. Jenis- jenis kopi yang dibudidayakan di Indonesia adalah Arabika, Robusta, Liberika. Total produksi kopi pada tahun 2013 di Indonesia mencapai 675.881 ton. Produksi kopi lebih dari 95% berasal dari perkebunan rakyat, produksi kopi jenis Robusta sebesar 509.557 ton dan Arabika sebesar 166.325 ton (Dirjen Perkebunan, 2014).

Sistem taksonomi dari tanaman kopi yaitu :

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Super divisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*
Kelas : *Magnoliopsida*

Subkelas : *Asteridae*
Ordo : *Rubiales*
Famili : *Rubiaceae*
Genus : *Coffea*
Spesies : *Coffea sp.*

(Rahardjo, 2012).

2.1.2 Jenis Kopi

Kopi (*Coffea sp.*) terbagi menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu *Coffea Arabica*, *Coffea Canephora* (Robusta) dan *Coffea Liberica*. Kopi biasanya ditanam pada daerah dataran tinggi (pegunungan) pada suhu optimum 50 °C. Tanaman kopi dapat tumbuh subur pada curah hujan berkisar adalah 2000-3000 mm/tahun. Pertumbuhan bunga dan pemetikan membutuhkan kondisi kering selama 3-4 bulan atau minimal 1,5 bulan. Kopi Arabika memerlukan daerah tumbuh yang lebih tinggi dibandingkan jenis kopi Robusta (Pangabea, 2012).

a. Kopi Liberika

Kopi Liberika (*Coffea Liberica*) berasal dari daerah Angola. Kopi ini memiliki ukuran biji yang lebih besar dibandingkan dengan kopi Robusta dan Arabika. Kopi Liberika dapat tumbuh pada dataran rendah, kopi ini dapat menyesuaikan diri lebih mudah dibandingkan jenis kopi yang lain. PUSLITKOKA Indonesia, 2014 menyatakan bahwa kopi jenis ini memiliki rasa yang unik yang disebut dengan *dried fruit* ataupun *jack fruit*, biji kopi Liberika dapat disebut pula dengan kopi biji angka.

b. Kopi Arabika

Kopi Arabika (*Coffea Arabica. L*) berasal dari daerah Abessinia dan Etiopia. Kopi jenis Arabika biasanya dapat tumbuh subur pada ketinggian sekitar 700-1700 M di atas permukaan laut dengan suhu berkisar 10-16 °C. Kopi Arabika memiliki ciri-ciri yaitu ruas cabang yang pendek, tinggi tanaman berkisar 3 M, memiliki batang yang tegak, berbentuk bulat, berwarna kuning ke abu-abuan, percabangan rantingnya monopodial, serta permukaan pada batangnya kasar (Prastowo, 2010).

c. Kopi Robusta

Kopi Robusta (*Coffea Canephora. L*) adalah salah satu jenis kopi yang berasal dari Kongo, kopi jenis ini dapat tumbuh dengan baik pada dataran rendah hingga ketinggian 1000 M dari permukaan laut pada suhu sekitar 20 °C (Ridwansyah, 2003). Kopi robusta memiliki daun berbentuk bulat seperti telur, ujungnya agak meruncing sampai bulat. Daunnya tumbuh pada batang, cabang dan ranting-ranting yang tersusun berdampingan, susunan daun berselang-seling, batang atau cabang pohonnya tumbuh tegak lurus, tinggi pohon dapat mencapai 5 M. Daun kopi yang tumbuh di cabang dan ranting pohon mendatar, pasangan daun itu terletak pada bidang yang sama, tidak berselang-seling. Beberapa senyawa kimia terkandung pada daun kopi diantaranya yaitu : polifenol, saponin alkaloida, dan flavonoid. Perkebunan kopi di Indonesia memiliki luas lahan mencapai 1,3 juta hektar, dimana kopi jenis Robusta luas lahannya mencapai 1 juta hektar dan luas lahan perkebunan arabika mencapai 0,30 hektar (Aak, 1980).

2.1.3 Kopi Robusta Jember

Jawa Timur merupakan provinsi yang menempati posisi kelima sebagai provinsi sentra produksi kopi terbesar yang berpartisipasi sebanyak 7,14 persen terhadap total produksi kopi Indonesia. Jenis kopi yang banyak dibudidayakan di daerah jawa timur yaitu kopi Robusta dan Arabika. Kedua kopi tersebut mempunyai beberapa perbedaan. Perbedaan kopi Arabika dan Robusta yaitu terletak pada rasa, kondisi asal dimana tempat tumbuh, dan perbedaan dari segi ekonomis, kopi Arabika memiliki harga yang lebih tinggi daripada harga biji kopi Robusta (Agustina, 2016).

Jember merupakan daerah terbesar ketiga di Jawa Timur yang memiliki potensi perkebunan yang cukup baik. Salah satu potensi perkebunan terletak pada potensi perkebunan kopinya. Hal ini ditunjukkan dengan adanya pusat penelitian kopi dan kakao (PUSLITKOKA). Tempat ini merupakan lembaga penelitian mengenai kopi dan tempat ini merupakan satu-satunya pusat penelitian kopi di Indonesia. Daerah topografi jember juga mendukung berkembangnya perkebunan kopi. Salah satu pabrik kopi dan perkebunan kopi yaitu berada di daerah kaliputih

milik PT Ledokombo, Jember. Pabrik pada daerah tersebut adalah perkebunan kopi robusta yang berada di daerah desa Sumber Bulus. Perkebunan ini apabila dikembangkan dapat memiliki potensi menjadi suatu tempat wisata. Kopi yang berada pada daerah jember merupakan komoditas yang akhir-akhir ini memiliki banyak peminat baik dalam lokal maupun mancanegara. Hal tersebut ditunjukkan dengan banyaknya kedai kopi yang menawarkan berbagai jenis produk kopi dari beragam macam kopi (Kristanto, 2014).

Perkebunan kopi pada daerah jember tidak hanya PT Ledokombo, akan tetapi terdapat pula pada Desa Kemiri dan Karangpring yang berada pada wilayah di Kecamatan Panti dan Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember. Daerah tersebut memiliki komoditas unggulan kopi. Desa Kemiri dan Karangpring berada pada daerah ketinggian 600 meter di atas permukaan laut. Curah hujan yang dimiliki daerah ini mencapai 500 mm/tahun. Kopi yang dibudidayakan pada daerah ini sebagian besar merupakan jenis kopi Robusta, dimulai dari 3 tahun lalu, akan tetapi kopi arabika juga pernah ditanam pada daerah ini (Agustina, 2016).

Panti merupakan salah satu daerah yang berada di kawasan kabupaten Jember. luas daerah wilayah panti sebesar 160.71 km² atau sekitar 4.88% dari luas keseluruhan kabupaten Jember. Daerah kecamatan Panti memiliki ketinggian dengan rata-rata 50-1.340 mdpl. Daerah kecamatan Panti memiliki jenis tanah yang bermacam-macam. Hal ini memungkinkan di daerah Panti dapat dijadikan tempat untuk budidaya perkebunan. Data statistik kecamatan Panti menunjukkan bahwa mayoritas penduduk di daerah ini bermatapencaharian sebagai petani, sebagian besar masyarakat di kecamatan Panti membudidayakan tanaman perkebunan yaitu kopi. Kecamatan Panti adalah salah satu daerah di kabupaten Jember yang menempati posisi kedua setelah Silo dalam produksi kopi. Jenis kopi yang ditanam di kecamatan Panti terdiri dari 2 macam yaitu jenis kopi Robusta dan Kopi Arabika, akan tetapi lebih banyak petani kopi jenis Robusta daripada jenis Arabika. Hal ini ditunjukkan bahwa sebanyak 164 orang berprofesi sebagai petani kopi jenis Robusta sedangkan pada jenis Arabika hanya terdapat 53 orang.

Tabel 2.1 Perbandingan Luas Lahan dan Produktivitas usaha kopi Robusta dan Arabika pada daerah Kecamatan Panti Kabupaten Jember

Kopi	Produksi (kg)	Luas lahan (ha)	Produktivitas (kg/ha)
Robusta	1.648	1,2	1.330
Arabika	1.194	1,5	1.150

(Sumber: Analisis Data Primer, 2016)

2.1.4 Aroma Kopi dan Senyawa Volatil

Flavour atau aroma merupakan salah satu syarat kualitas yang diperlukan oleh masyarakat (konsumen) untuk mengetahui kualitas suatu jenis makanan. (Leroy, et al. 2006). Kopi merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki aroma atau *flavour*. Kopi memiliki rasa yang dipengaruhi oleh tingkat keasaman dan aroma. Tingkat keasaman dalam kopi dapat menjadi suatu nilai tersendiri. Pada kopi memiliki rasa pahit dimana rasa pahit pada kopi tersebut berasal dari kondisi tanah tempat kopi tumbuh, proses pengolahan yang terlalu lama, jenis kopi dan kandungan senyawa dalam kopi (Lloyd, 2005). Beberapa senyawa kimia berperan terhadap rasa pahit dalam kopi, senyawa tersebut diantaranya : asam quinic, asam klorogenat dan kafein yang berkontribusi sebesar 10% memberi rasa pahit. Beberapa senyawa yang berperan dalam pembentukan rasa kopi merupakan senyawa volatil dan nonvolatil yang terkandung baik dalam matriks cair dan aroma. Senyawa nonvolatil yang ada pada kopi terdiri dari karbohidrat (gula), protein, peptida dan asam amino bebas, poliamina dan tryptamines, lipid, asam fenolik, trigoneline dan berbagai asam nonvolatil (Flament, 2002). Senyawa volatil mempengaruhi aroma kopi. Senyawa ini bertanggung jawab untuk semua atribut rasa. Rasa yang dihasilkan berupa rasa manis, garam, pahit, dan asam. Oleh karena itu, dapat diartikan bahwa aroma kopi merupakan syarat yang paling penting untuk kopi. Senyawa volatil memiliki kontribusi khusus terhadap aroma tertentu. Contohnya kopi Kolombia memiliki rasa seperti anggur dan kopi Sulawesi menghasilkan rasa seperti berry. Grosch (2001) menyatakan banyak sekali senyawa ditemukan dalam kopi yang terdiri dari hidrokarbon, alkohol, aldehida, keton, asam karboksilat, ester, pirazina, pyrroles, piridin, basa lain

seperti quinoxalines dan indoles, senyawa sulfur, furan, fenol, oxazoles dan lain-lain.

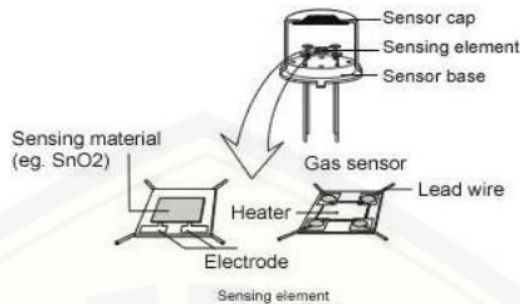
Ciptadi dan Nasution (1985) menjelaskan bahwa di dalam kopi terdapat senyawa-senyawa volatil yang dapat dideteksi oleh sensor. senyawa-senyawa tersebut yaitu

- a. Senyawa golongan fenol dan asam yang tidak menguap. senyawa golongan ini terdiri dari riboflavin, asam ginat, asam klorogenat, dan asam kofeat.
- b. Senyawa golongan karbonil terdiri dari aldehid, propanon, alkohol, asetaldehid, vanilin.
- c. Golongan asam yang mudah menguap terdiri dari volerat, butir, propionat dan asam asetat.
- d. Golongan asam amino terdiri dari asam aspartat, glisin, treonon, alanin, leusin, isoleusin, hidroksiprolin.
- e. Golongan karbonil asam terdiri dari hidroksi piruvat, keton kaproat, oksasusinat, aseto asetat, mekoksalat, merkaptopiruvat.

2.2 Gas Sensor

2.2.1 Definisi

Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi suatu besaran fisik menjadi besaran listrik yang nantinya dapat dianalisa menggunakan rangkaian listrik tertentu. Peralatan elektronik hampir semuanya mengandung sensor di dalamnya. Sensor adalah salah satu komponen dari transduser yang memiliki fungsi untuk *mensing* yaitu dapat menangkap dan merasakan perubahan energi yang terjadi. Energi yang ditangkap kemudian menuju ke dalam input dari transduser. Hal ini menyebabkan terjadinya kapasitas energi mengalami perubahan, hasil yang diperoleh segera ditransfer ke bagian konvertor transduser untuk diubah menjadi energi listrik (Dedy, 2001). Sensor gas merupakan suatu alat yang mampu memperoleh sinyal listrik sebagai fungsi interaksinya dengan senyawa-senyawa kimia, misalnya berinteraksi dengan senyawa organik, zat organik, uap dari gas (Rabersyah, 2016).



Gambar 2.1 Susunan dasar sensor gas (Sumber: Rabersyah, 2016)

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa sensor gas tersusun dari beberapa bagian diantaranya yaitu sensor, dasar sensor dan tudung sensor. Pada sensor terdapat suatu bahan pemanas yang digunakan untuk memanaskan elemen dan bahan sensor. Sensor terbuat dari bermacam-macam bahan sesuai dengan apa yang akan dideteksinya. misalnya dari timah oksida, wolfram oksida dan yang lainnya. bahan yang digunakan sebagai detektor berbahan dasar metal oksida (Rabersyah, 2016).

Kinerja dari metode penginderaan gas sensor dapat dievaluasi menggunakan beberapa indikator, indikator yang harus dipertimbangkan antara lain:

1. Sensitivitas merupakan nilai minimum konsentrasi volume gas target saat gas tersebut dapat dideteksi.
2. Selektivitas adalah kemampuan sensor gas untuk mengidentifikasi gas tertentu di antara campuran gas.
3. Waktu respon adalah periode dari ketika konsentrasi gas mencapai nilai tertentu dan sensor menghasilkan sinyal atau output.
4. Konsumsi energi
5. Reversibilitas adalah apakah suatu penginderaan bahan dapat kembali ke kondisi semula setelah di deteksi
6. Kapasitas adsorptif juga mempengaruhi sensitivitas dan selektivitas.

Sensor gas yang akan digunakan harus memiliki stabilitas yang baik. Gas sensor harus menghasilkan sinyal yang stabil dan dapat diproduksi dalam jangka

waktu tertentu. Kinerja suatu sensor dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu

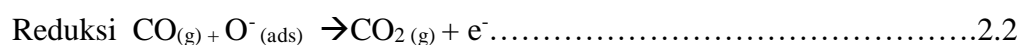
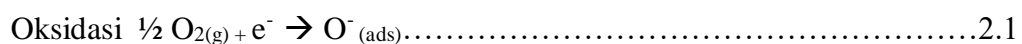
1. Desain sensor.
2. Perubahan struktural misalnya variasi ukuran butir atau jaringan biji-bijian
3. Pergeseran fasa, yang biasanya mengacu pada segregasi aditif yang didoping dengan bahan penginderaan.
4. Variasi lingkungan sekitarnya.

(Jati, 2012).

2.2.2 Prinsip kerja sensor gas

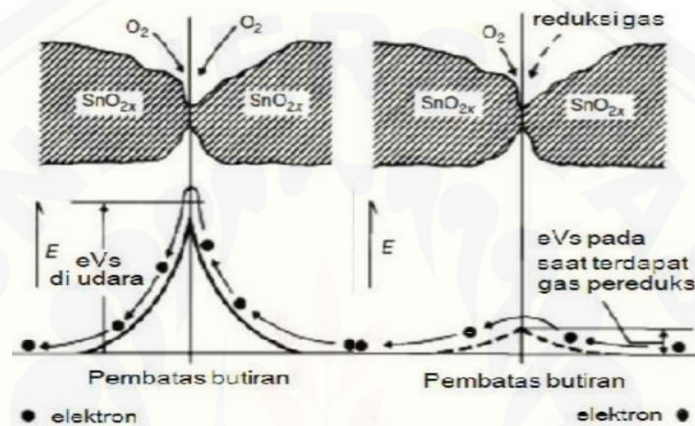
SnO_2 adalah lapisan tipis sensor gas yang bersifat semikonduktor. bahan dasar sensor gas yang digunakan yaitu oksida logam celah pita lebar tipe - n. SnO_2 memiliki respon yang berbeda ketika mendeteksi adanya gas. Gas yang dapat dideteksi terdiri dari 2 kelompok yaitu gas yang bersifat mereduksi seperti CO , CH_4 , dan H_2 yang dapat menambah konduktivitas material dan gas yang bersifat pengoksidasi seperti CO_2 dan NO_2 yang dapat menurunkan nilai konduktivitas sensor. Konduktivitas dari logam oksida dipengaruhi oleh adanya molekul oksigen. Kristal oksida logam yang bersifat sebagai semikonduktor pada udara normal diselubungi lapisan O_2 teradsorpsi dan elektron yang terdapat di permukaan kristal didinorkan ke oksigen dan akan membentuk suatu lapisan dan potensial penghalang. Potensial penghalang ini akan menghambat aliran elektron dan berengaruh terhadap nilai konduktivitasnya. Adanya gas CO yang berperan sebagai reduktor akan mengikat atom oksigen yang teradsorpsi pada permukaan kristal oksida logam, sehingga lapisan dan potensial penghalang akan berkurang dan menyebabkan nilai konduktivitas dari sensor meningkat.

Reaksi yang terjadi pada peristiwa ini merupakan reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Persamaan reaksi yang terjadi yaitu :



(Supriatiningsih *et al.*, 2011).

Oksigen akan mengkemisorbpsi permukaan oksida logam dan akan terjadi transfer elektron dari pita konduksi sehingga oksigen dapat berubah menjadi O^{2-} (323 K), O_2^- (373 K) dan O^{3-} (723 K). Hal ini dapat menyebabkan terjadinya perbedaan potensial pada permukaan sensor sehingga menyebabkan resistifitas sensor meningkat. Interaksi antara logam oksida, gas oksigen dan senyawa target akan berlangsung pada suhu yang tinggi dipengaruhi oleh jenis gasnya. Berikut ini merupakan gambar keadaan sensor tanpa gas dan dalam lingkungan gas :



a. Keadaan tanpa gas ; b. keadaan dalam lingkungan gas

Gambar 2.2 Model penghalang antar butir (Sumber: Oktorizal, 2010)

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa ketika permukaan kristal oksida logam berada dalam keadaan tanpa gas menyebabkan terbentuknya lapisan penghalang sehingga membuat sensor resistif dan ketika ada gas pereduksi akan membuat lapisan penghalang berkurang sehingga akan meningkatkan konduktivitas sensor (Oktorizal, 2010).

Reaksi reduksi oksidasi memiliki keterkaitan terhadap persamaan Nerst. Persamaan Nerst dapat digunakan untuk menghitung nilai E sebagai fungsi dari konsentrasi reaktan dan konsentrasi produk. Persamaan Nerst dapat dituliskan dengan rumus :

$$\Delta G^\circ = -nFE \dots\dots\dots 2.3$$

$$\Delta G^\circ = RT \ln K \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

ΔG° = energi bebas gibbs

n = mol elektron yang terlibat dalam reaksi

- E = tegangan
 R = ketetapan gas ideal
 K = konstanta kesetimbangan

Nilai energi bebas gibbs (ΔG°) yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengathui berjalannya suatu reaksi. Reaksi akan berlangsung secara spontan apabila nilai ΔG° kurang dari 0 atau harga E lebih dari 0 (Day dan Underwood, 2002).

2.2.3 Hubungan antara konsep gas ideal terhadap pendetekasian aroma kopi Robusta

Pendeteksian gas-gas volatil pada kopi dapat dihubungkan dengan hukum gas ideal, dimana hukum gas ini ditemukan pertama kali oleh Boyle. Berikut ini merupakan bunyi hukum Boyle :

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (pada } n \text{ dan } T \text{ konstan)} \dots\dots\dots 2.5$$

Hukum Boyle menyatakan bahwa ketika T konstan maka P akan meningkat dan V akan menurun. Tekanan (P) akan berbanding terbalik dengan Volume. Hukum yang kedua yaitu dicetuskan oleh Charles. Berikut ini merupakan bunyi hukum Charles :

$$V \propto T \text{ (n dan P konstan)} \dots\dots\dots 2.6$$

Hukum gas yang selanjutnya yaitu ditemukan oleh Gay Lussac yang menyatakan bahwa tekanan berbanding lurus dengan temperatur, persamaan matematis :

$$P \propto T \text{ (pada V konstan)} \dots\dots\dots 2.7$$

Hukum avogadro merupakan hukum gas yang menyatakan bahwa pada T dan P konstan maka jumlah mol (n) akan berbanding lurus dengan V. Persamaan matematisnya dapat dituliskan :

$$V \propto n \text{ (pada P dan T konstan)} \dots\dots\dots 2.8$$

berdasarkan hukum-hukum yang telah dijelaskan sebelumnya maka hukum Boyle, Hukum Charles, Gay Lussac, serta Hukum Avogadro dapat dikombinasikan menjadi sebuah rumus :

$$PV = n RT \dots\dots\dots 2.9$$

Persamaan tersebut menyatakan bahwa pada T dan P konstan V akan berbanding lurus dengan jumlah mol gas (Chang, 2004), ketika dikaitkan pada penelitian

pendeteksi aroma kopi dapat dinyatakan bahwa ketika suhu (T) meningkat maka banyak partikel yang bergerak bebas dan menguap yang menyebabkan jumlah mol gas yang terbentuk dari aroma kopi akan semakin banyak, ketika jumlah mol gas meningkat maka konsentrasi dari senyawa volatil kopi juga meningkat dan menyebabkan nilai tegangan yang diperoleh semakin besar.

2.2.4 Macam-macam sensor gas

Gas sensor terdiri dari macam-macam jenis diantaranya yaitu :

1. Sensor MQ-3

Sensor jenis MQ-3 mempunyai nilai resistensi R_s . Nilai ini dapat berubah apabila sensor mendeteksi gas metana (CH_4) atau alkohol di udara. Sensor MQ-3 memiliki rangkaian yang tersusun dari 1 buah variabel resistor pin H yang digabungkan pada tegangan (V):



Gambar 2.3 Sensor MQ-3 (Sumber: Winsen, 2015)

2. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 bersifat sensitiv pada senyawa propana, hidrogen, LPG, karbon monoksia (CO), metana (CH_4) serta alkohol. Kesensitivan dari sensor MQ-2 dapat diatur dengan cara memutar trimpotnya. Sensor gas MQ-2 menghasilkan output berupa sinyal analog. Sensor ini dapat digunakan untuk mendeteksi senyawa yang memiliki konsentrasi dari 100 – 10.000 ppm (Sari, 2015).



Gambar 2.4 Sensor MQ-2 (Sumber: Winsen, 2015)

3. Sensor MQ -7

Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap karbon monoksida (CO) dan bersifat stabil serta dapat berumur panjang. Sensor ini biasanya digunakan sebagai alat untuk mendeteksi CO dalam industri. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi gas yang mudah terbakar pada konsentrasi 200 ppm :



Gambar 2.5 Sensor MQ-7 (Sumber: Winsen, 2015)

4. Sensor MQ-6

Sensor ini memiliki sifat sensitivitas yang tinggi terhadap LPG, iso-butana, propana dan sensitivitas kecil terhadap alkohol, CO dan CO₂. Memiliki respon cepat, bersifat stabil dan memiliki umur yang tahan lama. Sensor jenis ini biasanya digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas, peralatan rumah tangga dan industri, pendeteksian gas LPG, iso-butana, propana, LNG, alkohol dan asap memasak dan asap rokok. Berikut ini merupakan konfigurasi dan struktur dari sensor MQ-6 :



Gambar 2.6 Sensor MQ-6 (Sumber: Winsen, 2015)

5. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 dapat digunakan untuk mendeteksi udara bebas. Sensor ini memiliki sensitivitas terhadap NH₃, NO_x, CO₂, sulfida, benzene, asap dan zat

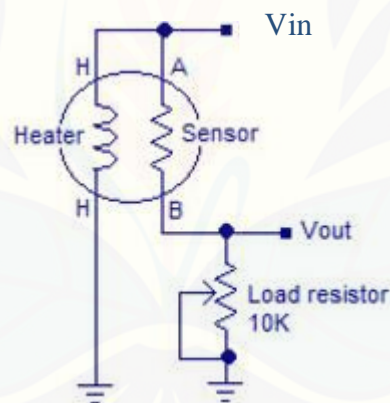
yang berbahaya lainnya. Sensor ini terbuat dari bahan semikonduktor yaitu dari bahan timah oksida (SnO_2)



Gambar 2.7 Sensor MQ-135 (Sumber: Winsen, 2015)

2.2.5 Pembacaan Respon sensor

Sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi aroma kopi memiliki sistem pembacaan respon yang akan ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 2.8 Sirkuit sensor gas (Sumber: Hanwei, 2015)

Gambar menunjukkan bahwa terdapat tegangan input yang berfungsi untuk *supply* energi ke bagian *heater* dan sensor, pada gambar juga menunjukkan terdapat nilai tahanan beban (R_L) yang mempunyai nilai ketetapan yang disesuaikan dengan jenis sensornya dan nilai tahanan sensor (R_s) dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$R_s = \frac{V_{in}}{V_{out}-1} \times R_L \dots \dots \dots 2.10$$

Senyawa volatil yang diterima oleh sensor berupa nilai hambatan (R_s), akan tetapi nilai hambatan tersebut akan dikonversi menjadi nilai tegangan berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$V_{out} = \frac{RL}{RL+RS} \times V_{in} \dots\dots\dots 2.11$$

Data yang diperoleh akan berubah menjadi data tegangan. Nilai V_{out} akan dipengaruhi oleh nilai hambatan sensor (R_s) ketika nilai R_s kecil maka nilai V_{out} akan meningkat dan sebaliknya ketika nilai hambatan sensor besar maka nilai tegangan output yang diperoleh menurun.

2.2.6 Sensor array

Larik atau *array* dapat didefinisikan sebagai susunan dari suatu benda yang mengikuti suatu aturan tertentu. *Sensor array* dapat didefinisikan kumpulan atau gabungan sensor yang digunakan untuk mengumpulkan informasi yang berupa data dari suatu materi yang akan di uji. Di dalam lingkungan kimia sensor-sensor yang digunakan memiliki jenis yang berbeda serta sensitivitas yang berbeda pula. *Gas sensor array* digunakan untuk mengkonversi informasi kimia yang berada dalam sampel yang dapat menghasilkan gas dan mengubahnya menjadi sinyal-sinyal yang bisa diukur. Sensor-sensor gas yang digunakan diakses secara individual dan hampir bersamaan. Berdasarkan hal tersebut dalam metode operasinya sensor-sensor ini dapat dipakai sebagai elemen sensor yang independen (Lelono, 2013).

2.2.7 Electronic Nose

Respon sensor tunggal dapat digabung menjadi sebuah *Array* dimana setiap respon memiliki sifat selektif yang berbeda dan sifat kepekaan yang berbeda pada sampel, apabila suatu sensor dikombinasikan dengan metode matematika yang cocok maka akan dapat memberikan informasi untuk membedakan berbagai bau atau aroma sampel. Persaud (2001) menjelaskan bahwa *gas sensor array* dapat dibuat menggunakan teknologi yang berbeda, menggunakan beberapa cara khusus. Ilmu material merupakan suatu aspek yang penting dari pengembangan sistem. Pengembangan sistem yang dimaksud yaitu *electronic nose*. *E-nose* memiliki beberapa unsur penting diantaranya yaitu *sensor array* yang terkena senyawa volatil, konversi sinyal sensor ke format dapat dibaca, software analisis data untuk memperoleh output karakteristik terhadap aroma atau bau yang terdeteksi. Hasil yang diperoleh dari sensor *array* ini dapat

diartikan menggunakan beberapa metode diantaranya analisis fungsi diskriminasi, analisis algoritma pengenalan pola, analisis komponen utama atau PCA, dan analisis jaringan syaraf tiruan (*Backpropagation*) (Persaud, 2005).

2.3 Gas Sensor untuk Kopi Flavor

Berdasarkan sensitivitas kimia *metal oxide semiconductor* (MOS), sensor gas telah tersedia secara komersial. Sensor gas banyak digunakan untuk membuat *array* yang digunakan untuk mengukur aroma. Oksida logam telah banyak digunakan untuk menunjukkan kepekaannya terhadap gas dalam keadaan yang sesuai. Bahan yang paling sering digunakan yaitu timah dioksida (SnO_2) yang telah di doping dengan sedikit logam katalitik dan paladium (Berna, 2010). Pemilihan SnO_2 sebagai bahan pembuatan gas sensor karena lapisan tipis dari SnO_2 bersifat sensitif dan selektif, memiliki waktu respon yang singkat terhadap gas dan memiliki reproduibilitas dan pengulangan yang baik. Kelebihan yang lain yaitu ukurannya dapat dibuat dengan ukuran yang kecil, murah, dapat mereduksi gas dengan baik sehingga memiliki sensitivitas dan selektifitas yang tinggi atau dapat dikatakan sifat kereaktifannya tinggi (Partridge, 2007).

2.3.1 Gas Sensor untuk Kopi yang Telah Berkembang

Rodriguez (2010) telah melakukan penelitian mengenai sensor *array* dengan metode "*Detection of Defect in Cup Test*" pada penelitian ini Rodriguez menggunakan sensor sebanyak 8 untuk mendeteksi berbagai senyawa volatil yang ada dalam kopi. Penelitian yang dilakukan menggunakan beberapa sensor yang untuk mendeteksi senyawa-senyawa volatil pada kopi.

Berikut ini merupakan jenis-jenis sensor yang digunakan :

Tabel 2.2 Daftar sensor yang digunakan dalam deteksi cacat kopi

Jumlah	Sensor	Aplikasi
1	SP-12	Gas mudah terbakar
1	SP-31	Pelarut organic
1	TGS-813	Gas mudah terbakar
1	TGS-842	Metana, gas alam
1	SP-AQ3	Kontrol kualitas udara
1	TGS-823	Gas mudah terbakar
1	ST-31	Pelarut organic
1	TGS-800	Benzena, asap

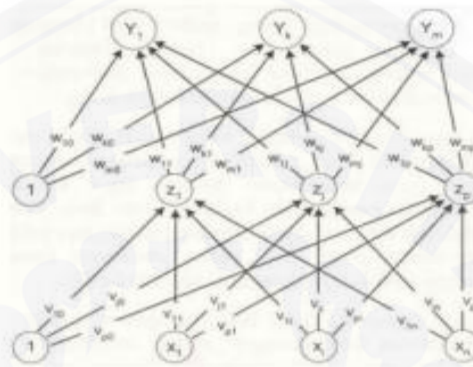
(Sumber: Rodriguez, 2010)

Penelitian ini menggunakan biji kopi hijau akan tetapi sulit diperoleh aroma sehingga sampel yang digunakan diganti menjadi bubuk kopi yang diseduh dengan air untuk mengesktrak senyawa volatil yang ada dalam kopi agar bisa dideteksi oleh sensor. Jenis kopi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu "Excelso UGQ2, Excelso Europa, Pasillas, dan kopi dengan cacat (misalnya, hitam, putih, cuka). Teknik yang digunakan yaitu PCA dan *backpropagation* neural umpan-maju. Jaringan saraf tiruan atau *backpropagation* digunakan sebagai tehnik pengolahan data. Analisis Komponen Utama (PCA) adalah metode linier tanpa pengawasan yang efektif untuk proyek data dari beberapa sensor untuk bidang dua dimensi. Metode ini telah terbukti efektif untuk membedakan respon dari *E-Nose* ke bau yang sederhana dan kompleks.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki sensitivitas yang baik dan selektivitas yang memadai. Pengolahan data menggunakan metode PCA dan jaringan saraf juga berhasil. *E-Nose* dapat digunakan untuk pengendalian kualitas di sektor kopi, hal tersebut dapat terjadi karena *E-Nose* dapat mengklasifikasikan sampel yang berbeda dari Excelso kopi, kopi dengan cacat pada cangkir dan lain-lain.

Metode yang juga telah berkembang di Indonesia *gas sensor array* dengan metode Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan suatu sistem yang digunakan untuk memproses informasi yang mempunyai sifat hampir sama dengan jaringan saraf biologi. Metode ini melatih jaringan agar memperoleh potensi jaringan yang

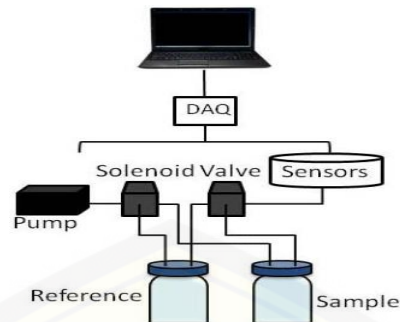
seimbang untuk mengenali pola yang dipakai pada saat pelatihan dan jaringan untuk memberikan tanggapan yang benar pada pola masukan yang serupa (akan tetapi tidak sama) dengan pola yang dipakai saat pelatihan. Metode ini mempunyai lapisan output, lapisan input serta lapisan-lapisan lain yang tersembunyi. Lapisan-lapisan tersebut tersusun dari beberapa unit :



Gambar 2.9 Rancangan JST *Backpropagation* (Sumber: Rabersyah, 2016)

Metode *Backpropagation* dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis bubuk kopi dengan menggunakan sensor array sebanyak 5 buah yaitu TGS 2611, TGS 822, TGS 2620, TGS 2602, TGS 2610. Senyawa yang telah berhasil teridentifikasi menggunakan metode ini diantaranya yaitu gas amonia, hidrogen sulfida (H_2S), alkohol, karbon monoksida (CO), namun pada hasil penelitian dijelaskan bahwa sensor TGS 2611 dan TGS 2610 tidak mendeteksi adanya gas buatan dan metana pada sampel kopi (Rabersyah *et al.*, 2016).

The pudom *et al.*, 2013 telah melakukan penelitian menggunakan gas sensor array berbasis *electronic nose* untuk mengidentifikasi jenis-jenis kopi di Thailand. Sensor yang digunakan sebanyak 8 yaitu TGS 821 yang dapat mendeteksi gas hidrogen, TGS 822 dapat mendeteksi uap pelarut organik, TGS 825 yang dapat mendeteksi hidrogen sulfida, TGS 2600 dapat mendeteksi kontaminan Air, TGS 2610 yang dapat mendeteksi gas LP, TGS 2620 dapat mendeteksi uap pelarut.



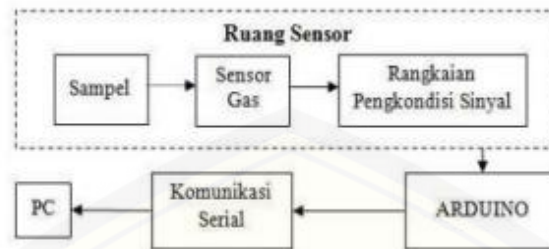
Gambar 2.10 Diagram skematik *E-Nose* (Sumber: Thepudom *et al.*, 2013)

Desain set alat di atas dirancang dengan cara gas sensor dipasang di dalam ruang. Hal ini bertujuan agar aliran gas dapat terdistribusi ke semua sensor. Aroma sampel kemudian dialirkan melalui inlet dan didistribusikan ke semua sensor. Ruang untuk tempat sensor terbuat dari bahan teflon tujuannya agar mencegah adsorpsi bau dalam ruangan. Sistem pengolahan data menggunakan rangkaian listrik yang dapat mengkonversi perubahan konduktivitas ke output tegangan. Multiplexer digunakan sebagai pemilih sinyal untuk switch untuk mengirim data dari beberapa sensor menjadi sinyal saluran tunggal. Sinyal yang dipilih dikonversi dari sinyal tegangan analog ke sinyal digital dengan menggunakan data komersial akuisisi (DAQ). DAQ digunakan untuk mengontrol switching katup solenoid dan tingkat tekanan pompa. Software yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Labview* yang berfungsi untuk mengontrol sistem Electronic nose melalui DAQ dan dapat digunakan untuk mengolah data dan visualisasi. Penelitian yang dilakukan (Thepudom *et al.*, 2013) dapat membedakan merk produk kopi instan dan dapat mengklasifikasikan bau kopi dalam campuran yang berbeda.

2.3.2 Design sensor *array*

Design sensor *array* yang telah berkembang di Indonesia yaitu JST Backpropagation.

Berikut ini merupakan design yang telah diteliti oleh Rabersyah *et al.*, 2016 :



Gambar 2.11 Desain sensor array menggunakan metode *backpropagation* (Sumber: Rabersyah, 2016)

Input sinyal akan diterima oleh sistem dari beberapa set sensor gas yang digunakan, yaitu : TGS 2611, TGS 822, TGS 2620, TGS 2602, dan TGS 2610. Sensor gas yang mendeteksi senyawa-senyawa kimia yang berasal dari kopi menyebabkan terjadinya perubahan voltase. Konsentrasi zat yang diukur dapat mempengaruhi resistensi dari suatu sensor, apabila konsentrasi zat yang diukur tinggi maka resistensi dari sensor semakin menurun. Sinyal yang telah terdeteksi oleh sensor akan diolah menuju rangkaian pengkondisi sinyal yang kemudian akan dilanjutkan ke rangkaian pengubah analog digital (ADC) yang nantinya akan diubah menjadi sinyal digital. Sinyal digital yang telah dihasilkan akan diteruskan menuju PC kemudian di olah menggunakan metode *JST backpropagation* (Rabersyah *et al.*, 2016).

2.3.3 Instrumentasi pengukuran

a. Labview

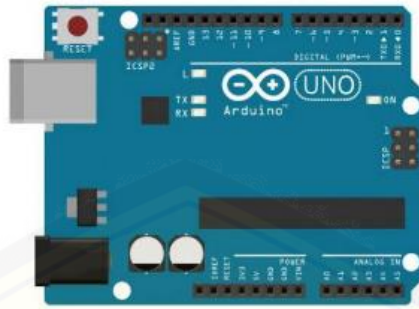
Labview merupakan salah satu *software* yang diciptakan oleh *national instrument*. *Software labview* memiliki beberapa fitur-fitur yang canggih dimana hal ini dapat memudahkan *labview* untuk terhubung dengan perangkat keras serta terhubung ke *software* yang lain. *Software* ini dapat digunakan merancang suatu *instrument virtual*. *Labview* dapat digunakan untuk menjalankan operasi mengenai program instrumentasi, dapat mengendalikan perangkat keras (*hardware*), dapat digunakan untuk analisa data, dan dapat digunakan untuk

menampilkan data yang telah diolah (Hidayat, 2015). *Software labview* pada penelitian ini digunakan dengan menghubungkan dengan beberapa software yang lain diantaranya yaitu VIPM dan NI-Visa. Software labview yang digunakan menggunakan sebuah hardware yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi digital. Hardware yang digunakan berupa arduino. Arduino dapat digunakan untuk mengubah sinyal dari analog ke digital dikarenakan dalam arduino didalamnya terdapat suatu rangkaian *analog digital converter (ADC)*. Data digital yang dihasilkan kemudian dapat dibaca serta diolah dan dikirim ke PC menggunakan komunikasi serial (Artanto, 2017).

b. Arduino

Arduino adalah suatu *electronic board* yang didalamnya terdapat mikrokontroller. Mikrokontroller adalah suatu sistem yang memiliki input atau output serta memori dan prosesor. Mikrokontroller memiliki prinsip yaitu sebuah chip komputer yang dapat melakukan suatu perintah secara berulang dan memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan alat-alat eksternal seperti sensor, LED dan yang lainnya. Arduino merupakan produk dari Atmel, yaitu microcontroller atmega 328 yang mempunyai PORT sebanyak 3 buah yaitu PORTD, PORTB dan PORTC. Arduino merupakan salah satu mikrokontroller yang sering digunakan dibandingkan jenis mikrokontroller yang lain. Arduino memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat menyelesaikan project dengan cepat dan dapat meminimalisir kesalahan dalam mengerjakan suatu project. Arduino memiliki bermacam-macam jenis hal ini dapat digolongkan berdasarkan IC, *BOARD*, dan PIN yang dimiliki oleh arduino tersebut. Arduino jenis UNO merupakan salah satu jenis yang sering digunakan dalam instrumen sensor, modul, *shield*, dan *actuator*.

Berikut ini merupakan tampilan secara umum Arduino :



Gambar 2.12 Penampakan Arduino (Sumber: Ananda, 2018)

2.4 Teknik preparasi sampel kopi

Proses penyeduhan adalah suatu metode yang digunakan untuk memisahkan satu atau lebih komponen yang ada dalam kopi dengan air sebagai pelarutnya. Suhu yang digunakan dalam proses penyeduhan jika semakin tinggi maka kemampuan air untuk mengeskrak senyawa-senyawa kimia atau *volatile compounds* pada kopi juga semakin meningkat, begitupula dengan lamanya proses penyeduhan, lamanya proses penyeduhan sangat berpengaruh pada kadar kandungan bahan kimia yang terlarut, Cita rasa kopi dapat dihasilkan dengan cara proses penyeduhan, metode penyeduhan ini dilakukan yang untuk memperoleh rasa yang berbeda dan menarik.

Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk memperoleh aroma kopi yaitu metode penyeduhan menggunakan suhu yang sesuai. Metode penyeduhan ini juga bertujuan untuk meghasilkan suatu cita rasa yang dapat dijadikan sebagai daya tarik tersendiri. Cita rasa dari biji kopi merupakan kombinasi dari aroma dan rasa. *Flavour* dalam kopi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu adanya senyawa-senyawa volatil yang terkandung dalam kopi yang dapat terekstrak ketika dilakukan proses pemanasan atau penyeduhan, selain senyawa volatil yang dapat mempengaruhi cita rasa kopi yaitu orde reaksi, turbulensi, suhu, ukuran bubuk kopi, kualitas kopi, dan air yang digunakan dalam proses penyeduhan (Sage, 1995).

Faktor yang sangat mempengaruhi kualitas hasil seduhan yang paling penting yaitu ukuran bubuk kopi (kehalusan). Level kehalusan dari biji kopi perlu

diperhatikan untuk memperoleh hasil yang optimal. Semakin kecil ukuran bubuk kopi maka luas permukaan menjadi besar dan proses pengekstrakan kopi dapat berlangsung secara lebih maksimal. Semakin kecil ukuran bubuk kopi juga dapat mempermudah senyawa pembentuk aroma dan rasa terlarut dalam air panas, akan tetapi hasil yang diperoleh dapat menyebabkan rasa kopi menjadi lebih pahit atau sepat. Faktor suhu juga dapat berpengaruh pada proses penyeduhan, suhu yang digunakan saat proses penyeduhan dapat mempengaruhi aroma dan citarasa kopi. *Specialty Coffee Assosiation of America* (SCAA) menyatakan bahwa Suhu air yang bagus digunakan dalam proses penyeduhan yaitu sebesar 92 °C, suhu yang umum digunakan untuk konsumen kurang lebih sebesar dari 80 °C- 85 °C dan suhu ideal yang digunakan untuk penyajian kopi sebesar 62,8 – 68,3 °C (Asiah, 2017).

Tahapan yang dilakukan dalam proses penyeduhan.

1. Tahap yang awal dilakukan yaitu proses roasting atau penyangraian. Proses roasting bertujuan agar aroma yang khas dari kopi dapat keluar dan untuk memperoleh warna yang diinginkan. Proses penyangraian dari biji kopi menyebabkan biji menjadi berkurang massanya sekitar 13-20 % serta menghasilkan aroma yang khas. Penyangraian juga dapat mengubah struktur dan warna dari biji kopi (Belitz dan Grosch, 1987). Senyawa-senyawa yang dapat membentuk cita rasa banyak terkandung dalam biji kopi seperti asam amino dan gula. Proses penyangraian dari biji kopi menyebabkan senyawa gula yang ada dalam kopi terkaramelisasi sehingga menghasilkan aroma yang khas (Mulato, 2002). Penyangraian kopi terdiri dari 3 jenis berdasarkan suhu yang digunakan yaitu *Light Roast* pada proses penyangraiannya menggunakan suhu 193-199 °C. *Medium Roast* menggunakan suhu sangrai sebesar 204 °C dan *Dark Roast* menggunakan suhu sangrai 213-221 °C.
2. Tahap yang kedua yaitu proses penggilingan. Proses ini dilakukan untuk mengubah ukuran kopi menjadi lebih kecil sampai memiliki tekstur halus. Ukuran dari biji kopi dapat mempengaruhi rasa dan aroma kopi. (Najiyati dan Danarti, 1997) menyatakan bahwa semakin kecil ukuran kopi yang

digunakan maka rasa dan aroma dari kopi tersebut semakin baik, hal ini dapat terjaji karena senyawa –senyawa dalam kopi akan mudah larut dalam air pada saat proses penyeduhan.

3. Tahapan yang ketiga yaitu penyeduhan

Proses ini bertujuan untuk mengestrak kandungan- kandungan senyawa yang ada dalam kopi dan agar aroma dalam kopi dapat keluar. proses penyeduhan dapat dilakukan dengan memanaskan bubuk kopi menggunakan pelarut air pada suhu tertentu, selama proses penyeduhan dilakukan Pengadukan agar proses penyeduhan dapat berlangsung lebih cepat (Asiah, 2017).

2.5 Kriteria pengukuran

Karakteristik statis merupakan karakteristik yang bisa diukur apabila semua efek transien sudah distabilkan ke nilai akhir. Karakteristik statis berkaitan dengan bagaimana pada sensor terjadi suatu perubahan sebagai respon terhadap perubahan input. Caranya dapat dilihat dari keselektifan sensor, bagaimana pengaruh interferensi internal dan eksternal terhadap respon, dan bagaimana kestabilan pengoperasian sistem penginderaan. Berikut ini merupakan karakteristik statis yang penting dalam pengukuran menggunakan sensor yaitu :

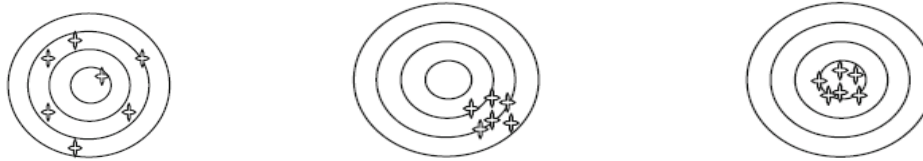
1. Akurasi

Keakurasian nilai suatu sistem penginderaan dapat menunjukkan kebenaran outputnya dalam perbandingan ke nilai yang sebenarnya, untuk mengetahui keakuratan dari suatu nilai dapat dilakukan dengan cara membandingkan sistem dengan standar ukur atau dapat juga dilakukan dengan membandingkan output dengan sistem pengukuran dengan nilai akurasi yang tinggi.

2. Presisi

Presisi merupakan parameter statistik yang dapat dinilai dari satandar deviasi atau varian dari serangkaian pembacaan sistem untuk input yang sama. Kepresisian yang baik dapat dilihat berdasarkan nilai SD yang diperoleh. Nilai standar deviasi yang semakin kecil maka presisi semakin bagus. Presisi dapat menunjukkan kemampuan sistem penginderaan untuk memberi pembacaan yang sama dan dapat menunjukkan tingkat kstabilan saat mengukur dalam keadaan

yang sama dan berulang kali. Berikut ini merupakan gambaran dari sistem presisi



(a) presisi-akurasi rendah (b) presisi tinggi-akurasi rendah (c) presisi-akurasi tinggi

Gambar 2.13 Tingkatan presisi (Sumber: Zadeh, 2013)

Gambar 2.13 menunjukkan bahwa sistem penginderaan suhu pada gambar (a) memiliki nilai akurasi dan presisi yang rendah karena pada gambar pertama dapat dilihat bahwa nilai standar suhu misalnya sebesar 21,0 akan tetapi pengukuran menghasilkan nilai sebesar 22,0, 22,1, atau 21,9 °C pengukuran memiliki nilai yang berbeda-beda. Gambar (b) menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki kepresisian yang tinggi akan tetapi keakuratan yang rendah. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai yang diperoleh sebesar 21,5 ; 21,0 ; dan 20,5 nilai hasil pengukuran memiliki akurasi yang rendah karena nilai yang diukur berbeda dengan nilai yang sebenarnya. Gambar (c) menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki nilai presisi tinggi dan akurasi tinggi.

2. Repeatabilitas (Keterulangan)

Repeatabilitas merupakan potensi sebuah sistem penginderaan untuk memperoleh respon yang sama saat pengukuran dilakukan secara berurutan dan ketika keadaan operasi dan lingkungan tetap konstan. Repeatabilitas berkaitan dengan presisi. Baik dalam jangka waktu panjang atau pendek. Pengulangan dilakukan untuk mengetahui kekonsistenan dari suatu alat ukur. Misalnya yaitu pada pengukuran suhu ketika suhu lingkungan tetap konstan di 21 °C dan pada saat pengukuran menghasilkan 21,0, 21,1, dan 21,0 °C dalam interval waktu 1 menit dan menunjukkan hasil sebesar 22,0, 22,1, dan 22,2 °C. Pengulangan ini menunjukkan bahwa dengan interval 1 menit memiliki nilai repeatabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan interval 1 jam.

3. Reprodusibilitas

Reprodusibilitas merupakan potensi dari suatu sistem penginderaan untuk menghasilkan respon yang sama setelah kondisi pengukuran telah diubah.

Contohnya yaitu ketika sistem penginderaan temperatur menghasilkan respon yang sama dalam lebih dari satu jangka waktu yang lama atau disaat pembacaan dilakukan dengan operator dan laboratorium yang berbeda, maka sistem ini dapat dikatakan reproduisibilitas.

4. Stabilitas

Stabilitas merupakan potensi dari suatu sistem penginderaan untuk menghasilkan nilai output yang sama saat melakukan pengukuran dalam satu periode waktu.

5. Error

Error merupakan selisih antara nilai yang dihasilkan saat pengukuran dan nilai yang dihasilkan oleh sistem sistem penginderaan. Error bisa ditimbulkan karena beberapa faktor yaitu dari faktor internal dan faktor eksternal yang berkaitan erat dengan akurasi. Akurasi dapat dihubungkan dengan kesalahan absolut atau relatif sebagai :

$$\text{absolute error} = \text{Output} - \text{True value} \dots\dots\dots 2.10$$

$$\text{Relative error} = \frac{\text{Output} - \text{True Value}}{\text{True Value}} \dots\dots\dots 2.11$$

Contohnya, pada sistem penginderaan suhu apabila suhu sebesar 21 °C dan pada sistem menghasilkan 21,1 °C. Hal ini menunjukkan bahwa kesalahan relatif dan absolut sebesar 0,1 °C. Kesalahan yang mutlak memiliki satuan yang sama dengan pengukuran. Kesalahan relatif tidak memiliki unit. Error dapat dihasilkan karena adanya fluktuasi sinyal output dan dapat menjadi sistematis. (contohnya pergeseran atau interferensi dari sistem lain) atau acak (misalnya, gangguan acak). (Zadeh, 2013).

2.6 Analysis of Variance (ANOVA)

ANOVA merupakan salah satu analisis statistik yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu hasil penelitian atau eksperimen. R. A Fisher merupakan

seseorang yang telah mengembangkan metode ANOVA. Metode ini merupakan metode analisis yang digunakan untuk menguji hipotesis nol (H_0) mengenai 3 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 antar 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. Objek pengamatan pada ANOVA one way dilakukan secara random sehingga seringkali disebut dengan *completely randomized design*.

b. *Two way ANOVA* digunakan untuk menguji pengaruh terhadap 2 faktor pada variabel terikatnya. Faktor lain yang menjadi sumber keberagaman juga perlu diperhatikan dalam analisis ANOVA dua arah.

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 dapat dihitung menggunakan tabel seperti di bawah ini :

Tabel 2.3 Pengukuran analisis ANOVA

Sumber keragaman	Derajat bebas	Jumlah kuadrat	Varian	F_{hitung}	F_{tabel}
Antar kolom	$V_1 = k - 1$	JKK	S_1^2	$\frac{S_1^2}{V_1}$	$F = \frac{V_1}{V_2}$
Sisaan	$V_2 = N - k$	JKS	S_2^2	$\frac{S_2^2}{V_2}$	
	N-1	JKT			

(Sumber: Sugiarto, 2006)

Keterangan :

K	= Jumlah populasi	JKT	= Jumlah kuadrat total
N	= Jumlah pengamatan	JKS	= Jumlah kuadrat sisaan

$$S_1^2 = \frac{JKK}{v_1}$$

JKK = Jumlah kuadrat antarkolom

$$S_2^2 = \frac{JKS}{v_2}$$

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



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Analitik dan jurusan Kimia Universitas Jember dan waktu pelaksanaan dilakukan pada bulan November 2018 sampai kurang lebih April 2019. Pengambilan sampel kopi yaitu diperoleh dari kebun Panti di daerah gunung pasang kecamatan Panti Kabupaten Jember. Kopi yang digunakan merupakan jenis kopi Robusta Kebun Panti.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *heater*, *stirer*, *beaker glass*, gelas ukur, botol semprot, termometer, erlenmeyer, penutup karet, pompa, *neraca* analitik, *coffee grinder*, batang pengaduk, arduino UNO, kabel USB, kabel *female* dan *male*, laptop yang telah terinstall *software Labview*, *software* Ni-visa, *software* VI Package Manager (VIPM), sensor MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7 dan sensor MQ-135.

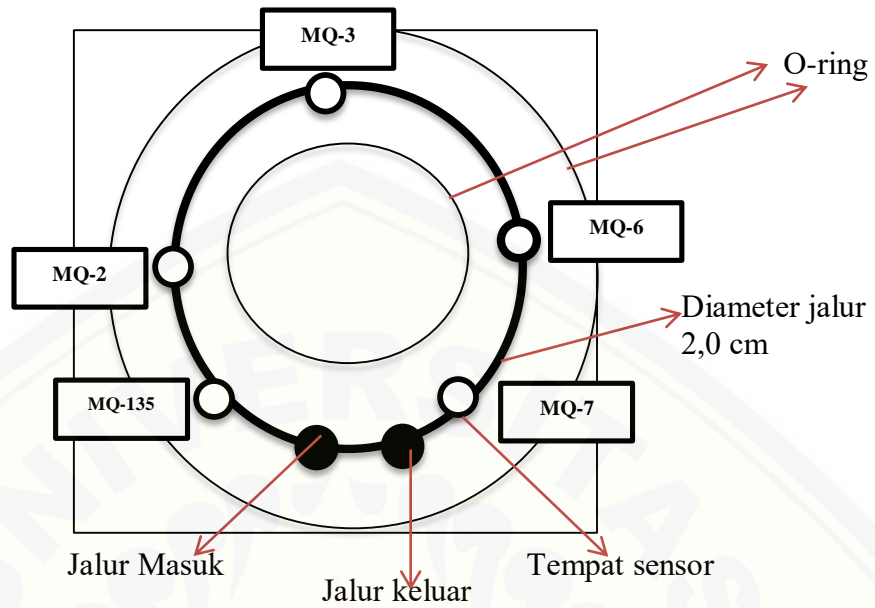
3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kopi Robusta Panti yang telah di sangrai dan air mineral (aqua).

3.3 Desain Alat

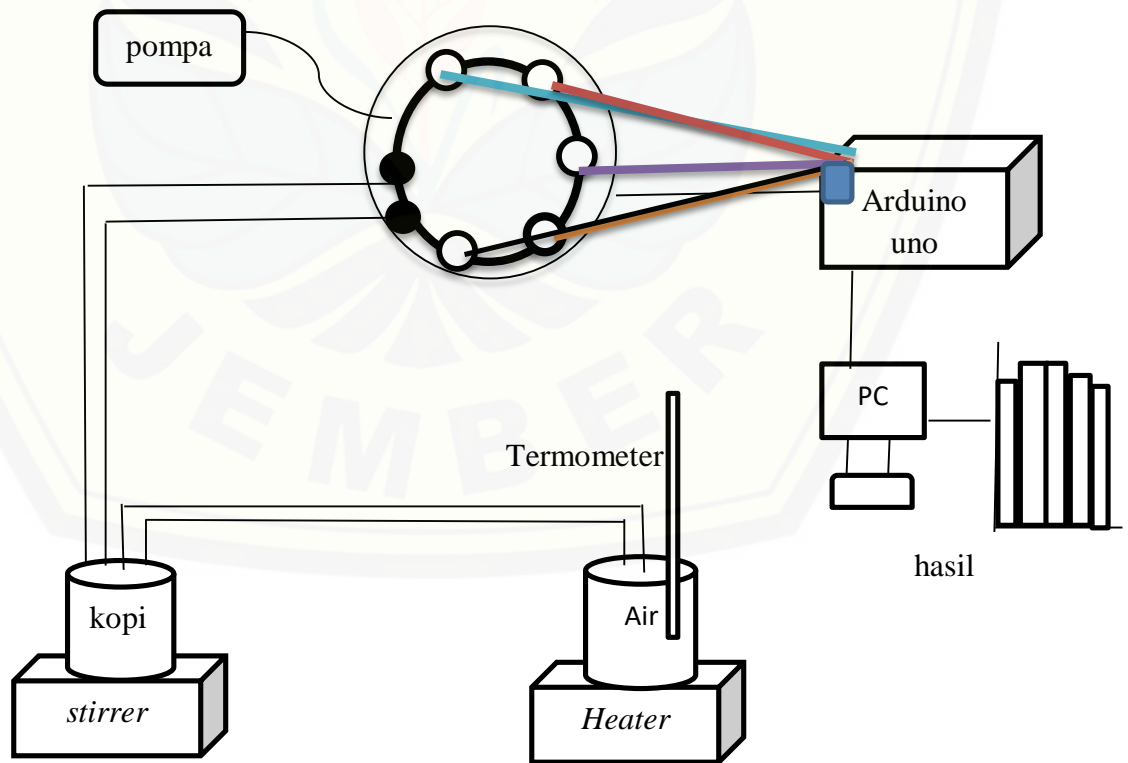
Sensor yang digunakan terdiri dari 5 jenis yaitu sensor gas MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6 dan MQ-7. Sensor yang digunakan disusun dalam chamber akrilik. Chamber akrilik terdiri dari 5 lubang yang digunakan untuk meletakkan sensor-sensor gas, pada akrilik terdapat jalur in dan out yang berfungsi sebagai jalur masuk dan keluarnya gas. jarak antara peletakan sensor 1 dengan sensor yang lainnya yaitu sebesar 72°C dan diameter jalur gas yang digunakan yaitu sebesar 2mm. Berikut ini desain sensor dari akrilik yang digunakan :

3.3.1 Desain sensor array



Gambar 3.1 Desain Sensor Array

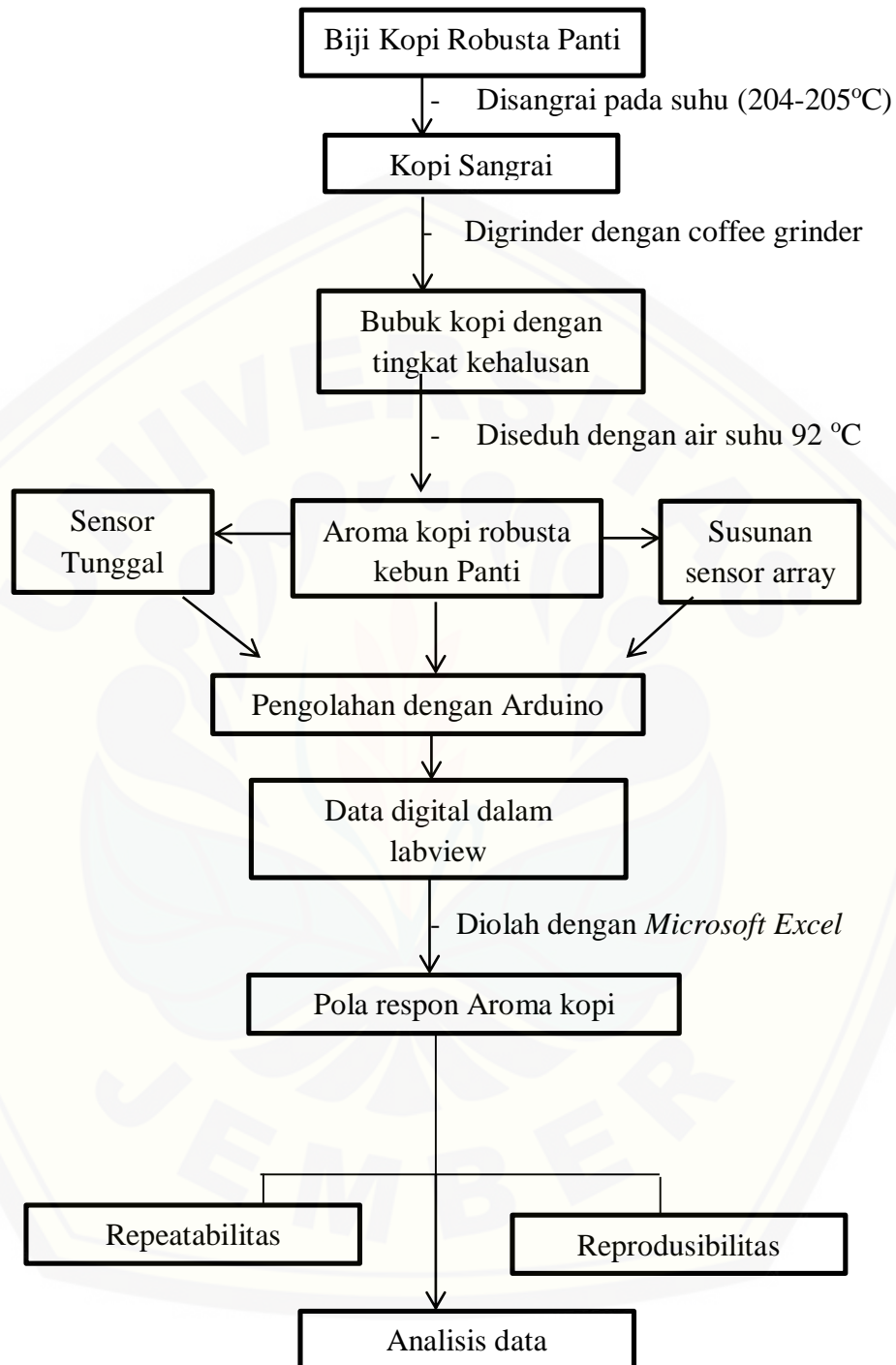
3.3.2 Desain set alat pengukuran



Gambar 3.2 Desain Set Alat Pengukuran

Berdasarkan desain alat pada gambar 3.4 dirancang dengan sedemikian rupa agar dapat bekerja secara optimal, pada bagian tempat pemanasan kopi wadah yang digunakan berupa *erlenmeyer* didesain secara rapat menggunakan penutup agar uap dan gas- gas volatil dari kopi tidak dapat keluar dan dapat terdeteksi secara maksimal. Pendeteksian uap sampel menggunakan 5 jenis sensor yang disusun menjadi *Array*. Langkah yang dilakukan yaitu sampel kopi diletakkan di wadah erlenmeyer yang kemudian ditambahkan dengan air mineral yang telah diseduh menggunakan suhu sebesar 92 °C. Erlenmeyer yang digunakan diletakkan sebuah thermometer yang berfungsi untuk mengontrol suhu air, apabila air panas telah dituang pada sampel kopi dilakukan penutupan agar uap-uap dari kopi tidak keluar. Pada bagian tutup sampel terdapat suatu pipa yang digunakan untuk mengalirkan uap atau aroma yang telah dihasilkan oleh kopi. Uap tersebut kemudian dialirkan menuju sensor yang telah disusun menjadi *array*. Sensor-sensor yang digunakan akan merespon atau akan terjadi reaksi antara sensor dan uap sehingga dapat menghasilkan sebuah data. Data yang diperoleh ini kemudian akan diolah oleh arduino UNO kemudian dilanjutkan ke *software* labview, dimana pada tahapan ini akan terjadi perubahan data dari analog menjadi digital. Data yang telah diolah kemudian akan dikonversi dalam excel sehingga dapat dijadikan sebuah grafik tegangan vs jenis sensor.

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Proses penyangraian dan penggilingan

Biji kopi yang telah diperoleh dari kebun Panti akan disangrai berdasarkan tingkatan yang optimum (medium) dengan suhu 205-209 °C. Sampel kopi yang telah disangrai akan digiling menggunakan *coffee grinder* menjadi 3 variasi. Variasi yang pertama yaitu berukuran halus variasi kedua berukuran medium, dan variasi ketiga berukuran kasar. Variasi ukuran serbuk yang digunakan bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk kopi terhadap pendeteksian aroma pada kopi yang digunakan, karena pada literatur dijelaskan bahwa semakin kecil ukuran partikel suatu zat maka luas permukaannya semakin besar sehingga senyawa volatil yang ada dalam kopi dapat terekstrak dengan optimal.

3.5.2 Proses persiapan sampel

Sampel kopi yang telah disangrai dan bervariasi kekasarannya masing-masing akan dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan dipanaskan menggunakan suhu 92 °C. Pemanasan yang dilakukan menggunakan teknik penyeduhan. Air yang digunakan untuk menyeduh harus memenuhi kriteria yaitu air yang digunakan tidak memiliki bau, air harus bersih, dan bukan merupakan air destilasi (Asiah, 2017). Sampel kopi ditambahkan dengan air mineral dengan ukuran standart menggunakan perbandingan 1: 15 atau setara dengan 3 gram bubuk kopi : 45 ml air mineral.

3.5.3 Pengukuran Respon sensor tunggal

Sensor yang digunakan terdiri dari 5 jenis yaitu MQ-2, MQ-6, MQ-7, MQ-3, MQ-135. Tahap awal yang dilakukan yaitu masing-masing sensor akan diuji. Pengujian respon sensor tunggal dilakukan dengan cara meletakkan setiap jenis sensor di atas sampel kopi Robusta kebun Panti yang telah diolah dengan perbandingan 1:15 atau 3 gram 45 ml. Sampel kopi Robusta tersebut akan menghasilkan suatu aroma. Aroma yang dihasilkan oleh kopi akan dideteksi oleh setiap sensor yang digunakan. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui

bagaimana respon setiap sensor terhadap aroma kopi Robusta kebun Panti sehingga nantinya sensor dapat digunakan untuk menjadi sensor *array*.

3.5.4 Pengukuran respon *Sensor Array*

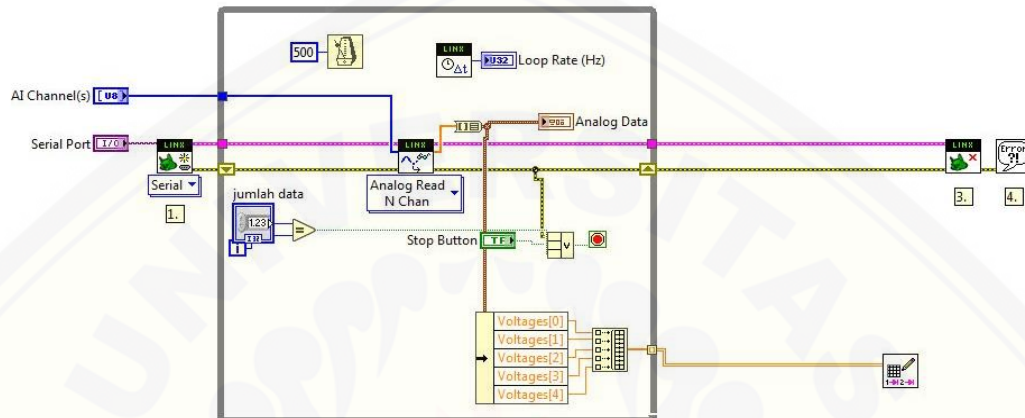
Sensor yang digunakan merupakan sensor jenis MQ-2, MQ-6, MQ-7, MQ-3, MQ-135 yang telah diuji. Sensor-sensor tersebut kemudian dirangkai menjadi *sensor array*. Perangkaian sensor-sensor tersebut menggunakan bahan akrilik yang didesain dengan melubangi akrilik sebesar diameter yang dimiliki sensor. Pada akrilik juga terdapat jalur untuk tempat uap melintas yang dilewatkan selang sehingga uap atau aroma kopi yang telah dipanaskan dapat dideteksi menggunakan *sensor array*. Aroma kopi yang telah terdeteksi oleh sensor akan dialirkan menuju arduino UNO kemudian akan diproses oleh *software Labview* yang dilengkapi software VIPM dan Ni-VISA. Fungsi *software* VIPM yaitu untuk penyedia program yang belum terinstall dalam labview dan fungsi penambahan *software* Vi-NISA untuk menghubungkan *Labview* dengan Arduino sehingga data yang diperoleh dapat diolah dengan baik. Aroma yang diperoleh dari kopi akan menuju arduino UNO kemudian diolah menjadi sebuah data analog dan akan menuju labview agar menjadi data digital. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan microsoft excel sehingga dapat dihasilkan sebuah pola respon dari aroma kopi yang telah terdeteksi.

3.5.5 Skema yang Digunakan dalam *Labview*

Pada labview bahasa pemrograman yang digunakan menggunakan kode dan tidak menggunakan tanda *syntax* berupa titik, koma dan yang lainnya. Pemrograman pada labview menggunakan ikon-ikon untuk menghubungkan satu program ke program yang lainnya sehingga dapat mengalirkan sebuah data dalam suatu program. Program yang terdapat dalam labview seringkali disebut dengan *virtual instrument*. Pada *virtual instrument* terdapat dua jendela yaitu *diagram blok* dan front panel. Pada windows *front panel* terdapat *interface* yang berfungsi untuk mensimulasikan panel contohnya yaitu menyediakan tombol, knop dan yang lainnya. Program dapat dibuat di windows dengan diagram blok yang

dirancang sedemikian rupa, pada diagram blok program yang akan dibuat dapat berbentuk gambar yang dihubungkan dengan garis-garis sehingga programnya dapat berfungsi dengan baik.

Berikut ini merupakan diagram block dari penelitian ini :



Gambar 3.4 Diagram Blok Labview Sensor Array

Gambar 3.1 merupakan diagram blok dimana diagram ini merupakan tempat pengaturan program pada *labview*, Pada diagram blok ini terdapat hubungan antara sensor, arduino, *software labview* dan N-VISA. Sensor dihubungkan dengan 3 kabel *male – female*. Kabel pertama dihubungkan dengan VCC-3,3 V pada arduino, kabel kedua dihubungkan dengan *Ground (GND)* sensor – ke GND Arduino dan kabel ketiga analog output (Ao) dihubungkan pada Ao pada arduino. Gambar *ai channel* dan *serial port* merupakan gambar dari sensor dan arduino. Gambar tersebut dihubungkan ke *serial marker hub* yang berlambang hijau. Ikon ini berfungsi untuk menginstall arduino sehingga dapat terhubung ke *labview* kemudian terhubung dengan *analog read 1 channel* dimana pada program ini berfungsi agar data yang telah terekam oleh sensor dapat terbaca kemudian akan menjadi data berupa analog. Data analog kemudian dihubungkan dengan ikon V yang menyatakan voltase atau tegangan dimana ikon V dihubungkan dengan ikon Jumlah data. Jumlah data dapat diatur sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, pada penelitian ini jumlah data yang akan diukur sebanyak 250 data. Data analog yang telah terekam akan dikonversi menjadi data

digital oleh ADC (*analog converter digital*) yang terdapat dalam mikrokontroler arduino. Data yang menjadi output akan berupa data tegangan. Arduino UNO dan *labview* dapat terhubung karena telah terinstall perangkat tambahan berupa N-Visa yang berfungsi untuk menyediakan *interface* pemrograman antara arduino dengan *labview*, pada diagram blok *sensor gas array* sensor dan arduino dihubungkan dengan N Channel yang menandakan bahwa terdapat lebih dari 1 sensor gas yang digunakan sehingga nantinya akan menghasilkan data lebih dari satu. Penyusunan 5 buah sensor pada *sensor gas array* dilakukan dengan cara menghubungkan 5 buah sensor dan kabel *male-female* menggunakan bantuan *breadboard*. *Breadboard* merupakan suatu papan yang memiliki banyak lubang yang bermuatan positif dan negatif yang dapat digunakan untuk membuat suatu rangkaian elektronik. Penyusunan dilakukan dengan cara kabel *male-female* yang dihubungkan pada tiap-tiap sensor dihubungkan pada papan dimana pin GND pada sensor dihubungkan pada tanda negatif pada *breadboard*. Pin VCC pada sensor dihubungkan ke tanda positif pada *breadboard* dan Ao pada sensor dihubungkan pada Arduino sesuai urutan sensornya yaitu Ao pada MQ-135 dihubungkan ke Ao pada arduino, Ao pada MQ-2 dihubungkan pada A1 pada arduino, Ao pada MQ-3 dihubungkan pada A2 pada arduino, Ao pada MQ-6 dihubungkan pada A3 pada arduino, dan Ao pada MQ-7 dihubungkan pada A4 pada arduino, di dalam penyusunan *sensor gas array* terdapat 2 tambahan kabel digunakan untuk memberikan daya dimana VCC (+) pada *breadboard* dihubungkan ke 3,3 Volt pada arduino yang berfungsi untuk memberikan aliran listrik (DC) dan GND (-) pada *breadboard* dihubungkan pada GND di arduino sebagai tegangan referensi. Pada sensor gas array akan menghasilkan data berupa tegangan (V) sebanyak 5 data sesuai dengan sensor gas yang digunakan.

3.3.6 Pengukuran

Pengukuran pada penelitian dilakukan dengan cara mengukur repeatabilitas dan reproduisibilitas dari ke 5 jenis sensor jenis MQ-2, MQ-6, MQ-7, MQ-3, MQ-135. Repeatabilitas dapat dilakukan dengan cara mengukur sampel secara berurutan pada keadaan operasi dan lingkungan yang tetap dan diharapkan

akan diperoleh respon yang sama saat pengukuran. Reprodusibilitas merupakan potensi dari suatu sistem penginderaan untuk menghasilkan respon yang sama setelah kondisi pengukuran telah diubah. Pengukuran dilakukan pada waktu yang berbeda dalam jangka waktu tertentu. Penelitian ini dilakukan pengukuran repeatabilitas dengan cara melakukan pengukuran sebanyak 5 kali pada hari pertama pada setiap sensor yang digunakan (sensor tunggal) dan reprodusibilitas dilakukan dengan cara pengukuran setiap 2 minggu sekali selama kurang lebih 2 bulan. Untuk dapat mengukur repeatabilitas dan reprodusibilitas dari sensor dapat digunakan rumus sebagai berikut :

a. Standar deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(Xi)^2}{n}}{n-i}} \dots\dots\dots 3.1$$

keterangan :

SD : Standar Deviasi

n : jumlah pengukuran sampel

Xi : jumlah pengukuran sampel

b. Standar deviasi relatif

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% \dots\dots\dots 3.2$$

Keterangan :

RSD : Relatif Standar Deviasi

\bar{X} : Nilai pengukuran rata-rata

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian pendeteksian aroma kopi menggunakan gas sensor array sebagai berikut :

1. Sensor tunggal yang digunakan untuk mendeteksi aroma kopi Robusta kebun Panti memiliki respon yang berbeda antara satu dengan yang lainnya dikarenakan setiap sensor memiliki sensitivitas yang berbeda.
2. Ukuran serbuk kopi terhadap pendeteksian aroma menggunakan sensor gas *array* tidak berpengaruh terhadap respon yang dihasilkan akan tetapi ketiga varian ukuran serbuk menghasilkan pola respon yang sama. Nilai respon yang dihasilkan oleh sensor gas dalam mendeteksi aroma kopi Robusta kebun Panti menghasilkan respon MQ-3 memiliki respon yang paling tinggi, sensor MQ-135, MQ-6, MQ-7 memiliki respon yang sejajar dan MQ-2 memiliki respon yang paling rendah sehingga dapat diperoleh pola respon dengan urutan MQ-3, MQ-135, MQ-6, MQ-7 dan MQ-2.
3. Sensor yang digunakan memiliki kinerja yang cukup baik dalam jangka waktu 2 bulan terhadap nilai repeatabilitas nya. Hal ini ditunjukkan oleh *gas sensor array* yang menghasilkan %RSD dibawah 5%. Sensor yang digunakan memiliki reproduibilitas yang masih relatif baik. Nilai %RSD yang diperoleh <20% dan menghasilkan pola yang sama dalam 4 kali pengulangan. Analisis ANOVA menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan terhadap nilai responnya pada setiap pengulangan.

5.2 Saran

Penyimpanan sensor, kelembaban, dan suhu merupakan hal penting yang mempengaruhi kinerja sensor dalam pengukuran aroma kopi Robusta kebun Panti maka harus diperhatikan penyimpanan sensor secara benar. Sebaiknya variasi ukuran serbuk yang digunakan harus benar-benar diperhatikan dan dilakukan pengayakan dengan benar agar ukuran serbuk kopi merata sehingga dapat mengetahui pengaruh ukuran serbuk kopi terhadap pola respon yang dihasilkan.

luas jalur tempat aliran gas dan kecepatan alir harus diperhatikan karena dapat mempengaruhi kinerja sensor.



DAFTAR PUSTAKA

- Aak.1980. *Budidaya Tanaman Kopi*. Yogyakarta: Yayasan Kanisius.
- Agustina, T. dan D. Puspaningrum. 2016. *Prospek Dan Strategi Pengembangan Kopi Arabika Specialty Ketinggian Sedang Berbasis Kawasan Di Kabupaten Jember*. Vol. 9 (3)
- Akiyama, M., K. Murakami, M. Ikeda, K. Iwatsuki, S. Kokubo, A. Wada, K. Tokuno, M. Onishi, H. Iwabuchi, and K. Tanaka. 2005. *Characterization of Flavor Compounds Released During Grinding of Roasted Robusta Coffee Beans*. *Food Sci. Technol.* 11 (3) : 298-307.
- Ananda, R. 2018. *Project Robotik dan Aplikasi Android*. Yogyakarta : CV BUDI UTAMA.
- Artanto, D. 2017. *Interface Sensor dan Aktuator menggunakan Proteus, Arduino, dan Labview*. Yogyakarta : CV Budi Utomo.
- Asiah, N., F. Septiyana, U. Saptono, L. Cempaka, D., A. Sari. 2017. *Identifikasi Cita Rasa Sajian Tubruk Kopi Robusta Cibulao pada Berbagai Suhu dan Tingkat Kehalusan Penyeduhan*. *Barometer*. 2 (2) : 52-56.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Produksi Perkebunan Kopi di Jawa Timur*. Surabaya : BPS Jawa Timur.
- Barbin, D. F., A. L. Felicio. D. W. Sun. S. L. Nixdorf. Hirooka. 2014. *Application of Infrared Spektral Techniques on Quality and Compositional Attributes of Coffee : An Overview*. *Food Research International*. 61 : 23-32.
- Berna, A. 2010. *Metal Oxide Sensors for Electronic Noses and Their Application to food Analysis*. *Sensors*. 10: 3882-3910.
- Belitz, H. D., W. Grosch. 1987. *Food Chemistry 2nd Ed*. Springer. Page 232.

- Capelli, L., S. Sironi, R. D. Rosso. 2014. Electronic Noses for Environmental Monitoring Applications. *Sensors*. 14 : 19979-20007.
- Chang, R. 2004. *Kimia Dasar Konsep- Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Ciptadi, W. dan M. Z. 1985. *Pengolahan Kopi*. Bogor : Fakultas Teknologi Institut Bogor.
- Clarke. R. J., G. O. Vitztum. 2001. *Chemistry III: Volatile compound in Coffee Recent Development*. Malden : Blackwell Science.
- Coffee Research Institute. 2006. *Flavor characteristics due to coffee processing*. www.coffeeresearch.org/agriculture/flavor.htm.
- Day, R. A dan A. L. Underwood. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta : Erlangga.
- Dedy, R. 2001. *Mengenal Komponen Elektronika*. Bandung : Pionir Jaya.
- Dirjen Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016:Kopi*. Jakarta : Direktorat Jendral Perkebunan.
- Falascioni, M., M. Pardo, G. Sberveglieri. 2003. *The Novel EOS⁸³⁵ Electronic Nose Sniffs Out the Italian Espresso Coffe Quality*. *Sensors*. 1 : 26-29.
- Flament, I. 2002. *Coffe flavor chemistry*. England : Jhon Wiley and Sons.
- Hidayat, T. 2015. *Penggunaan Labview untuk Simulasi Sistem Kontrol Keamanan Rumah*. 7 (1).
- Jati, H., A. D. Lelono. 2013. *Deteksi dan monitoring polusi udara berbasis array sensor gas*. *IJEIS*. 3(2): 147-156

- Liu, X., S. Cheng, S. Houng, S. Hu, D. Zhang, H. Ning. 2012. *A Survey on Gas Sensing Technology*. *Sensors*. 12 : 9635-9665
- Konduru, T., G. C. Rains, C. Li. 2015. *A Customized Metal Oxide Semiconductor-Based Gas Sensor Array for Onion Quality Quality Evaluation : System Development and Characterization*. *Sensors*. 15 :1252-1273.
- Kristanto, L. 2014. *Fasilitas Agrowisata Kebun Kopi Robusta di Jember*. *Jurnal edimensi arsitektur*. 2 (1): 308-315.
- Leroy, T., Ribeyre, F., Bertrand, B., Charmetanat, P., Dufour, M., Montagnon, C., Pot, D. 2006. *Genetics of coffee quality*. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 18(1) : 229–242.
- Lloyd, R. 2005. *The Chemistry of great coffee*. Foxnews.com.
- Mamat, M., S. A. Samad, M. A. Hannan. 2011. *An Electronic Nose for Reliable Measurement and Correct Classification of Beverages*. *Sensors*. 11: 6435-6453.
- Mulato, S. 2002. *Mewujudkan perkopian Nasional Yang Tangguh melalui Diversifikasi Usaha Berwawasan Lingkungan dalam Pengembangan Industri Kopi Bubuk Skala Kecil Untuk Meningkatkan Nilai Tambah Usaha Tani Kopi Rakyat*. Denpasar : Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Najiyati, S., dan Danarti. 1997. *Budidaya Kopi dan Pengolahan Pasca Panen*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Oktorizal, A. 2010. *Studi Sensor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave untuk Penerapan pada Sistem Identifikasi Gas*. *Skripsi*. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Panggabean, E. 2011. *Buku Pintar Kopi*. Jakarta Selatan : PT Agro Media Pustaka.

Persaud, C. K., G. Dodd. 1982. *Analysis of Discrimination Mechanism in Mammalian: Olfactory System using a Model Nose*. *Nature*. 299 : 352-355.

Prastowo, B. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Jakarta : Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. 2014. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*. Jember : Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Pratidge, J. M. Field. 2008. *Nanostructured SnO₂ Films Prepared From Evaporated Sn And Their Application As Gas Sensor Nanotechnology*. 19 (12) : 1-5.

Putra, O., A. Firdaus, M. H. Hersyah. 2016. *Identifikasi Aroma Teh dengan E-Nose Menggunakan Metode Backpropagation*. TINF 034.

Rabersyah, D., Firdaus. 2016. *Identifikasi Jenis Bubuk Kopi Menggunakan Electronic Nose Dengan Metode Pembelajaran Backpropagation*. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 5 (3): 332-338.

Rahardjo, P. 2012. *Kopi Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta : Penebar Swadaya.

Ramadhani, B. A. 2019. *Karakteristik Pola Respon dari Gas Sensor Array terhadap Pengaruh Ukuran Mesh Bubuk Kopi Sidomulyo*. Data Pribadi (Tidak Dipublikasi). Jember : Universitas Jember.

Ridwansyah. 2003. *Pengolahan Kopi*. Departemen Teknologi Pertanian. Medan : Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.

Rodriguez, J., C. Duran, A. Reyes. 2010. *Electronic Nose For Quality Control of Colombian Coffee through the detection of Defects in "Cup Test"*. *Sensors*. 10 : 36-46.

Rovira. 2006. *The flavor of roasted coffee*. www.teandcoffee.net/0706/special.htm

- Sage, E. 2015. *Coffe Brewing : Wetting, Hydrolisis and Extraction Revisited, Spealty Coffee Association of America.*
- Sharps, S. L . 1998. *Formation and Structure of A Tin-Iron Oxide Solid-State System ith Potential Applications in Carbon Monoxide Sensing through the Use of Cyanogel Chemistry. Chem Mater. 10 : 880-885.*
- Sotomayor. M., A. Sigoli, M .R. Lanza, A. Tanaka, L. T. Kubota. 2008. *Costruction and Application of an Electrochemical Sensor for Paracetamol Determination based on Iron Tetrapyrudinoporphyrzine as a Biomimetic Catalyst of P450 Enzyme. Chem. Soc. !9(4): 734-743.*
- Siagian, D., Sugiarto. 2006. *Metode Statistika untuk Bisnis dan Ekonomi.* Jakarta :Gramedia Pustaka Utama.
- Supriatiningsih, N., T. Ersam, M. Rivai, F. Kurniawan. 2011. *Pengenalan Pola Respon Aroma Teh dengan Menggunakan Electronic Nose. SN KPK III. ISBN .978-979-1533-85-0.*
- Thepudom, T., N. Sricharoenchai, T. Kherdcharoen. 2013. *Classification of Instant Coffe Odors by Electronic Nose toward Quality Control of Production.* Thailand. Muhidol University.
- Winsen. 2019. *Flammable Gas Sensor MQ-2.* [Https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq-2.html](https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq-2.html). [diakses pada 25 April 2019).
- Winsen. 2019. *Air Quality Gas Sensor MQ-135.* [Https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq-135.html](https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq-135.html). [diakses pada 25 April 2019)
- Winsen. 2019. *Alcohol Gas Sensor MQ-3.* [Https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq-3.html](https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq-3.html). [diakses pada 25 April 2019)

Winsen. 2019. *Semiconductor Sensor for Carbon Monoxide MQ-7*. [Https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq7.html](https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq7.html). [diakses pada 25 April 2019)

Winsen. 2019. *Flammable Gas Sensor MQ-6*. [Https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq6.html](https://www.winsensor.com/products/semiconductor-gas-sensor/mq6.html). [diakses pada 25 April 2019)

Yan, J., X. Guo, S. Duan, P. Jia, L. Wang, C. Pheng, S. Zhang. 2015. *Electronic Nose Feature Extraction Method : A Review*. *Sensors*. 15 :27804-27831.

Zadeh. 2013. *Sensors Characteristics*. <http://www.springer.com/978-1-4614-5051-1>



LAMPIRAN**Lampiran 4.1 Dokumen Sampel Kopi Robusta Kebun Pant**

(a) Biji Kopi Robusta Pant



(b) Biji Kopi Robusta Pant sangrai



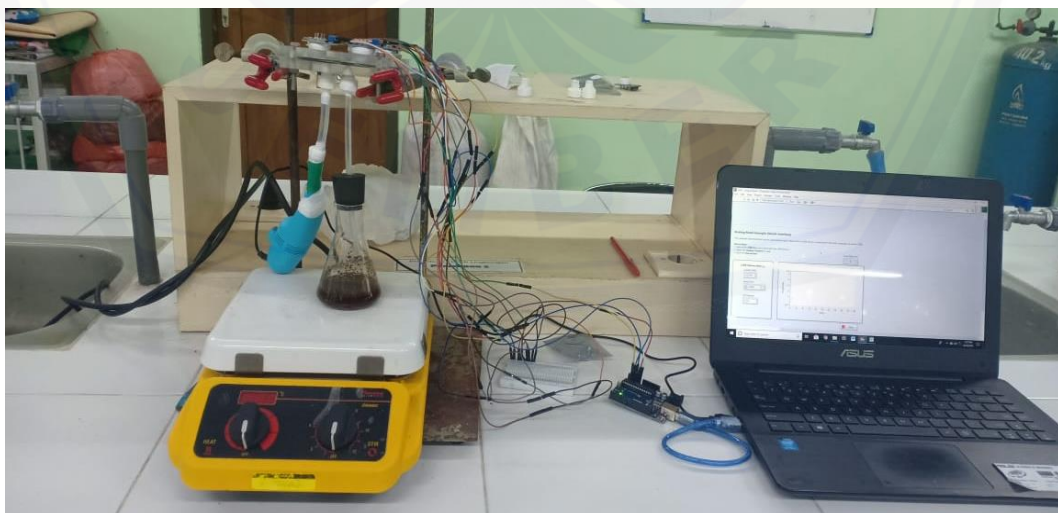
(c) Kopi Halus



(d) Kopi Medium



(e) Kopi Kasar

Lampiran 4.2 Dokumen Desain Alat Sensor Array

Lampiran 4.3 Perhitungan Keterulangan (*Repeatability*) sensor gas tunggal

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

Data sensor MQ-135 tunggal

Data	Pengulangan				
	1	2	3	4	5
Data ke	1,562	1,597	1,582	1,509	1,509
143-153	1,562	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,587	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,567	1,597	1,582	1,509	1,509
	1,566	1,597	1,5825	1,509	1,509
Rata-rata	1,566	1,597	1,5825	1,509	1,509
Rata-rata total	1,5527				
SD	0,041372696				
RSD	2,664564714				

Data sensor MQ-2 tunggal

Data	Pengulangan				
	1	2	3	4	5
Data ke	1,372	1,357	1,323	1,279	1,299
241-250	1,372	1,357	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,357	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,357	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,357	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,357	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,357	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,353	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,353	1,323	1,279	1,299
	1,367	1,357	1,323	1,279	1,299
Rata-rata	1,368	1,3562	1,323	1,279	1,299
Rata-rata total	1,32504				
SD	0,037478				
RSD	2,82845				

Data sensor MQ-3 tunggal

Data	Pengulangan				
	1	2	3	4	5
Data ke	1,367	1,445	1,499	1,479	1,538
242-251	1,367	1,445	1,499	1,475	1,538
	1,367	1,445	1,499	1,475	1,538
	1,367	1,445	1,499	1,475	1,538
	1,367	1,445	1,499	1,475	1,543
	1,367	1,445	1,499	1,475	1,538
	1,367	1,44	1,499	1,475	1,538
	1,367	1,44	1,499	1,475	1,538
	1,367	1,44	1,499	1,475	1,543
	1,367	1,445	1,499	1,475	1,543
Rata-rata	1,367	1,4435	1,499	1,4754	1,5395
Rata-rata total		1,46488			
SD		0,064963			
RSD		4,434674			

Data sensor MQ-6 tunggal

Data	Pengulangan				
	1	2	3	4	5
Data ke	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
179-189	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,422	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,422	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
	2,402	2,358	2,427	2,427	2,397
Rata-rata	2,402	2,358	2,426	2,427	2,397
Rata-rata total		2,402			
SD		0,028115832			
RSD		1,170517562			

Data sensor MQ-7 tunggal

Data	Pengulangan				
	1	2	3	4	5
Data ke	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
240-249	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,71	2,72	2,71
	2,69	2,71	2,715	2,72	2,71
Rata-rata	2,69	2,71	2,7105	2,72	2,71
Rata-rata total	2,7081				
SD	0,01098				
RSD	0,405433				

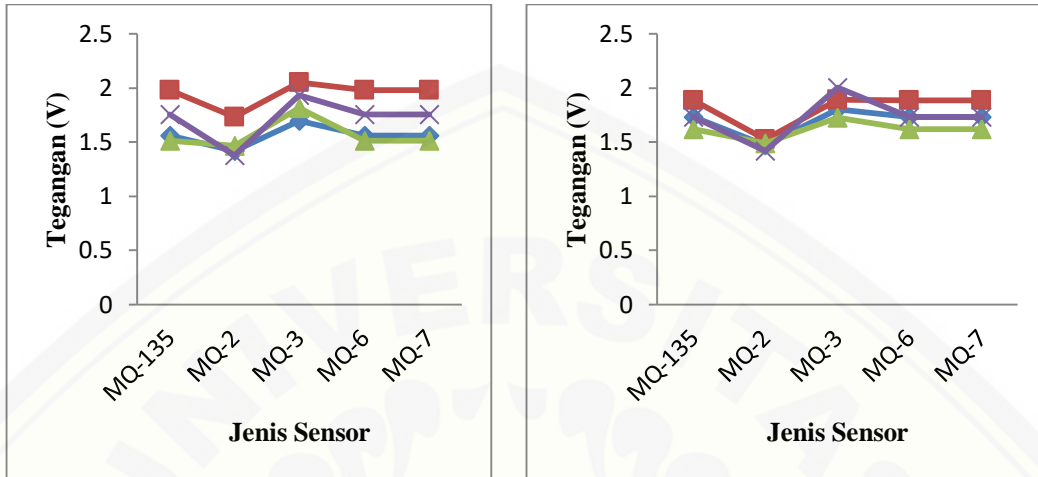
Lampiran 4.4 Nilai respon *gas sensor* tunggal dan array pada kopi Robusta

Kebun Panti

Jenis Sensor	MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Tunggal	1,53	1,31	1,43	2,39	2,70
Array	1,74	1,47	1,85	1,74	1,74

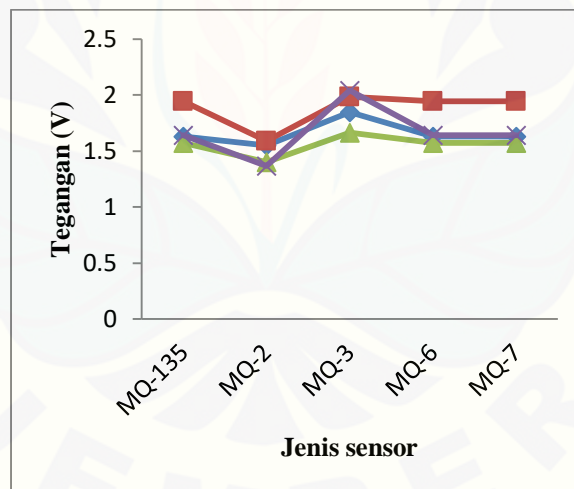
Lampiran 4.5 Pengaruh kekasaran terhadap aroma kopi Robusta kebun Panti

a. Pola respon berdasarkan variasi ukuran bubuk minggu 1- 7



(a) Variasi Halus

(b) Variasi Medium



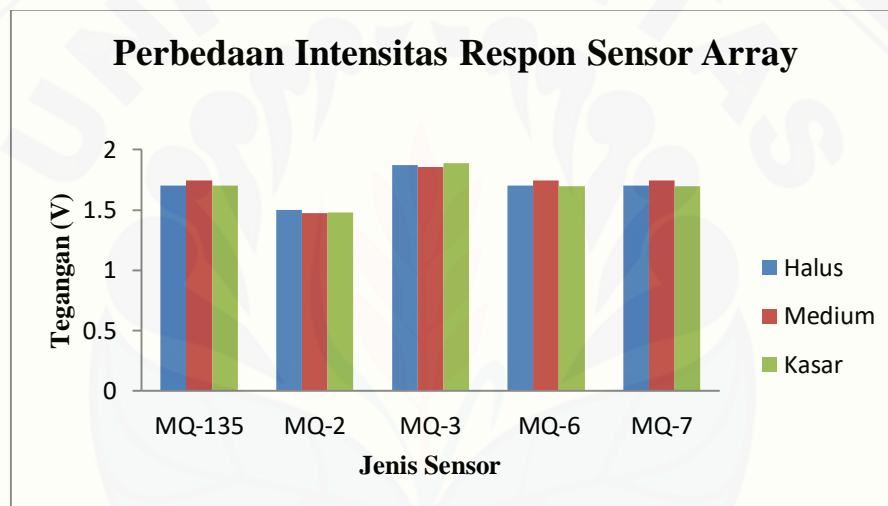
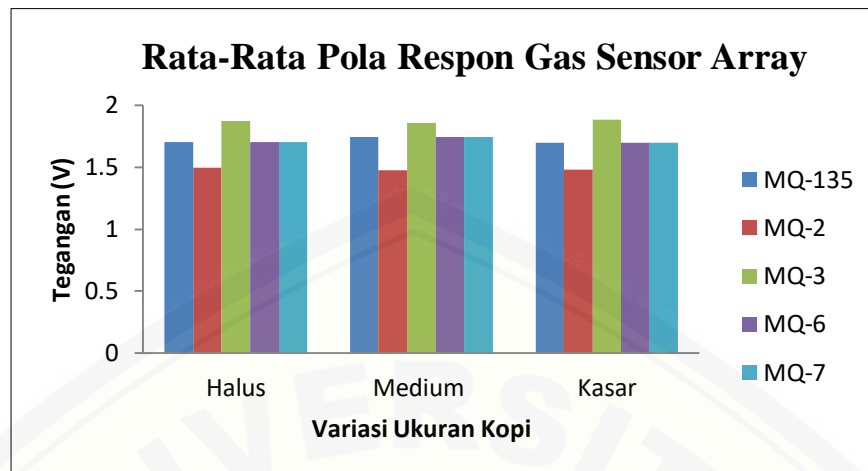
(C) Variasi Kasar

— Minggu 1 — Minggu 3 — Minggu 5 — Minggu 7

b. Data rata-rata pengukuran minggu 1 sampai minggu 7

-Perbandingan Nilai Tegangan pada Variasi Ukuran Serbuk

	Halus	Medium	Kasar
MQ-135	1,70	1,74	1,69
MQ-2	1,49	1,47	1,47
MQ-3	1,87	1,85	1,88
MQ-6	1,70	1,74	1,69
MQ-7	1,70	1,74	1,69



Lampiran 4.6 Perhitungan uji *repeatability* dan *reproducibility* gas sensor array

a. Uji *repeatability* gas sensor array

- Nilai RSD minggu pertama

Sensor Gas	RSD % (Halus)	RSD % (Medium)	RSD % (Kasar)
MQ-135	3,03	4,56	3,77
MQ-2	2,77	3,58	3,10
MQ-3	1,55	1,70	1,11
MQ-6	2,71	4,55	3,69
MQ-7	3,03	4,55	3,73

- Nilai RSD minggu ketiga

Sensor Gas	RSD % (Halus)	RSD % (Medium)	RSD % (Kasar)
MQ-135	0,78	3,15	4,41
MQ-2	1,59	3,09	2,35
MQ-3	1,86	2,98	1,67
MQ-6	0,68	2,89	4,37
MQ-7	0,68	2,88	4,37

- Nilai RSD minggu kelima

Sensor Gas	RSD % (Halus)	RSD % (Medium)	RSD % (Kasar)
MQ-135	3,40	1,54	1,71
MQ-2	3,22	1,95	1,31
MQ-3	0,39	1,03	0,80
MQ-6	3,40	1,55	1,72
MQ-7	3,39	1,50	1,69

- Nilai RSD minggu ketujuh

Sensor Gas	RSD % (Halus)	RSD % (Medium)	RSD % (Kasar)
MQ-135	2,77	1,76	2,15
MQ-2	4,13	2,14	0,01
MQ-3	2,17	1,58	3,17
MQ-6	2,77	1,77	2,13
MQ-7	2,76	1,76	2,14

b. Uji reproduibilitas gas sensor *array*

- Variasi Ukuran Serbuk Halus

Jenis Sensor	Minggu				Rata-rata	SD	Kv (%)
	1	2	3	4			
MQ-135	1,56	1,98	1,51	1,75	1,70	0,21	12,39
MQ-2	1,41	1,73	1,46	1,38	1,49	0,16	10,73
MQ-3	1,69	2,05	1,81	1,93	1,87	0,15	8,22
MQ-6	1,56	1,98	1,51	1,75	1,70	0,18	10,72
MQ-7	1,56	1,98	1,51	1,75	1,70	0,21	12,39

- Variasi Ukuran Serbuk Medium

Sensor	Minggu				Rata-rata	SD	Kv (%)
	1	2	3	4			
MQ-135	1,73	1,88	1,62	1,73	1,74	0,11	6,30
MQ-2	1,47	1,52	1,49	1,42	1,47	0,04	2,92
MQ-3	1,80	1,88	1,72	2,00	1,85	0,12	6,45
MQ-6	1,73	1,88	1,62	1,73	1,74	0,09	5,46
MQ-7	1,73	1,88	1,62	1,73	1,74	0,11	6,23

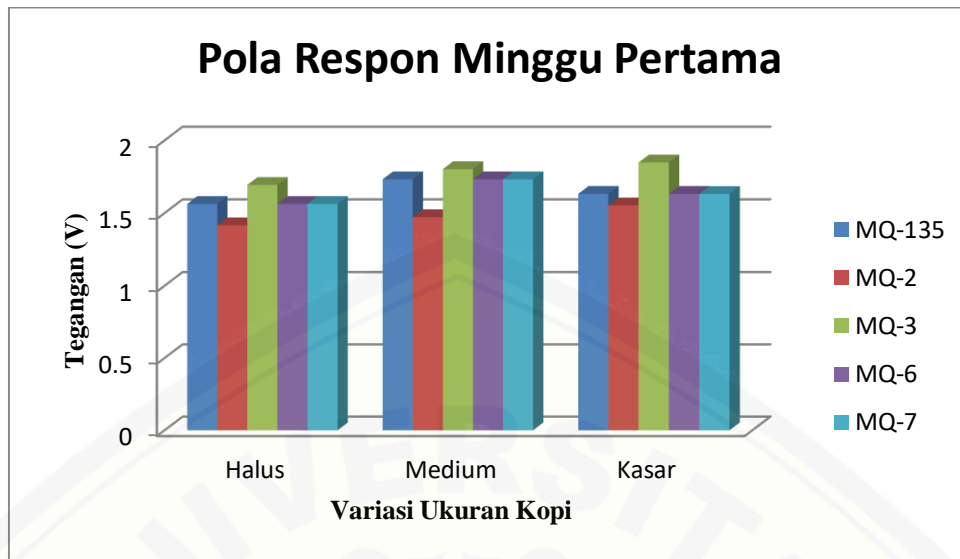
- Variasi Ukuran Serbuk Kasar

Jenis Sensor	Minggu				Rata-rata	SD	Kv (%)
	1	2	3	4			
MQ-135	1,63	1,95	1,57	1,64	1,69	0,17	9,90
MQ-2	1,55	1,59	1,40	1,36	1,47	0,11	7,42
MQ-3	1,85	1,99	1,66	2,04	1,88	0,17	8,89
MQ-6	1,63	1,95	1,57	1,64	1,69	0,14	8,58
MQ-7	1,63	1,95	1,57	1,64	1,69	0,17	9,91

Lampiran 4.7 Pola Respon Gas Sensor Array selama Dua Bulan

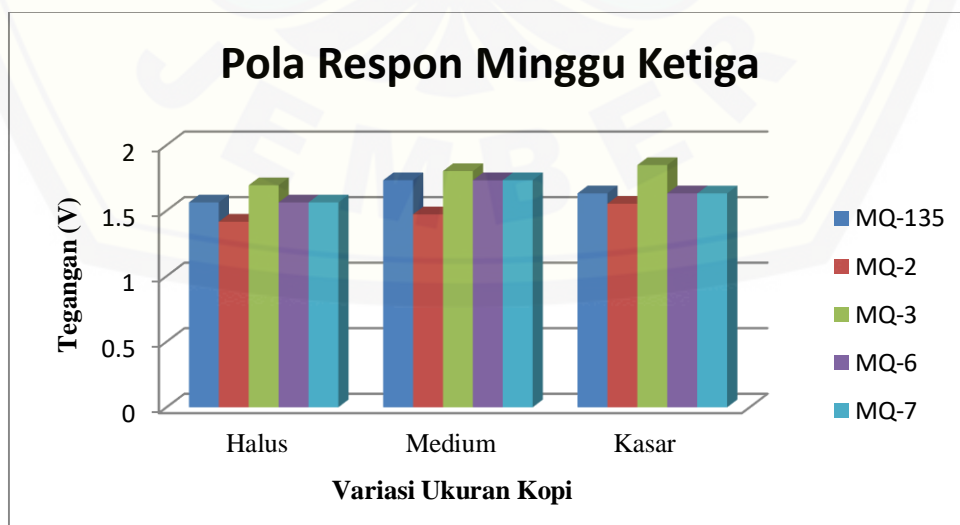
a. Pengulangan Minggu Pertama

Sensor Gas	Variasi Kekasaran		
	Halus	Medium	Kasar
MQ-135	1,562957	1,73215	1,63205
MQ-2	1,415714	1,471883	1,55266
MQ-3	1,693614	1,802016	1,847716
MQ-6	1,562671	1,731966	1,631716
MQ-7	1,5626	1,73215	1,631533



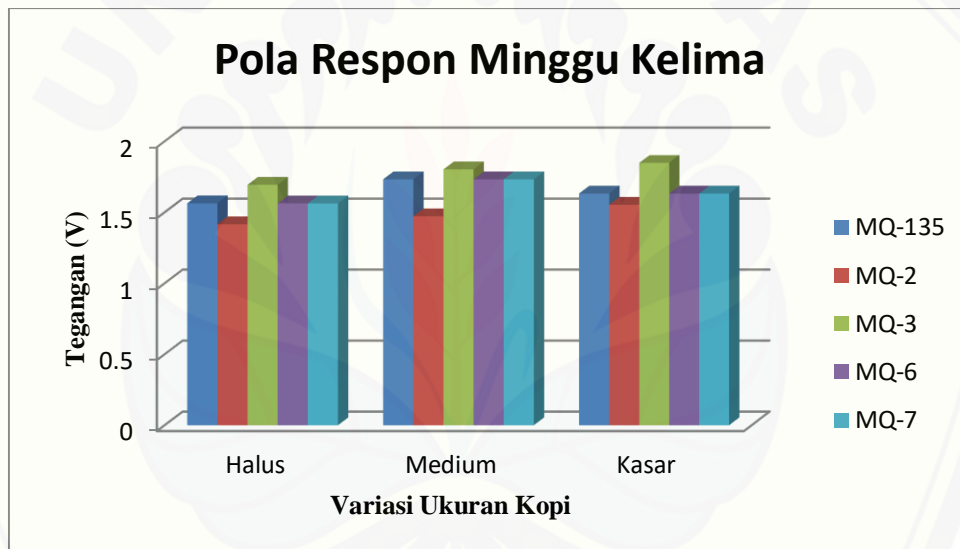
b. Pengulangan Minggu Ketiga

Sensor Gas	Variasi Kekasaran		
	Halus	Medium	Kasar
MQ-135	1,97846	1,8871	1,9474
MQ-2	1,73308	1,52226	1,58925
MQ-3	2,0517	1,8889	1,98588
MQ-6	1,9776	1,8867	1,9471
MQ-7	1,9778	1,8863	1,9472



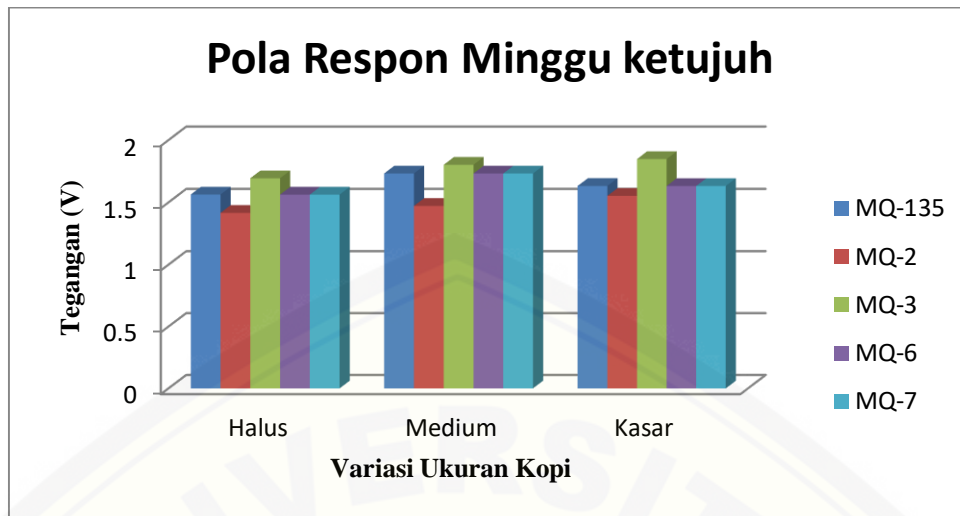
c. Pengulangan Minggu Kelima

Sensor Gas	Variasi Kekasaran		
	Halus	Medium	Kasar
MQ-135	1,51469	1,61969	1,57311
MQ-2	1,4658	1,49049	1,4032
MQ-3	1,81363	1,72457	1,66493
MQ-6	1,51448	1,61922	1,57229
MQ-7	1,5144	1,61914	1,57233



d. Pengulangan Minggu Ketujuh

Sensor Gas	Variasi Kekasaran		
	Halus	Medium	Kasar
MQ-135	1,7558	1,731854545	1,6446
MQ-2	1,377636364	1,419363636	1,3658
MQ-3	1,933072727	2,003145455	2,04084
MQ-6	1,755527273	1,731036364	1,6446
MQ-7	1,755345455	1,731218182	1,6446



Lampiran 4.8 Perhitungan Anova untuk Variasi Kekasaran

4.8.1 Data minggu pertama

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Halus	5	7,79	1,56	0,009
Medium	5	8,47	1,69	0,016
Kasar	5	8,29	1,66	0,012

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,05	2	0,024	1,91	0,19	3,88
Within Groups	0,15	12	0,012			
Total	0,20	14				

4.8.2 Data minggu ketiga

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Halus	5	9,72	1,94	0,015
Medium	5	9,07	1,81	0,026
Kasar	5	9,42	1,88	0,027

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between						
Groups	0,041974	2	0,020987	0,914552	0,426897	3,885294
Within						
Groups	0,275374	12	0,022948			
Total	0,317348	14				

4.8.3 Data minggu kelima

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Halus	5	7,823	1,5646	0,019825
Medium	5	8,073108	1,614622	0,006891
Kasar	5	7,785855	1,557171	0,009008

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between						
Groups	0,009763	2	0,004882	0,409944	0,672639	3,885294
Within						
Groups	0,142896	12	0,011908			
Total	0,152659	14				

4.8.4 Data minggu ketujuh

Anova: Single Factor

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Halus	5	8,577382	1,715476	0,041576
Medium	5	8,616618	1,723324	0,042722
Kasar	5	8,34044	1,668088	0,057994

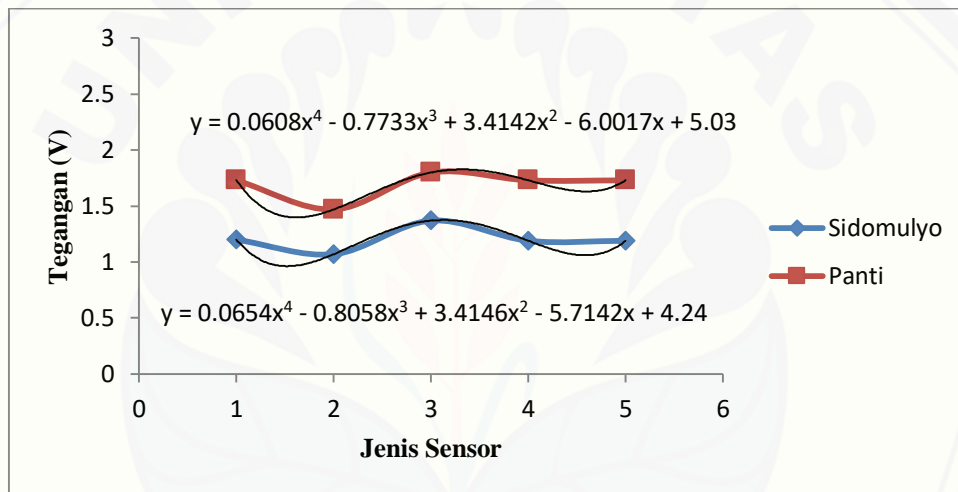
ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between						
Groups	0,00893	2	0,004465	0,094141	0,91082	3,885294
Within						
Groups	0,569167	12	0,047431			
Total	0,578098	14				

Lampiran 4.9 Penerapan Electronic Nose dalam Membedakan Kopi Robusta Kebun Panti dan Kebun Sidomulyo

4.9.1 Perbandingan nilai tegangan respon sensor array dan pola aroma Kopi Robusta Kebun Panti dan Sidomulyo

Jenis Sensor	Sidomulyo	Panti
MQ-135	1,1922	1,73215
MQ 2	1,07039	1,471883
MQ 3	1,37013	1,802016
MQ 6	1,191675	1,731966
MQ 7	1,1916	1,73215



Gambar Pola Respon Aroma Kopi Robusta Kebun Sidomulyo dan Panti

4.9.2 Analisis ANOVA

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Sidomulyo	5	6,015995	1,203199	0,011473
Panti	5	8,470165	1,694033	0,016339

ANOVA

Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,602295	1	0,602295	43,31181	0,000173	5,317655
Within Groups	0,111248	8	0,013906			
Total	0,713543	9				