



**ANALISIS POLA RESPON GAS SENSOR ARRAY TERHADAP
VARIASI GAS PEMBAWA DAN TEMPERATUR BUBUK
KOPI ROBUSTA ARGOPURO
DAN DURJO**

SKRIPSI

Oleh

**Debora Limay Puspachrisanti
NIM 161810301040**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**ANALISIS POLA RESPON GAS SENSOR ARRAY TERHADAP
VARIASI GAS PEMBAWA DAN TEMPERATUR BUBUK
KOPI ROBUSTA ARGOPURO
DAN DURJO**

SKRIPSI

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

Oleh

**Debora Limay Puspachrisanti
NIM 161810301040**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

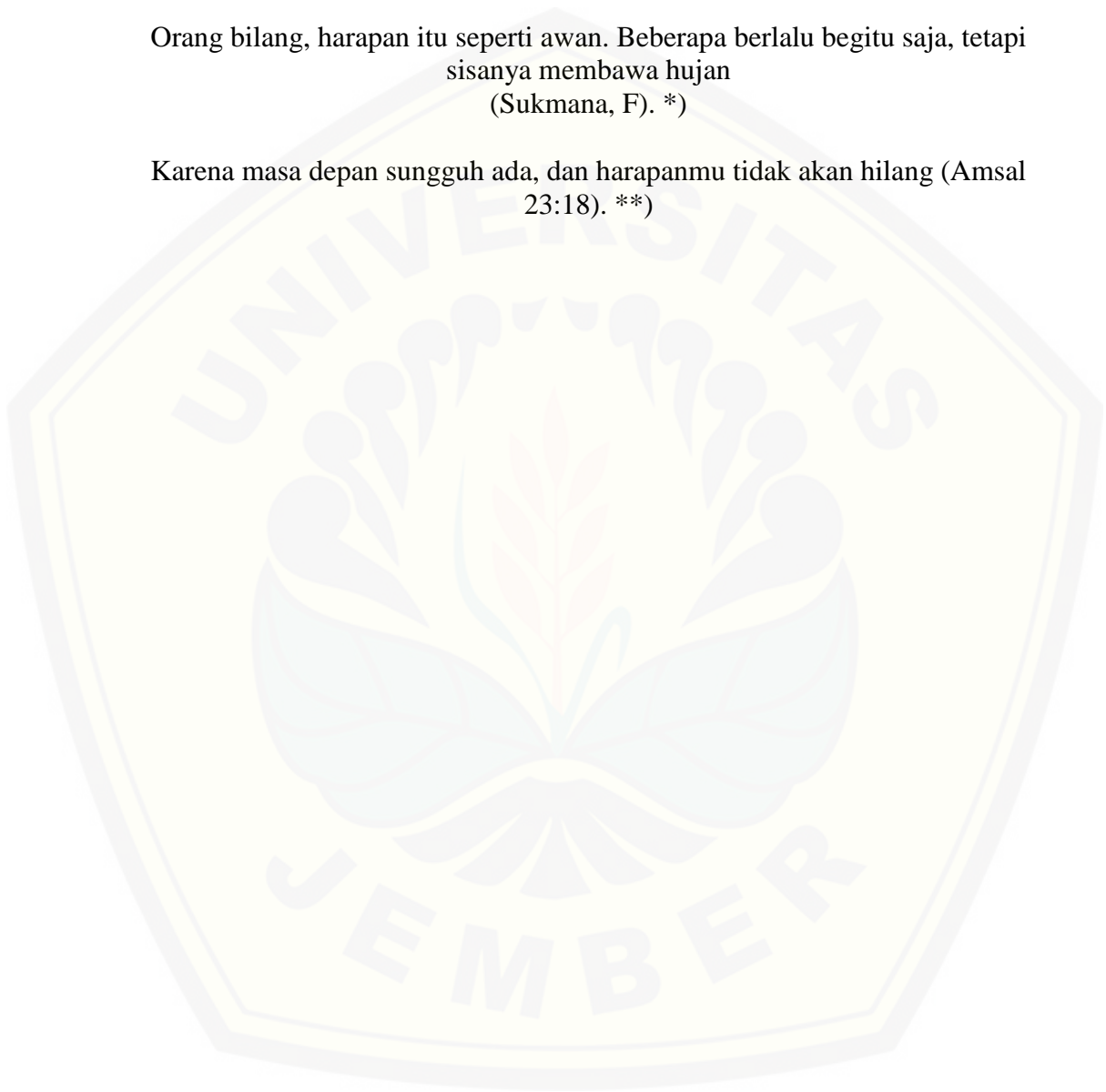
1. Ibu saya tercinta Driantie Agustina, almarhum ayah saya T.G.Lim dan Eyang putri Yo Eendiyah, serta Almarhum eyang saya Djuadi Soetono yang senantiasa memberikan kasih sayang kepada saya dan selalu ada di setiap kondisi.
2. Bapak dan ibu guru dari SD Mentikan IV, SMP Negeri 7 Mojokerto, serta SMAN 1 Mojokerto, serta bapak ibu dosen jurusan kimia.
3. Tim Riset Analitik : Firda, Niken, dan Fia yang senantiasa siap menemani, membantu, serta memberikan semangat dalam pembuatan skripsi ini.
4. Sahabat saya Fransisca Regita dan Vivien Halimatus yang setia mendengarkan cerita saya.
5. Sahabat – sahabat saya sejak SMA : Fithria nur, Dinda Putri, Pramayshella yang selalu menjadi tempat cerita terbaik.
6. Teman baik saya Kholidatus Saadah, dan Fachrul Rozi Dewanto yang selalu memberikan saya nasihat dan semangat dalam penulisan skripsi ini.
7. Teman – teman Extasy 2016 dan teman-teman PSM Universitas Jember yang menjadi penguat untuk segala kerumitan kehidupan kampus.
8. Kakak senior Tim Analitik khususnya riset kopi sebelumnya : mbak umik, mbak frida, Mbak Rosalita, Mbak Ira, Mbak Meidy, Mbak Desi, Mbak Bella, Mbak Khonita, dan mbak kartika yang selalu memberikan arahan dalam melakukan penelitian.

MOTTO

Alles komt goed
(Sukmana,F). *)

Orang bilang, harapan itu seperti awan. Beberapa berlalu begitu saja, tetapi
sisanya membawa hujan
(Sukmana, F). *)

Karena masa depan sungguh ada, dan harapanmu tidak akan hilang (Amsal
23:18). **)



*) Sukmana, F.2013. *Holland : One Fine Day in Leiden*. Jakarta : Penerbit Bukune.

**) LAI 1974. 2010. *Alkitab*. Jakarta : Lembaga Alkitab

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Debora Limay Puspachrisanti

NIM : 161810301040

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pola Respon *gas sensor array* terhadap variasi gas pembawa dan temperatur bubuk kopi robusta Argopuro dan Durjo” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 24 November 2020

Yang menyatakan,

Debora Limay Puspachrisanti

NIM 161810301040

SKRIPSI

**ANALISIS POLA RESPON GAS SENSOR ARRAY TERHADAP
VARIASI GAS PEMBAWA DAN TEMPERATUR BUBUK
KOPI ROBUSTA ARGOPURO
DAN DURJO**

Oleh:

Debora Limay Puspachrisanti
161810301040

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Asnawati, S.Si., M.Si
Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Pola Respon *Gas Sensor Array* Terhadap Variasi Gas Pembawa dan Temperatur Bubuk Kopi Robusta Argopuro dan Durjo” karya Debora Limay Puspachrisanti telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I.

Asnawati, S.Si., M.Si.

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

NIP.196808141999032001

NIP.196605291993031003

Anggota II.

Anggota III.

Suardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D.

Tri Mulyono, S.Si., M.Si

NIP. 197501291998021001

NIP. 196810201998021002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Analisis Pola Respon Gas Sensor Array terhadap Variasi gas pembawa dan Temperatur bubuk Kopi Robusta Argopuro dan Durjo; Debora Limay Puspachrisanti; 161810301040; 2021; 43 Halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Terdapat tiga jenis kopi yang dikembangkan di Indonesia, yaitu kopi Robusta, kopi Arabika, dan kopi Liberika. Kopi Robusta merupakan jenis kopi yang paling banyak dikembangkan di Indonesia. Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah dengan ketinggian yang sesuai untuk perkebunan kopi Robusta. Kopi Robusta kebun Durjo dan Argopuro adalah salah satu komoditas lokal di kabupaten Jember. Kopi memiliki kandungan volatil penyusun aroma kopi yang akan keluar ketika dilakukan penyeduhan atau pemanasan. Aroma kopi yang dihasilkan kemudian dideteksi oleh manusia dengan menggunakan hidung. Saat ini dilakukan pengembangan teknologi dengan meniru sistem deteksi pada hidung yang lebih dikenal dengan *electronic nose*. *Electronic nose* ini dapat digunakan dengan adanya *sensor array* atau susunan beberapa sensor. *Sensor array* yang digunakan untuk mendeteksi aroma kopi Argopuro dan Durjo menggunakan MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, dan MQ-7. Aroma kopi Argopuro dan Durjo dapat dibedakan dengan melihat perbedaan pola respon yang dihasilkan. Sistem deteksi aroma kopi Argopuro dan Durjo dilakukan dengan menggunakan variasi temperatur pemanasan yaitu 45 °C, 50 °C, 55 °C, dan 60 °C serta dengan menggunakan udara bebas, nitrogen, dan udara kering sebagai gas pembawa pada ukuran bubuk kopi 50-60 mesh.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Fisik Anorganik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember mulai bulan November 2019 hingga April 2020. Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah menentukan temperatur pemanasan optimum. Data respon tegangan yang didapat dari pengukuran kemudian diolah hingga mendapatkan pola respon dari masing-

masing kopi dan juga digunakan untuk dianalisis dengan menggunakan PCA. Analisis dengan PCA dilakukan untuk melihat perbedaan karakteristik kopi Argopuro dan kopi Durjo.

Penentuan temperatur optimum tidak bisa didapatkan hanya dengan melihat perbandingan pola respon kopi Durjo dengan kopi Silo, Silosanen, dan Sidomulyo pada suhu 45 °C, 50 °C, 55 °C, dan 60 °C pada udara bebas sebagai data sekunder. Temperatur optimum juga ditentukan dengan melihat hasil analisis PCA kedua kopi pada variasi temperatur, dan hasil analisis PCA enam kopi yaitu kopi Durjo, Argopuro, Silo, Garahan, Silosanen, dan Panti. Hasil dari perbandingan pola respon empat kopi, analisis PCA kedua kopi, dan analisis PCA dengan enam kopi menunjukkan bahwa suhu 50 °C adalah temperatur pemanasan yang optimum. Temperatur optimum pada analisis PCA dua kopi dan enam kopi yang memiliki suhu optimum 50 °C ditunjukkan dengan dari persebaran data yang saling menjauh, dimana hal tersebut menunjukkan bahwa kopi satu dengan yang lainnya menghasilkan aroma yang berbeda. Temperatur pemanasan optimum yang telah diperoleh kemudian digunakan pada kedua kopi dengan ketiga gas pembawa. Variasi gas pembawa dilakukan pada kopi Argopuro dan Durjo untuk menentukan gas pembawa yang optimum dalam membawa senyawa volatil penyusun aroma kopi. Gas pembawa yang optimum ditentukan dari gas pembawa yang memiliki pola yang berbeda pada kopi yang sama. Hasil pola respon kopi Durjo dan Argopuro menunjukkan bahwa nitrogen memiliki pola yang paling berbeda. Tetapi pola respon tidak dapat dijadikan satu-satunya acuan untuk melihat gas pembawa yang optimum, perlu dilakukan analisis lebih lanjut dengan menggunakan PCA.

Hasil analisis PCA yang dilakukan memiliki nilai PC1 sebesar 75,18% dan PC2 sebesar 25,87% dengan persentasi variansi kumulatif sebesar 98,05%. Hasil analisis dengan PCA menunjukkan persebaran data udara kering yang paling terpisah dari udara bebas dan nitrogen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa udara kering merupakan gas pembawa yang optimum bagi kopi Durjo dan Argopuro. Nilai *recovery baseline* yang didapat dari semua pengukuran mendapatkan nilai di atas 80% yang menunjukkan bahwa kinerja sensor sudah cukup baik.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pola Respon *Gas Sensor Array* Terhadap Variasi Gas Pembawa dan Temperatur Bubuk Kopi Robusta Argopuro dan Durjo”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

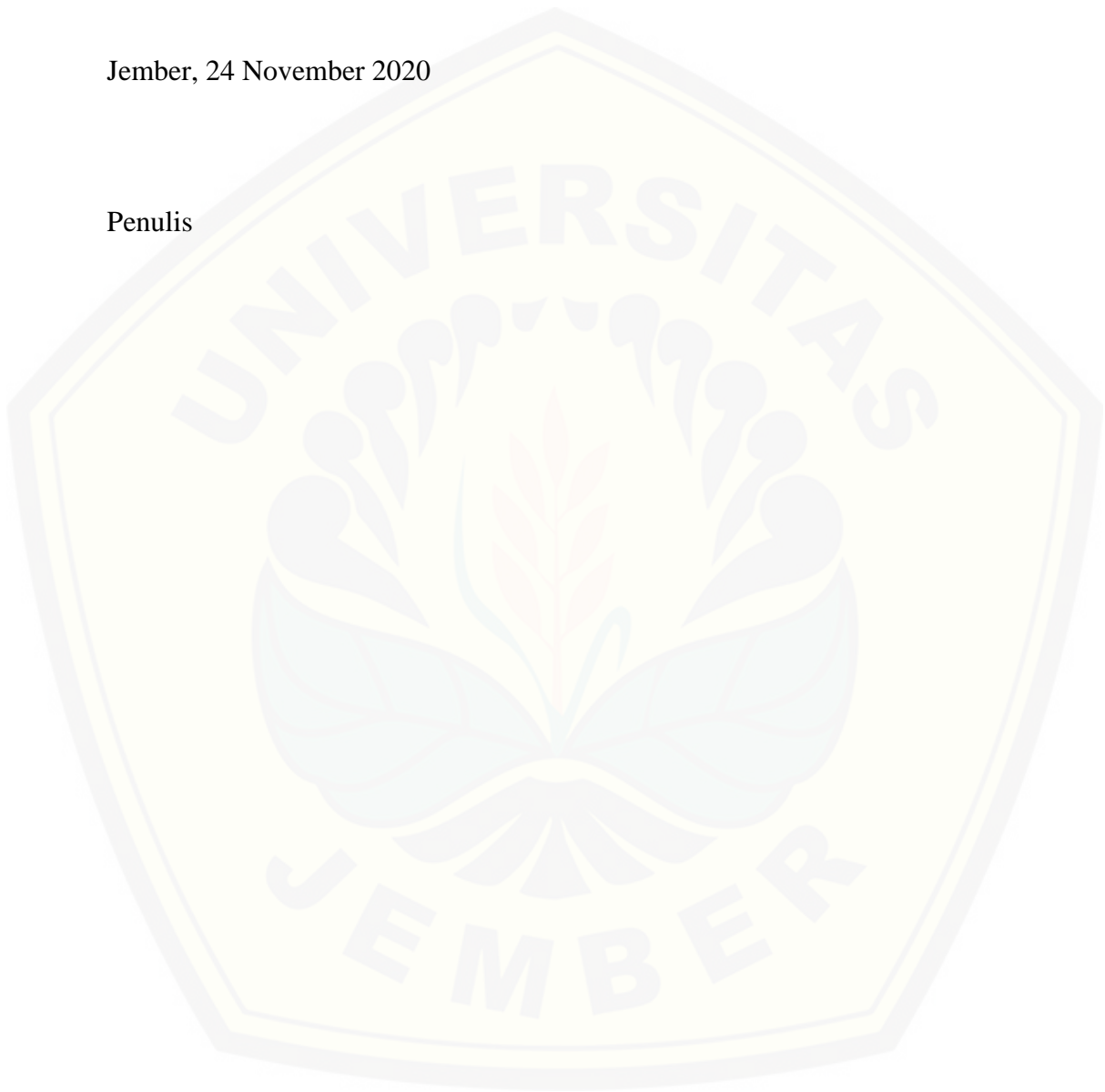
Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., 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. Asnawati, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, serta nasihat dalam penulisan skripsi ini ;
4. Suwardiyanto, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji I dan Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta memberikan kritik serta saran demi kesempurnaan skripsi ini ;
5. Dr.Anak Agung Istri Ratnadewi, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Akademik ;
6. Asnawati, S.Si., M.Si selaku Ketua Laboratorium Kimia Analitik yang telah memberikan izin melakukan penelitian di laboratorium ini ;
7. Seluruh dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang telah banyak memberikan pengetahuan dan nasihatnya ;
8. Teknisi Laboratorium Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember ;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran bagi semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 24 November 2020

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	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	4
1.5 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kopi.....	6
2.1.1 Definisi Kopi.....	6
2.1.2 Jenis Kopi	6
2.1.3 Senyawa Volatil pada Kopi	7
2.2 Gas Sensor	8
2.2.1 Definisi Gas Sensor	8
2.2.2 Prinsip Gas Sensor	8
2.2.3 Performa sensor gas	10
2.2.4 Jenis Sensor.....	11
2.3 Sensor Array untuk Mendeteksi Kopi.....	14
2.3.1 Sensor Tunggal	14
2.3.2 Sensor Array	14
2.4 Gas Sensor Pendeteksi Kopi	16
2.5 Desain Sensor Array	17
2.6 Arduino UNO.....	18
2.7 Akurasi.....	19
2.8 Gas Pembawa (Carrier gas)	19
2.9 Labview 2018.....	20
2.10 Principal Component Analysis (PCA).....	21
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.2.1 Alat Penelitian.....	22

3.2.2 Bahan Penelitian	22
3.3 Skema Kerja.....	23
3.4 Prosedur Kerja	24
3.4.1 Pengambilan sampel atau Sampling	24
3.4.2 Penyangraian dan Penggilingan Biji kopi.....	24
3.4.3 Uji Stabilitas Sensor.....	24
3.4.4 Rancangan Gas Sensor Array	24
3.4.5 Pengujian Sampel	25
3.4.6 Proses Pengukuran	26
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Pengaruh temperatur pemanasan terhadap karakteristik pola respon gas sensor array pada kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo	28
4.2 Pengaruh gas pembawa terhadap karakteristik pola respon gas sensor array pada kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo	37
4.3 Perbedaan pola respon gas sensor array terhadap aroma kopi Robusta daerah Durjo dan Argopuro	41
BAB 5. PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Model penghalang antar butir	10
Gambar 2. 2 Bagian Sensor MQ-3	11
Gambar 2. 3 Sensor MQ-7	12
Gambar 2. 4 Sensor MQ-6	12
Gambar 2. 5 Sensor MQ-2	13
Gambar 2. 6 Sensor MQ-135	13
Gambar 2. 7 Respon sensor saat (1) <i>Flushing</i> , (2) <i>collecting</i> , dan (3) <i>purging</i> pada satu siklus pengukuran	15
Gambar 2. 8 <i>Gas Sensor Chamber</i>	16
Gambar 2. 9 <i>Desain Sensor Array</i>	18
Gambar 2. 10 Arduino UNO	19
Gambar 2. 11 Hasil Analisis PCA	21
Gambar 3. 1 Desain <i>Gas Sensor Array</i> dengan Menggunakan <i>acrylic</i>	25
Gambar 3. 2 Rancangan Penelitian	26
Gambar 4. 1 Respon sensor MQ-7 dengan 5 kali pengulangan pada kopi Durjo dengan udara bebas dengan kecepatan alir 3L/menit, temperatur 55 oC , dan 5g bubuk kopi	28
Gambar 4. 2 Pola Respon gas sensor array dengan variasi temperatur pada kopi robusta kebun Durjo dengan kecepatan alir 3L/menit, dan 5g bubuk kopi	29
Gambar 4. 3 Pola respon gas sensor array dengan variasi temperatur pada kopi robusta kebun Argopuro dengan kecepatan alir 3L/menit, dan 5g bubuk kopi	30
Gambar 4. 4 Pola kopi Durjo, Silo, Silosanen, dan Sidomulyo dengan kecepatan alir 3L/menit, temperatur 50 oC , dan 5g bubuk kopi pada (a) suhu 45 °C (b) 50 °C (c) 55 °C dan (d) 60 °C	31
Gambar 4. 5 Hasil Analisis PCA kopi Argopuro dan kopi Durjo variasi temperatur pemanasan dengan menggunakan SENSAMSNIFFER Instrument	32
Gambar 4. 6 Analisis PCA kopi Argopuro, Durjo, Silo, Garhan, Panti, dan Silosanen pada suhu (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, dan (d) 60 °C	35
Gambar 4. 7 Pola kopi Durjo dengan variasi gas pembawa berupa udara bebas, nitrogen, dan udara kering dengan kecepatan alir 3L/menit, temperatur 50 °C , dan 5g bubuk kopi	37
Gambar 4. 8 Pola kopi Argopuro dengan variasi gas pembawa berupa udara bebas, nitrogen, dan udara kering dengan kecepatan alir 3L/menit, temperatur 50 °C , dan 5g bubuk kopi	39
Gambar 4. 9 Perbandingan kopi Durjo dan Argopuro dengan udara bebas, nitrogen, dan udara kering sebagai gas pembawa dengan	

kecepatan alir 3L/menit, temperatur 50 °C , dan 5g bubuk kopi	40
Gambar 4. 10 Analisis PCA dengan SENSAMSNIFFER <i>Instrument</i>	42



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4. 1 Nilai <i>recovery baseline</i> pada respon kopi Durjo suhu 50 °C	36



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 4.1 Perbandingan pola respon kopi Durjo, Silosanen, Silo, dan Sidomulyo untuk penentuan suhu optimum	51
Lampiran 4. 2 Perhitungan nilai <i>Recovery baseline</i> untuk menentukan kinerja <i>gas sensor array</i> kopi Durjo Udara Bebas	52
Lampiran 4. 3 Perhitungan nilai <i>Recovery baseline</i> untuk menentukan kinerja <i>gas sensor array</i> kopi Durjo nitrogen	53
Lampiran 4. 4 Perhitungan nilai <i>Recovery baseline</i> untuk menentukan kinerja <i>gas sensor array</i> kopi Durjo udara kering.....	54
Lampiran 4. 5 Perhitungan nilai <i>Recovery baseline</i> untuk menentukan kinerja <i>gas sensor array</i> kopi Argopuro udara bebas.....	55
Lampiran 4. 6 Perhitungan nilai <i>Recovery baseline</i> untuk menentukan kinerja <i>gas sensor array</i> kopi Argopuro nitrogen	55
Lampiran 4. 7 Perhitungan nilai <i>Recovery baseline</i> untuk menentukan kinerja <i>gas sensor array</i> Kopi Argopuro udara kering.....	56
Lampiran 4. 8 Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo dengan variasi gas pembawa.....	57
Lampiran 4. 9 Pembuatan pola respon kopi Robusta Argopuro dengan variasi gas pembawa	60
Lampiran 4. 10 Nilai RSD untuk kopi Durjo	62
Lampiran 4. 11 Nilai RSD untuk kopi Argopuro.....	63

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu minuman yang sangat populer dan dikonsumsi secara global (Bhumiratana *et al.*, 2011). Menurut Rahardjo (2012), kopi merupakan komoditi lokal Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan yang lainnya. Kopi juga merupakan komoditas perkebunan di Indonesia dengan volume produksi terbesar keenam setelah kelapa sawit, karet, kelapa, tebu, dan kakao (Kanaka dan Chinadurai, 2012). Indonesia merupakan produsen kopi terbesar ketiga di dunia dan masuk ke dalam empat pemasok kopi terbesar di dunia bersama Brazil, Kolombia, dan Vietnam (Wulandari, 2010). Luas perkebunan kopi yang ada di Jember mencapai 16,882 ha dimana 5.601,31 ha merupakan perkebunan kopi milik rakyat sendiri (Prayuginingsih *et al.*, 2012). Jenis kopi yang lebih sering ditanam oleh petani adalah Robusta (Herman, 2003). Kopi Robusta merupakan kopi yang tumbuh subur pada ketinggian 300–700 mdpl, sehingga cocok untuk dikembangkan di daerah kabupaten Jember (Ermadita *et al.*, 2012).

Aroma pada makanan dapat dideteksi ketika senyawa volatil yang ada dalam makanan masuk ke reseptor yang ada pada sistem olfaktori tubuh manusia. Aroma pada kopi menunjukkan bahwa kopi mengandung senyawa volatil. Senyawa volatil dalam kopi yang berpengaruh terhadap aromanya antara lain aldehida, keton, dan alkohol (Hastuti, 2018). Kualitas aroma kopi awalnya dideteksi oleh *Coffee Tasters* dimana memiliki kelemahan yaitu hasil yang diperoleh sesuai dengan kemampuan *tasters* tersebut (Shilbayeh *et al.*, 2004). Metode lainnya yang telah dilakukan untuk mengetahui kandungan volatil dalam kopi diantaranya dengan menggunakan GC-MS (Korhoňová *et al.*, 2009), GC-MS dan HPLC (Berna *et al.*, 2004), *Near Infrared* (Huck *et al.*, 2005), *Fourier Transform Infrared* (Santos *et al.*, 2012). Metode tersebut telah mendapatkan hasil yang baik, tetapi diperlukan biaya yang tinggi untuk mendapatkan data. Saat ini dilakukan pengembangan terhadap metode yang

murah dan mudah untuk pengujian aroma yang menyerupai sistem hidung manusia dimana sering disebut *Electronic nose* atau *E-nose*.

Electronic nose merupakan serangkaian sensor gas yang akan memberikan reaksi terhadap perubahan aroma. Menurut Marsili (2000), instrumen *electronic nose* dirancang untuk meniru sistem penciuman pada manusia. Menurut Berna (2010), *electronic nose* ini dilakukan dengan *sensor array* yang akan memberikan respon yang berbeda sesuai dengan senyawa volatil yang terdeteksi. *Electronic nose* ini dapat digunakan sebagai sensor detektor semi-selektif yang menggantikan GC untuk proses pemisahan dimana digunakan oleh Pardo *et al.*, (2000) untuk membedakan jenis kopi espresso. Penelitian yang dilakukan oleh Rabersyah *et al.*, (2016), menggunakan *electronic nose* untuk mengidentifikasi jenis bubuk kopi dilengkapi dengan metode *backpropagation*. Pemanfaatan *electronic nose* juga digunakan oleh Shilbayeh *et al.*, (2004) untuk pengendalian kualitas kontrol bubuk kopi untuk diklasifikasikan menjadi kelas yang berbeda. *Electronic nose* ini bekerja dengan mendeteksi perubahan dalam senyawa volatil yang ada pada aroma karena kondisi lingkungan. Reaksi yang ditimbulkan oleh adanya aroma merupakan perubahan resistansi pada setiap gas sensor. Perubahan resistansi ini akan menunjukkan perubahan tegangan berupa data digital komputer pengguna (Nugroho *et al.*, 2008). Menurut Marco dan Gutierrez-Galvez (2012), hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan sensor array adalah Jenis dan jumlah sensor. Penelitian yang dilakukan oleh Oates *et al.*, (2018), menyebutkan bahwa *electronic nose* yang digunakan adalah beberapa sensor gas oksida logam (MOQ) yang dipasang dalam *prototype electronic nose* ini.

Elemen sensor akan memberikan karakteristik pola sinyal oleh adanya senyawa volatil yang ada pada *headspace* (Berna *et al.*, 2004). Instrumen yang ada dalam *electronic nose* ini dirancang dengan sistem pengenalan pola yang mampu mengenali bau kompleks (Rodríguez *et al.*, 2018). Sistem *electronic nose* dengan biaya yang rendah telah dikemukakan oleh Majchrzak *et al.*, (2018), dimana menggunakan sensor tipe taguchi seri (MQ). Menurut Liu *et al.*, (2018) *electronic nose* terdiri atas tiga komponen antara lain unit *sampling*,

sistem deteksi gas, dan unit pemrosesan data. *Backpropagation* merupakan salah satu metode *Artificial Neural Network* (ANN) yang digunakan untuk menganalisis pola yang didapat dari hasil *electronic nose*.

Penelitian menggunakan gas pada *sensor array* telah dilakukan oleh Aishima (1991) dimana menggunakan gas N₂ dengan kecepatan alir 40 mL/menit. Penelitian yang dilakukan oleh Aishima (1991), menggunakan 6 sensor TGS untuk mengetahui aroma kopi. Penelitian lainnya yang juga menggunakan gas adalah Wang (2017), dimana menggunakan 5 gas dengan variasi kecepatan alir 50 mL/menit, 100 mL/menit, 150 mL/menit, 200 mL/menit, 250 mL/menit, 300 mL/menit. Villanueva *et al.*, (2008), telah melakukan penelitian mengenai penentuan karakteristik wine dengan menggunakan gas inert, oksigen dan campuran gas inert dengan udara bebas (oksigen). Gas inert yang digunakan oleh (Villanueva *et al.*, 2008) adalah gas Nitrogen dan gas Helium. Laju alir yang digunakan untuk menginjeksikan gas pembawa ke dalam sistem adalah 150 mL/menit. Hasil yang didapat oleh Villanueva *et al.*, (2008), menunjukkan bahwa penggunaan gas inert sebagai gas pembawa pada sensor oksida logam menunjukkan adanya kenaikan nilai konduktivitasnya. Setelah terpapar gas inert berupa nitrogen, konduktivitas sensornya meningkat drastis karena terjadi perpindahan oksigen yang teradsorpsi di permukaan. Saat dialirkan gas Nitrogen, oksigen mudah berpindah dari permukaan sensor daripada nitrogen, hal itulah yang menyebabkan kenaikan konduktivitas. Menurut Villanueva *et al.*, (2008), sensor dengan penggunaan campuran gas inert dan oksigen memiliki masa pakai yang lebih lama.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Rosalita,2020) dengan variasi suhu mendapatkan suhu optimum pada suhu 50 °C yang menggunakan udara bebas pada erlenmeyer yang dilengkapi dengan pompa penarik. Penelitian dengan variasi temperatur pemanasan kembali dilakukan dengan variasi gas pembawa, antara lain udara bebas, nitrogen, dan udara kering dimana menggunakan tabung bertekanan sebagai sumber gas pembawa. Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbedaan karakteristik pola respon yang dihasilkan

dengan menggunakan serbuk kopi robusta kebun Argopuro dan kebun Durjo. Ukuran bubuk kopi yang digunakan adalah 50-60 mesh. Metode pada penelitian ini menggunakan gas sebagai referensi. Variasi gas pembawa yang digunakan adalah gas N₂, udara kering, dan udara bebas. Kecepatan alir gas pembawa yang digunakan adalah 3L/menit. Tekanan tabung yang digunakan adalah 1,758 kg/cm². Penelitian ini menggunakan 5 macam sensor gas yang berbeda yaitu MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, dan MQ-7. Variasi lainnya yang digunakan adalah variasi temperatur pemanasan sebesar 45, 50, 55, dan 60 °C.

1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap karakteristik pola respon *gas sensor array* pada kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo?
- b. Bagaimana pengaruh variasi gas pembawa terhadap karakteristik pola respon *gas sensor array* pada kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo?
- c. Bagaimana perbedaan karakteristik pola respon *gas sensor array* terhadap aroma kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh variasi temperatur pemanasan terhadap karakteristik pola respon *gas sensor array* pada kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo
- b. Mengetahui pengaruh variasi gas pembawa terhadap karakteristik pola respon *gas sensor array* pada kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo
- c. Mengetahui perbedaan karakteristik pola respon *gas sensor array* terhadap aroma kopi Robusta daerah Argopuro dan Durjo

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Sampel biji kopi Robusta yang digunakan berasal dari petani kopi Robusta daerah Argopuro dan daerah Durjo dalam bentuk *greenbean*

- b. Proses *Roasting* biji Kopi Robusta dilakukan di Sidomulyo
- c. Proses *Grinding* dilakukan di Kaliwates
- d. Sensor MQ dibeli dari pedagang komersial

1.5 Manfaat

Manfaat dilakukan penelitian ini adalah sebagai sumber referensi bagi penelitian selanjutnya, serta diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sensor.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

2.1.1 Definisi Kopi

Kopi atau *Coffea sp.* merupakan komoditas lokal salah satu terpenting di dunia. Kopi ini banyak dikembangkan di berbagai negara termasuk Indonesia. Produksi kopi oleh perkebunan di Indonesia merupakan penghasil kopi keempat terbesar setelah Brazil, Kolombia, dan Vietnam (Wulandari, 2010). Menurut Haryati (2008), kopi termasuk komoditas yang membantu perekonomian di daerah Jember. Daerah di Jember yang termasuk penghasil kopi antara lain Ledokombo, Sumberjambe, Jelbuk, Rambipuji, Panti, Tanggul, dan Sumberbaru. Kopi merupakan jenis tanaman tropis yang dapat tumbuh pada daerah yang tidak terlalu tinggi dan tidak tandus (Herman, 2003).

2.1.2 Jenis Kopi

Menurut Herman (2003), terdapat tiga jenis kopi yang dikembangkan di Indonesia diantaranya kopi Robusta, Arabika, dan Liberika. Jenis kopi yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah jenis kopi Robusta. Jember merupakan salah satu daerah penghasil kopi Robusta. Daerah Jember cocok digunakan untuk pengembangan kopi jenis Robusta karena daerah Ledokombo di jember berada pada ketinggian 464 mdpl, dimana kopi Robusta akan tumbuh subur pada ketinggian 300-700 mdpl (Ermadita *et al.*, 2012).

a. Kopi Robusta

Kopi robusta akan tumbuh subur pada ketinggian 300–700 meter di atas permukaan laut (Ermadita, 2012). Jenis kopi yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah kopi Robusta, dimana dapat tumbuh baik sesuai dengan ketinggiannya. Adapun taksonomi dari kopi robusta Rahardjo (2012), adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Plantae*
Subkingdom : *Tracheobionta*
Super Divisi : *Spermatophyta*
Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*
Sub Kelas : *Asteridae*
Ordo : *Rubiales*
Famili : *Rubiaceae*
Genus : *Coffea*
Spesies : *Coffea canephora*

b. Kopi Arabika

Kopi arabika termasuk ke dalam salah satu jenis kopi yang banyak dikembangkan. Menurut Panggabean (2011), kopi arabika memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis kopi lainnya. Kelebihan yang dimiliki kopi arabika adalah memiliki cita rasa yang khas dengan kandungan kafein yang tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan jenis kopi robusta. Kopi arabika rentan terhadap penyakit tanaman terutama jika ditanam pada dataran rendah atau kurang dari 500 meter di atas permukaan laut (Najiyati dan Danarti, 2009). Kualitas kopi Arabika lebih baik jika dibandingkan dengan kopi Robusta (Romano, 2014). Kualitas Kopi arabika menunjukkan kadar kafein yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kopi robusta. Kopi arabika dan kopi robusta dapat dibedakan melalui kandungan senyawa lemak yang ada pada kopi arabika dan kopi robusta. Senyawa lemak yang dapat digunakan sebagai pembeda adalah jumlah miristat, oleat, linolenat, dan linoleat.

2.1.3 Senyawa Volatil pada Kopi

Aroma pada kopi menunjukkan bahwa kopi mengandung senyawa volatil. Kopi mengandung beberapa senyawa volatil diantaranya golongan aldehid, keton, dan alkohol (Aziz, 2009). Senyawa volatil lainnya yang terdapat dalam kopi adalah hidrokarbonatifatik, alkohol, tiol, furan, piridin, quinon, fenol, dan amina aromatik. Jenis senyawa volatil yang terkandung dalam kopi dipengaruhi oleh tempat tumbuh dan pengolahannya. Senyawa volatil dalam kopi yang berpengaruh terhadap aromanya antara lain aldehid, keton, dan alkohol (Hastuti, 2018). Senyawa volatil yang membuat kopi memiliki aroma menurut Wang dan Lim (2012), adalah 2-furforithiol. Senyawa volatil dalam kopi yang memberikan aroma berupa sedikit asam adalah karbon dioksida. Aroma manis dari kopi

dihasilkan dari kandungan senyawa etanol yang ada pada kopi. Senyawa volatil lainnya yang memberikan aroma pada kopi antara lain 2,3-butanadion, Etil butanoat, dan 3-metilbutanal. Menurut Koskei *et al.*, (2015) adanya senyawa lemak berkontribusi pada pembentukan aroma selama proses *roasting* selama dekomposisi dan reaksi autooksidasi.

2.2 Gas Sensor

2.2.1 Definisi Gas Sensor

Sensor merupakan alat yang mengandung informasi mengenai sifat fisik dan kimia dari sebuah sistem dengan menggunakan sinyal (Kalschne, 2018). Sensor kimia menurut Bochenkov dan Sergeev (2010) adalah perangkat yang mengubah informasi kimia menjadi sinyal yang bermanfaat secara analitis. Menurut Marsili (2002), sensor kimia yang sering digunakan adalah sensor kimia yang dapat mendeteksi molekul gas secara spesifik. Reaksi pada sensor akan berbeda sesuai dengan zat volatil apa yang spesifik dengan sensor tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Rodríguez *et al.*, (2018) menyatakan bahwa penganalisa gas dan detektor sebagai salah satu komponen sensor gas akan memberikan informasi mengenai konsentrasi spesifik suatu gas dalam aroma campuran. *Electronic nose* terdiri atas tiga komponen utama meliputi unit *sampling*, sistem deteksi gas, dan unit pemrosesan data dengan menggunakan *software* (Liu *et al.*, 2018). *Electronic nose* adalah instrumen yang di desain untuk mendeteksi dan membedakan zat-zat volatil dari campuran aroma kompleks menggunakan *sensor array* (Ghaffari *et al.*, 2012).

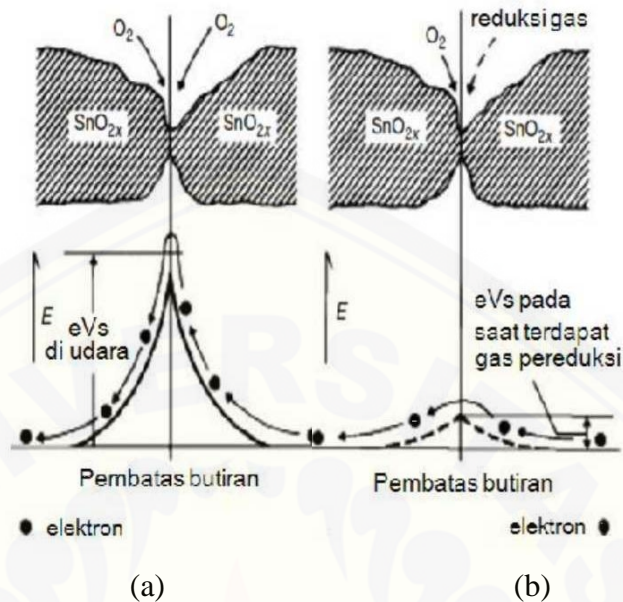
2.2.2 Prinsip Gas Sensor

Sensor gas dengan material aktif semikonduktor oksida logam (SMOx) adalah sensor yang banyak digunakan karena memiliki sensitifitas yang tinggi pada spektrum gas pengoksidasi dan pereduksi (Maziarz, 2019). Sensor yang banyak diteliti dan digunakan diantaranya SnO_2 , ZnO , TiO_2 , dan Fe_2O_3 . Menurut Bochenkov (2010), SnO_2 , ZnO , TiO_2 , dan Fe_2O_3 inilah yang memiliki resistansi yang tinggi ketika berinteraksi dengan gas yang akan dideteksi, memiliki stabilitas yang relatif baik, serta memiliki waktu respon dan *recovery* yang baik. Resistansi

pada sensor berubah karena terdapat interaksi dengan uap kopi. Nilai tahanan yang didapat kemudian diubah menjadi nilai tegangan.

Sensor gas yang tersusun dari material SMO_x heterostruktur sukses digunakan dalam katalisis dan pengaplikasian untuk *sensing* (Miller *et al.*, 2014). Sensor jenis ini bekerja pada rentang suhu 200 °C-400 °C. Sensor akan menunjukkan respon berupa nilai yang biasanya digunakan untuk konsentrasi gas yang lebih dari 100 ppm. Respon yang ditunjukkan dipengaruhi oleh jenis gas, konsentrasi dan suhu yang digunakan. Adanya gas pada oksida logam akan dipisahkan menjadi ion bermuatan atau kompleks sebagai hasil dari transfer elektron. Menurut Choudhary *et al.*, (2015), respon terbaik pada gas H_2 terjadi pada konsentrasi 14 ppm dan suhu 400 °C, dan untuk gas NO_2 menunjukkan respon terbaik pada konsentrasi 20 ppm pada suhu 400 °C. Hasil yang didapat pada penelitian yang dilakukan Lyson *et al.*, (2017) menunjukkan respon optimum gas H_2 pada konsentrasi 3000 ppm dan suhu 400 °C. Sensor dengan menggunakan SnO_2 biasa digunakan untuk kebutuhan mendeteksi suatu gas karena sangat mudah digunakan dan memberikan respon deteksi yang baik serta memiliki stabilitas yang tinggi (Wang *et al.*, 2016). Menurut Lavanya *et al.*, (2017) banyak peneliti yang menyebutkan bahwa sensor dengan bahan SnO_2 memiliki sensitivitas yang baik terhadap gas H_2 .

Sensor oksida logam dengan material SnO_2 yang dipanaskan pada suhu tinggi akan membuat oksigen teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron yang ada pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Adanya transfer elektron ke oksigen teradsorpsi mengakibatkan adanya potensial yang menghambat aliran elektron. Oksigen yang teradsorpsi di permukaan membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial ini (Oktorizal, 2010). Gambar 2.1 merupakan gambar keadaan tanpa gas (a) menunjukkan adanya oksigen teradsorpsi di permukaan sensor, dan keadaan dengan gas (b) yang menunjukkan keadaan dengan adanya gas memindahkan oksigen yang teradsorpsi di permukaan sensor.



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

Gambar 2. 1 Model penghalang antar butir (Sumber: Oktorizal, 2010)

2.2.3 Performa sensor gas

Performa dari sensor gas bisa dilihat dari beberapa parameter diantaranya sensitivitas, selektivitas, waktu respon (Lin dan Liu, 2010). Sensitivitas dapat didefinisikan sebagai konsentrasi terkecil yang bisa dideteksi oleh sensor. Selektivitas yang dimiliki oleh sebuah sensor gas didefinisikan sebagai kemampuan sensor gas mendeteksi gas yang spesifik pada sebuah campuran gas. Waktu respon sinyal yang ditunjukkan oleh suatu sensor gas juga perlu dijadikan pertimbangan dalam pemilihan sensor gas. Waktu respon pada sensor gas menunjukkan kecepatan suatu molekul gas menunjukkan nilai yang spesifik pada sensor berupa sinyal (Huang dan Wan, 2009). Menurut Zhang *et al.*, (2019), temperatur juga merupakan faktor yang penting dalam meningkatkan performa dari sensor gas. sensor gas oksida logam (MO_x) dapat bekerja pada suhu antara 200 °C hingga 400 °C.

2.2.4 Jenis Sensor

Jenis sensor yang digunakan dalam penelitian ini termasuk ke dalam sensor dengan bahan oksida logam yaitu SnO_2 . Lima jenis sensor yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Sensor MQ-3

Sensor MQ-3 ini memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap alkohol. Sensor ini digunakan karena memiliki waktu respon yang cepat dan memiliki sensitifitas yang tinggi. Sensor ini juga digunakan karena memiliki stabilitas dan waktu pakai yang lama. Sensor MQ-3 ini banyak digunakan pada alat pengukur kadar alkohol. Sensor ini dapat mendeteksi alkohol pada rentang 0,05 mg/L sampai 10 mg/L. Sensor MQ-3 ini menunjukkan kinerja yang optimum pada konsentrasi 0,4 mg/L. Sensor MQ-3 ditunjukkan pada gambar 2.1 (Data Sheet Sensor, 2019).



Gambar 2. 2 Bagian Sensor MQ-3 (Sumber : Data Sheet Sensor, 2019)

b. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 ini digunakan untuk mendeteksi gas CO yang ada pada campuran gas volatil yang mengenai sensor. Sensor MQ-7 ini digunakan karena merupakan sensor yang stabil dan memiliki waktu pakai yang lama. Sensor ini memiliki sensitifitas yang baik pada konsentrasi CO sekitar 100 ppm. Sensor ini memiliki rentang deteksi untuk CO pada konsentrasi 20 sampai 2000 ppm yang menunjukkan bahwa sensor MQ-7 dapat mendeteksi gas CO mulai konsentrasi 20 hingga 2000 ppm. Bagian-bagian yang ada pada sensor MQ-7 ditunjukkan pada gambar 2.3 (Data Sheet Sensor, 2019).



Gambar 2. 3 Sensor MQ-7 (Sumber : Data Sheet Sensor, 2019)

c. Sensor MQ-6

Sensor MQ-6 ini sangat sensitif terhadap LPG, isobutana, dan propana. Sensor ini memiliki sensitifitas yang rendah terhadap alkohol. Sensor ini banyak digunakan karena memiliki waktu respon yang cepat. Kelebihan lain dari sensor ini adalah stabil dan memiliki waktu pakai yang lama. Sensor ini bisa mendeteksi gas LPG dengan rentang antara 200 sampai 10000 ppm. Bagian-bagian dari sensor MQ-6 ditunjukkan pada gambar 2.4. Sensor MQ-6 ini tersusun dari tabung keramik Al_2O_3 , lapisan SnO_2 yang merupakan lapisan sensitif, elektroda pengukuran dan pemanas. Sensor MQ-6 ini memiliki 6 pin, dimana 4 pin memiliki fungsi untuk mengambil sinyal dan 2 pin lainnya untuk pemanasan. Bagian 1 merupakan bagian SnO_2 , bagian 2 erupakan elektroda Au, bagian 3 menunjukkan elektroda Pt, bagian 5 merupakan elemen pemanas dengan bahan Ni-Cr. Bahan keramik Al_2O_3 ditunjukkan pada bagian 5. Bagian 6 menunjukkan *anti-explosion network*, bagian 7 merupakan bagian tembaga yang dilapisi dengan Ni. Bagian 8 merupakan resin, dan bagian merupakan *Tube pin* yang terbuat dari tembaga yang dilapisi dengan Ni (Data Sheet Sensor, 2019).



Gambar 2. 4 Sensor MQ-6 (Sumber : Data Sheet Sensor, 2019)

d. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 ini sensitif terhadap gas propana, LPG, butana, metana, etanol, dan hidrogen. Sensor MQ-2 dapat mendeteksi gas dengan rentang konsentrasi 300–10000 ppm. Konduktivitas sensor akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi gas yang ada. Sensor ini berbasis pada bahan SnO_2 dimana sering digunakan untuk keperluan industri. Gambar sensor MQ-2 dapat dilihat pada gambar 2.5 (Data Sheet Sensor, 2019).



Gambar 2. 5 Sensor MQ-2 (Sumber : Data Sheet Sensor, 2019)

e. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 ini merupakan jenis sensor yang sensitif terhadap gas amonia, gas hidrogen, dan benzene. Sensor MQ-135 ini banyak digunakan dalam bidang industri. Sensor MQ-135 ini dapat mendeteksi gas amonia mulai dari konsentrasi 10 ppm hingga 300 ppm. Sensor ini dapat mendeteksi benzene mulai dari 10 ppm hingga 1000 ppm. Gambar 2.6 menunjukkan gambar sensor MQ-135 (Data Sheet Sensor, 2019).



Gambar 2. 6 Sensor MQ-135 (Sumber : Data Sheet Sensor, 2019)

2.3 Sensor Array untuk Mendeteksi Kopi

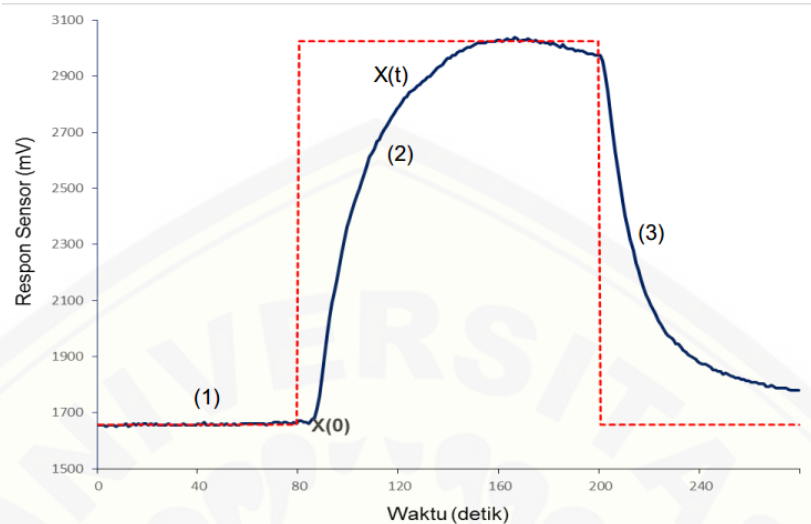
2.3.1 Sensor Tunggal

Sistem deteksi dimana hanya menggunakan satu jenis sensor disebut dengan sistem sensor tunggal. Sistem sensor tunggal ini telah dilakukan oleh Indahwati (2013), dimana hanya menggunakan sensor MQ-135 untuk mengukur konsentrasi gas Karbon Monoksida (CO). Penggunaan sensor tunggal ini dihubungkan dengan *microcontroller* pada PC, sehingga tidak perlu dilakukan penyusunan sensor. Sistem deteksi dengan menggunakan satu jenis sensor juga telah digunakan oleh Faroqi *et al.*, (2017), dimana sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi kadar polusi udara.

2.3.2 Sensor Array

Menurut Berna (2010), *electronic nose* ini dilakukan dengan *sensor array* yang akan memberikan respon yang berbeda sesuai dengan senyawa volatil yang terdeteksi. *Sensor array* dapat didefinisikan sebagai susunan beberapa sensor untuk mencapai tujuan tertentu. *Gas sensor array* merupakan susunan sensor yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi kandungan gas pada sampel. Zat kimia yang ada pada sampel akan membuat *sensor array* memiliki sensitivitas yang berbeda. *Gas sensor array* akan mendapat informasi kimia dari sampel dimana akan diubah menjadi sinyal. Mekanisme *e-nose* menurut Lelono (2018), aroma yang berasal dari sampel akan dibaca oleh sensor yang kemudian diubah menjadi resistansi $R(\Omega)$, selanjutnya rangkaian pengkondisi sinyal menyesuaikan resistansi dari sensor gas yang mengeluarkan nilai berupa tegangan analog (mV). Menurut Konduru *et al.*, (2015) terdapat 3 tahapan dalam proses pengukuran pada respon *electronic nose* meliputi *baseline purging* atau *flushing* (Lelono *et al.*, 2019), *sampling* atau *collecting* (Lelono *et al.*, 2019), dan *purging*. *Baseline* merupakan pengaliran gas pembawa langsung menuju *gas sensor array* sebelum dilakukan pengaliran uap kopi. *Sampling* merupakan proses memasukkan aroma sampel menuju *gas sensor array*. Tahap *purging* merupakan tahapan dimana mengeluarkan aroma sampel yang tersisa pada *gas sensor array* dengan mengalirkan gas pembawa menuju sensor. Gambar yang menunjukkan adanya

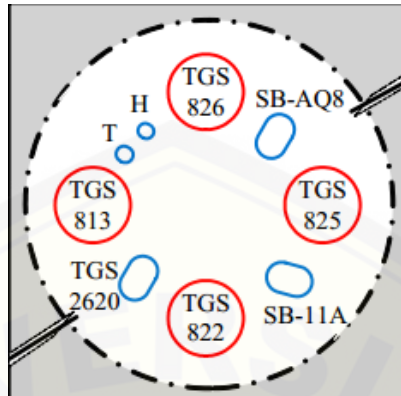
tiga tahapan tersebut juga dicantumkan pada Lelono *et al.*, (2019) seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7



Gambar 2. 7 Respon sensor saat (1) *Flushing*, (2) *collecting*, dan (3) *purging* pada satu siklus pengukuran (Sumber : Lelono *et al.*, 2019)

Penelitian yang telah dilakukan oleh Konduru *et al.*, (2015) merupakan penelitian yang menggunakan *sensor array* evaluasi kualitas bawang. Sensor yang digunakan merupakan sensor oksida logam (MOS) meliputi sensor TGS 813, TGS 822, TGS 825, TGS 826, dan TGS 2620. Sensor lainnya yang digunakan selain sensor oksida logam adalah SB-11A, dan SB-AQ8. Pemilihan sensor oksida logam (MOS) dilakukan berdasarkan sensitifitas sensor terhadap berbagai senyawa organik volatil (VOC) yang ada pada bawang. Komponen elektronik yang dirancang pada penelitian milik Konduru *et al.*, (2015) meliputi papan sirkuit yang dilengkapi dengan *microcontroller* (MCU), *chip memory*, *chip* penyimpanan waktu, dan perangkat perifer lainnya. Penggunaan pompa pada penelitian yang dilakukan oleh Konduru *et al.*, (2015), difungsikan untuk memastikan bau sampel yang tidak terkontaminasi atau membersihkan aliran udara ke ruang sampel. Intruksi yang diberikan ke mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman grafis LabVIEW (v8.2, National Instruments) pada komputer. Program ini digunakan untuk mengkonfigurasi sensor, mengunduh, dan memproses data. Data yang didapat menggunakan *software* LabVIEW berupa

data tegangan yang dihasilkan dari deteksi senyawa volatil. Rancangan susunan sensor yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2.8



Gambar 2. 8 Gas Sensor Chamber (Sumber : Konduru *et al.*, 2015)

2.4 Gas Sensor Pendeteksi Kopi

Penelitian mengenai kandungan kimia pada kopi banyak dilakukan karena kandungan kimia pada kopi mempengaruhi kualitas kopi. Kualitas aroma kopi awalnya dideteksi oleh *Coffee Tasters* dimana memiliki kelemahan karena hasil yang diperoleh sesuai dengan kemampuan *tasters* tersebut. Metode lainnya yang telah dilakukan untuk mengetahui kandungan volatil dalam kopi diantaranya dengan menggunakan GC-MS (Korhoňová *et al.*, 2009), GC-MS dan HPLC (Berna, 2004). Metode yang saat ini banyak dikembangkan untuk mendeteksi senyawa kimia pada kopi adalah *Electronic nose*. Menurut Peris dan Gilabert (2009), *electronic nose* merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi senyawa dari aroma kompleks menggunakan *sensor array*. *Sensor array* terdiri dari bagian sensor yang non spesifik dimana diatur dengan berbagai senyawa kimia dan biologis yang peka terhadap bau. Stimulus bau menghasilkan pola yang khas dari *sensor array*. Konsep awal *electronic nose* telah dikemukakan oleh Dodd dan Persuad dari University of Warwick, United Kingdom pada tahun 1982. Sebagian besar metode *electronic nose* yang dikembangkan adalah sistem yang menggunakan sensor oksida logam semikonduktor (MOS) (Sohn *et al.*, 2008). Sensor oksida logam semikonduktor merupakan sensor yang sensitif terhadap perubahan kelembaban dan suhu. *Electronic nose* dirancang untuk menirukan indra penciuman sistem biologis dimana menggunakan sensor yang tidak selektif

dimana akan berinteraksi dengan molekul yang menyebabkan bau atau aroma. Hasil dari interaksi yang terjadi berupa sinyal yang akan dikirim ke komputer yang menggunakan perhitungan multivariat untuk identifikasi pola data (Bag, 2011).

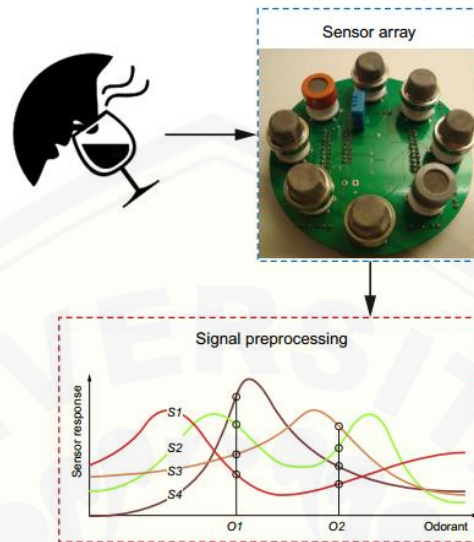
Gas sensor array telah digunakan dalam penelitian Rabersyah *et al.*, (2016), yang dilakukan untuk membedakan kopi arabika dan kopi robusta dengan metode *backpropagation*. Penelitian tersebut menggunakan 5 jenis sensor gas meliputi TGS 2610, TGS 2661, TGS 2602, TGS 2620, dan TGS 882. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa jenis kopi dapat dibedakan dengan tingkat keberhasilan 40% untuk kopi arabika dan 100% untuk kopi robusta. *Sensor array* yang digunakan menunjukkan adanya gas amonia, hidrogen sulfida, alkohol, dan karbon monoksida pada kopi.

Gas sensor array juga pernah dilakukan pada penelitian Arimurti *et al.*, (2018), dimana melakukan pengenalan pola respon aroma kopi robusta. Penelitian dilakukan dengan menggunakan *electronic nose* untuk mengetahui perbedaan karakteristik aroma kopi di pulau Jawa dan Sumatra. Jenis sensor yang digunakan dalam rangkaian *electronic nose* adalah TGS 812, TGS 822, TGS 2600, TGS 826, TGS 2611, TGS 2620, TGS 2612, dan TGS 2602. Hasil yang didapat kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*).

2.5 Desain *Sensor Array*

Electronic nose dengan menggunakan *sensor array* digunakan oleh Chen (2013), untuk mengklasifikasi teh menjadi beberapa kategori. *Electronic nose* banyak dilakukan untuk mengklasifikasikan karena *sensor array* akan memberikan respon yang berbeda sesuai dengan senyawa volatil yang dideteksi dari sampel yang digunakan. Penelitian yang berkaitan dengan *gas sensor array* juga telah dilakukan oleh Konduru *et al.*, (2015) dimana *sensor array* digunakan untuk mengetahui kualitas bawang. *Electronic nose* banyak dikembangkan karena mudah digunakan, memiliki sensitifitas yang tinggi dan murah. Gambar 2.9 di

bawah ini merupakan desain *sensor array* yang dikemukakan oleh (Sanaeifar *et al.*, 2017).



Gambar 2. 9 Desain Sensor Array (Sumber : Sanaeifar *et al.*, 2017).

2.6 Arduino UNO

Arduino uno adalah salah satu produk yang memiliki label arduino yang sebenarnya merupakan suatu papan elektronik dimana memiliki *mikrocontroller*. *Mikrocontroller* yang ada pada Arduino UNO adalah Atmega328 yang merupakan sebuah *keeping* yang bertindak seperti komputer. Arduino UNO mengandung mikroprosesor berupa Atmel AVR dimana dilengkapi dengan *Oscillator* 16 MHz dan regulator 5 volt (Kadir, 2013). Arduino UNO terdiri dari 14 bagian *input* atau *output*. Arduino UNO terdiri dari keramik resonator 16 MHz, *port* USB, *power jack*, *ICSP header* dan tombol untuk *reset*. Arduino UNO memiliki segala yang dibutuhkan untuk mendukung kinerja mikrokontroler. Penggunaan Arduino UNO ini dilakukan dengan menghubungkan dengan komputer dengan kabel USB atau menghubungkan dengan sumber arus AC ke DC. Arduino UNO bekerja pada tegangan 5V, serta membutuhkan tegangan 7-12 V. Batasan tegangan yang dapat diberikan adalah 6-20 V. Arduino UNO memiliki mikrokontroler berupa Atmega238 dimana memiliki memori sebesar 32KB dengan 0,5 KB digunakan untuk *bootloader*. Memori yang juga dimiliki pada Arduino UNO adalah 2KB

pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM. Sistem bisa menggunakan Arduino UNO yang telah diprogram dengan *Software* Arduino IDE (Ardiansyah, 2016).



Gambar 2. 10 Arduino UNO (Sumber : Ardiansyah, 2016)

2.7 Akurasi

Akurasi pada sensor dilihat dengan adanya perbedaan maksimum pada nilai yang ditunjukkan pada *output* sensor dengan nilai yang sebenarnya. Nilai akurasi perlu diketahui untuk melihat seberapa dekat nilai hasil pengukuran dengan nilai yang sebenarnya. Nilai Akurasi didapat dari selisih antara nilai yang didapat dari pengukuran dengan nilai yang sebenarnya (Oktorizal, 2010). Menurut Harmita (2004), akurasi merupakan derajat kedekatan antara nilai analisis dengan nilai yang sebenarnya. Nilai akurasi dinyatakan dengan persen perolehan kembali atau *Recovery Baseline*.

2.8 Gas Pembawa (*Carrier gas*)

Carrier gas merupakan gas yang akan membawa senyawa volatil menuju sensor. Kecenderungan sensor oksida logam atau MOX dengan adanya gas pembawa telah dinyatakan oleh (Villanueva *et al.*, 2008). Penelitian Villanueva *et al.*, (2008) dilakukan untuk melihat pengaruh gas pembawa berupa oksigen, gas inert serta campuran gas inert dengan oksigen pada sifat sensor oksida logam dalam mengkarakterisasi *wine*. Gas pembawa yang digunakan adalah udara bebas (O_2), gas inert, dan campuran gas inert dan oksigen. Gas inert yang digunakan adalah gas Nitrogen dan gas Helium. Hasil yang didapat oleh Villanueva *et al.*, (2008), menunjukkan bahwa penggunaan gas inert sebagai gas pembawa pada

sensor oksida logam menunjukkan adanya kenaikan nilai konduktivitasnya. Setelah terpapar gas inert berupa nitrogen, konduktivitas sensornya meningkat drastis karena terjadi perpindahan oksigen yang teradsorpsi di permukaan. Saat dialirkan gas nitrogen, oksigen mudah berpindah dari permukaan sensor daripada nitrogen, hal itulah yang menyebabkan kenaikan konduktivitas. Menurut Villanueva *et al.*, (2008), sensor dengan penggunaan campuran gas inert dan oksigen memiliki masa pakai yang lebih lama.

Penelitian lain yang menggunakan gas pembawa pada sistem *elektronik* nose adalah Wang *et al.*, (2017). Penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al.*, (2017), menggunakan lima jenis gas meliputi asam asetat, asetaldehid, *sesame oil*, asam laktat, dan etil asetat. Urutan sensor yang digunakan dalam penelitian ini meliputi MQ-8, MQ-9B, MQ-2, MQ-5, MQ-135, MQ-3B, MQ-7B, MQ-4, MQ-2, MQ-6, MQ-5, MQ-7. Kecepatan alir gas yang digunakan pada penelitian Wang (2017) adalah 50 mL/menit, 100mL/menit, 150 mL/menit, 200 mL/menit, 250 mL/menit, dan 300 mL/menit.

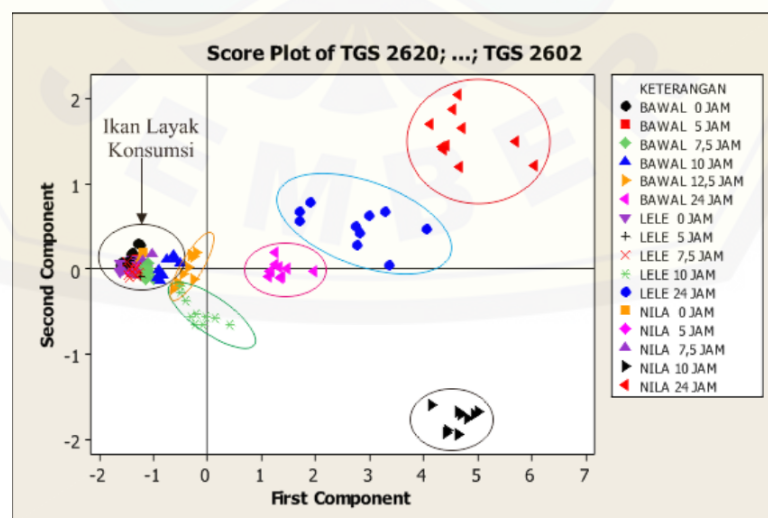
2.9 LabView 2018

LabView 2018 merupakan *software* yang dikembangkan oleh *National Instrument*. Program *LabView* ini dirancang sedemikian rupa sehingga mudah dihubungkan dengan perangkat keras dan *software* lainnya. Program *LabView* ini dikenal dengan sebutan VI atau *Virtual Instruments*, karena memiliki cara pengoperasian yang dapat meniru sebuah *instrument*. Pemrograman grafis merupakan fitur yang paling banyak digunakan dari program *LabView* ini. Program *LabView* juga memiliki fitur lainnya, meliputi pengoperasian program instrumentasi, pengendalian *hardware*, menganalisa data, dan menampilkan hasil. Hasil yang didapat dapat ditunjukkan langsung pada aplikasi *LabView* (Hidayat, 2015). Menurut Konduru *et al.*, (2015), *software* LabVIEW ini digunakan sebagai GUI atau *Graphical User Interface* dimana ditujukan untuk memfasilitasi komunikasi antara pengguna dan perangkat, memproses data, mengunduh dan menampilkan data.

2.10 Principal Component Analysis (PCA)

Penelitian dengan menggunakan PCA telah dilakukan oleh Korhonova *et al.*,(2009), yang dilakukan untuk mengurangi set data berdimensi tinggi dengan mempertahankan sebanyak mungkin variasi data. Menurut Berna (2010), PCA merupakan salah satu teknik multivariat dimana dilakukan pengurangan data (mereduksi) data berdimensi tinggi yang ditunjukkan dengan dimensi yang lebih rendah. Penelitian yang telah dilakukan Marco *et al.*, (2012), menyatakan bahwa respon multivariat memerlukan pemrosesan sinyal dan data berupa klasifikasi untuk identifikasi aroma, regresi untuk estimasi konsentrasi, dan *clustering* untuk pengelompokan bau serupa. Analisis *clustering* menurut Meluci *et al.*, (2016) sering digunakan untuk mengidentifikasi kemungkinan sub-kelas dalam kelompok objek. Menurut Lelono *et al.*, (2018) menyatakan bahwa data yang akan digunakan dalam PCA perlu dilakukan manipulasi data atau normalisasi. Normalisasi data dilakukan dengan membuang data yang tidak diperlukan untuk dipisahkan dengan data yang akan diproses.

Hasil yang ditunjukkan pada penggunaan PCA berupa grafik *score plot* untuk melihat persebaran data yang dihasilkan oleh sampel dilengkapi dengan PC1 dan PC2. PC1 merupakan *principal component* pertama, sedangkan PC2 merupakan *principal component* kedua. Hasil analisis PCA ditunjukkan salah satunya pada pada Lintang *et al.*, (2016) ditunjukkan pada gambar 2. 11



Gambar 2. 11 Hasil Analisis PCA (Sumber : Lintang *et al.*, 2016)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini berlangsung selama ± 6 bulan yang dimulai dari bulan November 2019–April 2020 dan tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Fisik Anorganik Jurusan Kimia Universitas Jember .

3.2 Alat dan Bahan

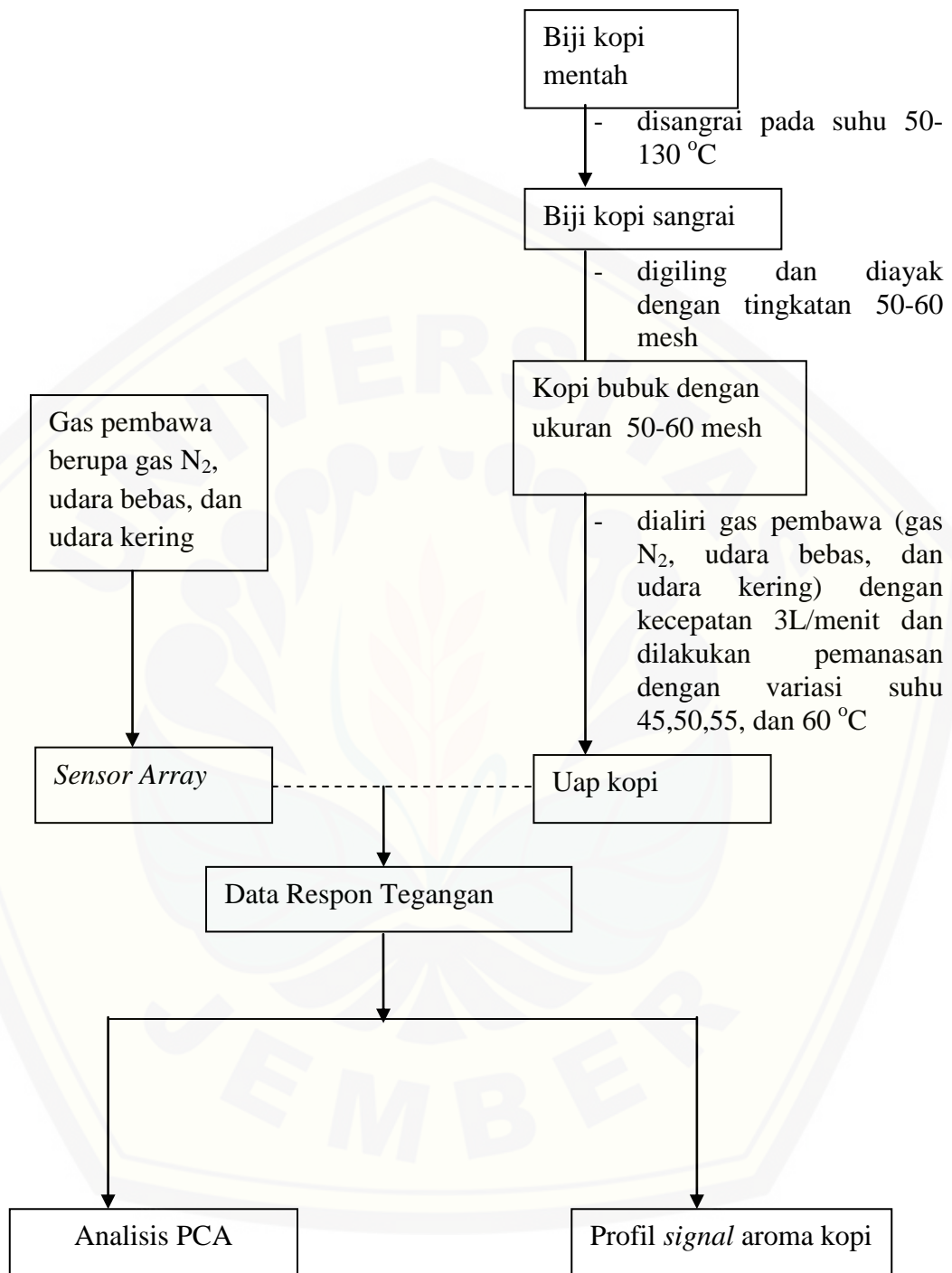
3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain laptop yang telah diinstal *software* LabView, Arduino UNO, *grinder*, *heater*, selang sebagai aliran gas pembawa, spatula, labu leher 3 ukuran 250 mL, akrilik sebagai tempat sensor, statif, *breadboard*, termometer, kabel USB, *Flowmeter*, neraca analitik, kran sebagai *valve*, ayakan ukuran 50 mesh, ayakan ukuran 60 mesh dan 5 jenis sensor yaitu sensor MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, dan MQ-7.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah biji kopi robusta yang didapat dari Kebun Argopuro dan Kebun Durjo, gas Nitrogen 6M³ HP MR, Udara bebas dari tabung kompresor, dan Udara kering N₂MIX2102 1M³.

3.3 Skema Kerja



3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pengambilan sampel atau *Sampling*

Sampel biji kopi yang digunakan adalah kopi robusta yang diperoleh dari petani kebun kopi Argopuro dan kebun kopi Durjo kabupaten Jember. Biji kopi yang didapat dari petani kebun kopi Durjo dan kebun kopi Argopuro adalah biji kopi yang diolah kering. Biji kopi yang dihasilkan disortir terlebih dahulu oleh petani kopi untuk memperoleh biji yang bersih.

3.4.2 Penyangraian dan Penggilingan Biji kopi

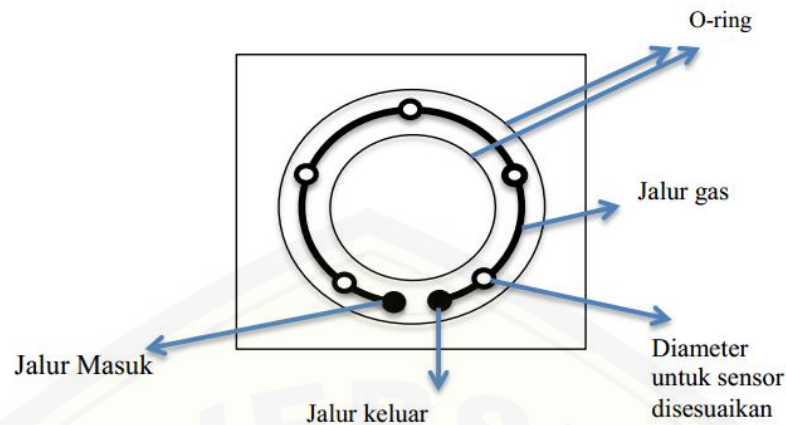
Biji kopi bersih yang diperoleh dari kebun Argopuro dan kebun Durjo masing-masing dilakukan *roasting* pada suhu 50-130 °C selama 15-20 menit. Penggilingan sampel kopi ini dilakukan dengan menggunakan *grinder* dengan tingkat kehalusan tertentu. Kopi yang telah dihaluskan kemudian diayak dengan rentang ukuran 50-60 mesh.

3.4.3 Uji Stabilitas Sensor

Tahapan yang dilakukan sebelum pengujian sensor terhadap sampel adalah uji stabilitas sensor. Uji stabilitas sensor ini dilakukan untuk melihat kestabilan sinyal yang dihasilkan oleh sensor. Stabilitas sensor diuji dengan cara mengukur respon tegangan sensor pada saat dialiri gas pembawa dengan keadaan sistem tertutup rapat. Sinyal yang telah stabil menunjukkan bahwa sensor telah siap untuk digunakan. Hasil yang didapat kemudian digunakan sebagai *baseline* respon sensor.

3.4.4 Rancangan *Gas Sensor Array*

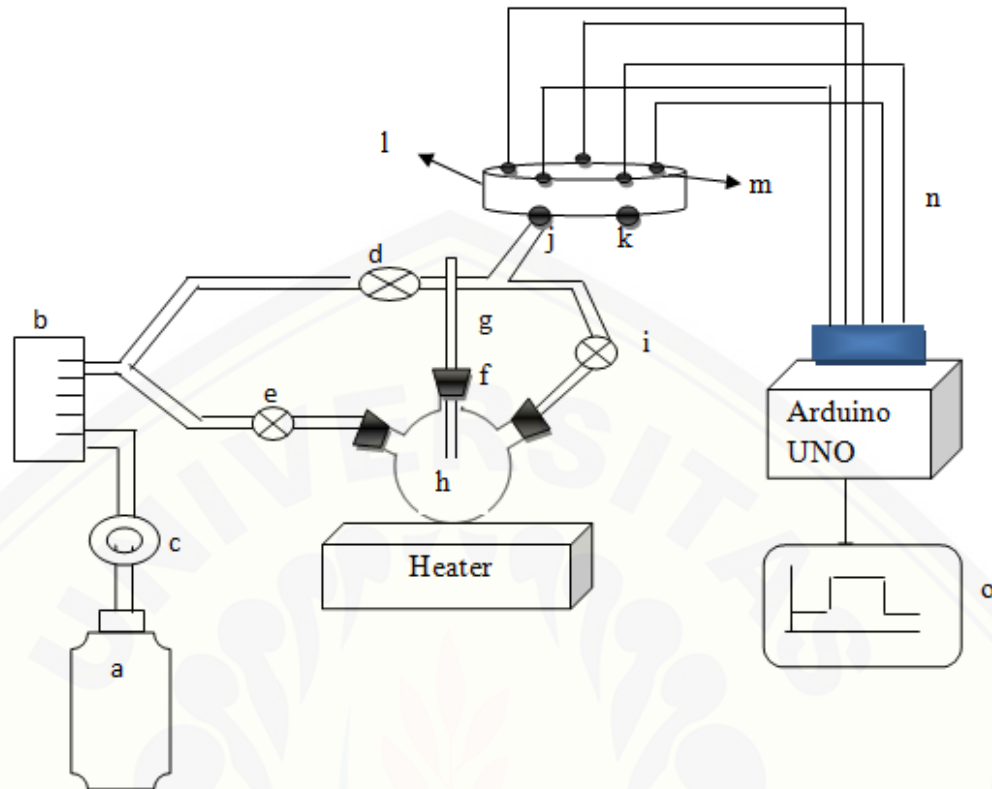
Lima jenis sensor disusun secara melingkar yang ditempatkan pada *acrylic*. Penyusunan sensor dilakukan sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Ariwijayanti, 2019). Sensor disusun dengan urutan MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6 dan MQ-7. Penyusunan antara sensor satu dengan lainnya saling berdekatan dengan jarak disesuaikan dengan ukuran sensor. Pompa vakuum akan mengalirkan gas aroma kopi melalui jalur masuk. Rancangan *gas sensor array* dibuat sesuai dengan gambar 3.1



Gambar 3. 1 Desain *Gas Sensor Array* dengan Menggunakan *acrylic*

3.4.5 Pengujian Sampel

Sampel kopi dengan ukuran 50-60 mesh sebanyak 5 gram dipanaskan pada suhu 45 °C, 50 °C, 55 °C, dan 60 °C. Sampel yang telah dipanaskan kemudian dialiri dengan gas pembawa berupa udara bebas dengan kecepatan alir sebesar 3L/menit dengan tekanan 1,758 kg/cm². Gas pembawa terlebih dulu di alirkan ke *sensor chamber*, lalu setelah gas pembawa mencapai *sensor array* dan didapat data respon tegangan *baseline* kemudian dilakukan *switch* sehingga gas membawa uap kopi mengalir menuju ruang sampel. Senyawa volatil yang dihasilkan dari pemanasan bubuk kopi akan dibawa oleh gas pembawa melalui jalur masuk dan akan keluar menuju jalur keluar. Urutan gas sensor yang digunakan adalah : MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7. *Input* sinyal dari 5 sensor akan diterima oleh sistem berupa perubahan tegangan karena ketika sensor mendeteksi adanya senyawa volatil dari aroma kopi maka resistansi dari sensor akan berubah dan mengakibatkan perubahan tegangan. Sinyal yang diperoleh kemudian akan diproses oleh rangkaian pengkondisi sinyal dan kemudian diteruskan ke rangkaian *Analog Digital Converter* (ADC) untuk selanjutnya dikonversi ke dalam bentuk *digital*. *Analog digital converter* yang digunakan adalah Arduino UNO. Hasil dengan suhu pemanasan optimum kemudian digunakan untuk melihat pengaruh dari variasi gas pembawa berupa udara kering dan nitrogen. Rancangan kerja *gas sensor array* dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Rancangan Penelitian

Keterangan :

a : Tabung gas
 b : *Flow meter*
 c : Regulator
 d : *Valve* pertama
 e : *Valve* kedua
 f : Penutup karet
 g : Termometer
 h : Labu leher tiga

i : *valve* ketiga
 j : Lubang masuk
 k : Lubang keluar
 l : *Acrylic*
 m : Sensor
 n : kabel penghubung
 o : *Output* pada komputer

3.4.6 Proses Pengukuran

Pola respon *gas sensor array* didapat dari pengolahan data respon tegangan yang dihasilkan. Data respon tegangan didapatkan dengan menggunakan bantuan *software* LabVIEW. Data yang didapat dari LabVIEW merupakan grafik tegangan vs waktu. Jumlah data pada satu kali pengulangan adalah 550 data yang meliputi 3 tahapan. Tahapan yang dilakukan antara lain tahapan *baseline* atau *Flushing* sebanyak 100 data, kemudian *sampling* sebanyak 300 data, kemudian

purging sebanyak 150 data. *Baseline* merupakan pengaliran gas pembawa langsung menuju *gas sensor array* sebelum dilakukan pengaliran uap kopi. *Sampling* merupakan proses memasukkan aroma sampel menuju *gas sensor array*. Tahap *purging* merupakan tahapan dimana mengeluarkan aroma sampel yang tersisa pada *gas sensor array* dengan mengalirkan gas pembawa menuju sensor.

Sensor yang telah disusun kemudian digunakan untuk menguji sampel kopi bubuk dengan gas pembawa yang berbeda-beda dengan kecepatan alir yang digunakan adalah 3 L/menit dengan tekanan 1,758 kg/cm². Pada setiap pergantian gas pembawa perlu dilakukan *flushing* dengan uap air untuk membersihkan sisa gas yang masih menempel di permukaan sensor. Proses ini dilakukan agar pengukuran yang dilakukan tidak terpengaruh dengan gas pembawa sebelumnya. Proses pengukuran temperatur optimum terlebih dahulu dilakukan pada kopi Durjo pada temperatur 45 °C, 50 °C, 55 °C, dan 60 °C sebagai data sekunder. Proses pengukuran masing-masing dilakukan hingga mendapatkan 5 data dengan respon yang paling baik. Temperatur pemanasan optimum didapatkan dari perbandingan pola kopi Durjo dengan pola kopi Silo, Silosanen, dan Sidomulyo pada suhu 45 °C, 50 °C, 55 °C, dan 60 °C. Temperatur optimum yang didapat kemudian digunakan sebagai temperatur bagi kopi Durjo dan Argopuro dengan variasi gas pembawa.

Metode analisis yang digunakan untuk pengujian kinerja *gas sensor array* yaitu *recovery baseline*. Hasil respon yang paling baik pada variasi tersebut kemudian digunakan untuk mengukur kinerja sensor berdasarkan nilai *recovery baseline*. Nilai *recovery baseline* digunakan untuk melihat apakah respon sensor saat *purging* kembali ke respon tegangan awal. Nilai *recovery baseline* yang semakin besar menunjukkan bahwa respon sensor ke respon tegangan awal. Nilai *recovery baseline* yang tinggi menunjukkan kinerja sensor yang baik. Data respon tegangan kemudian dilakukan analisis PCA untuk membedakan karakteristik kedua kopi dengan *software SENSAMSNIFFER Instrument*.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian analisis pola respon *gas sensor array* terhadap variasi gas pembawa dan temperatur bubuk kopi robusta Argopuro dan Durjo adalah sebagai berikut :

1. Variasi temperatur pemanasan yang digunakan menghasilkan karakteristik pola respon yang berbeda antara kopi Argopuro dan Durjo. Berdasarkan hasil analisis PCA 2 kopi dan hasil analisis PCA 6 kopi, kopi Argopuro terlihat memiliki persebaran data yang paling jauh pada temperatur 50 °C, sehingga temperatur yang paling optimum adalah 50 °C.
2. Variasi gas pembawa menunjukkan karakteristik pola respon yang berbeda pada kopi Argopuro dan Durjo. Hasil Analisis PCA pada kopi Argopuro dan Durjo menyatakan bahwa persebaran data yang paling jauh didapat pada penggunaan udara kering, sehingga gas pembawa yang paling optimum adalah udara kering.
3. Karakteristik kopi Argopuro dan Durjo didapatkan dengan melihat pola respon kopi Argopuro dan Durjo serta hasil analisis PCA yang dilakukan pada kedua kopi dimana memiliki persentase variansi kumulatif sebesar 98,05%. Pola respon kedua kopi yang berbeda serta hasil analisis PCA yang saling tersebar jauh menyatakan bahwa kopi Argopuro dan Durjo memiliki karakteristik yang berbeda.

5.2 Saran

Penyimpanan sensor harus dilakukan dengan baik agar respon sensor yang dihasilkan bisa konsisten dan stabil. Proses *flush* dengan uap air pada sensor perlu dilakukan sebelum melakukan penelitian dengan gas yang berbeda. Perlu dilakukan variasi temperatur pemanasan dengan temperatur yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aishima, T.1991. Aroma Discrimination by Pattern Recognition Analysis of Responses from Semiconductor Gas Sensor Array. *J.Agri Food Chem.* 39. 752-756.
- Ardiansyah. 2016. Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino Studi Kasus Pdam Patalassang. *Skripsi.* Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Alauddin Makasaar.
- Asiah, N., F. Septiyana, U. Saptono, L. Cempaka dan D. A. Sari. 2017. Identifikasi Cita Rasa Sajian Tubruk Kopi Robusta Cibulao pada Berbagai Suhu dan Tingkat Kehalusan Penyeduhan. *Barometer.* 2(2): 52-56
- Aziz T., R.Cindo, dan A. Fresca. 2009. Pengaruh pelarut heksana dan etanol, volume pelarut, dan waktu ekstraksi terhadap hasil ekstraksi minyak kopi. *Jurnal Teknik Kimia.*16 (1) :2-3.
- Bag, A. K., B. Tudu., J. Roy., N. Bhattacharyya, dan R. Bandyopadhyay. 2011. Optimization of Sensor Array in Electronic Nose: A Rough Set-Based Approach. *IEEE Sensors Journal.*11(11). 3001–3008.
- Berna, A. 2010. Metal oxide sensors for electronic noses and their application to food analysis. *Sensors,* 10(4), 3882–3910.
- Berna, A. Z., J. Lammertryn., S. Saevels., C. Di Natale, dan B. M. Nicolai. 2004. Electronic nose systems to study shelf life and cultivar effect on tomato aroma profile. *Sensors and Actuators, B: Chemical,* 97(2–3), 324–333.
- Bhumiratana, N., K. Adhikari, dan E. Chambers. 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology,* 44(10), 2185–2192.
- Bochenkov, V. E, dan G. B Sergeev. 2010. *Sensitivity, Selectivity, and Stability of Gas-Sensitive Metal-Oxide Nanostructures.* Russia : M.V Lomonosov
- Chen, Q., A. Liu., J. Zhao, dan Q.Yuang. 2013. Classification of tea category using a portable electronic nose based on an odor imaging sensor array. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.* 84.
- Choudhary, K., V. Manjuladevi., R. K. Gupta., P. Bhattacharyya., A. Hazra, dan S. Kumar. 2015. Ultrathin films of TiO₂ nanoparticles at interfaces. *Langmuir,* 31(4), 1385–1392.
- Data Sheet Sensor. 2019. Data Sheet Sensor MQ - 3 [Serial Online]. [diakses pada tanggal 30 Mei 2019]

- Data Sheet Sensor. 2019. Data Sheet Sensor MQ - 9 [Serial Online]. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/MQ-7.pdf> [diakses pada tanggal 30 Mei 2019]
- Data Sheet Sensor. 2019. Data Sheet Sensor MQ - 5 [Serial Online]. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/MQ-6.pdf> [diakses pada tanggal 30 Mei 2019]
- Data Sheet Sensor. 2019. Data Sheet Sensor MQ - 2 [Serial Online]. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/MQ-2.pdf> [diakses pada tanggal 30 Mei 2019]
- Data Sheet Sensor. 2019. Data Sheet Sensor MQ - 135 [Serial Online]. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensor/MQ-135.pdf> [diakses pada tanggal 30 Mei 2019]
- Dittmann, B., B. Zimmermann., C. Engelen., G. Jany, dan S. Nitz. 2000. Use of the MS-sensor to discriminate between different dosages of garlic flavoring in tomato sauce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 2887–2892.
- Ermadita, W. R dan A. Suwandari. 2012. Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Pendapatan dan Prospek Usahatani Kopi Rakyat di Desa Sumberbulus Kecamatan Ledokombo Kabupaten Jember. *JSEP*. 6 (3)
- Faroqi, A., D. K. Halim., M. Sanjaya, dan Ph, D. W. S. 2017. Perancangan Alat Pendeteksi Kadar Polusi Udara Menggunakan Sensor Gas MQ-7 Dengan Teknologi Wireless HC-05. *Edisi Juni 2017*. X (2), 33–47.
- Ghaffari, R., J. Laothawornkitkul., D. Iliescu., E. Hines., M. Leeson., R. Napier., N.D. Paul.,C.N. Hewitt, dan J.E. Taylor. 2012. Plant pest and disease diagnosis using electronic nose and support vector machine approach. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 119 (5–6), 200–207.
- Haryati, N. 2008. Kontribusi Komoditas Kopi terhadap Perekonomian. *Sosial Ekonomi Pertanian*, 2(1), 56–69.
- Hastuti, D. S. 2018. *Kandungan Kafein Pada Kopi dan Pengaruh Terhadap Tubuh*. Surabaya : Kimia FIA Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Review Artikel*. Majalah Ilmu Kefarmasian. 1 (3). 117-135.
- Hermawan, A. 2006. Jaringan Syaraf Tiruan teori dan aplikasi. Yogyakarta.
- Hidayat, T. 2015. Penggunaan Labview Untuk Simulasi Sistem Kontrol Keamanan Rumah. *Jurnal Sains Dan Teknologi UMK Kudus*, 7, 90–95.

- Huang, J, dan Q. Wan. 2009. Gas sensors based on semiconducting metal oxide one-dimensional nanostructures. *Sensors*, 9 (12), 9903–9924.
- Huck, C. W., W. Guggenbichler, dan G. K. Bonn. 2005. Analysis of caffeine, theobromine and theophylline in coffee by near infrared spectroscopy (NIRS) compared to high-performance liquid chromatography (HPLC) coupled to mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 538(1–2), 195–203.
- Indahwati, E, dan Nurhayati. 2013. *Rancang Bangun Alat Pengukur Konsentrasi Gas Karbon Monoksida (CO) Menggunakan Sensor Gas MQ-135 Berbasis Mikrokontroler Dengan Komunikasi Serial USART*. Surabaya : Unesa.
- ISO 6668: Green Coffee Preparation of samples for use in sensory analysis (Food products, CH-1211) 2008. International organization for standardization. Geneva,Switzerland: ISO.
- Kadir, A. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino*. Yogyakarta : Andi Komputindo.
- Kalschne, D.L., M.C Viegas., A.J.D. Conti., M.P. Corso, dan M.T. Benassi. 2018. Steam pressure treatment of defective Coffea canephora beans improves the volatile profile and sensory acceptance of roasted coffee blends. *Food Research International*, 105, 393–402
- Konduru, T., G. C. Rains, dan C. Li. 2015. A customized metal oxide semiconductor-based gas sensor array for onion quality evaluation: System development and characterization. *Sensors*, 15 (1), 1252–1273.
- Korhoňová, M., K. Hron., D. Klimčíková., L. Müller., P. Bednář, dan P. Barták. 2009. Coffee aroma-Statistical analysis of compositional data. *Talanta*, 80 (2), 710–715.
- Koskei, K. R., M. Patrick, dan M. Simon. 2015. Effects of coffee processing technologies nphysico-chemical properties and sensory qualities of coffee. *African Journal of Food Science*. 9. 4. 230-236.
- Lavanya, N., C. Sekar., E. Fazio., F. Neri., S. G. Leonardi. dan G. Neri. 2017. Development of a selective hydrogen leak sensor based on chemically doped SnO₂ for automotive applications. *International Journal of Hydrogen Energy*. 42 (15), 10645–10655.
- Lelono et al., 2018. Klasifikasi Teh Hijau dan Teh Hitam Tambi-Pagilaran dengan Metode Principal Component Analysis (PCA) Menggunakan E-Nose. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*.8 (1)
- Lin, C. H, dan C. W. Liu. 2010. Metal-insulator-semiconductor photodetectors. *Sensors*. 10 (10), 8797–8826.

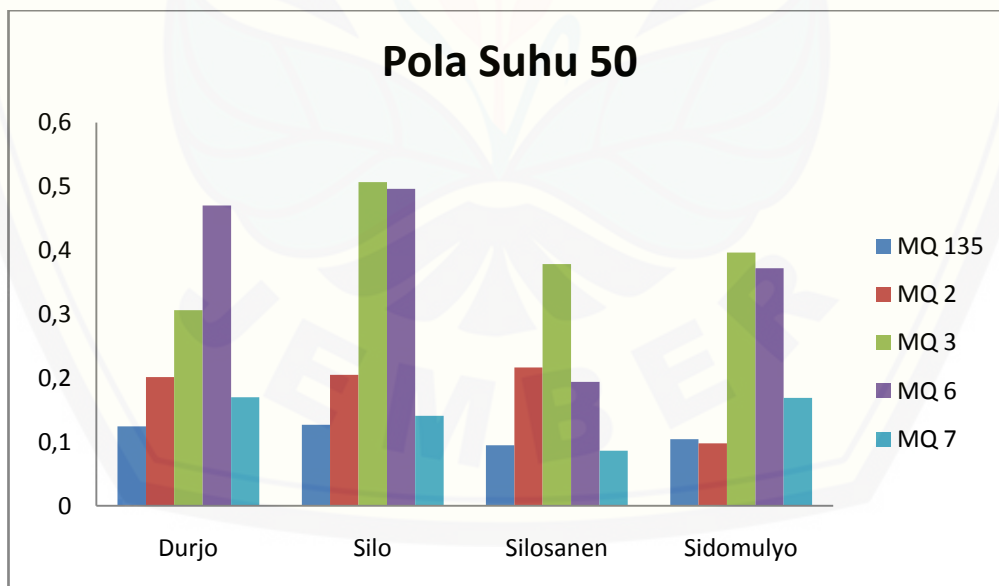
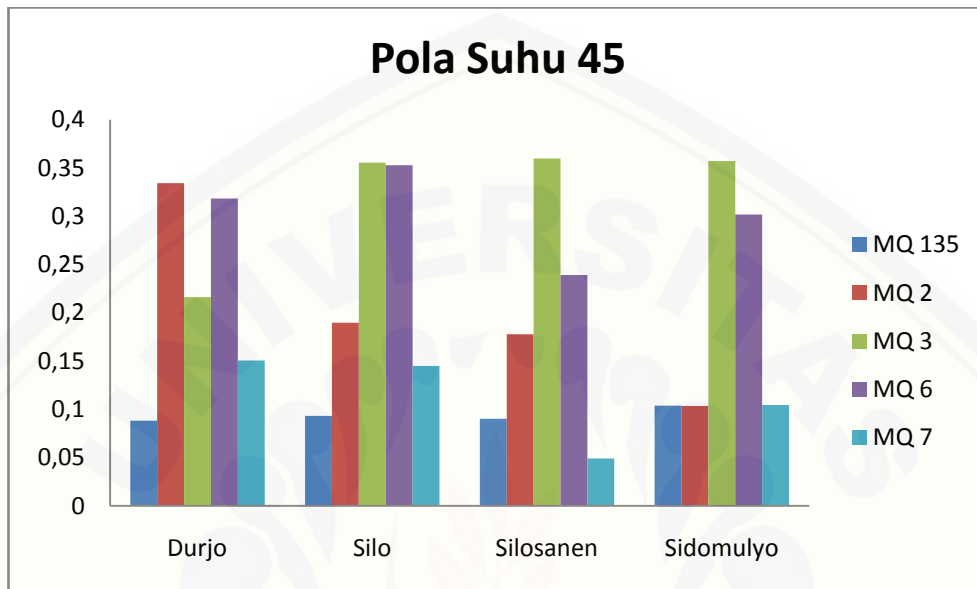
- Lintang, C. A., T. W. Widodo, dan D. Lelono. 2016. Rancang Bangun Electronic Nose untuk Mendeteksi Tingkat Kebusukan Ikan Air Tawar. *Jurnal Elektronika dan Instrumentasi*. 6(2): 130-138.
- Liu, Q., N. Zhao., D. Zhou., Y. Sun., K. Sun., L. Pan, dan K. Tu. 2018. Discrimination and growth tracking of fungi contamination in peaches using electronic nose. *Food Chemistry*. 262 (1), 226–234.
- Lyson-Sypien, B., A. Kusior., M. Rekas., J. Zukrowski., M. Gajewska., K. Michalow-Mauke, dan K. Zakrzewska. 2017. Nanocrystalline $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$ heterostructures for gas sensing. *Beilstein Journal of Nanotechnology*. 8 (1), 108–122.
- Majchrzak, T., W. Wojnowski., T. Dymerski., J. Gębicki, dan J. Namieśnik. 2018. Electronic noses in classification and quality control of edible oils: A review. *Food Chemistry*. 246, 192–201.
- Marco, S, dan A. Gutierrez-Galvez. 2012. Signal and data processing for machine olfaction and chemical sensing: A review. *IEEE Sensors Journal*. 12 (11), 3189–3214.
- Marsili, R. T. 2000. Shelf-life prediction of processed milk by solid-phase microextraction, mass spectrometry, and multivariate analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 (8), 3470–3475.
- Maziarz, W. 2019. $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$ and TiO_2/CuO thin film nano-heterostructures as gas sensors. *Applied Surface Science*. 480, 361–370.
- Miller, D. R., S. A. Akbar, dan P. A. Morris. 2014. Nanoscale metal oxide-based heterojunctions for gas sensing: A review. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 204. 250–272.
- Nugroho, J., D. Muryani., S. Rahayoe, dan N. Bintoro. 2008. *Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan untuk Identifikasi Aroma Teh Menggunakan Electronic Nose*. (November 2008), 18–19.
- Najiyati dan Danarti. 2004 . *Budidaya Tanaman Kopi dan Penanganan Pasca Panen*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Oates, M. J., P. Fox., L. Sanchez-Rodriguez., Á. A. Carbonell-Barrachina, dan A. Ruiz-Canales. 2018. DFT based classification of olive oil type using a sinusoidally heated, low cost electronic nose. *Computers and Electronics in Agriculture*. 155. 348–358.
- Oktorizal, A. 2010. *Studi Sensor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave Untuk Penerapan Pada Sistem Identifikasi Gas*. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

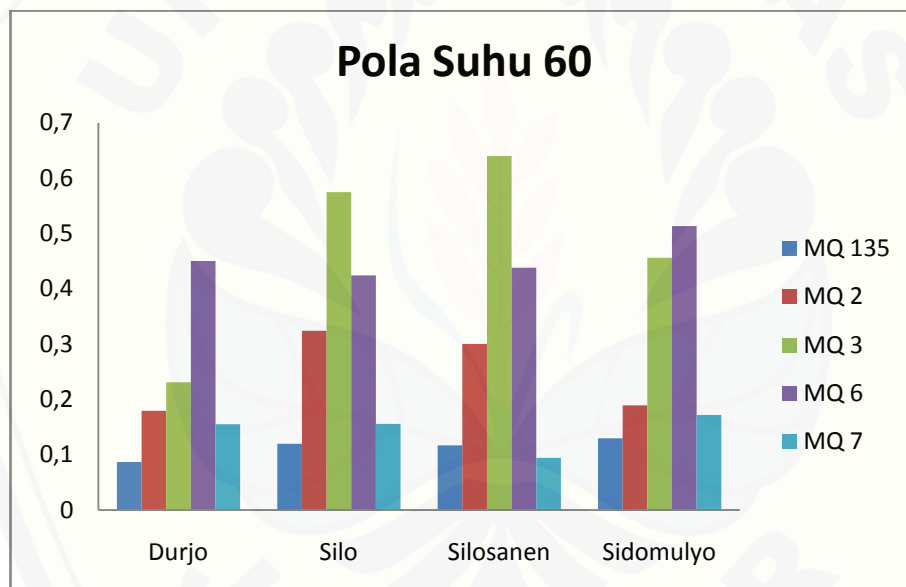
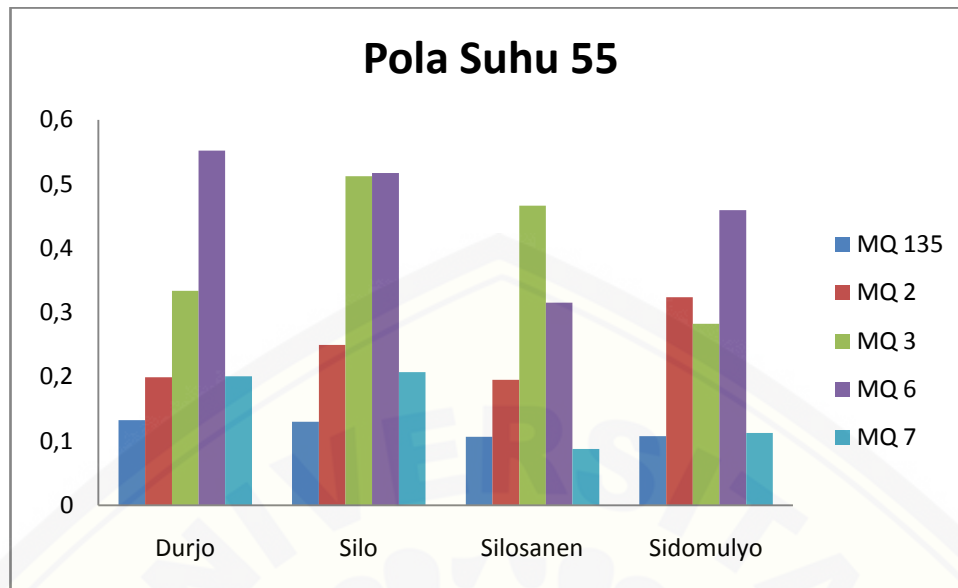
- Pardo, M., G. Niederjaufner., G. Benussi., E. Comini., G. Faglia., G. Sberveglieri , dan I. Lundstrom. 2000. Data preprocessing enhances the classification of different brands of Espresso coffee with an electronic nose. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 69 (3). 397–403.
- Peris, M, dan L. Escuder-Gilabert. 2009. A 21st century technique for food control: Electronic noses. *Analytica Chimica Acta*. 638 (1). 1–15.
- Prayuginingsih, H., T. H. Santosa, dan M. Hazmi. 2012. *Peningkatan daya saing kopi rakyat di kabupaten jember 1*. 6(3).
- Rabersyah, D., Firdaus, dan Derisma. 2016. Identifikasi jenis bubuk kopi menggunakan electronic nose. *Nasional Teknik Elektro*. 5 (3). 332–338.
- Rahardjo, Pudji. 2012. *KOPI Panduan Budi Daya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rodríguez, A.B., V. F. Camara., F. Campo., L. Becherán., A. Durán., V. D. Vieira., A. R. Garcia-Ramirez. 2018. Development of an electronic nose to characterize odours emitted from different stages in a wastewater treatment plant. *Water Research*. 134. 92–100.
- Romano, R., A. Santini., L. L. Grottaglie., N. Manzo., A. Visconti, dan A. Ritieni .2014. Identification Markers Based on Fatty Acid Composition to Differentiate between Roasted Arabica and Canephora (Robusta) Coffee Varieties in Mixture. *Journal of Food Composition and Analysis*.
- Rosalita, P.G. 2020. Identifikasi Pola Respon Sensor Gas Array pada bubuk Kopi Robusta Sidomulyo Berdasarkan variasi Suhu Pemanasan dan Ukuran Partikel. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Sanaeifar, A., H. ZakiDizaji., A. Jafari, dan M. D. L. Guardia. 2017. Early detection of contamination and defect in foodstuffs by electronic nose: A review. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*. 97. 257–271.
- Santos, J. R., M. C. Sarraguça., A. O. S. S. Rangel, dan J. A. Lopes. 2012. Evaluation of green coffee beans quality using near infrared spectroscopy: A quantitative approach. *Food Chemistry*, 135(3), 1828–1835.
- Shilbayeh, N. F., M. Z. Iskandarani., P. O.Box., dan P. Code. 2004. Quality Control of Coffee Using an Electronic Nose System. *American Journal of Applied Sciences 1*, 1(2), 129–135.
- Sohn, J. H., M. Atzeni., L. Zeller, dan G. Pioggia. 2008. Characterisation of humidity dependence of a metal oxide semiconductor sensor array using partial least squares. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 131 (1), 230–235.

- Villanueva, S., A. Guadarrama., M. L. Rodríguez-Mendez, dan J. A. de Saja. 2008. Use of an array of metal oxide sensors coupled with solid phase microextraction for characterisation of wines. Study of the role of the carrier gas. *Sensors and Actuators, B: Chemical*. 132 (1). 125–133.
- Wang, T., Y. Guo., P. Wan., H. Zhang., X. Chen, dan X. Sun. 2016. Flexible Transparent Electronic Gas Sensors. *Small (Weinheim an Der Bergstrasse, Germany)*. 12 (28). 3748–3756.
- Wang, Y., J. Xing, dan S. Qian. 2017. Selectivity Enhancement in Electronic Nose Based on an Optimized DQN. *Sensors*. 17. 2356.
- Wulandari, I. S. 2010. Perbandingan Ekspor Kopi Dua Pemasok Utama Dunia Indonesia dan Brazil: Sebuah Analisis Ekonomi Data Panel 2001 - 2006. *Unisia*. 33 (73). 3–16.
- Zhang, C., Y. Luo., J. Xu, dan M. Debliquy. 2019. Room temperature conductive type metal oxide semiconductor gas sensors for NO₂ detection. In *Sensors and Actuators, A: Physical*. 289.

LAMPIRAN

Lampiran 4. 1 Perbandingan pola respon kopi Durjo, Silosanen, Silo, dan Sidomulyo untuk penentuan suhu optimum





Perhitungan nilai *Recovery baseline*

$$\text{Recovery baseline} = \frac{\text{baseline awal}}{\text{baseline akhir}} \times 100\%$$

$$\text{Rata-rata Recovery baseline} = \frac{\text{jumlah recovery baseline 5 pengulangan}}{5}$$

Lampiran 4. 2 Perhitungan nilai *Recovery baseline* untuk menentukan kinerja gas sensor array kopi Durjo Udara Bebas

Jenis sensor	Percobaan ke-	Baseline awal	Baseline akhir	<i>Recovery baseline</i>	Rata-rata
MQ-135	1	0,908	0,894	101,57	101,70
	2	0,908	0,889	102,14	
	3	0,923	0,889	103,82	

	4	0,913	0,918	99,46	
	5	0,937	0,923	101,52	
MQ-2	1	1,997	1,948	102,52	102,44
	2	1,987	1,938	102,53	
	3	1,968	1,919	102,55	
	4	1,958	1,914	102,30	
	5	1,968	1,924	102,29	
MQ-3	1	2,017	2,085	96,74	95,78
	2	2,095	2,187	95,79	
	3	2,139	2,261	94,60	
	4	2,173	2,261	96,11	
	5	2,163	2,261	95,67	
MQ-6	1	1,128	1,25	90,24	92,01
	2	1,182	1,274	92,78	
	3	1,191	1,309	90,99	
	4	1,226	1,309	93,66	
	5	1,25	1,353	92,39	
MQ-7	1	0,942	0,957	98,43	98,06
	2	0,942	0,962	97,92	
	3	0,942	0,957	98,43	
	4	0,952	0,972	97,94	
	5	0,972	0,996	97,59	

Lampiran 4. 3 Perhitungan nilai *Recovery baseline* untuk menentukan kinerja *gas sensor array* kopi Durjo nitrogen

Jenis sensor	Percobaan ke-	Baseline awal	Baseline akhir	<i>Recovery baseline</i>	Rata-rata
MQ-135	1	0,562	0,576	97,57	97,54
	2	0,601	0,605	99,34	
	3	0,591	0,601	98,34	
	4	0,601	0,63	95,40	
	5	0,63	0,649	97,07	
MQ-2	1	1,782	1,792	99,44	99,00
	2	1,816	1,826	99,45	
	3	1,807	1,826	98,96	
	4	1,816	1,855	97,90	
	5	1,841	1,855	99,25	
MQ -3	1	1,753	2,124	82,53	83,15
	2	1,792	2,109	84,97	
	3	1,777	2,114	84,06	
	4	1,792	2,197	81,57	

	5	1,836	2,222	82,63	
MQ-6	1	0,801	1,025	78,15	77,51
	2	0,864	1,064	81,20	
	3	0,806	1,025	78,63	
	4	0,806	1,118	72,09	
	5	0,84	1,084	77,49	
MQ-7	1	0,732	0,83	88,19	87,64
	2	0,762	0,854	89,23	
	3	0,767	0,879	87,26	
	4	0,791	0,923	85,70	
	5	0,806	0,918	87,80	

Lampiran 4. 4 Perhitungan nilai *Recovery baseline* untuk menentukan kinerja *gas sensor array* kopi Durjo udara kering

Jenis sensor	Percobaan ke-	Baseline awal	Baseline akhir	<i>Recovery baseline</i>	Rata-rata
MQ-135	1	0,264	0,254	103,94	99,04
	2	0,244	0,239	102,09	
	3	0,269	0,254	105,91	
	4	0,264	0,293	90,10	
	5	0,273	0,293	93,17	
MQ-2	1	1,768	1,675	105,55	103,85
	2	1,802	1,758	102,50	
	3	1,802	1,724	104,52	
	4	1,748	1,719	101,69	
	5	1,753	1,67	104,97	
MQ-3	1	1,763	1,729	101,97	100,31
	2	1,865	1,904	97,95	
	3	1,963	1,924	102,03	
	4	1,978	2,021	97,87	
	5	2,007	1,973	101,72	
MQ-6	1	1,362	1,372	99,27	98,58
	2	1,411	1,504	93,82	
	3	1,484	1,479	100,34	
	4	1,582	1,621	97,59	
	5	1,587	1,558	101,86	
MQ-7	1	0,522	0,513	101,75	99,57
	2	0,605	0,62	97,58	
	3	0,62	0,62	100,00	
	4	0,64	0,659	97,12	
	5	0,649	0,64	101,41	

Lampiran 4. 5 Perhitungan nilai *Recovery baseline* untuk menentukan kinerja *gas sensor array* kopi Argopuro udara bebas

Jenis sensor	Percobaan ke-	Baseline awal	Baseline akhir	<i>Recovery baseline</i>	Rata-rata
MQ-135	1	0,503	0,513	98,05	98,89
	2	0,542	0,547	99,09	
	3	0,562	0,557	100,90	
	4	0,581	0,596	97,48	
	5	0,469	0,474	98,95	
MQ-2	1	1,694	1,65	102,67	102,00
	2	1,738	1,689	102,90	
	3	1,768	1,709	103,45	
	4	1,733	1,758	98,58	
	5	1,67	1,631	102,39	
MQ-3	1	1,323	1,567	84,43	88,71
	2	1,426	1,602	89,01	
	3	1,431	1,553	92,14	
	4	1,431	1,66	86,20	
	5	1,362	1,484	91,78	
MQ-6	1	1,196	1,279	93,51	96,15
	2	1,304	1,362	95,74	
	3	1,333	1,348	98,89	
	4	1,348	1,45	92,97	
	5	1,143	1,147	99,65	
MQ-7	1	0,464	0,459	101,09	101,68
	2	0,493	0,488	101,02	
	3	0,518	0,503	102,98	
	4	0,532	0,532	100,00	
	5	0,439	0,425	103,29	

Lampiran 4. 6 Perhitungan nilai *Recovery baseline* untuk menentukan kinerja *gas sensor array* kopi Argopuro nitrogen

Jenis sensor	Percobaan ke-	Baseline awal	Baseline akhir	<i>Recovery baseline</i>	Rata-rata
MQ-135	1	1,265	1,25	101,20	101,48
	2	1,304	1,274	102,35	
	3	1,279	1,274	100,39	
	4	1,309	1,289	101,55	
	5	1,348	1,323	101,89	

MQ-2	1	2,939	2,925	100,48	100,26
	2	2,974	2,959	100,51	
	3	2,944	2,949	99,83	
	4	2,969	2,959	100,34	
	5	2,979	2,974	100,17	
MQ-3	1	1,25	1,846	67,71	71,40
	2	1,348	1,895	71,13	
	3	1,348	1,88	71,70	
	4	1,401	1,958	71,55	
	5	1,499	2,002	74,88	
MQ-6	1	1,743	1,792	97,27	97,86
	2	1,846	1,885	97,93	
	3	1,865	1,899	98,21	
	4	1,934	1,987	97,33	
	5	2,026	2,056	98,54	
MQ-7	1	0,806	0,83	97,11	97,55
	2	0,806	0,82	98,29	
	3	0,801	0,82	97,68	
	4	0,815	0,84	97,02	
	5	0,83	0,85	97,65	

Lampiran 4. 7 Perhitungan nilai *Recovery baseline* untuk menentukan kinerja gas *sensor array* Kopi Argopuro udara kering

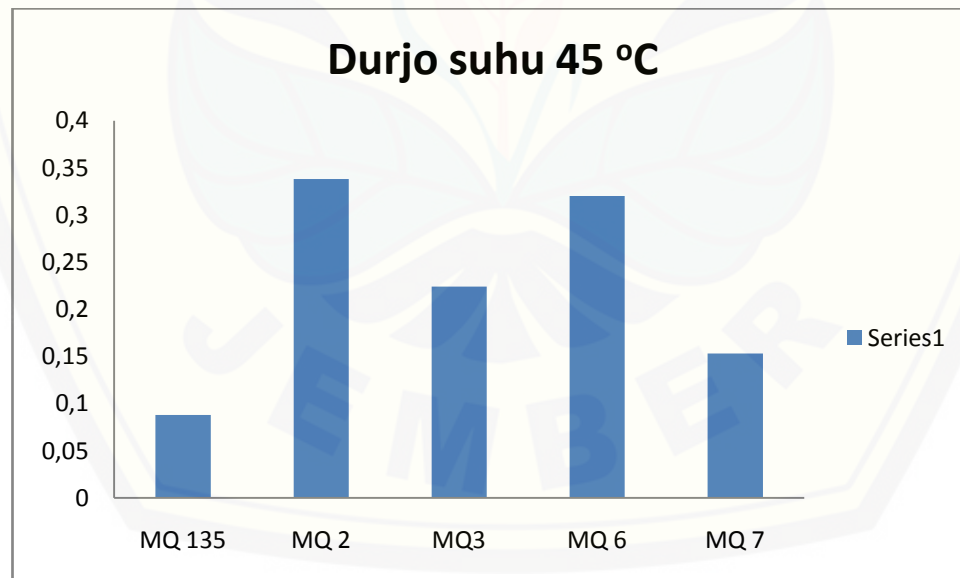
Jenis sensor	Percobaan ke-	Baseline awal	Baseline akhir	<i>Recovery baseline</i>	Rata-rata
MQ-135	1	1,533	1,484	103,30	104,45
	2	1,499	1,44	104,10	
	3	1,558	1,499	103,94	
	4	1,636	1,504	108,78	
	5	1,626	1,592	102,14	
MQ-2	1	2,383	2,368	100,63	102,00
	2	2,139	2,085	102,59	
	3	2,29	2,285	100,22	
	4	2,422	2,31	104,85	
	5	2,344	2,305	101,69	
MQ-3	1	1,226	1,211	101,24	99,42
	2	1,26	1,265	99,60	
	3	1,099	1,128	97,43	
	4	1,255	1,177	106,63	
	5	1,162	1,26	92,22	

MQ-6	1	1,147	1,055	108,72	107,23
	2	1,157	1,079	107,23	
	3	1,035	0,981	105,50	
	4	1,167	1,006	116,00	
	5	1,113	1,128	98,67	
MQ-7	1	0,488	0,454	107,49	107,83
	2	0,498	0,459	108,50	
	3	0,479	0,444	107,88	
	4	0,513	0,449	114,25	
	5	0,488	0,483	101,04	

Lampiran 4. 8 Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo dengan variasi gas pembawa

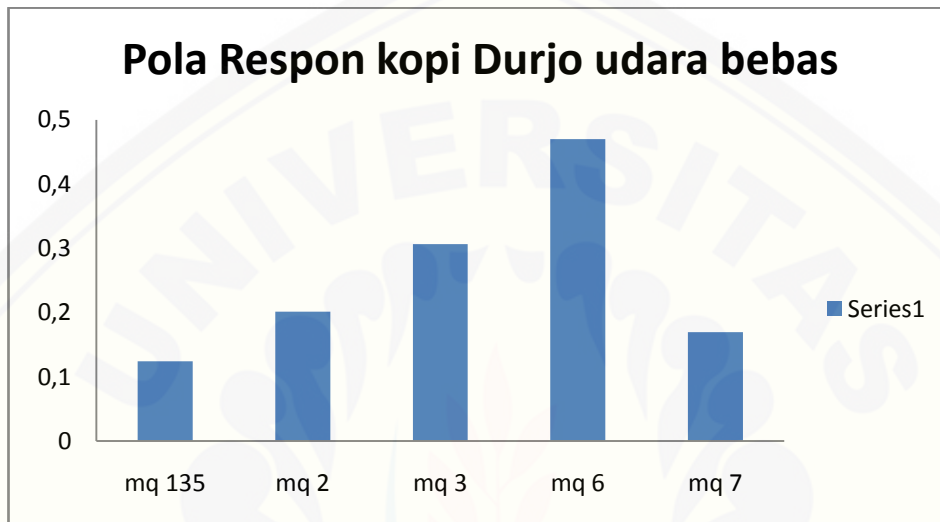
a. Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo udara bebas suhu 45 °C

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	0,31636	1,64532	2,02662	0,69108	0,8627
Baseline	0,22812	1,31107	1,81031	0,372775	0,712025
selisih	0,08824	0,33425	0,21631	0,318305	0,150675



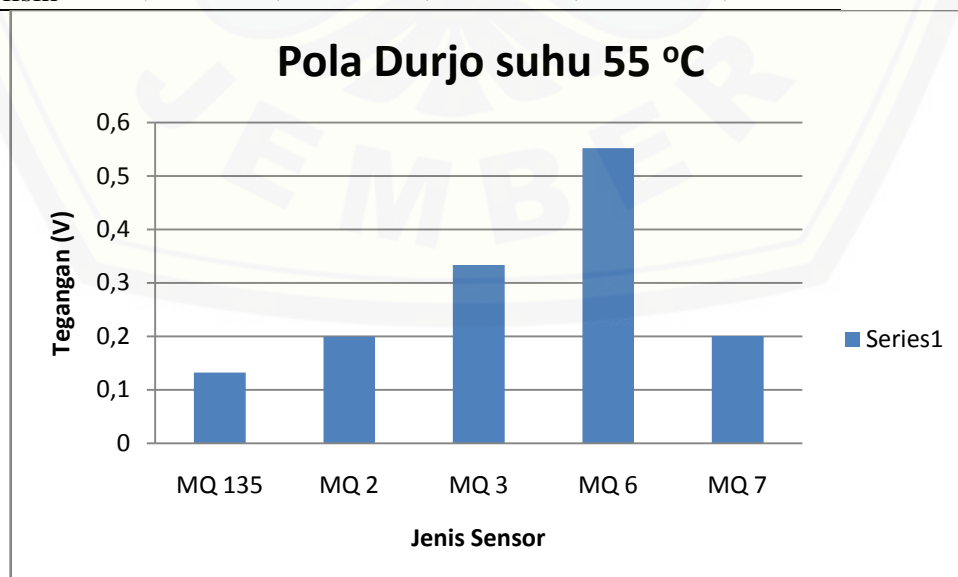
b. Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo Udara bebas suhu 50 °C

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	1,0184	2,111752	2,365096	1,58342	1,10294
baseline	0,89423	1,91043	2,05865	1,113445	0,93325
selisih	0,12417	0,201322	0,306446	0,469975	0,16969



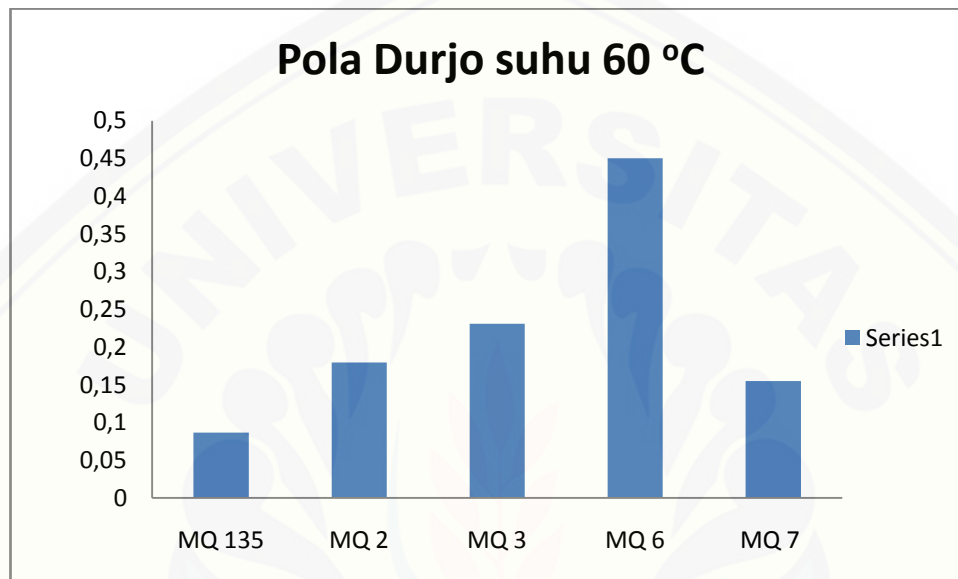
c. Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo Udara bebas suhu 55 °C

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	1,08829	2,293902	2,741771	1,936931	1,203967
baseline	0,95595	2,0948	2,40801	1,38489	1,003165
selisih	0,13234	0,199102	0,333761	0,552041	0,200802



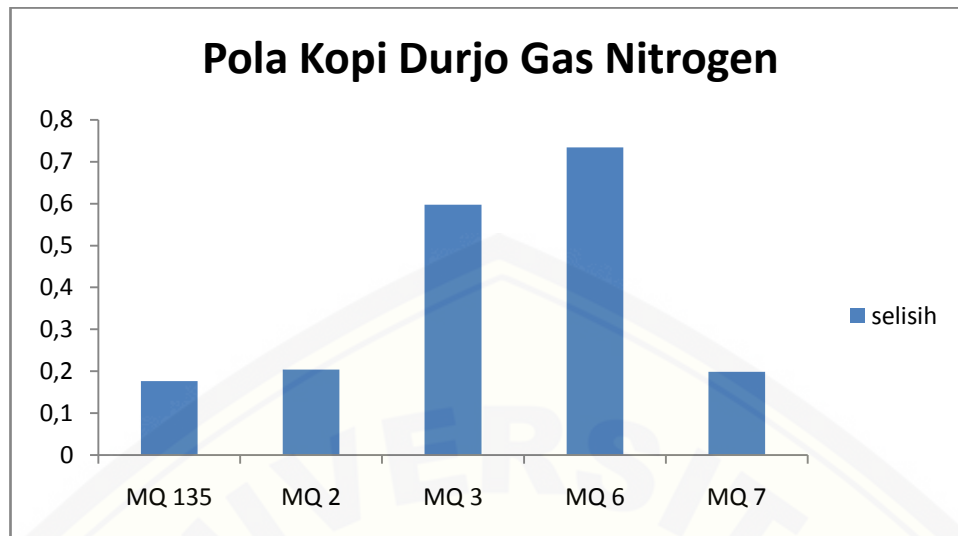
d. Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo Udara bebas suhu 60 °C

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	0,3587	1,571254	2,067479	1,122054	0,945879
baseline	0,27198	1,391575	1,83662	0,671765	0,790985
selisih	0,08672	0,179679	0,230859	0,450289	0,154894



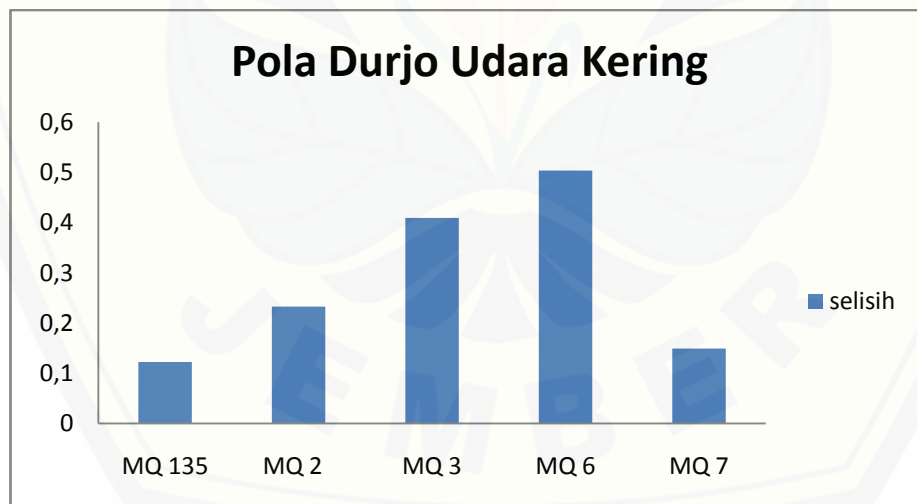
e. Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo Nnitrogen

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	0,740636	1,967792	2,340652	1,471836	0,945764
baseline	0,563765	1,76399	1,743285	0,737915	0,747055
selisih	0,176871	0,203802	0,597367	0,733921	0,198709



e. Pembuatan pola respon kopi Robusta Durjo udara kering

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
sampel	0,375236	1,95242	2,260384	1,91122	0,73886
baseline	0,2529	1,719415	1,851245	1,40778	0,58966
selisih	0,122336	0,233005	0,409139	0,50344	0,1492

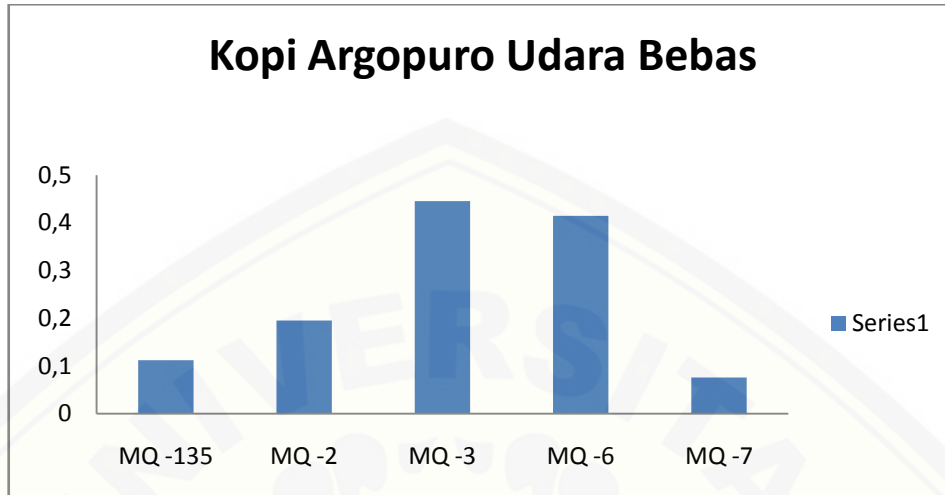


Lampiran 4. 9 Pembuatan pola respon kopi Robusta Argopuro dengan variasi gas pembawa

a. Pembuatan pola respon kopi Robusta Argopuro udara bebas

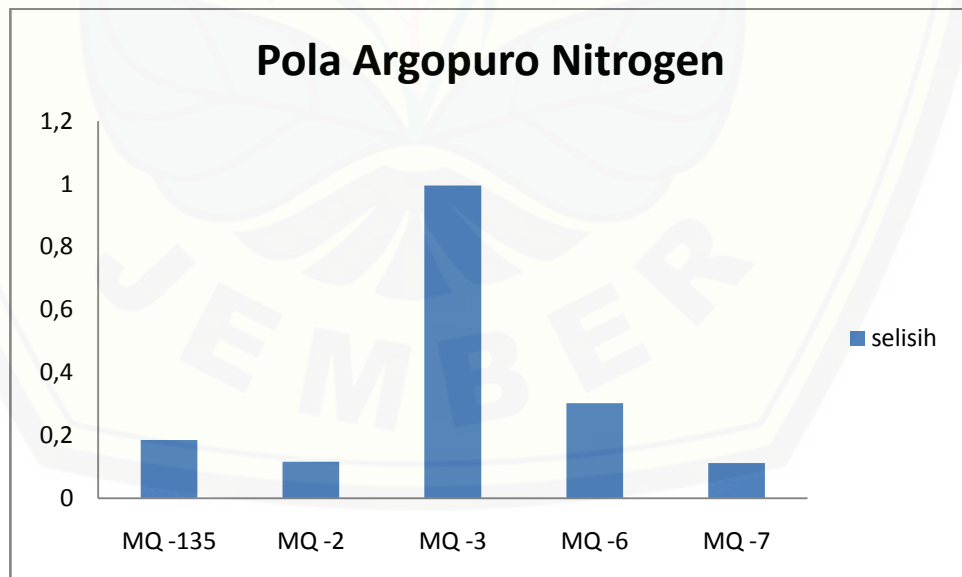
	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	0,625544	1,872332	1,776744	1,599172	0,553432
Baseline	0,51342	1,677115	1,331125	1,18443	0,47752

selisih 0,112124 0,195217 0,445619 0,414742 0,075912



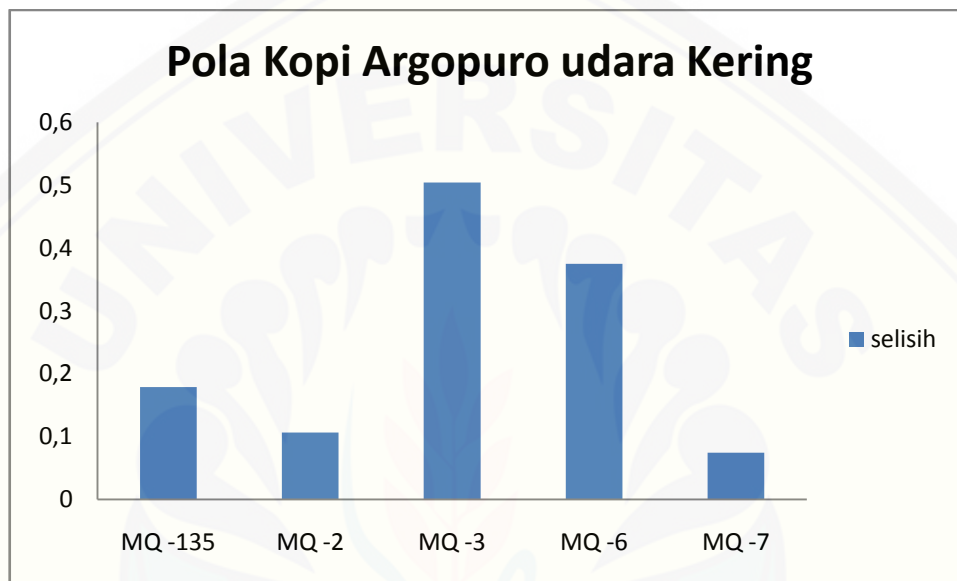
b. Pembuatan pola respon kopi Robusta Argopuro nitrogen

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
sampel	1,45556	3,05148	2,320908	2,129576	0,91072
baseline	1,27046	2,935385	1,325595	1,82694	0,79915
selisih	0,1851	0,116095	0,995313	0,302636	0,11157



c. Pembuatan pola respon kopi Robusta Argopuro udara kering

	MQ -135	MQ -2	MQ -3	MQ -6	MQ -7
Sampel	1,82962	2,4156	2,264468	1,224948	1,093204
baseline	1,65067	2,309025	1,760085	0,85005	1,01886
selisih	0,17895	0,106575	0,504383	0,374898	0,074344



Lampiran 4. 10 Nilai RSD untuk kopi Durjo

Gas Pembawa	Suhu (°C)		RSD (%)				
			MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7
Udara Bebas	45	baseline	6,134	6,595	6,891	1,450	3,624
		kopi	0,332	6,475	5,682	5,582	6,692
	50	baseline	1,764	0,763	3,407	4,309	1,547
		kopi	0,816	0,782	2,692	1,975	1,299
	55	baseline	2,811	1,843	1,655	3,514	1,887
		kopi	1,604	1,283	0,971	2,015	1,555
60	baseline	5,072	3,821	1,809	11,137	4,358	
	kopi	2,334	3,955	1,880	7,146	2,740	
Nitrogen	50	baseline	3,616	1,182	1,672	3,425	3,502
		kopi	6,912	2,055	1,420	2,270	7,003
Udara Kering	50	baseline	3,641	1,980	5,509	6,330	8,401
		kopi	9,475	0,489	3,607	6,415	11,905

Lampiran 4. 11 Nilai RSD untuk kopi Argopuro

Gas Pembawa	Suhu (oC)		RSD (%)					
			MQ-135	MQ-2	MQ-3	MQ-6	MQ-7	
Udara Bebas	45	baseline	10,058	3,170	2,526	4,635	4,876	
		kopi	8,799	2,794	6,629	3,899	4,289	
	50	baseline	2,045	0,932	4,599	1,821	3,782	
		kopi	2,754	1,450	2,965	2,245	4,888	
	55	baseline	6,485	1,140	2,530	2,334	6,599	
		kopi	5,833	0,657	1,375	1,092	5,043	
	60	baseline	4,525	4,650	1,421	4,441	12,178	
		kopi	3,496	4,653	2,223	3,381	9,842	
	Nitrogen	50	baseline	2,286	0,630	6,633	6,021	1,327
			kopi	4,197	0,396	5,070	8,098	0,078
	Udara Kering	50	baseline	1,457	2,613	2,636	7,409	5,108
			kopi	1,515	4,010	1,087	9,450	7,419