



**REPRODUSIBILITAS BASELINE GAS PEMBAWA DALAM  
PENENTUAN POLA AROMA BUBUK KOPI ROBUSTA DENGAN  
SENSOR ARRAY**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Yunida Rena Puspita**

**161810301048**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2022**



**REPRODUSIBILITAS BASELINE GAS PEMBAWA DALAM  
PENENTUAN POLA AROMA BUBUK KOPI ROBUSTA DENGAN  
SENSOR ARRAY**

**SKRIPSI**

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

Oleh:

**Yunida Rena Puspita**

**161810301048**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2022**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua tercinta yang telah memberikan doa, dukungan, nasihat, pengorbanan, dan cinta kasih yang tidak terhingga sampai saat ini
2. Keluarga besar di Jember yang telah memberikan kasih sayang dan perhatian hingga saat ini
3. Teman-teman satu tim riset kopi (Menik, Nurul, Rambe, Febi, Qurotul, Medina, Ainun) yang telah membantu dan menemani saya dalam menyelesaikan penelitian ini.
4. Teman-teman seperjuangan *Extasy* Kimia 2016 terima kasih telah menjadi teman baik, semangat, dan dukungan kalian.
5. Keluarga besar UKMS TITIK yang menjadi keluarga kedua selama masa perkuliahan ini
6. Almamater tercinta, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
7. Bapak dan Ibu guru di SDN 1 Kepuhanyar 1, SMPN 1 Sooko, dan SMA 1 Sooko, serta dosen-dosen jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah berjasa dalam memberikan ilmu, membimbing, dan mendidik dengan penuh kesabaran dan keikhlasan hati.
8. Semua pihak yang ikut berkontribusi namun tidak bisa saya sebutkan satu per satu

**MOTTO**

Serahkanlah hidupmu kepada Tuhan dan percayalah kepada-Nya, dan Ia akan bertindak (Mazmur 37:5).\*)



---

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

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yunida Rena Puspita

NIM : 161810301048

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Reprodusibilitas Baseline Gas Pembawa Dalam Penentuan Pola Aroma Bubuk Kopi Robusta Dengan Sensor Array” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Maret 2022

Yang menyatakan,

Yunida Rena Puspita

NIM 161810301048

**SKRIPSI**

**REPRODUSIBILITAS BASELINE GAS PEMBAWA DALAM  
PENENTUAN POLA AROMA BUBUK KOPI ROBUSTA DENGAN  
SENSOR ARRAY**

Oleh

Yunida Rena Puspita  
NIM 161810301048

Pembimbing

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

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

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Reprodusibilitas Baseline Gas Pembawa Dalam Penentuan Pola Aroma Bubuk Kopi Robusta Dengan Sensor Array” karya Yunida Rena Puspita; Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

**Tim Penguji**

Ketua,

Anggota I,

Drs. Zulfikar, Ph.D.  
NIP. 196310121987021000

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

Anggota II,

Anggota III,

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

I Nyoman Adi Winata, S.Si., M.Si.  
NIP. 196810021998021001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

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

## RINGKASAN

**Reprodusibilitas Baseline Gas Pembawa Dalam Penentuan Pola Aroma Bubuk Kopi Robusta Dengan Sensor Array;** Yunida Rena Puspita, 161810301048; 2022: 47 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Indonesia menduduki posisi keempat penghasil kopi terbanyak di dunia. Jenis kopi di Indonesia beragam yaitu terdapat kopi arabika dan kopi robusta. Kopi robusta di Jawa Timur khususnya di Jember pada kebun Sidomulyo dan Bangsalsari. Kopi memiliki kandungan dari beberapa senyawa volatil yang menjadi karakteristik aroma dan kualitas kopi. Identifikasi aroma kopi ini dapat dilakukan dengan metode *human tester* namun metode ini terdapat banyak kekurangan. metode selanjutnya yang digunakan yaitu dengan GC-MS yang memiliki sensitifitas yang tinggi, namun metode ini pun memiliki beberapa kekurangan. Oleh karena itu, dikembangkan lagi suatu alat dengan akurasi dan sensitifitas yang lebih tinggi yaitu menggunakan *electronic nose*. Komponen dari *electronic nose* yaitu menggunakan sensor gas *array*. Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi aroma kopi. Penelitian ini menggunakan 8 sensor gas MQ yaitu MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2. Kinerja sensor ini apat diketahui dari nilai reapitibilitas dan reprodusibilitas *baseline*. Penelitian ini menggunakan 3 jenis gas pembawa yang digunakan sebagai *baseline* yaitu argon, nitrogen dan udara kering.

Fokus kajian pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi gas pembawa dan waktu *flushing* terhadap reprodusibilitas *baseline* respon sensor gas *array*. Waktu *flushing* yang digunakan yaitu 60 detik, 120 detik, 180 detik, 300 detik dan 420 detik. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software Labview yang telah terinstal pada laptop. Proses *running* yang dilakukan diawali dengan pengaliran gas pembawa, setelah itu aroma kopi dan diakhiri dengan proses *flushing* dengan menggunakan gas pembawa. Proses ini dilakukan pada masing-masing variasi gas pembawa dan variasi waktu *flushing* dengan 10 kali pengulangan selama waktu 2 minggu sekali dalam 2 bulan. Proses *running* tersebut menghasilkan data tegangan yang kemudian akan dianalisis menggunakan uji ANOVA *Two Way*

dengan interaksi, Uji-*t*, Uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dan uji reproduisibilitas. Hasil dari uji ANOVA *Two Way* dengan interaksi menyatakan bahwa terdapat interaksi antara gas pembawa dengan waktu *flushing* terhadap reproduisibilitas *baseline* sensor array.

Uji-*t* yang dilakukan digunakan untuk mengetahui gas pembawa yang dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal. Hasil uji-*t* menyatakan bahwa gas udara kering yang dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal dan dapat diartikan bahwa udara kering paling baik digunakan sebagai gas pembawa. Selanjutnya, hasil uji BNT menyatakan bahwa nilai tegangan *baseline* dari minggu ke-1 hingga minggu ke-7 cenderung mengalami peningkatan, namun %RSD yang dihasilkan masih dikatakan baik. Hasil uji BNT paling baik yaitu pada gas udara kering yang menyatakan bahwa dengan menggunakan udara kering sensor layak digunakan lebih dari minggu ke-7. Hasil uji BNT pada gas nitrogen yaitu sensor layak digunakan sampai minggu ke-7 sedangkan gas argon yaitu sensor yang digunakan layak sampai minggu ke-5. Variasi waktu *flushing* juga di uji menggunakan uji-*t*. Hasil uji-*t* menyatakan bahwa gas argon tidak dapat mengembalikan nilai *baseline* ke *baseline* awal pada seluruh variasi waktu *flushing*. Hasil uji-*t* gas nitrogen menyatakan bahwa hanya satu sensor yang dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal yaitu pada waktu *flushing* 420 detik sedangkan udara kering pada waktu *flushing* 420 detik dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal namun hanya terjadi pada 5 sensor MQ saja.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran TUHAN Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Reprodusibilitas Baseline Gas Pembawa Dalam Penentuan Pola Aroma Bubuk Kopi Robusta Dengan Sensor Array”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk 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 terimakasih kepada :

1. Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Anak Agung Istri Ratnadewi S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Asnawati, S.Si., M.Si., selaku ketua Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Drs. Siswoyo, M.Sc., Ph.D., yang berperan sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan saran, bimbingan, dan motivasi selama menjadi mahasiswa;
5. Drs. Zulfikar, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Asnawati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan skripsi ini;
6. Tri Mulyono, S.Si., M.Si., dan I Nyoman Adi Winata, S.Si., M.Si., selaku dosen penguji yang telah berkenan untuk memberikan waktunya dalam menguji skripsi ini dan memberikan saran, masukan dan koreksi untuk penyempurnaan skripsi ini;
7. Seluruh dosen, staff dan karyawan jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan dukungan selama pengerjaan skripsi ini;
8. Teknisi laboratorium jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah banyak

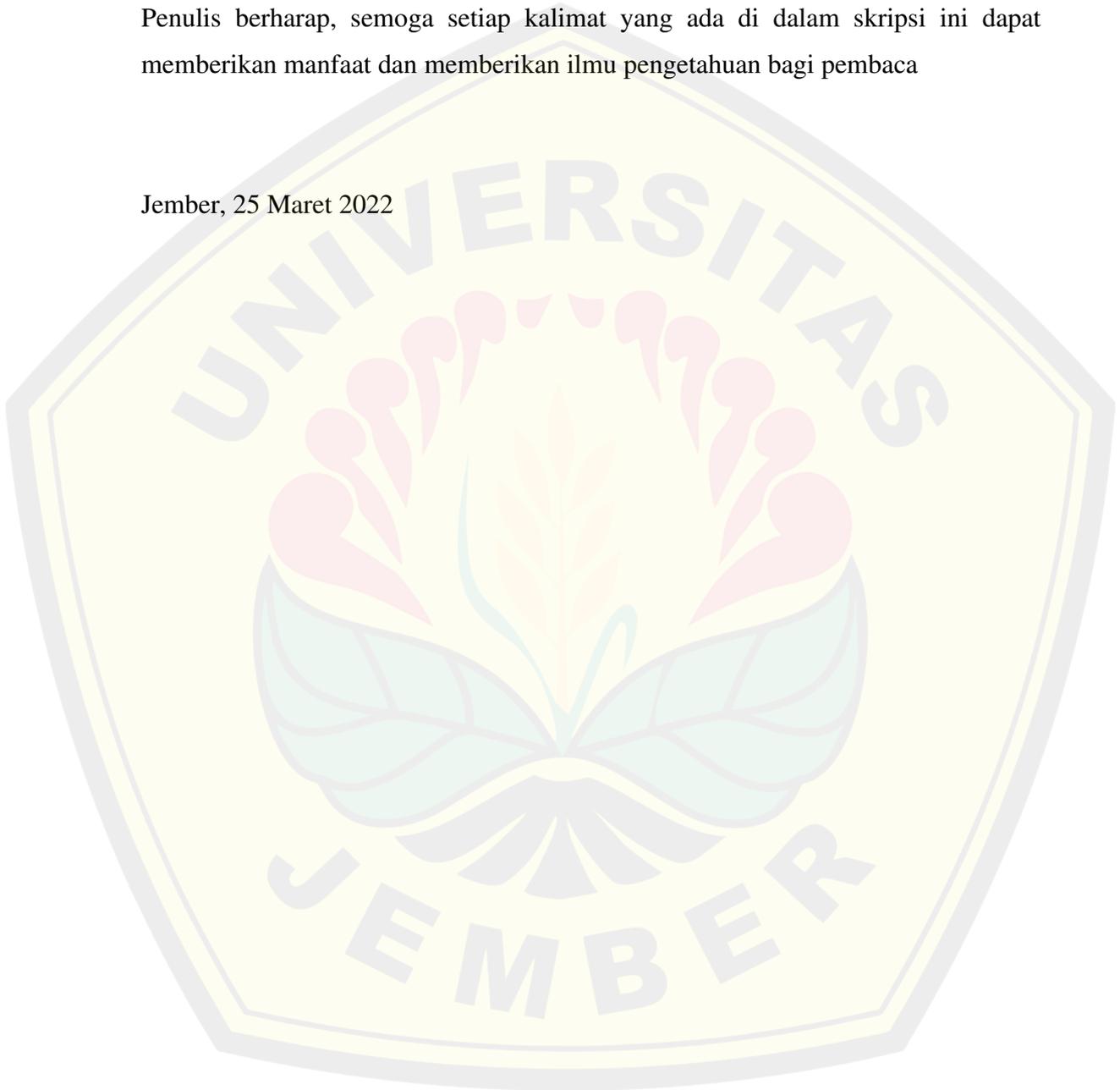
membantu;

9. Orang tua, semua keluarga serta seseorang yang telah memberikan semangat, dukungan, dan doanya sehingga terselesaikan skripsi ini;

10. Semua pihak yang ikut berkontribusi namun tidak bisa saya sebutkan satu per satu

Penulis berharap, semoga setiap kalimat yang ada di dalam skripsi ini dapat memberikan manfaat dan memberikan ilmu pengetahuan bagi pembaca

Jember, 25 Maret 2022



**DAFTAR ISI**

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN .....	viii
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Kopi.....	5
2.1.1 Definisi Kopi .....	5
2.1.2 Jenis Kopi .....	5
2.1.3 Kopi Robusta di Indonesia.....	6
2.1.4 Kandungan Kopi.....	6
2.2 Gas Sensor.....	7
2.2.1 Definisi Gas Sensor .....	7
2.2.2 Prinsip Kerja Gas Sensor.....	8

2.2.3 Jenis gas sensor.....	9
2.3 Desain Sensor Array.....	10
2.4 Arduino.....	10
2.5 Software LabView.....	11
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>12</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.2.1 Alat .....	12
3.2.2 Bahan .....	12
3.3 Diagram Alir.....	13
3.4 Prosedur Kerja.....	14
3.4.1 Pengambilan Sampel .....	14
3.4.2 Preparasi Bubuk Kopi.....	14
3.4.3 Desain Alat Penelitian .....	14
3.4.4 Metode Analisis .....	16
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>20</b>
4.1 Profil Respon Sensor Gas Tunggal .....	20
4.2 Reapitibilitas Dan Reprodusibilitas <i>Baseline</i> Sensor Array .....	21
4.3Pengaruh Variasi Gas Pembawa Terhadap Reprodusibilitas <i>Baseline</i> Sensor Gas <i>Array</i> dalam Mendeteksi Aroma Bubuk Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari .....	24
4.4 Pola Respon Sensor Aroma Kopi Pada Variasi Gas Pembawa ....	36
4.5 Pengaruh perbedaan Waktu <i>Flushing</i> Serta Interaksi Dengan Gas Pembawa Terhadap Reprodusibilitas <i>Baseline</i> Sensor Gas <i>Array</i> dalam Mendeteksi Aroma Bubuk Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari	38
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>43</b>
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran .....	43
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis gas sensor MQ dan kepekaannya terhadap suatu senyawa ....	8
Tabel 4.1 Nilai <i>repeatability</i> (keterulangan) sensor gas untuk pengukuran <i>baseline</i> kopi Sidomulyo dan Bangsalsari .....	22
Tabel 4.2 Rerodusibilitas <i>baseline</i> pada kopi Sidomulyo.....	23
Tabel 4.3 Reprodusibilitas <i>baseline</i> pada kopi Bangsalsari.....	23
Tabel 4.4 Hasil Uji- <i>t</i> Gas Argon pada Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari.....	27
Tabel 4.5 Hasil Uji- <i>t</i> Gas Nitrogen pada Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari ...	30
Tabel 4.6 Hasil Uji- <i>t</i> Gas Udara Kering pada Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari .....	33
Tabel 4.7 Perbandingan Kinerja Gas Pembawa.....	34
Tabel 4.8 Uji Reapitibilitas <i>Baseline</i> berbagai waktu <i>flushing</i> menggunakan udara kering.....	36
Tabel 4.9 Uji Anova pada sensor MQ-6 Kopi Sidomulyo.....	37
Tabel 4.10 Uji Anova pada sensor MQ-6 Kopi Bangsalsari.....	37
Tabel 4.11 Uji Anova pada sensor MQ-136 Kopi Sidomulyo.....	38
Tabel 4.12 Uji Anova pada sensor MQ-136 Kopi Bangsalsari.....	39

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Desain sensor array .....	10
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	13
Gambar 3.2 Desain Sensor Penelitian.....	14
Gambar 3.3 Desain Alat Penelitian.....	15
Gambar 4.1 Respon sensor MQ-3 dengan 10 kali pengulangan menggunakan bubuk kopi Sidomulyo dengan gas Udara Kering .....	20
Gambar 4.2 Respon 8 Sensor terhadap <i>baseline</i> kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas argon.....	24
Gambar 4.3 Pola Respon Sensor Terhadap <i>Baseline</i> awal dan <i>baseline</i> akhir menggunakan Gas Argon.....	25
Gambar 4.4 Respon 8 Sensor terhadap <i>Baseline</i> kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas nitrogen.....	28
Gambar 4.5 Pola Respon Sensor Terhadap <i>Baseline</i> Awal dan <i>Baseline</i> Akhir menggunakan Gas Nitrogen .....	29
Gambar 4.6 Respon 8 Sensor terhadap <i>Baseline</i> kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas udara kering.....	30
Gambar 4.7 Pola Respon Sensor Terhadap <i>Baseline</i> Awal dan <i>Baseline</i> Akhir menggunakan Udara Kering.....	31
Gambar 4.8 Pola Respon 8 Sensor terhadap Kopi Sidomulyo dan Kopi Bangsalsari sebesar 5 gram menggunakan argon dengan Kecepatan 3 L/menit.....	33
Gambar 4.9 Pola Respon 8 Sensor terhadap Kopi Sidomulyo dan Kopi Bangsalsari sebesar 5 gram menggunakan nitrogen dengan Kecepatan 3 L/menit.....	33
Gambar 4.10 Pola Respon 8 Sensor terhadap Kopi Sidomulyo dan Kopi	

Bangsalsari sebesar 5 gram menggunakan Udar Kering dengan  
Kecepatan 3 L/menit.....

35



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
<b>4.1</b> Perhitungan Nilai Repeatability Sensor MQ-135 pada Kopi Sidomulyo waktu <i>flushing</i> 420s menggunakan udara kering .....	48
<b>4.2</b> Respon sensor array terhadap kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas pembawa .....	52
<b>4.3</b> Kumpulan pola nilai RSD <i>baseline</i> dengan variasi gas pembawa.....	54
<b>4.4</b> Pola Respon 8 Sensor terhadap baseline kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas pembawa .....	55
<b>4.5</b> Uji Anova <i>Two Way</i> dengan interaksi.....	56
<b>4.6</b> Uji- <i>t</i> pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan variasi gas Pembawa .....	58
<b>4.7</b> Uji- <i>t</i> pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan variasi waktu <i>flushing</i> .....	59
<b>4.8</b> Uji beda BNT pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan variasi gas pembawa .....	62

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi terbanyak, bahkan produksi tahunan yang mencapai 600 ribu ton mampu menyuplai tujuh persen kebutuhan kopi dunia. Indonesia menduduki posisi keempat penghasil kopi terbanyak di dunia. Jenis kopi di Indonesia beragam yaitu terdapat kopi arabika dan kopi robusta. Kopi memiliki kandungan dari beberapa senyawa volatil yang menjadi karakteristik aroma dan kualitas kopi (Ditjenbun, 2014). Senyawa-senyawa volatil dalam kopi berupa senyawa dari golongan asam, alkohol, aldehid, ester, furan, keton, lakton, senyawa fenolik, dan pirazin (Poltronieri & Rossi, 2016)

Metode standar untuk menetapkan aroma dan kualitas kopi menggunakan indera penciuman dari beberapa *human tester*. Pendeteksian aroma kopi dengan menggunakan *human tester* memiliki keterbatasan dalam jumlah personal yang tersertifikasi, ketergantungan ini akan memperlambat proses testing kopi khususnya untuk kopi komersial. Analisis senyawa volatil dalam kopi juga dilakukan dengan menggunakan *Gas Chromatography–Mass Spectrometry*.(GC-MS). Akurasi dan sensitifitas yang tinggi dari kerja GC MS, menjadi salah satu alternatif proses identifikasi dan kualitas kopi. Namun, alat ini mempunyai Kelemahan yaitu biaya yang mahal dan membutuhkan waktu yang lama untuk mengidentifikasi suatu senyawa (Rodrigues *et al.*, 2012)

*Elektronic nose* banyak digunakan untuk pendeteksian suatu aroma, salah satunya yaitu pendeteksian aroma kopi. Perangkat *Elektronic nose* terdiri atas sensor gas semi-konduktor. Sensor gas semi-konduktor terbuat dari bahan metal oksida. Metal oksida yang sering digunakan yaitu timah oksida ( $\text{SnO}_2$ ) (Rabersyah *et al.*, 2016) VOCs yang terdapat dalam kopi ketika dialirkan menuju gas sensor *array* akan memberikan pola karakteristik yang berbeda tergantung VOCs yang dikeluarkan (Berna, 2010). *Elektronic nose* (*e-nose*) akan memberikan *signal* dari sampel akibat kandungan senyawa kimia yang terkandung dalam sampel. Berbagai

penelitian dengan menggunakan elektronik nose sudah banyak dikembangkan. Teknologi *e-nose* dilakukan dalam penelitian (Muttalib *et al.*, 2012) yang mendeteksi Bubuk Kopi Luwak Murni dan Bubuk Kopi Luwak Campuran Dengan Teknologi Hidung Elektronik menggunakan sensor jenis MQ dengan metode PCA (*Principal Component Analysis*). *E-nose* yang sudah dikembangkan saat ini yaitu dengan mengalirkan gas pembawa. Gas pembawa tersebut berfungsi untuk mempercepat aliran gas aroma kopi ke sensor. Gas-gas yang biasanya digunakan yaitu gas bebas dan nitrogen.

Beberapa hal yang dijumpai dalam penelitian aroma kopi yaitu beberapa masalah konsistensi *baseline*. Nilai *baseline* di ambil sebelum perekaman data untuk sampel yang akan diuji dan diharapkan sama untuk proses pengidentifikasian lebih lanjut, namun dalam kondisi nyata hal ini sulit dicapai. Dalam kenyataannya, nilai *baseline* pada setiap pengulangan berbeda dan terlampaui terlalu jauh. Hal ini dikarenakan, pada setiap sensor gas MQ masih terdapat aroma kopi yang belum hilang. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Purnama, 2020), (Wahyuni, 2020) dan juga (Tyas, 2020) menghasilkan nilai *baseline* yang kurang baik antar kebun. Penelitian yang dilakukan menghasilkan nilai *baseline* yang presisi saat melakukan pengukuran aroma kopi dari satu kebun namun nilai *baseline* cenderung berubah jika pengukuran dilanjutkan terhadap kopi dari kebun yang lain. Perbedaan nilai *baseline* yang dihasilkan ini suatu hal yang menarik untuk dikaji.

Berdasarkan kajian respon gas sensor yang di pelajari oleh (Villanueva, 2008) dan dilaporkan bahwa sensor yang terpapar nitrogen atau helium menunjukkan konduktivitas yang lebih tinggi karena perpindahan oksigen yang teradsorpsi pada permukaan sensor. Hal ini mengakibatkan meningkatnya stabilitas dan reproduibilitas sinyal sensor. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian penelitian (yasin, 2006) Gas hidrogen dan gas argon masing-masing dapat digunakan sebagai gas pembawa dan gas pembersih untuk sensor gas.

Penelitian ini difokuskan pada penanggulangan permasalahan dari tim riset kopi sebelum-sebelumnya yaitu pada nilai *baseline*. Nilai *baseline* yang tidak presisi ini kemungkinan dikarenakan masih adanya aroma kopi robusta pada sensor *E-nose* yang digunakan. Aroma kopi yang masih tersisa pada sensor tersebut

mengakibatkan nilai *baseline* yang dihasilkan lebih tinggi dari nilai sebelumnya, sehingga dilakukan kajian dengan memberikan perlakuan terhadap sensor dengan gas pembawa sebagai gas pembersih. Udara bebas dan nitrogen digunakan untuk menghilangkan aroma kopi yang masih tersisa dan sensor array ini pun dapat digunakan berulang-ulang tanpa harus menunggu waktu yang lama.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini yaitu

1. Apakah ada pengaruh gas pembawa sebagai gas pembersih terhadap reproduibilitas *baseline* sensor gas array ?
2. Apakah ada pengaruh perbedaan waktu *flushing* terhadap reproduibilitas *baseline* sensor gas array ?
3. Apakah ada pengaruh interaksi gas pembawa dan waktu *flushing* terhadap reproduibilitas *baseline* sensor array ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Rumusan masalah yang mendasari penelitian ini yaitu

1. Mengetahui pengaruh gas pembawa sebagai gas pembersih terhadap reproduibilitas *baseline* sensor gas array
2. Mengetahui pengaruh perbedaan waktu *flushing* terhadap reproduibilitas *baseline* sensor gas array
3. Mengetahui pengaruh interaksi gas pembawa dan waktu *flushing* terhadap reproduibilitas *baseline* sensor array

## 1.4 Batasan Masalah

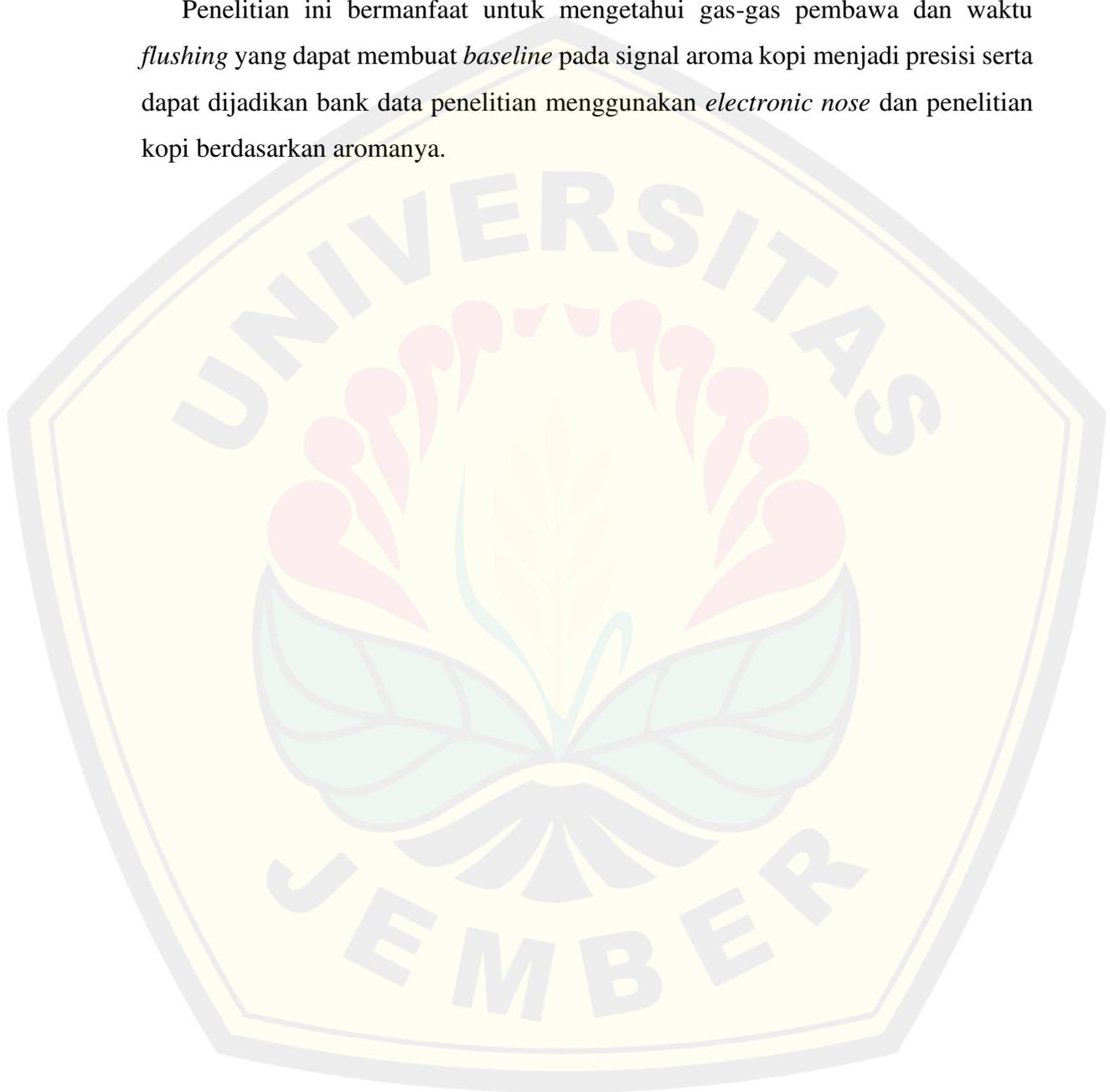
Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain

1. Sampel biji kopi yang digunakan yaitu jenis kopi robusta yang terletak di wilayah Sidomulyo dan Bangsalsari
2. sensor gas yang digunakan sebanyak 8 yaitu MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 yang disusun secara *array*

3. Suhu roasting yang digunakan yaitu 50-130°C dengan ukuran partikel 50-60 mesh
4. laju alir yang digunakan yaitu 3 L/menit dengan tekanan 25 lbs/m<sup>2</sup>

### **1.5 Manfaat**

Penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui gas-gas pembawa dan waktu *flushing* yang dapat membuat *baseline* pada signal aroma kopi menjadi presisi serta dapat dijadikan bank data penelitian menggunakan *electronic nose* dan penelitian kopi berdasarkan aromanya.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kopi

#### 2.1.1 Definisi Kopi

Kopi (*Coffea sp.*) adalah salah satu produk perkebunan yang mengandalkan aspek kualitas citarasa, sehingga sasaran akhir dari budidaya kopi adalah produk biji yang bercitarasa tinggi. Citarasa yang dihasilkan oleh kopi kopi sangat dipengaruhi oleh varietas, agroteknologi, waktu panen, metode pemetikan, metode pengolahan dan metode penyimpanan. Cara pengolahannya mempengaruhi rasa kopi yang dihasilkan yaitu proses fermentasi dan penyangraian. proses fermentasi berperan dalam pembentukan senyawa prekursor pembentuk citarasa, sedangkan proses penyangraian berperan dalam pembentukan senyawa volatil dan non volatil yang berkontribusi terhadap citarasa khas kopi (Towaha *et al.*, 2013).

Tanaman kopi termasuk kedalam genus *Coffea*, dimana genus *Coffea sp.* mencakup hampir 60 spesies, tetapi hanya ada dua spesies yang ditanam dalam skala luas di seluruh dunia, yaitu kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan kopi Robusta (*Coffea robusta*). Sistem taksonomi kopi menurut Rahardjo (2012) adalah kopi masuk kedalam kelas *Magnoliopsida* yaitu tumbuhan berkeping dua/ dikotil dengan sub kelas *Asteridae* dan Ordo *Rubiales*. Kopi termasuk dalam famili *Rubiaceae* (suku kopi-kopian) dengan genus *Coffe*. Kopi mempunyai spesies yaitu *Coffea sp.* [*Coffea arabica*, *Coffea canephora var robusta*, *Coffea liberica*].

#### 2.1.2 Jenis Kopi

Tanaman kopi di Indonesia terdapat 3 jenis yaitu kopi Robusta (*coffea canephora*), kopi Arabika (*coffea arabica*), dan kopi Liberika (*coffea liberica*). Kopi Robusta dapat dibudidayakan pada ketinggian 800 m di atas permukaan laut. Kandungan kafein dari kopi Robusta dua kali lebih banyak dibandingkan dengan kopi Arabika, selain itu kopi Robusta juga memiliki keharuman yang rendah. Kopi Robusta lebih tahan terhadap penyakit, serangan parasit, dan suhu yang tinggi. Tinggi tanaman kopi Robusta dapat mencapai 6 meter dan biji yang dihasilkan lebih

kecil dibandingkan dengan kopi Arabika. Kopi arabika tumbuh didataran tinggi sekitar 1.500-2.000 di atas permukaan laut. Konsentrasi kafein dari kopi Arabika mencapai 1,7%. Kopi Arabika memiliki lebih banyak aroma dan tekstur yang lebih lembut sehingga kopi Arabika dianggap memiliki kualitas yang jauh lebih tinggi. Kopi jenis Liberika yang berasal dari Liberia. Kopi Liberika merupakan tanaman yang menyerbuk secara silang, sehingga benih yang terbentuk merupakan persarian dengan tanaman lain. Kopi Liberika memiliki biji yang lebih besar jika dibandingkan dengan kopi Arabika (Asni dan Araz, 2015).

### 2.1.3 Kopi Robusta di Indonesia

Kopi Robusta (*Coffea canephora var robusta*) sejak tahun 1900 telah masuk ke Indonesia khususnya pulau Jawa. kopi jenis robusta memiliki luas area perkebunan yang lebih luas dibandingkan dengan kopi jenis arabika. Hal ini dikarenakan kopi robusta lebih tahan terhadap penyakit daun Hemileia vastatrix, sehingga mudah dipelihara dan harganya lebih murah dibandingkan kopi arabika. Selain itu kopi robusta juga memiliki cita rasa yang tak kalah khas dengan kopi arabika. Luas areal perkebunan kopi Robusta di Indonesia saat ini sudah lebih dari 90%. Areal perkebunan kopi Robusta hampir tersebar hampir di seluruh kepulauan Indonesia, yakni Sumatera sekitar 777,037 ribu hektar (67%), Jawa (12%), Nusa Tenggara dan Bali (8%) dan sisanya terdapat di Kalimantan (4%), Sulawesi (7%) dan Maluku/Papua (1%) (Ditjenbun, 2014). Jawa Timur merupakan penghasil kopi robusta terbanyak keempat di Indonesia tersebar di beberapa kabupaten. Malang merupakan kabupaten yang paling banyak menghasilkan kopi pada tahun 2014 dengan kontribusi sebesar 30,60% atau 8.393 ton per tahun. Kabupaten kedua yang menghasilkan kopi robusta terbanyak adalah Banyuwangi (13,58% / 3.724 ton), diikuti oleh Bondowoso (10,88% / 2.985 ton), Lumajang (9,50% / 2.605 ton) dan Jember (9,23% / 2.532 ton)

### 2.1.4 Kandungan Kopi

Kopi memiliki kandungan kimia yang berbeda-beda sesuai dengan jenis kopinya, sehingga masing-masing jenis kopi memiliki keunikan tersendiri. Kopi

mengandung senyawa-senyawa *volatile* maupun *non-volatile*, gula, asam amino, dan juga senyawa organik yang berperan penting dalam pembentukan aroma kopi, kualitas, dan juga pengaruh kesehatan (Yashin *et al.*, 2017). Senyawa *volatile* pada kopi berhubungan langsung dengan aroma kopi. Senyawa *volatile* akan dihasilkan ketika proses *roasting*, selama proses tersebut senyawa *volatile* dan warna kecoklatan akan terbentuk pada biji, disertai dengan pelepasan air dan karbondioksida (Oestreich and Janzen, 2013). Kopi mengandung lebih dari 800 senyawa *volatile* meliputi golongan asam, alkohol, aldehid, ester, furan, keton, *lactones*, senyawa *phenolic*, dan *pyrazyn* (Madihah *et al.*, 2013). Aroma kopi banyak dipergunakan untuk indikator kualitas kopi dengan mengandalkan gas sensor dan *electronic nose*.

## 2.2 Gas Sensor

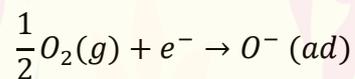
### 2.2.1 Definisi Gas Sensor

Gas sensor merupakan sensor gas yang berfungsi sebagai pendeteksi sejumlah zat kimia dengan cara menangkap besaran kimia dan mengubah besaran tersebut kedalam besaran listrik. Bahan yang digunakan untuk gas sensor ini yaitu bahan semi konduktor. Gas sensor yang berbahan semi konduktor memiliki keunggulan yaitu memiliki kemudahan dalam hal integrasinya dengan sistem-sistem pengolahan sinyal (Sakti, 2017).

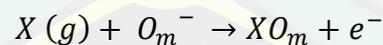
Sensor gas semi konduktor menggunakan satu atau lebih oksida logam semikonduktor sebagai elemen sensornya. Sensor gas semi konsuktor memiliki keunggulan diantaranya yaitu ukurannya yang dapat dibuat sangat kecil (nano film dan kawat nano), relatif murah, dan reaktifitas yang tinggi sehingga sangat sensitif dalam mendeteksi gas (Partridge, 2007). Bahan yang sering digunakan dalam pembuatan gas sensor adalah timah dioksida ( $\text{SnO}_2$ ). Sensor gas yang berbasis oksida lainnya adalah zink oksida ( $\text{ZnO}$ ), titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dan tungsten oksida ( $\text{WO}$ ).

### 2.2.2 Prinsip Kerja Gas Sensor

Gas sensor ini bekerja berdasarkan reaksi reduksi-oksidasi atau yang biasanya disebut reaksi redoks. Reaksi redoks gas sensor ini terjadi pada permukaan elemen semikonduktor. Reaksi redoks terjadi akibat keberadaan *Volatile Organic Compounds* (VOCs) yang mengubah konduktivitas atau resistansi dari sensor (Berna, 2010). Sensor gas semi konduktor akan mulai bekerja ketika sensor gas dipanaskan dan terdapat gas yang mengenai permukaan sensor. *Volatile Organic Compounds* (VOCs) akan mengenai permukaan elemen semikonduktor dan menghasilkan suatu nilai konduktivitas berdasarkan senyawa yang dihasilkan. Perubahan konduktivitas dan resistansi sensor disebabkan karena adanya interaksi antara analit dengan oksigen yang teradsorb ke permukaan sensor gas. Oksigen akan teradsorb ke permukaan sensor gas dengan muatan negatif karena berinteraksi dengan elektron yang ada di permukaan sensor. Persamaan reaksi Oksigen teradsorb pada permukaan sensor gas yaitu



Sensor gas semikonduktor yang terpapar udara memiliki konsentrasi oksigen teradsorpsi yang tinggi sehingga menyebabkan nilai resistansi tinggi. Kehadiran gas pereduksi akan berinteraksi dengan beberapa atom oksigen yang teradsorpsi dan akan mengurangi jumlah oksigen yang teradsorpsi sehingga menurunkan nilai resistansi. Gas pereduksi berinteraksi dengan oksigen teradsorpsi dengan persamaan reaksi sebagai berikut:



Sebaliknya ketika sensor terpapar oleh gas pengoksidasi akan terjadi peningkatan resistansi. Hal ini disebabkan karena adanya kemisorpsi muatan negatif ke permukaan sensor sehingga jumlah oksigen teradsorpsi akan bertambah dengan asumsi keberadaan oksigen teradsorpsi pada awalnya konstan (Albert dkk., 2000).

Perubahan resistensi atau tegangan sensor ketika bereaksi dengan gas target dapat terjadi akibat adanya pengaruh interaksi atom-atom oksigen yang ada di udara dengan atom oksigen yang terikat pada permukaan sensor. Interaksi ini menyebabkan reaksi yang dapat mengubah potensial barrier antar ikatan atom.

Reaksi terjadi ketika oksigen yang berasal dari udara terikat oleh lapisan material sensor, sehingga oksigen yang terikat menjadi bermuatan negatif dan terbentuk potensial barrier (Hermida *et al.*, 2016). Resistensi sensor ( $R_s$ ) pada udara bersih dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$R_s = \frac{v_c - v_{out}}{v_{out}} \times RL$$

Keterangan:

$R_s$  = Resistensi sensor

$V_{out}$  = Tegangan keluar

$RL$  = Hambatan

### 2.2.3 Jenis gas sensor

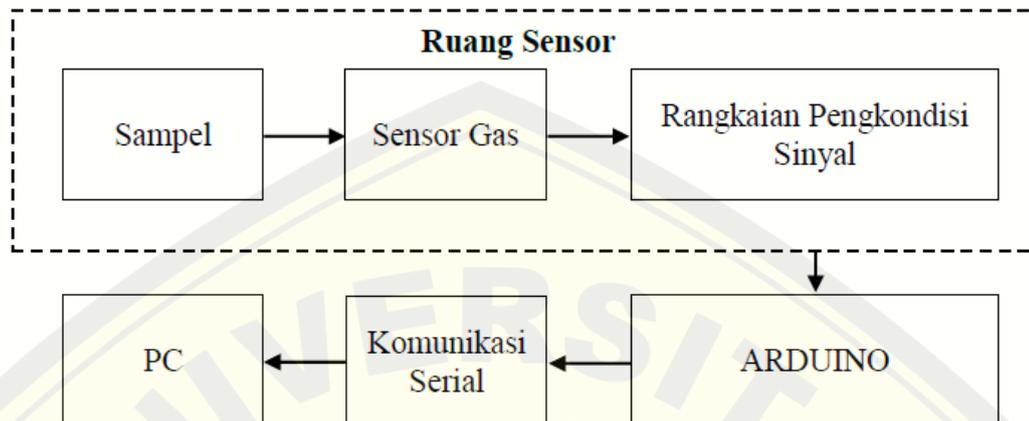
Gas sensor mempunyai berbagai jenis namun mayoritas tidak spesifik terhadap satu jenis senyawa. Gas sensor dapat mendeteksi gas sampel berdasarkan sifat volatil gas dengan gugus fungsi yang berbeda. Sifat gas yang semakin volatil maka gas tersebut akan semakin mudah terdeteksi. Jenis gas sensor saat ini telah banyak dikembangkan, salah satunya jenis MQ. Jenis gas sensor MQ dan kepekaannya terhadap suatu senyawa disajikan pada Tabel 2.1.

Jenis Sensor	Keterangan
MQ-2	Sensitif terhadap gas metana, butana, propane, LPG, asap rokok, alkohol dan hydrogen
MQ-3	Sensitif terhadap alkohol dan sedikit sensitif terhadap benzene
MQ-6	Sensitif terhadap gas LPG, isobutana dan butane
MQ-7	Sensitif terhadap gas karbon monoksida
MQ-135	Sensitif terhadap benzene, alkohol, CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> dan asap rokok
MQ-136	Gas Hidrogen Sulfida (H <sub>2</sub> S)
MQ-8	Gas Hidrogen (H <sub>2</sub> )
MQ-9	Gas Karbon Monoksida (CO)

Sumber: (Datasheet Sensor, 2020).

### 2.3 Desain Sensor Array

Desain sensor *array* yang digunakan disajikan dalam gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Desain sensor array (Sumber: Rabersyah dkk., 2016)

Sensor gas masing-masing akan memberikan input berupa sinyal kepada sistem. Gas atau aroma yang terdeteksi oleh sensor menyebabkan resistansi dari sensor berubah sehingga terjadi perubahan voltase. Rangkaian pengkondisian sinyal akan memproses sinyal yang ditangkap dan meneruskannya ke ADC (*Analog Digital Converter*) untuk dikonversi ke dalam bentuk digital (Rabersyah dkk., 2016). Sinyal dalam bentuk digital inilah yang akan diteruskan ke PC dan selanjutnya diolah menggunakan *software Labview*.

### 2.4 Arduino

Arduino merupakan suatu instrumen yang terdiri dari papan sirkuit dengan chip yang dapat diprogram untuk melakukan sejumlah tugas dengan mengirimkan informasi dari program komputer ke Mikrokontroler Arduino melewati berbagai sirkuit tertentu untuk melaksanakan perintah spesifik. Arduino dapat membantu membaca informasi dari perangkat input, misalnya sensor dan lain-lain (Badamasi, 2014). Penelitian Rosyad dan Lenono (2016) mengenai klasifikasi kemurnian daging sapi berbasis electronic nose menggunakan mikrokontroler Arduino mega 2560 sebagai rangkaian elektronik yang didalamnya terdapat ADC (analog digital converter). ADC ini berfungsi untuk mengubah sinyal analog yang dikirimkan oleh

sensor menjadi sinyal digital yang akan dibaca oleh mikrokontroller sebagai nilai tegangan (Lintang *et al.*, 2016).

## 2.5 Software LabView

Salah satu *software* yang dapat digunakan untuk membantu Arduino dalam mengubah sinyal analog menjadi digital adalah *software Labview*. *Labview* (*Laboratory Virtual Instrumen Engineering Workbench*) merupakan suatu *software* pemrograman komputer dimana bahasa pemrograman yang digunakan adalah berbentuk gambar sehingga penggunaannya mudah dan cepat. *Labview* telah dilengkapi dengan berbagai fungsi seperti pengolahan sinyal, statistika, filter, matematika, analisis data, dan objek grafis. Kelebihan lain dari penggunaan *Labview* adalah data yang ditampilkan lebih informatif karena dapat disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta data dapat disimpan secara otomatis berkala (Artanto, 2017). *Software Labview* didukung dengan adanya *Visual Package Manager* (VIPM) yang dapat mengoptimalkan pembacaan *Labview*.

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Jember dengan waktu pelaksanaan dimulai bulan Maret sampai Oktober 2021.

### 3.2 Alat dan Bahan

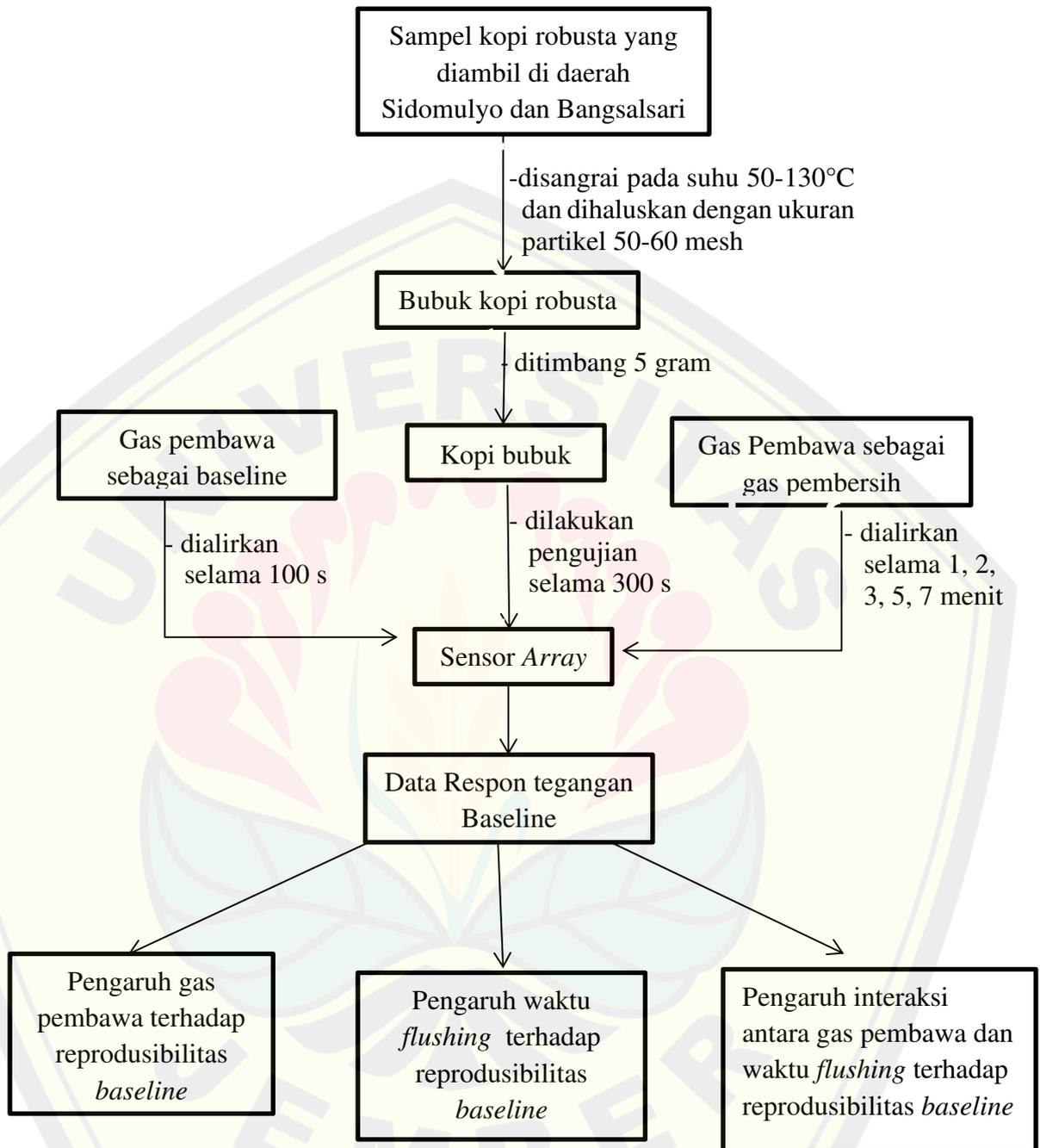
#### 3.2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain labu leher tiga, *hot plate*, neraca analitik, termometer, gelas ukur, statif, *pump*, *grinder*, alumunium foil, selang PTFE, Arduino Mega2560, laptop yang telah diinstal dengan *software LabView* 2018 dan sensor gas MQ berjumlah 8 antara lain MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 yang di produksi oleh *Hanwei Electronic*.

#### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk penelitian kali ini yaitu kopi Robusta Sidomulyo yang diperoleh dari kebun di daerah Sidomulyo, Jember dan gas pembawa berupa nitrogen , argon, dan udara kering.

### 3.3 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.4 Prosedur Kerja

#### 3.4.1 Pengambilan Sampel

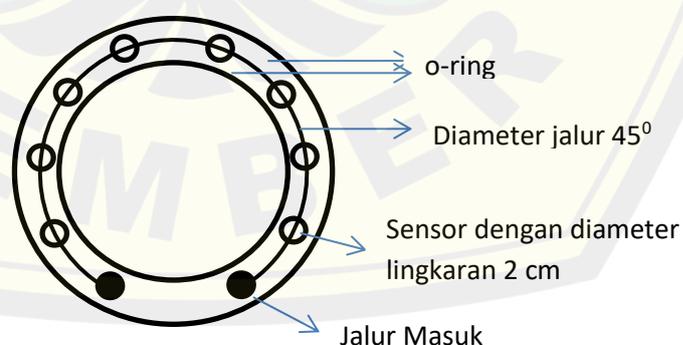
Sampel biji kopi robusta diambil dari satu kebun di daerah Sidomulyo. Biji kopi yang digunakan dalam penelitian ini merupakan biji kopi yang di petik pada bulan agustus 2020. Sampel Biji kopi kering dibeli dari pemilik kebun kopi tersebut sebanyak 2 kg.

#### 3.4.2 Preparasi Bubuk Kopi

Biji kopi yang diperoleh dari petani di daerah Sidomulyo di *roasting* dengan tingkat medium hingga medium *dark* pada suhu 50-130 °C. Proses *roasting* dilakukan selama 15-20 menit kemudian dilakukan proses penggilingan dengan menggunakan grinder. Bubuk kopi hasil penggilingan kemudian diayak dengan tingkat kehalusan 50-60 mesh.

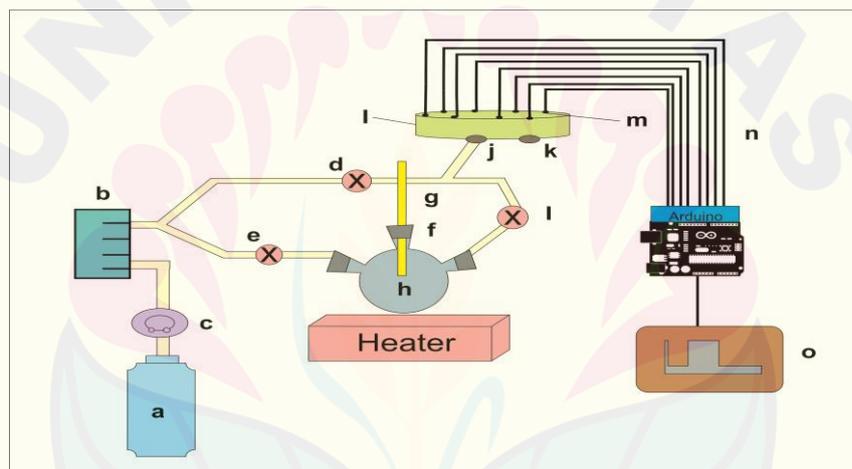
#### 3.4.3 Desain Alat Penelitian

Sensor yang digunakan adalah sensor yang disusun secara array yang telah dioptimasi dalam penelitian Ramadhani (2019). Sensor ini menggunakan 8 sensor gas jenis MQ yaitu MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2. Sensor gas ini disusun berurutan dari jalur masuknya udara. Kedelapan sensor disusun melingkar dengan jarak yang sama yaitu 72° pada setiap sensornya. Sensor tersebut dilengkapi dengan *o-ring* yang berfungsi untuk mencegah kebocoran gas. Rancangan penyusunan sensor dalam material akrilik digambarkan dalam gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Desain Sensor Penelitian

Gas pembawa akan dialirkan terlebih dahulu sebagai data baseline. Selanjutnya kopi bubuk masuk menuju aliran gas dengan bantuan pompa. Pompa akan menarik gas agar mengalir melalui aliran gas melewati sensor. aroma yang terdeteksi oleh sensor menyebabkan resistansi dari sensor berubah sehingga terjadi perubahan voltase. Gambar 3.3 menunjukkan desain alat yang akan digunakan dalam penelitian ini. Sensor akan meneruskan respon yang diperolehnya ketika permukaan sensor mengenai gas. Signal yang diterima oleh sensor berupa sinyal analog yang kemudian dengan bantuan Arduino dapat diubah menjadi sinyal digital. Arduino dapat mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital dan selanjutnya akan dikirimkan ke *Personal Computer* dan diolah menggunakan *software Labview*.



Gambar 3.3 Desain Alat Penelitian

Keterangan :

- |                    |                         |
|--------------------|-------------------------|
| a. Tabung gas      | j. Lubng masuk          |
| b. Flow meter      | k. Lubang keluar        |
| c. Regulator       | l. Acrylic              |
| d. Valve pertama   | m. Sensor               |
| e. Valve kedua     | n. Kabel penghubung     |
| f. Penutup karet   | o. Output pada komputer |
| g. Termometer      |                         |
| h. Labu leher tiga |                         |
| i. Valve ketiga    |                         |

### 3.4.4 Metode Analisis

#### 1. Uji kelayakan gas sensor

Sensor sebelum digunakan untuk menguji sampel terlebih dahulu dilakukan uji kelayakan. kelayakan sensor diuji dengan cara mengukur tegangan sensor pada saat dialiri gas pembawa dengan keadaan sistem tertutup rapat. Hasil uji kelayakan sensor didapatkan saat sinyal yang dihasilkan telah stabil atau tidak berubah-ubah, sebab dalam kondisi ruang sistem tertutup tidak ada gas lain yang dihasilkan. Hasil yang diperoleh akan digunakan sebagai *baseline* respon sensor.

#### 2. Uji pengaruh gas pembawa dan waktu *flushing*

Sampel diletakkan kedalam labu leher tiga lalu dipanaskan kemudian dialiri gas pembawa berupa nitrogen dengan laju alir pada rotameter yang dipakai adalah 3 L/menit dengan tekanan 25 lbs/m<sup>2</sup>. Waktu *flushing* yang dilakukan yaitu selama 1, 2, 3, 5, 7 menit. Gas yang dihasilkan dari pemanasan kopi akan dibawa oleh gas carrier melalui jalur masuk dan akan keluar melalui jalur keluar. Pengaliran gas dibantu dengan pompa yang dapat menarik gas hingga gas melewati kedelapan sensor. Sensor yang digunakan yaitu jenis sensor MQ yang berjumlah 8 sensor. Sensor ini dihubungkan dengan Arduino Uno sehingga sinyal dapat terbaca oleh Personal Computer yang terdapat *software Labview*. Sensor gas masing-masing akan memberikan input berupa sinyal kepada sistem. Sinyal akan menuju Arduino Uno untuk selanjutnya diproses dalam software Labview Respon gas sensor *array* ditampilkan pada aplikasi *LabVIEW*. Data yang diperoleh akan di analisis dengan ANOVA two way.

*ANOVA Two way* merupakan salah satu analisis statistik yang dapat digunakan untuk menganalisis suatu hasil penelitian yang digunakan untuk menguji pengaruh terhadap 2 faktor pada variabel terikatnya.

Uji hipotesis ANOVA dapat dituliskan dengan :

Sumber variasi	dF	SS	MS	F <sub>hitung</sub>
Main effect : Waktu flushing (A)	a-1	$SSA = \sum \frac{T_{kolom}^2}{bn} - \frac{G^2}{abn}$	$MSA = \frac{SSA}{a-1}$	$F = \frac{MSA}{MSE}$
Gas Pembawa (B)	b-1	$SSB = \sum \frac{T_{baris}^2}{an} - \frac{G^2}{abn}$	$MSB = \frac{SSB}{b-1}$	$F = \frac{MSB}{MSE}$
Interaksi dua faktor: Interaksi	(a-1)(b-1)	$SS(AB) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^k (\sum_{j=1}^n x)^2 - SSA - SSB - \frac{G^2}{abn}$	$MS(AB) = \frac{SS(AB)}{(a-1)(b-1)}$	$F = \frac{MS(AB)}{MSE}$
Eror	ab(n-1)	$SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$	$MSE = \frac{SSE}{ab(n-1)}$	
Total	abn-1	$SST = \sum X^2 - \frac{G^2}{abn}$		

Keterangan :

SSA : jumlah kuadrat untuk efek utama waktu *flushing* (A)

SSB : jumlah kuadrat untuk efek utama gas pembawa (B)

SS(AB): jumlah kuadrat interaksi antara waktu *flushing* (A) dan gas pembawa (B)

SSE : jumlah kuadrat *sampling error*

SSt : jumlah kuadrat total

dF : derajat kebebasan

MS : mean kuadrat/varian

a dan b: jumlah variasi populasi waktu *flushing* dan gas pembawa

X<sup>2</sup> : jumlah kuadrat keseluruhan

G<sup>2</sup> : keseluruhan total

### 3. Uji *Reproducibilitas*

*Reproducibilitas* merupakan kemampuan sensor untuk memberikan output yang sama ketika diberikan input yang tetap setelah sistem di *disconnect* dari input dan diinstal kembali. *Reproducibilitas* digunakan untuk melihat kinerja gas sensor. Nilai % RSD yang kurang dari 5% dapat menunjukkan bahwa *reproducibilitas* sensor baik. Pengukuran ini dilakukan dalam waktu 2 minggu selama 2 bulan. Analisa terhadap *reproducibilitas* dapat dihitung berdasarkan nilai standar deviasi yang memiliki persamaan matematis sebagai berikut:

$$\%RSD = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% \quad 3.1$$

dimana,

% RSD = standar deviasi relatif

SD = standar deviasi

$\bar{x}$  = rata-rata pengukuran

### 4. Uji *t-test (paired two sample)*

Uji-*t* berpasangan (*paired t-test*) adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas (berpasangan). Uji-*t* berpasangan merupakan pengujian hipotesis yang dilakukan untuk mengetahui apakah rata-rata dari kelompok sampel yang sama memiliki perbedaan yang signifikan atau tidak. uji-*t* berpasangan hanya dapat digunakan untuk membandingkan nilai rata-rata (mean) untuk dua satu kelompok sampel dengan dua buah perlakuan yang saling berkaitan dengan distribusi normal. Rumus yang digunakan yaitu

$$t = \frac{\bar{x}_{diff}}{S_{\bar{x}}} \quad 3.2$$

Dimana

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad 3.3$$

Keterangan :

$\bar{x}_{diff}$  = perbedaan rata-rata sampel

$S_{\bar{x}}$  = standar eror dari rata-rata

$S$  = standar deviasi dari perbedaan rata-rata

$n$  = jumlah sampel

## 5. Uji BNT

Uji BNT (Beda Nyata terkecil) atau yang lebih dikenal sebagai uji LSD (*Least Significance Different*) adalah metode yang diperkenalkan oleh Ronald Fisher. Metode ini menjadikan nilai BNT atau nilai LSD sebagai acuan dalam menentukan apakah rata-rata dua perlakuan berbeda secara statistik atau tidak. Untuk menghitung nilai BNT atau LSD, kita membutuhkan beberapa data yang berasal dari perhitungan sidik ragam (ANOVA) yang telah dilakukan sebelumnya, data tersebut berupa MSE dan dfE. Uji ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang nyata secara statistik, maka dilakukan uji lanjut BNT untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar tiap individu perlakuan. Berikut adalah persamaan untuk uji BNT :

$$Bnt_{\alpha} = (t_{\alpha,dbg}) \cdot \sqrt{\frac{2(KTG)}{r}} \quad 3.4$$

Keterangan :

KTG = kuadrat tengah galat

$\alpha$  = taraf nyata

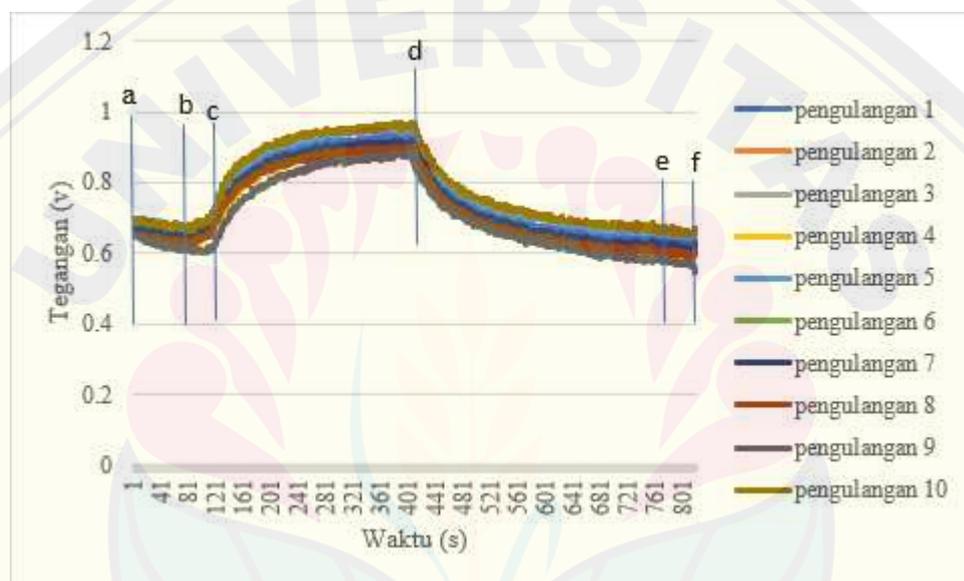
dbg = db galat

r = banyaknya ulangan

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Profil Respon Sensor Gas Tunggal

Respon sensor gas tunggal yang dihasilkan yaitu berupa sinyal baseline dari gas pembawa dan sinyal aroma kopi. Respon sinyal pada aplikasi *Labview* terdiri 100 data untuk gas pembawa sebagai sinyal *baseline*, 300 data untuk sinyal aroma kopi, dan 420 data untuk *flushing*. Respon sinyal kopi Sidomulyo pada sensor MQ-135 yang diperoleh dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Respon Sensor MQ-3 terhadap Kopi Sidomulyo sebesar 5 gram menggunakan Udara Kering dengan Kecepatan 3 L/menit selama 10 Kali Pengulangan, (a-c) gas pembawa, (b-c) data *baseline* awal, (c-d) aroma kopi. (d-f) flushing dengan gas pembawa, (e-f) data *baseline* akhir.

Gambar 4.1 menunjukkan data dari sensor MQ-3 sebanyak 10 kali pengulangan bahwa pada setiap pengulangan memiliki pola respon yang hampir sama. Data yang diambil yaitu sebanyak 820 data yang meliputi 100 data *baseline* yang ditunjuk pada gambar a hingga c, 300 data *sampling* aroma kopi daerah c hingga d dan 420 data *flushing* daerah e hingga f. Data *baseline* awal yang diambil yaitu pada data ke 70 sampai 100 yang ditunjukkan pada daerah b hingga c sedangkan *baseline* akhir diambil dari data ke 790 sampai 820 yang ditunjukkan pada daerah e hingga f. sinyal yang dihasilkan mengalami perubahan pada nilai

tegangan menjadi lebih tinggi ketika dilakukan pengukuran pada uap aroma kopi dibandingkan dengan gas pembawa tanpa sampel, hal ini disebabkan oleh adanya senyawa volatil yang ada pada uap aroma kopi. Hal ini juga dilaporkan oleh (Rivai *et al.*, 2009). Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Rivai *et al.*, 2009) senyawa volatil pada aroma kopi akan menuju permukaan sensor, sehingga detektor yang ada pada sensor akan mendeteksi adanya gas atau senyawa volatil. Oksigen yang ada di udara akan teradsorpsi pada permukaan sensor semikonduktor sehingga menyebabkan konduktivitasnya menjadi rendah saat kondisi udara bebas. Elektron yang dihasilkan oleh reaksi dengan gas menyebabkan peningkatan konduktivitas sensor pada saat sensor terpapar gas dari gas pembawa dengan senyawa volatil yang dikeluarkan oleh kopi. Konduktivitas meningkat disebabkan karena konsentrasi zat yang terdeteksi oleh sensor semakin banyak sehingga nilai tegangan akan meningkat. Saat dialirkan kembali gas pembawa yang digunakan sebagai gas pembersih tegangan akan kemungkinan menurun hingga senyawa volatil kopi yang terdapat pada sensor hilang dan dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal.

#### **4.2 Repitibilitas Dan Reprodusibilitas *Baseline* Sensor Array**

Sensor gas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jenis sensor gas MQ sebanyak delapan sensor yang memiliki karakteristik yang berbeda, dimana setiap sensor memiliki sensitivitas terhadap gas tertentu. Perbedaan sensitivitas dimanfaatkan dalam penelitian ini agar dapat terbentuk suatu pola respon yang dapat membedakan jenis kopi berdasarkan aromanya. Sensor yang digunakan untuk pendeteksian aroma kopi berjumlah 8 yaitu sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9, MQ-2 dan disusun secara array.

Kinerja sensor array dapat ditentukan berdasarkan nilai *repeatability* (keterulangan) dan nilai *reproducibility*-nya. *Repeatability* atau keterulangan ditentukan dengan melakukan pengukuran sebanyak 10 kali pengulangan pada setiap variasi gas dan waktu dalam hari, tempat, dan alat yang sama. Nilai *repeatability* sensor gas dilihat berdasarkan nilai RSD (*Relative Standart Deviation*), dimana suatu pengukuran dikatakan baik jika memiliki nilai RSD

kurang dari 5%. Nilai *repeatability* (keterulangan) sensor gas untuk pengukuran *baseline* kopi Sidomulyo dan Bangsalsari ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Nilai *Repeatability* (Keterulangan) Sensor Gas untuk Pengukuran *Baseline* Kopi Sidomulyo dan Kopi Bangsalsari

Gas Pembawa	MQ-136	MQ-135	MQ-3	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	MQ-2	
Argon	2,238	3,346	2,406	4,172	3,922	3,515	3,449	3,641	
Sidomulyo	Nitrogen	3,391	3,763	4,031	3,326	4,095	4,308	4,399	4,097
	Udara kering	3,744	4,943	3,471	2,533	4,894	4,544	2,058	3,299
Bangsalsari	Argon	0.5996	3.114	4.825	3.141	1.048	4.818	2.566	4.205
	Nitrogen	1.146	0.6162	0.3186	2.968	2.594	4.111	4.158	4.695
	Udara kering	0.8182	1.269	2.018	1.469	2.824	0.7441	0.8224	1.132

Berdasarkan Tabel 4.1, hampir keseluruhan pengukuran *baseline* pada kopi Sidomulyo memiliki RSD di bawah 5 %. Hal ini dapat dikatakan bahwa sensor gas array bekerja dengan baik dalam pengukuran *baseline* yang dilakukan secara berulang sebanyak 10 kali pada waktu dan tempat yang sama. Kopi Bangsalsari juga menunjukkan hal yang sama, keseluruhan pengukuran *baseline* pada kopi Bangsalsari memiliki RSD di bawah 5 %. Hal ini dapat dikatakan bahwa sensor gas array bekerja dengan baik dalam pengukuran *baseline* yang dilakukan secara berulang sebanyak 10 kali pada waktu dan tempat yang sama. Gas Udara Kering mempunyai nilai RSD yang paling baik antara argon dan nitrogen pada kopi Sidomulyo maupun Bangsalsari. Nilai RSD terendah pada kopi Sidomulyo dengan menggunakan gas udara kering yaitu pada sensor MQ-9 dengan nilai %RSD sebesar 2,058. Hal tersebut dapat diartikan pada sensor MQ-9 pada setiap pengulangan mempunyai hasil yang presisi dan paling baik di antara sensor yang lainnya. Nilai RSD terendah pada kopi Bangsalsari yaitu MQ-8 dengan nilai %RSD sebesar 0,7441. Hal tersebut dapat diartikan pada sensor MQ-9 pada setiap pengulangan

mempunyai hasil yang paling presisi diantara sensor yang lainnya.

Kinerja sensor gas juga dapat di lihat berdasarkan nilai reproduibilitas sensor gas. Penentuan nilai reproduibilitas untuk menguji kinerja sensor gas array dilakukan dengan cara mengukur pola sinyal *baseline* dalam waktu 2 minggu selama 2 bulan. Nilai reproduibilitas sensor gas digunakan untuk melihat apakah sensor gas array mampu menghasilkan *output* yang sama ketika dilakukan pengukuran pada hari yang berbeda dengan menggunakan alat yang sama. Intensitas pola sinyal *baseline* dalam waktu 2 minggu selama 2 bulan ditunjukkan dalam lampiran. Berikut merupakan intensitas pola sinyal *baseline* pada kopi Sidomulyo menggunakan udara kering sebagai gas pembawa beserta nilai RSD-nya.

Tabel 4.2 Reproduibilitas *Baseline* pada Kopi Sidomulyo

	MQ-136	MQ-135	MQ-3	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	MQ-2
Minggu 1	1.581	0.5652	0.7563	0.9583	1.355	0.5721	0.7342	0.7913
Minggu 3	1.581	0.5554	0.7463	0.9582	1.369	0.5722	0.7342	0.7911
Minggu 5	1.595	0.5551	0.7461	0.9732	1.413	0.5871	0.7492	0.8061
Minggu 7	1.612	0.5612	0.7501	1.027	1.417	0.6021	0.7642	0.8211
RSD	0.9291	0.8252	0.5991	3.353	2.251	2.414	1.895	1.767

Tabel 4.3 Reproduibilitas *Baseline* pada Kopi Bangsalsari

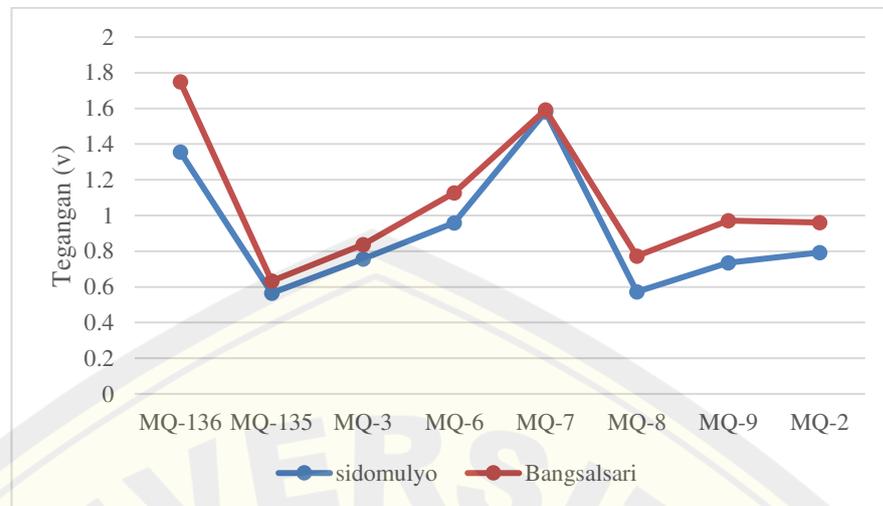
	MQ-136	MQ-135	MQ-3	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	MQ-2
Minggu 1	1.706	0.6812	1.373	1.548	1.650	1.367	1.292	1.066
Minggu 3	1.706	0.6801	1.415	1.523	1.622	1.366	1.307	1.129
Minggu 5	1.724	0.6911	1.432	1.540	1.638	1.376	1.321	1.147
Minggu 7	1.742	0.7151	1.439	1.558	1.654	1.386	1.335	1.164
RSD	1.011	2.344	2.083	0.9631	0.8722	0.6831	1.415	3.807

Berdasarkan tabel 4.2 Nilai RSD masing-masing sensor gas untuk pengukuran *baseline* pada kopi Sidomulyo menunjukkan nilai yang baik yaitu di bawah 5%. Nilai tegangan tertinggi yaitu pada sensor MQ-136. Sensor MQ-3 memiliki nilai RSD yang paling rendah diantara sensor yang lainnya. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *baseline* yang dihasilkan sensor array perminggunya relatif sama. Setiap minggu mengalami kenaikan tegangan pada setiap sensor. Keseluruhan nilai RSD *baseline* yang dihasilkan pada kopi Bangsalsari menunjukkan nilai yang baik yaitu di bawah 5%. Nilai RSD *baseline* yang paling rendah yaitu pada sensor MQ-8 yaitu sebesar 0,683 %. Nilai yang tertinggi yaitu pada sensor MQ-2 dengan nilai RSD sebesar 3,807 %. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *baseline* yang dihasilkan sensor array perminggunya relatif sama. Setiap minggu mengalami kenaikan tegangan pada setiap sensor.

#### **4.3 Pengaruh Variasi Gas Pembawa Terhadap Reprodusibilitas *Baseline* Sensor Gas Array dalam Mendeteksi Aroma Bubuk Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari**

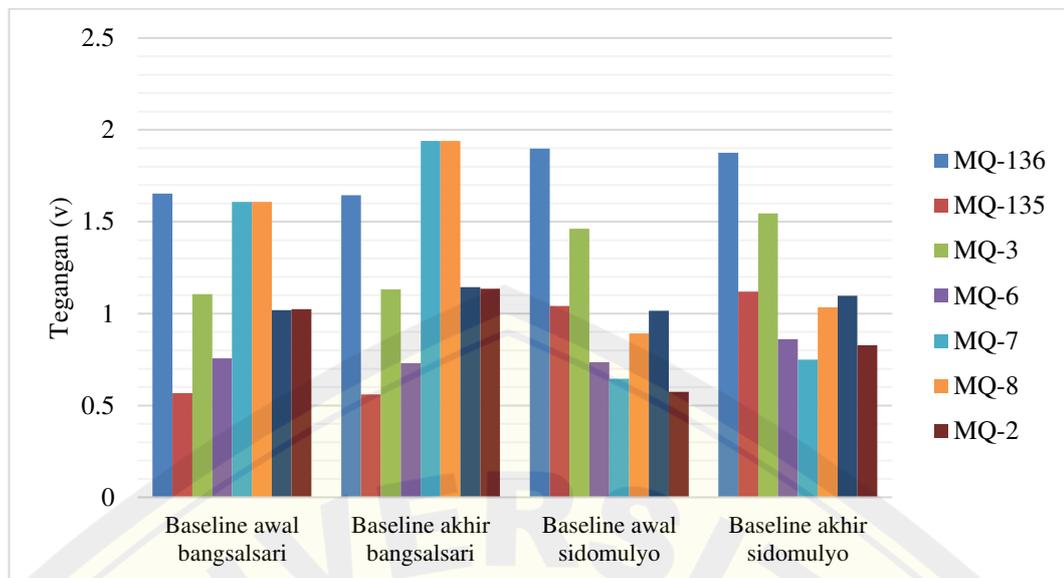
Salah satu cara untuk mengembalikan *baseline* ke awal yaitu dengan cara mengalirkan gas pembawa. Gas pembawa yang digunakan pada penelitian ini yaitu argon, Nitrogen dan udara kering. Uji anova dilakukan untuk menentukan variasi gas pembawa apakah berpengaruh terhadap reprodusibilitas *baseline*. Berdasarkan hasil dari uji anova pada sensor MQ-3 kopi Sidomulyo menghasilkan  $F_{hitung}$  sebesar 1379,348 dan  $F_{tabel}$  sebesar 3,204.  $F_{hitung}$  lebih besar daripada  $F_{tabel}$ . Hal ini berarti ada perbedaan signifikan pada sensor array. Sensor MQ-3 dengan kopi Bangsalsari juga menghasilkan  $F_{hitung}$  lebih besar daripada  $F_{tabel}$  hal ini dapat diartikan bahwa ada perbedaan signifikan. Hasil uji anova yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa variasi gas pembawa berpengaruh terhadap reprodusibilitas *baseline* yang dihasilkan.

#### 4.4.1 Gas Argon



Gambar 4.2 Respon 8 Sensor MQ terhadap *Baseline* Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan Gas Argon sebagai Gas Pembawa

Berdasarkan gambar 4.2 *baseline* kopi Sidomulyo dengan Bangsalsari menggunakan gas argon memiliki pola respon yang hampir sama. Sensor MQ-136 pada kopi Sidomulyo mempunyai tegangan tertinggi daripada sensor lainnya sama halnya dengan kopi Bangsalsari. Sensor yang memiliki tegangan paling rendah yaitu MQ-8 pada kopi Sidomulyo maupun Bangsalsari. Sensor MQ-136 memiliki nilai tegangan yang paling tinggi karena kandungan senyawa volatil yang dikeluarkan lebih banyak yang terdeteksi oleh sensor tersebut. Konsentrasi yang terdeteksi semakin banyak maka tegangan yang dihasilkan oleh sensor juga semakin tinggi. Pola respon sensor terhadap *baseline* awal dan *baseline* akhir memiliki kemiripan pada kopi Bangsalsari maupun kopi Sidomulyo, akan tetapi tegangan yang dihasilkan berbeda yang dapat dilihat pada gambar 4.2. Perbedaan tegangan yang dihasilkan tersebut dikarenakan aroma kopi masih terdapat pada sensor.



Gambar 4.3 Pola Respon Sensor terhadap *Baseline Awal* dan *Baseline Akhir* menggunakan Gas Argon Sebagai Gas Pembawa

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa gas argon menghasilkan pola *baseline* pada kopi Bangsalsari yang cenderung mirip dengan pola *baseline* pada kopi Sidomulyo, hanya tegangan yang dihasilkan sedikit berbeda. Hal ini dikarenakan sensor menghasilkan respon yang cenderung sama pada kedua kopi tersebut. Gambar di atas menunjukkan bahwa hampir keseluruhan sensor pada kopi Bangsalsari maupun kopi Sidomulyo tidak dapat mengembalikan *baseline*. *Baseline* akhir yang dihasilkan cenderung lebih besar tegangan yang dihasilkan daripada *baseline* awal. Sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 pada kopi Bangsalsari menghasilkan nilai tegangan *baseline* akhir yang lebih tinggi daripada nilai tegangan *baseline* awal. Hal ini dapat diartikan bahwa pada sensor tersebut dengan menggunakan gas argon tidak dapat menurunkan tegangan kembali ke *baseline* awal. Hal ini dikarenakan masih adanya sisa-sisa aroma kopi yang terdapat pada sensor. Sensor MQ-6 pada kopi Bangsalsari yang dapat menurunkan *baseline* akan tetapi nilai tegangan yang dihasilkan lebih rendah daripada *baseline* awal. Kopi Sidomulyo berbeda dengan kopi Bangsalsari, pada kopi Sidomulyo hanya sensor MQ-136 yang dapat menurunkan *baseline*, namun tegangan yang dihasilkan juga lebih rendah daripada nilai tegangan *baseline* awal. Sensor MQ-135, MQ-3, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 menghasilkan tegangan

*baseline* akhir lebih tinggi daripada *baseline* awal. Hal ini dapat diartikan bahwa pada sensor tersebut tidak dapat menurunkan tegangan karena masih adanya sisa-sisa aroma kopi yang terdapa pada sensor sehingga menghasilkan tegangan *baseline* akhir lebih tinggi daripada *baseline* akhir. Selanjutnya, untuk mengetahui apakah gas argon data mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal dilakukan uji-*t* agar hasil yang didapatkan lebih akurat.

Tabel 4.4 Hasil Uji-*t* Gas Argon pada Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari

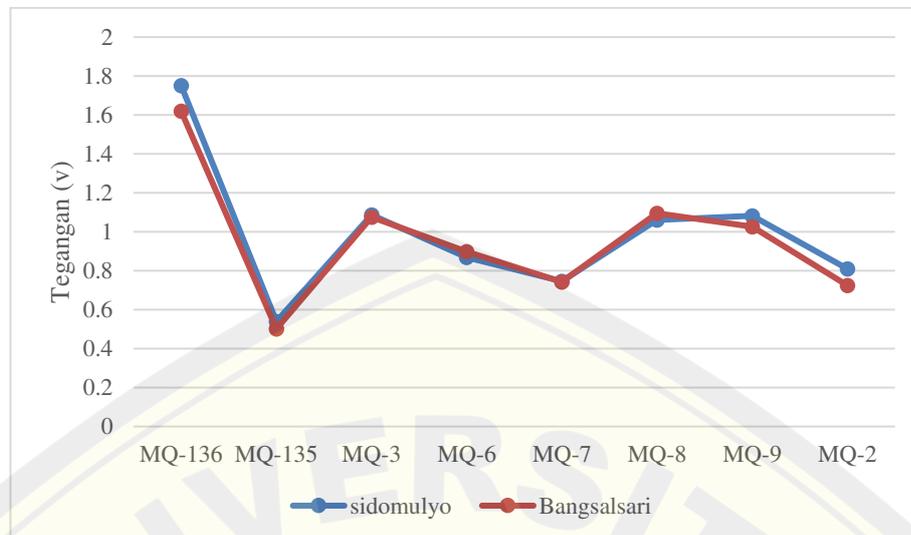
Sensor	Bangsalsari	Sidomulyo
MQ-136	Beda	Beda
MQ-135	Beda	Beda
MQ-3	Beda	Beda
MQ-6	Beda	Beda
MQ-7	Beda	Beda
MQ-8	Beda	Beda
MQ-9	Beda	Beda
MQ-2	Beda	Beda

Uji-*t* digunakan untuk mengetahui apakah gas yang digunakan dapat mengembalikan *baseline* seperti *baseline* awal. Cara menganalisis hasil uji-*t* yaitu dengan cara membandingkan antara  $t_{\text{hasil}}$  dengan  $t_{\text{tabel}}$ . Jika  $t_{\text{hasil}}$  lebih besar daripada  $t_{\text{tabel}}$  maka dapat diartikan bahwa ada perbedaan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Dapat disimpulkan bahwa *baseline* tidak kembali ke *baseline* semula. Jika  $t_{\text{hasil}}$  lebih kecil daripada  $t_{\text{tabel}}$  dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Hal ini dapat disimpulkan bahwa *baseline* kembali ke *baseline* semula. Hasil dari uji-*t* gas argon pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari terdapat pada lampiran 4.6. Hasil uji-*t* dari kopi Sidomulyo menggunakan gas argon pada sensor MQ-135 yaitu menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan.  $t_{\text{hitung}}$  yang dihasilkan yaitu sebesar 67,328

sedangkan  $t_{\text{tabel}}$  sebesar 1,833.  $T_{\text{hitung}}$  yang dihasilkan lebih besar daripada  $t_{\text{tabel}}$  sehingga *baseline* awal dan *baseline* akhir berbeda signifikan atau dapat diartikan bahwa *baseline* tidak kembali ke *baseline* awal. Sensor MQ-9 menghasilkan  $t_{\text{hitung}}$  sebesar 70,204 sedangkan  $t_{\text{tabel}}$  sebesar 1,833. Hal ini dapat diartikan bahwa ada perbedaan signifikan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Hasil uji- $t$  pada gas argon 8 sensor MQ yang digunakan memiliki perbedaan yang signifikan antara *baseline* awal dan *baseline* akhir. Hasil uji- $t$  pada seluruh sensor MQ dapat disimpulkan bahwa gas argon yang digunakan sebagai gas pembawa tidak dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* semula. Gas argon yang digunakan sebagai gas pembawa tidak dapat membersihkan sisa-sisa aroma kopi yang terdapat pada permukaan sensor.

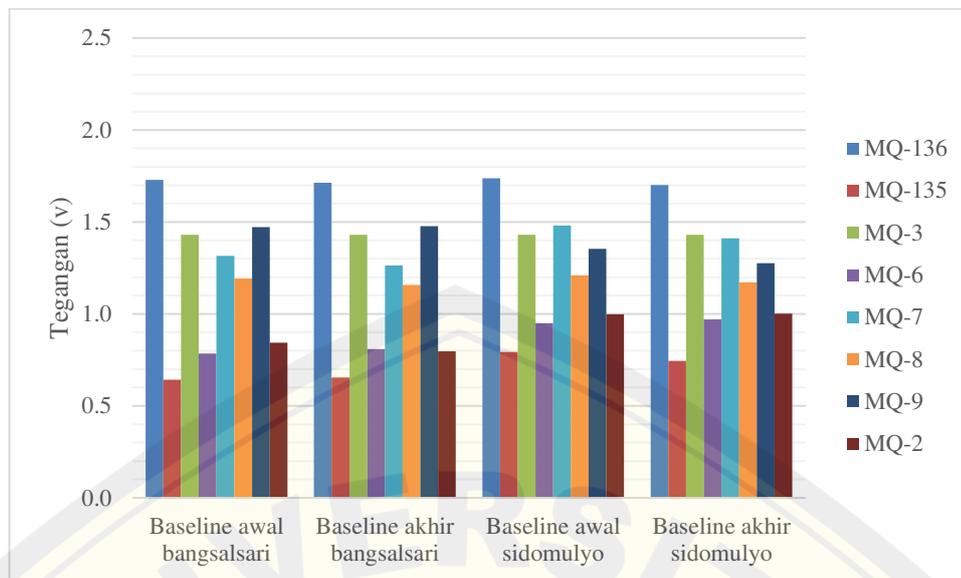
Uji yang dilakukan selanjutnya yaitu uji beda. Untuk mengetahui perbedaan pada setiap minggunya maka dilakukan uji beda BNT (Beda Nyata terkecil). Uji BNT mempunyai signifikan sebesar 0,05%. Cara menganalisa uji BNT yaitu jika perbedaan rata-ratanya memiliki notasi \* maka terdapat perbedaan yang signifikan. Hasil dari uji BNT dapat dilihat pada lampiran. Hasil Uji BNT dari sensor MQ-2 dengan menggunakan gas argon pada kopi Bangsalsari. Minggu 1 tidak ada perbedaan signifikan dengan minggu 3. Minggu 1 berbeda signifikan dengan minggu 5 dengan nilai perbedaan rata-rata sebesar -0,093 dan memiliki notasi \* pada nilai perbedaan rata-ratanya. Minggu 1 dan 3 juga berbeda signifikan dengan minggu 5. Hasil uji BNT minggu ke 5 berbeda dengan minggu 1, minggu 3 dan minggu 7. Hal ini menyatakan bahwa sensor MQ-2 kurang baik digunakan sampai minggu 5, sensor ini hanya layak digunakan pada minggu 1, dan minggu 3.

#### 4.4.2 Gas Nitrogen



Gambar 4.4 Respon 8 Sensor MQ terhadap *Baseline* Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan Gas Nitrogen sebagai Gas Pembawa

Pola respon sensor pada gas nitrogen yang dihasilkan juga hampir sama. Sensor MQ-136 mempunyai tegangan paling tinggi diantara sensor lainnya. Urutan sensor dari yang mempunyai tegangan paling tinggi ke rendah pada kopi Sidomulyo yaitu MQ-136, MQ-3, MQ-8, MQ-9, MQ-6, MQ-7, MQ-2, MQ-135 sedangkan pada kopi Bangsalsari yaitu MQ-136, MQ-3, MQ-9, MQ-8, MQ-6, MQ-7, MQ-2, MQ-135. Pola respon sensor terhadap *baseline* awal dan *baseline* akhir memiliki kemiripan pada kopi Bangsalsari maupun kopi Sidomulyo, akan tetapi tegangan yang dihasilkan berbeda yang dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4.5 Pola Respon Sensor terhadap *Baseline Awal* dan *Baseline Akhir* menggunakan Gas Nitrogen sebagai Gas Pembawa

Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan bahwa gas nitrogen menghasilkan pola *baseline* pada kopi Bangsalsari yang cenderung mirip dengan pola *baseline* pada kopi Sidomulyo, hanya tegangan yang dihasilkan sedikit berbeda. Sensor MQ-3 pada kopi Bangsalsari mempunyai tegangan yang hampir sama antara *baseline awal* dan *baseline akhir* sama halnya dengan kopi Sidomulyo. Sensor MQ-136, MQ-7, MQ-8, MQ-2 pada kopi Bangsalsari dapat menurunkan *baseline* akan tetapi tegangan yang dihasilkan lebih rendah daripada *baseline awal*. Sensor MQ-136, MQ-135, MQ-7, MQ-8, MQ-9 pada kopi Sidomulyo dapat menurunkan tegangan *baseline* lebih rendah daripada *baseline awal*. Hal ini dikarenakan pada saat mengalirkan gas pada *baseline awal* masih terdapat aroma kopi pada sensor yang digunakan sehingga tegangan yang dihasilkan lebih tinggi dari tegangan gas nitrogen yang dihasilkan. Untuk lebih akurat hasil yang didapatkan maka dilakukan uji-t.

Tabel 4.5 Hasil Uji-*t* Gas Nitrogen pada Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari

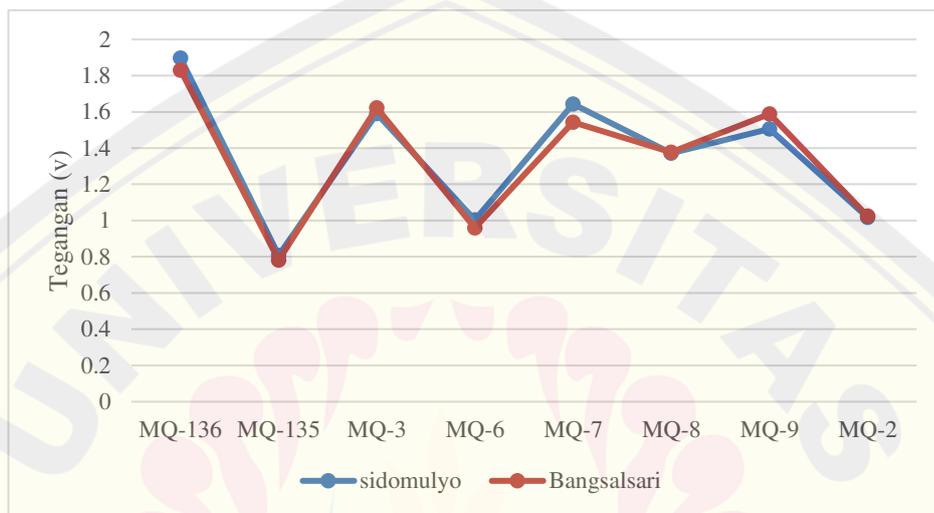
Sensor	Bangsalsari	Sidomulyo
MQ-136	Beda	Beda
MQ-135	Beda	Beda
MQ-3	Tidak Beda	Tidak Beda
MQ-6	Beda	Beda
MQ-7	Beda	Beda
MQ-8	Beda	Beda
MQ-9	Beda	Beda
MQ-2	Beda	Beda

Hasil dari uji-*t* pada sensor MQ-135 dengan menggunakan kopi Sidomulyo yaitu menghasilkan  $t_{hitung}$  sebesar 17,023 dan  $t_{tabel}$  sebesar 1,833. Nilai  $t_{hitung}$  yang didapatkan lebih besar daripada  $t_{tabel}$  hal ini dapat diartikan bahwa ada perbedaan signifikan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Hasil uji-*t* dari sensor MQ-3 yaitu  $t_{hitung}$  yang dihasilkan lebih kecil daripada  $t_{tabel}$ . Nilai  $t_{hitung}$  yang dihasilkan yaitu 1,350 sedangkan  $t_{tabel}$  sebesar 1,833. Hal ini dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir dan dapat disimpulkan bahwa pada sensor MQ-3 dapat mengembalikan nilai *baseline* ke *baseline* awal. Hasil dari uji-*t* pada gas nitrogen ini hanya sensor MQ-3 yang dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* semula, 7 sensor yang lainnya tidak mengembalikan nilai *baseline* ke *baseline* awal. Hal ini dikarenakan masih terdapat sisa-sisa aroma kopi yang terdapat pada sensor.

Uji selanjutnya yaitu uji beda (BNT). Hasil BNT pada sensor MQ-2 tidak ada perbedaan yang signifikan pada minggu 1, minggu 3, minggu 5 dan minggu 7. Hal ini menyatakan bahwa sensor MQ-136 baik digunakan sampai minggu ke 7. Namun pada sensor sensor MQ-7 minggu 1 berbeda signifikan dengan minggu 7. Minggu 3 dan minggu 5 juga berbeda signifikan dengan minggu 7. Hal

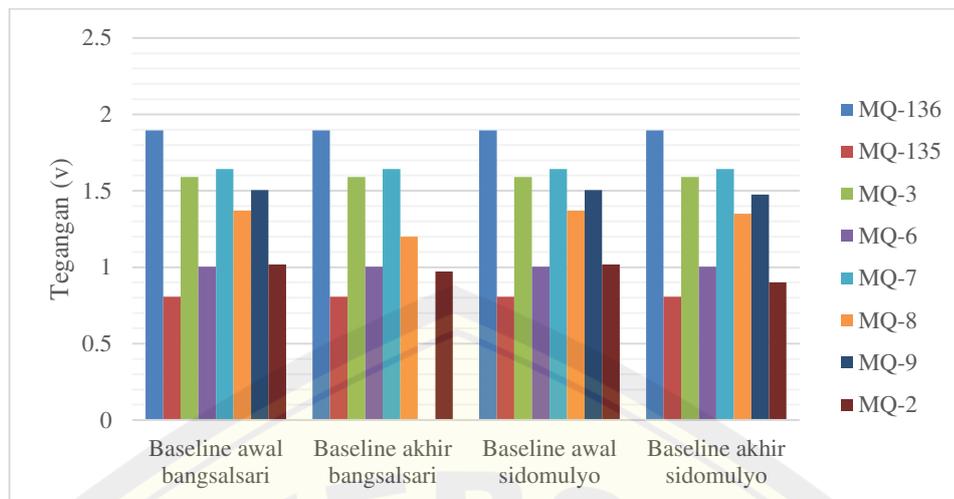
ini dapat diartikan bahwa sensor MQ-7 dengan menggunakan gas nitrogen hanya menghasilkan hasil yang baik sampai minggu ke 5. Sensor MQ-7 tidak dapat digunakan sampai minggu ke 7 karena menghasilkan hasil yang tidak signifikan dengan minggu 1, minggu 3 dan minggu 5.

#### 4.4.3 Gas Udara Kering



Gambar 4.6 Respon 8 Sensor MQ terhadap *Baseline* Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan Gas Udara Kering sebagai Gas Pembawa

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pola *baseline* yang dihasilkan hampir sama. Urutan sensor dari yang mempunyai tegangan paling tinggi ke rendah pada kopi Sidomulyo yaitu MQ-136, MQ-3, MQ-8, MQ-9, MQ-6, MQ-7, MQ-2, MQ-135. Urutan tegangan paling tinggi ke rendah pada kopi Bangsalsari yaitu MQ-136, MQ-3, MQ-9, MQ-8, MQ-6, MQ-7, MQ-2, MQ-135. kinerja dari gas udara kering yang digunakan sebagai gas pembawa dapat dilihat pada gambar 4.7 yang menunjukkan *baseline* awal dan *baseline* akhir yang dihasilkan pada kopi Bangsalsari dan Sidomulyo .



Gambar 4.7 Pola Respon Sensor terhadap *Baseline Awal* dan *Baseline Akhir* menggunakan Udara Kering sebagai Gas Pembawa

Berdasarkan gambar 4.7 menunjukkan bahwa udara kering menghasilkan pola *baseline* pada kopi Bangsalsari yang cenderung mirip dengan pola *baseline* pada kopi Sidomulyo, hanya tegangan yang dihasilkan sedikit berbeda. Sensor MQ-136, MQ-135, MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-7 mempunyai tegangan yang hampir sama antara *baseline awal* dengan *baseline akhir* pada kopi Bangsalsari maupun kopi Sidomulyo. Sensor MQ-8, MQ-9, MQ-2 pada kopi Bangsalsari dapat menurunkan *baseline* dan menghasilkan tegangan lebih rendah daripada *baseline awal* sama halnya dengan kopi Sidomulyo. Untuk hasil yang lebih akurat apakah terdapat perbedaan atau tidak pada *baseline awal* dengan *baseline akhir* maka dilakukan uji-*t*.

Tabel 4.6 Hasil Uji-*t* Gas Udara Kering pada Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari

Sensor	Bangsalsari	Sidomulyo
MQ-136	Tidak Beda	Tidak Beda
MQ-135	Tidak Beda	Tidak Beda
MQ-3	Tidak Beda	Tidak Beda
MQ-6	Tidak Beda	Tidak Beda

MQ-7	Tidak Beda	Tidak Beda
MQ-8	Beda	Beda
MQ-9	Beda	Beda
MQ-2	Beda	Beda

Hasil uji- $t$  pada gas udara kering terdapat sensor yang menghasilkan  $t_{hitung}$  lebih kecil daripada  $t_{tabel}$  yang berarti tidak terdapat perbedaan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Sebagai contoh hasil uji- $t$  dari kopi Sidomulyo pada sensor MQ 136 yang menghasilkan nilai  $t_{hitung}$  sebesar 0,834 dan nilai  $t_{tabel}$  sebesar 1,833. Nilai  $t_{hitung}$  yang dihasilkan lebih kecil daripada  $t_{tabel}$  yang berarti tidak ada perbedaan signifikan. Namun, tidak semua sensor menghasilkan  $t_{hitung}$  lebih kecil daripada  $t_{tabel}$ . Pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari terdapat 5 sensor yang tidak ada perbedaan signifikan yaitu MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7. Hal ini dapat diartikan bahwa kelima sensor tersebut dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal. Sensor MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 tidak dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal karena masih ada sisa-sisa aroma kopi yang terdapat pada permukaan sensor.

Hasil Uji BNT pada gas udara kering menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara minggu 1, minggu 3, minggu 5, dan minggu 7. Hal ini dapat diartikan bahwa sensor array dapat digunakan dengan baik lebih dari minggu ke 7. Dari hasil uji- $t$  dan uji beda (BNT) pada gas udara kering dapat disimpulkan bahwa udara kering mempunyai reproduibilitas yang baik namun pada sensor tertentu saja yang tidak dapat mengembalikan *baseline* kembali ke *baseline* semula.

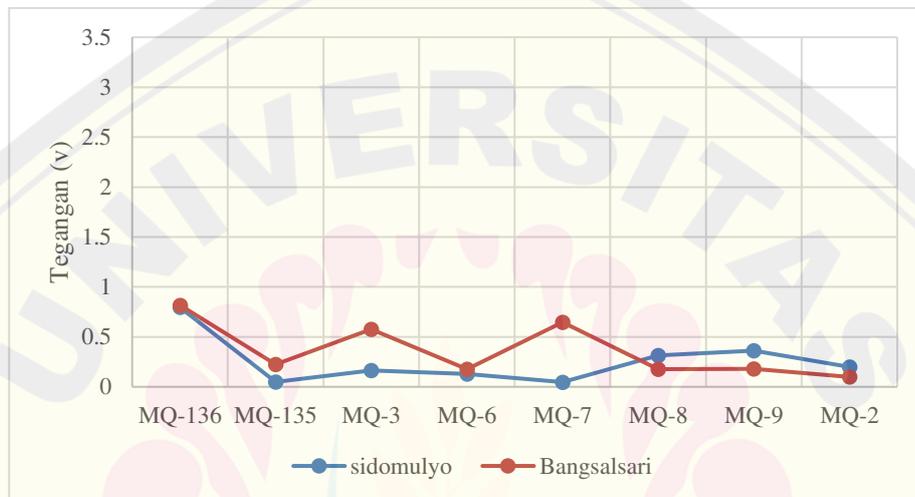
Tabel 4.7 Perbandingan Kinerja Gas Pembawa

	Argon	Nitrogen	Udara Kering
Reapitabilitas	Seluruh sensor yang digunakan memiliki nilai reapitabilitas dibawah 5 %	Seluruh sensor yang digunakan memiliki nilai reapitabilitas dibawah 5 %	Seluruh sensor yang digunakan memiliki nilai reapitabilitas dibawah 5 %
Uji-t	Ada perbedaan yang signifikan antara <i>baseline</i> awal dengan <i>baseline</i> akhir pada seluruh sensor	Hanya sensor MQ-3 yang dapat mengembalikan <i>baseline</i> ke <i>baseline</i> awal	Sensor MQ-136, MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7 yang dapat mengembalikan <i>baseline</i> ke <i>baseline</i> awal
Uji BNT	sensor hanya layak digunakan sampai minggu ke 3	Sensor layak digunakan sampai minggu 5	Sensor layak digunakan lebih dari minggu 7

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa udara kering paling baik untuk digunakan sebagai gas pembawa agar dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal. Udara kering dapat menghilangkan sisa-sisa aroma kopi yang terdapat pada sensor sehingga tegangan pada *baseline* akhir sama dengan *baseline* awal. Udara kering paling baik digunakan karena udara kering yang mengandung oksigen (O<sub>2</sub>) menyebabkan peningkatan jumlah oksigen teradsorp pada permukaan sensor, sehingga resistansi sensor mengalami peningkatan pula. Pengaruh adanya peningkatan resistansi sensor tersebut yaitu konduktivitas sensor menjadi menurun dan ditandai dengan menurunnya nilai tegangan sinyal respon sensor. Urutan gas pembawa dari yang paling baik yaitu udara kering, nitrogen, argon.

#### 4.4 Pola Respon Sensor Aroma Kopi Pada Variasi Gas Pembawa

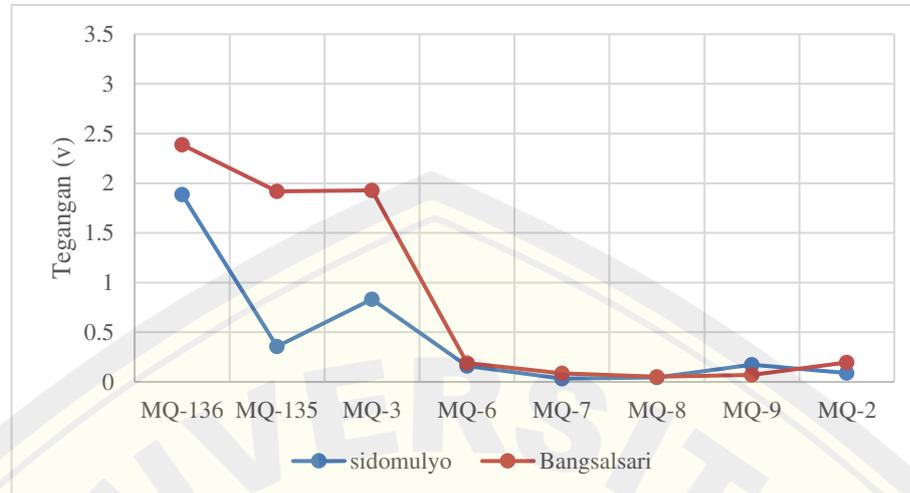
Penentuan pola respon kopi diperoleh dari selisih antara data aroma kopi bubuk dengan gas pembawa tanpa sampel, sehingga dari hasil data tersebut dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik aroma kopi dari masing-masing sampel kopi. Pola respon sensor pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas pembawa nitrogen, argon dan udara kering dapat dilihat pada gambar 4.7, 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.8 Pola Respon 8 Sensor MQ terhadap Kopi Sidomulyo dan Kopi Bangsalsari Sebesar 5 Gram menggunakan Argon sebagai Gas Pembawa dengan Kecepatan 3 L/Menit.

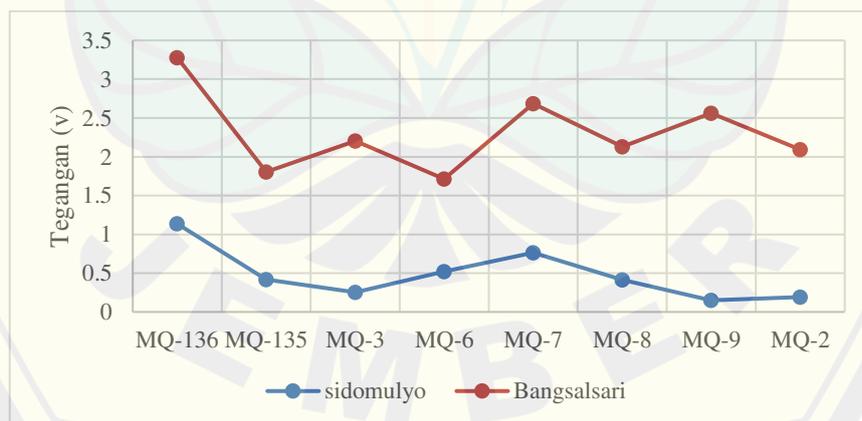
Berdasarkan gambar 4.8 pada gas argon sensor yang memiliki tegangan paling tinggi yaitu sensor MQ-136 pada kopi Sidomulyo maupun kopi Bangsalsari. Sensor MQ-136 sensitif terhadap hidrogen sulfida. Sensor MQ-7 pada kopi Bangsalsari memiliki tegangan tertinggi setelah MQ-136 sedangkan pada kopi Sidomulyo yaitu pada MQ-9. Urutan tegangan dari yang paling tinggi ke paling rendah pada kopi Bangsalsari yaitu MQ-136, MQ-7, MQ-3, MQ-135, MQ-6, MQ-9, MQ-8, MQ-2. Urutan tegangan dari yang paling tinggi ke paling rendah pada kopi Sidomulyo yaitu MQ-136, MQ-9, MQ-8, MQ-2, MQ-3, MQ-6, MQ-135 dan MQ-7. Kopi Sidomulyo memiliki tegangan yang lebih rendah pada semua sensor jika dibandingkan dengan kopi Bangsalsari. Hal ini menyatakan bahwa senyawa volatil yang ada pada kopi Sidomulyo lebih sedikit daripada kopi Bangsalsari.

Banyaknya senyawa volatil akan menyebabkan tegangan pada sensor menjadi lebih tinggi.



Gambar 4.9 Pola Respon 8 Sensor MQ terhadap Kopi Sidomulyo dan Kopi Bangsalsari sebesar 5 Gram menggunakan Nitrogen sebagai Gas Pembawa dengan Kecepatan 3 L/Menit.

Berdasarkan gambar 4.9 pada gas nitrogen sensor MQ-136 juga memiliki tegangan yang paling tinggi diantara sensor yang lainnya kopi Sidomulyo maupun kopi Bangsalsari. Setelah MQ-136 yaitu MQ-3, sensor ini sensitif terhadap alkohol dan sedikit sensitif terhadap benzene. Sensor yang paling rendah tegangannya yaitu MQ-7 pada kopi Sidomulyo dan MQ-8 pada kopi Bangsalsari.



Gambar 4.10 Pola Respon 8 Sensor MQ terhadap Kopi Sidomulyo dan Kopi Bangsalsari sebesar 5 gram menggunakan Udara Kering sebagai gas pembawa dengan Kecepatan 3 L/menit.

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa 8 sensor MQ yang digunakan dapat

membedakan tegangan antara Kopi Sidomulyo dengan Kopi Bangsalsari. Gas Udara Kering dapat dengan jelas membedakan sinyal sensor terhadap Kopi Bangsalsari maupun kopi Sidomulyo jika dibandingkan dengan gas argon dan nitrogen. Sensor MQ-136 mempunyai tegangan yang paling tinggi diantara sensor yang lainnya pada kopi Sidomulyo maupun kopi Bangsalsari. Selanjutnya yaitu MQ-7 yang mempunyai tegangan tinggi kedua setelah MQ-136. Sensor MQ-6 memiliki tegangan paling rendah daripada sensor yang lainnya. Sensor MQ-6 sensitif terhadap *Liquid Petroleum Gas* (LPG), butana dan isobutana. Sensor tersebut memiliki tegangan paling rendah karena kemungkinan kopi yang digunakan sedikit mengandung senyawa-senyawa tersebut. Pola respon sensor yang dihasilkan pada gambar 4.8, 4.9 dan 4.10 yaitu pada sampel kopi yang sama dengan gas pembawa yang berbeda menghasilkan pola yang berbeda, yaitu dilihat dari nilai tegangan yang dihasilkan dari masing-masing sensor. Perbedaan nilai tegangan ini disebabkan karena adanya interaksi antara senyawa volatil dengan oksigen yang teradsorpsi ke permukaan sensor. Hal ini menyatakan bahwa sensor array ini mampu membedakan kopi dari kebun Sidomulyo dan Bangsalsari.

#### **4.5 Pengaruh perbedaan Waktu *Flushing* Serta Interaksi Dengan Gas Pembawa Terhadap Reprodusibilitas *Baseline* Sensor Gas Array dalam Mendeteksi Aroma Bubuk Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari**

Variasi waktu digunakan untuk mengetahui berapa lama *baseline* dapat kembali ke *baseline* awal. Variasi waktu yang digunakan yaitu 60 s, 120 s, 180 s, 300 s, dan 420 s. Berikut adalah hasil dari *reapitabilitas baseline* dari berbagai waktu *flushing*.

Tabel 4.8 Uji Reapitabilitas *Baseline* berbagai waktu *flushing* menggunakan gas udara kering

	Waktu	MQ-136	MQ-135	MQ-3	MQ-6	MQ-7	MQ-8	MQ-9	MQ-2
Sidomulyo	60s	4.397	2.592	4.510	3.578	4.943	5.026	4.494	4.333
	120s	4.523	4.861	4.706	4.460	4.519	2.248	3.893	3.655
	180s	3.840	4.265	3.312	3.586	4.765	4.762	3.538	3.877
	300s	3.209	2.335	3.546	5.100	2.719	1.872	3.752	5.029
	420s	3.744	4.943	3.471	2.533	4.894	4.544	2.059	3.299
Bangsalsari	60s	4.292	5.026	2.962	1.581	5.048	2.105	1.705	4.348
	120s	3.885	4.509	2.995	4.165	4.688	1.922	2.566	1.854
	180s	3.538	4.039	2.371	3.720	3.669	1.907	2.636	3.994
	300s	2.035	4.861	3.116	3.653	3.909	5.112	4.861	4.839
	420s	3.744	4.943	3.471	2.533	4.894	4.544	2.059	3.299

Berdasarkan Tabel 4.8 Nilai RSD yang dihasilkan relatif mendekati 5%. Hal ini dapat dikatakan bahwa sensor gas array bekerja dengan baik dalam pengukuran *baseline* yang dilakukan secara berulang. Nilai %RSD terendah kopi Sidomulyo yaitu pada waktu *flushing* 420 detik yaitu pada sensor MQ-9 sebesar 2,059 % sedangkan pada kopi Bangsalsari yaitu pada waktu *flushing* 300 detik sensor MQ-136 menghasilkan %RSD sebesar 2,035.

Semakin lama dialirkan gas pembawa maka berkurangnya senyawa volatile kopi yang terdapat pada sensor sehingga tegangan yang dihasilkan akan turun. Pengaruh variasi waktu juga diuji dengan menggunakan uji anova. Hasil uji anova dapat dilihat pada tabel 4.9 dan 4.10

Tabel 4.9 Uji Anova pada sensor MQ-6 Kopi Sidomulyo

Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Waktu	0.114714	4	0.028678	39.26334	3.9E-14	2.578739
Gas	0.123404	2	0.061702	84.47531	5.82E-16	3.204317
Interaction	0.149979	8	0.018747	25.66676	2.36E-14	2.152133
Within	0.032869	45	0.00073			
Total	0.420964	59				

Tabel 4.10 Uji Anova pada sensor MQ-6 Kopi Bangsalsari

Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Waktu	0.389854	4	0.097464	98.64675	1.14E-21	2.578739
Gas	7.584912	2	3.792456	3838.496	5.29E-51	3.204317
Interaction	0.856667	8	0.107083	108.3833	8.36E-27	2.152133
Within	0.04446	45	0.000988			
Total	8.875893	59				

Berdasarkan tabel 4.9  $F_{hitung}$  yang dihasilkan sebesar 39.263 sedangkan  $F_{tabel}$ nya yaitu 2.5787.  $F_{hitung}$  yang dihasilkan lebih besar daripada  $F_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan yang signifikan. Pada kopi Bangsalsari menghasilkan  $F_{hitung}$  sebesar 98.6468 sedangkan  $F_{tabel}$  yang dihasilkan yaitu 2.5787.  $F_{hitung}$  yang di hasilkan lebih besar daripada  $F_{tabel}$  berarti ada perbedaan signifikan. Berdasarkan hasil uji anova dapat dinyatakan bahwa variasi waktu berpengaruh terhadap reproduibilitas *baseline* yang dihasilkan sensor array. Selanjutnya di uji menggunakan uji-*t* yang digunakan untuk mengetahui variasi waktu manakah yang optimum untuk mengembalikan *baseline* menjadi *baseline* awal.

Tabel 4. 11 Hasil Uji-*t* Udara Kering Sampel Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari

Sensor	Bangsalsari					Sidomulyo				
	60s	120s	180s	300s	420s	60s	120s	180s	300s	420s
MQ-136	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda
MQ-135	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda
MQ-3	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda
MQ-6	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda
MQ-7	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Tidak Beda
MQ-8	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda
MQ-9	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda
MQ-2	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda	Beda

Hasil dari uji- $t$  dari variasi waktu *flushing* 60s pada sensor MQ-136 yaitu  $t_{hitung}$  nya sebesar 2.262 dengan  $t_{tabel}$  sebesar 1.833. Nilai  $t_{hitung}$  yang dihasilkan lebih besar daripada  $t_{tabel}$ . Hal ini dapat diartikan bahwa ada perbedaan signifikan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Pada sensor MQ-135, MQ-3, MQ-6, MQ-7, MQ-8, MQ-9 dan MQ-2 menghasilkan  $t_{hitung}$  lebih besar daripada  $t_{tabel}$  pada kopi Sidomulyo maupun kopi Bangsalsari. Hal ini dapat disimpulkan bahwa waktu *flushing* 60s tidak dapat mengembalikan *baseline* kembali ke *baseline* awal. Selanjutnya yaitu pada waktu *flushing* 120s. Nilai  $t_{hitung}$  yang dihasilkan lebih besar daripada  $t_{tabel}$ . Hal ini dapat diartikan bahwa pada waktu *flushing* 120s tidak dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal sama halnya dengan waktu *flushing* 180s dan 300s. Pada waktu *flushing* 420s pada sensor MQ-136 kopi Sidomulyo menghasilkan  $t_{hitung}$  sebesar 0.835 dengan  $t_{tabel}$  sebesar 1.833. Nilai  $t_{hitung}$  yang dihasilkan lebih kecil daripada  $t_{tabel}$  yang dapat diartikan bahwa tidak ada perbedaan antara *baseline* awal dengan *baseline* akhir. Namun, tidak semua sensor menghasilkan  $t_{hitung}$  lebih kecil daripada  $t_{tabel}$ . Pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari terdapat 5 sensor yang tidak ada perbedaan signifikan yaitu MQ-136. MQ-135. MQ-3. MQ-6. MQ-7. Hal ini dapat diartikan bahwa ke 5 sensor tersebut dapat mengembalikan *baseline* kembali ke *baseline* awal. Dari hasil uji- $t$  yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa waktu *flushing* 420s adalah waktu yang paling baik yang digunakan untuk mengalirkan gas pembawa kembali hingga *baseline* kembali ke *baseline* awal.

Untuk mengetahui apakah ada interaksi antara gas pembawa dengan waktu *flushing* dilakukan dengan uji Anova *Two Way* dengan interaksi. Berikut adalah hasil dari uji anova

Tabel 4.12 Uji Anova pada sensor MQ-136 Kopi Sidomulyo

Source of Variation	SS	Df	MS	F	P-value	F crit
Waktu	0.053771	4	0.013443	12.15174	8.83E-07	2.578739
Gas	3.051778	2	1.525889	1379.348	4.2E-41	3.204317
Interaction	0.359351	8	0.044919	40.60502	4.41E-18	2.152133
Within	0.049781	45	0.001106			
Total	3.514681	59				

Tabel 4.13 Uji Anova pada sensor MQ-136 Kopi Bangsalsari

<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>
Waktu	0.065282	4	0.01632	4.492708	0.003865	2.578739
Gas	0.582259	2	0.291129	80.14214	1.48E-15	3.204317
Interaction	0.121362	8	0.01517	4.176064	0.000846	2.152133
Within	0.16347	45	0.003633			
Total	0.932373	59				

Berdasarkan tabel 4.12 pada tabel interaksi antara gas pembawa dengan waktu *flushing* menghasilkan  $F_{hitung}$  sebesar 40.605 sedangkan  $F_{tabel}$ -nya sebesar 2.152.  $F_{hitung}$  yang dihasilkan lebih besar daripada  $F_{tabel}$ . Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat interaksi antara gas pembawa dengan waktu *flushing* pada kopi Sidomulyo sedangkan pada kopi Bangsalsari dapat dilihat pada tabel 4.10. Nilai  $F_{hitung}$  yang dihasilkan pada kopi Bangsalsari sebesar 4.176 sedangkan  $F_{tabel}$ -nya sebesar 2.152.  $F_{hitung}$  yang dihasilkan lebih besar daripada  $F_{tabel}$ . Hal ini dapat diartikan bahwa terdapat interaksi antara variasi gas pembawa dengan variasi waktu *flushing*. Variasi gas pembawa dan perbedaan waktu *flushing* mempengaruhi nilai tegangan yang diperoleh. Variasi gas pembawa yang paling baik yaitu dengan menggunakan gas udara kering dengan waktu *flushing* 420 s. waktu *flushing* selama 420 s tersebut sisa-sisa aroma kopi pada sensor sudah tidak ada sehingga dapat menurunkan dan mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal. Gas udara kering paling baik digunakan karena dari hasil uji yang dilakukan udara kering dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal pada beberapa sensor dengan menggunakan waktu *flushing* selama 420s. Udara kering paling baik digunakan sebagai gas pembawa karena udara kering tidak mengandung uap air sehingga dapat meningkatkan resistansi sensor. Resistansi yang semakin meningkat disebabkan karena aroma sampel kopi pada permukaan sensor menurun akibat dari *flushing* menggunakan udara kering dan menyebabkan konduktivitas sensor semakin turun.

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian reproduibilitas *baseline* gas pembawa dalam penentuan pola aroma bubuk kopi robusta dengan sensor array adalah sebagai berikut

1. Variasi gas pembawa mempengaruhi reproduibilitas *baseline* sensor gas array dimana dinyatakan dengan hasil uji anova dan didapatkan udara kering adalah gas yang paling baik digunakan sebagai gas pembawa atau gas pembersih.
2. Perbedaan waktu *flushing* mempengaruhi reproduibilitas *baseline* dimana pada waktu *flushing* 420 s gas udara kering dapat mengembalikan *baseline* ke *baseline* awal.
3. Hasil uji anova *two way* dengan interaksi menyatakan bahwa terdapat interaksi antara variasi gas pembawa dengan perbedaan waktu *flushing* terhadap reproduibilitas *baseline* sensor array dan dapat disimpulkan bahwa gas pembawa yang paling baik yaitu udara kering dengan waktu *flushing* 420 s.

### 5.2 Saran

Saran yang akan diberikan pada penelitian selanjutnya penyimpanan sensor dilakukan dengan baik sehingga akan menghasilkan data yang akurat. Sensor gas juga disarankan tidak digunakan secara terus-menerus tanpa jeda. agar memberikan hasil yang baik dan tidak mempengaruhi kinerja sensor gas array. kecepatan alir gas pembawa yang digunakan harus benar-benar stabil agar tidak mengganggu proses sensing aroma kopi oleh sensor.

**DAFTAR PUSTAKA**

Albert. K. J., N. S. Lewis. C. L. Schauer. G. A. Sotzing. S. E. Stitzel. T. P. Vaid. dan D. R. Walt. 2000. Cross-reactive chemical sensor arrays. *Chemical Reviews*. 100(7):2595–2626.

Artanto. D. 2017. *Interface Sensor Dan Aktuator Menggunakan Proteus. Arduino. Dan Labview*. Yogyakarta: Deepublish.

Asni. Nur dan Meilin. Araz. 2015. *Teknologi Penanganan Pascapanen dan Pengolahan Hasil Kopi Liberika Tungkal Komposit (Libtukom)*. Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.

Badamasi. Y. A. 2014. The Working Principle of an Arduino. *Proceedings of the 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation. ICECCO*. 2014.

Berna. A. (2010). Metal oxide sensors for electronic noses and their application to food analysis. *Sensors*. 10(4). 3882–3910. <https://doi.org/10.3390/s100403882>

Datasheet Sensor. 2020. Datasheet Sensor MQ-2 [serial online]. <http://www.hwsensor.com> [diakses pada tanggal 20 Juni 2020].

Datasheet Sensor. 2020. Datasheet Sensor MQ-3 [serial online]. <http://www.hwsensor.com> [diakses pada tanggal 20 Juni 2020].

Datasheet Sensor. 2020. Datasheet Sensor MQ-6 [serial online]. <http://www.hwsensor.com> [diakses pada tanggal 20 Juni 2020].

Datasheet Sensor. 2020. Datasheet Sensor MQ-7 [serial online]. <http://www.hwsensor.com> [diakses pada tanggal 20 Juni 2020].

Datasheet Sensor. 2020. Datasheet Sensor MQ-135 [serial online]. <http://www.hwsensor.com> [diakses pada tanggal 20 Juni 2020].

Ditjenbun. 2014. *Pedoman Teknis Budidaya Kopi Yang Baik*. Jakarta: Kementria Pertanian

Hermida. I Dewa Putu. Parlindungan Sinaga. dan Gesi Soleha. 2016. *Karakteristik*

*Sensor Gas CO Berbasis Bahan SnO<sub>2</sub> dengan Metoda Solgel Menggunakan Teknologi Film Tebal. Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi.* 2(13): 60-65.

Lintang, C. A., T. W. Widodo, dan D. Lelono. 2016. Rancang bangun electronic nose untuk mendeteksi tingkat kebusukan ikan air tawar. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*. 6(2):129.

Madihah, K., Zaibunnisa, Norashikin, Rozita, dan Misnawi. 2013. Optimization of roasting conditions for high-quality arabica coffee. *International Food Research Journal*. 20(4):1623–1627.

Muttalib, S. A., Nugroho, J., & Bintoro, N. (2012). Identifikasi Aroma Campuran (Blending) Kopi Arabika Dan Robusta Dengan Electronic Nose Menggunakan Sistem Pengenalan Pola. *prosiding seminar nasional perteta*. 1995. 13–14.

Oestreich, S. dan Janzen. 2013. *Chemistry of Coffee*. Hamburg: Elsevier Inc.

Partridge, James G., Field, Mathew R., Sadek, Abu Z. 2009. Fabrication, Structural Characterization and Testing of a Nanostructured Tin Oxide Gas. *IEEE Sensors Journal*. 5(9):563-568.

Poltronieri, P., & Rossi, F. (2016). Challenges in Specialty Coffee Processing an Quality Assurance. *Challenges*. 7(2). 19. <https://doi.org/10.3390/challe7020019>

Purnama, Rosalita Gita. 2020. *Identifikasi Pola Respon Sensor Gas Array Pada Bubuk Kopi Robusta Sidomulyo Berdasarkan Variasi Suhu Pemanasan Dan Tingkat Kekasaran: Tugas Akhir*. Jember : Universitas Jember.

Rabersyah, D., F., & D. (2016). Identifikasi Jenis Bubuk Kopi menggunakan Electronic Nose dengan Metode Pembelajaran Backpropagation. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 5(3). <https://doi.org/10.20449/jnte.v5i3.305>

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

Rodrigues, C. I. I., Hanson, C. M., & Nogueira, J. M. F. (2012). Coffees and industrial blends aroma profile discrimination according to the chromatic value. *Coffee Science*. 7(2). 167–176. <https://doi.org/10.25186/cs.v7i2.492>

Rosyad, F. dan D. Lenono. 2016. Klasifikasi Kemurnian Daging Sapi Berbasis Electronic Nose Dengan Metode Principal Component Analysis. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*. 6(1):47.

Sakti, S. P. 2017. *Pengantar Teknologi Sensor*. Malang: UB Media.

Towaha, J., E. H. Purwanto, A. Aunillah, B. Penelitian, T. Industri, dan J. Raya. 2013. Peranan Pengolahan terhadap Pembentukan Citarasa Kopi. 157–168.

Tyas, frida kristining. 2020. *Analisis Profl Respon Sensor Gas Array Terhadap Kopi Robusta Kabupaten Jember Menggunakan Electronic Nose: Tugas Akhir*. Jember : Universitas Jember.

Wahyuni, Niken ayu kusuma. 2021. *Karakteristik Pola Respon Sensor Gas Array Terhadap Aroma Kopi Robusta Silosanen Dan Panti Berdasarkan Variasi Suhu Dan Gas Pembawa : Tugas Akhir*. Jember : Universitas Jember.

Yasin, faizah.2006. Production Of Carbon Nanotube For Gas Sensor Application. Malaysia: universitas Putra Malaysia.

Yashin, A., Y. Yashin, X. Xia, dan B. Nemzer. 2017. Chromatographic methods for coffee analysis: a review. *Journal of Food Research*. 6(4):60–82.

Villanueva, S., A. Guadarrama, M. L. Rodrigues-Mendez, 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*. 132 : 125–133

LAMPIRAN

**Lampiran 4.1** Perhitungan Nilai *Repeatability* Sensor MQ-135 pada Kopi Sidomulyo waktu flushing 420s menggunakan udara kering

a. Data Udara tanpa Sampel (Referensi)

		Pengulangan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data 70-100		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.28
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.23	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.23	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.23	1.29
		1.22	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.23	1.29
		1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.24	1.29
		1.22	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.23	1.23	1.29
	1.23	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.23	1.24	1.29	
	1.22	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.23	1.23	1.29	
	1.22	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.24	1.23	1.29	
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.26	1.23	1.24	1.29	
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.24	1.24	1.29	
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.25	1.23	1.23	1.29	
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.26	1.23	1.24	1.29	

	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.26	1.24	1.23	1.29
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.26	1.24	1.24	1.29
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.27	1.23	1.24	1.29
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.27	1.24	1.23	1.29
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.28	1.23	1.23	1.29
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.29	1.24	1.23	1.29
	1.22	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.29	1.24	1.23	1.29
	1.21	1.23	1.29	1.26	1.26	1.23	1.30	1.23	1.23	1.29
	1.21	1.22	1.29	1.26	1.26	1.22	1.31	1.23	1.23	1.29
	1.21	1.22	1.29	1.26	1.26	1.22	1.31	1.23	1.23	1.29
Rata-rata	1.24	1.24	1.29	1.26	1.26	1.24	1.25	1.23	1.24	1.28
Rata-rata SD	0.511705									
RSD	0.01916									
RSD	3.744377									

b. Data Sampel Kopi dengan Udara Kering

Pengulangan										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Data 350-380	1.83	1.73	1.91	1.81	1.83	1.73	1.92	1.69	1.69	1.92
	1.83	1.73	1.92	1.80	1.84	1.73	1.93	1.69	1.70	1.92
	1.84	1.74	1.92	1.81	1.84	1.74	1.92	1.69	1.70	1.92
	1.84	1.75	1.92	1.82	1.84	1.75	1.93	1.70	1.71	1.92
	1.84	1.76	1.92	1.81	1.85	1.76	1.93	1.69	1.71	1.92
	1.85	1.76	1.92	1.81	1.85	1.76	1.93	1.70	1.72	1.93
	1.85	1.77	1.93	1.82	1.86	1.77	1.94	1.70	1.73	1.92
	1.86	1.77	1.92	1.82	1.86	1.77	1.94	1.71	1.73	1.93
	1.86	1.77	1.93	1.82	1.86	1.77	1.94	1.71	1.73	1.93
	1.86	1.77	1.93	1.83	1.86	1.77	1.94	1.72	1.74	1.93
	1.86	1.78	1.93	1.83	1.85	1.78	1.93	1.73	1.75	1.94
	1.85	1.78	1.94	1.83	1.87	1.78	1.94	1.73	1.76	1.94
	1.87	1.79	1.94	1.83	1.87	1.79	1.95	1.73	1.76	1.94
	1.87	1.79	1.94	1.84	1.87	1.79	1.94	1.74	1.77	1.94
	1.87	1.80	1.94	1.84	1.87	1.80	1.95	1.75	1.77	1.93
	1.87	1.81	1.93	1.84	1.88	1.81	1.95	1.76	1.77	1.94
	1.88	1.80	1.94	1.85	1.88	1.80	1.95	1.76	1.77	1.95
	1.88	1.81	1.95	1.85	1.88	1.81	1.95	1.77	1.78	1.94
1.88	1.82	1.94	1.86	1.88	1.82	1.96	1.77	1.78	1.95	
1.88	1.81	1.95	1.86	1.89	1.81	1.96	1.77	1.79	1.95	

1.89	1.81	1.95	1.86	1.89	1.81	1.96	1.77	1.79	1.95	
1.89	1.82	1.95	1.86	1.89	1.82	1.96	1.78	1.80	1.95	
1.89	1.82	1.95	1.85	1.89	1.82	1.97	1.78	1.81	1.96	
1.89	1.82	1.96	1.87	1.89	1.82	1.97	1.79	1.80	1.96	
1.89	1.83	1.96	1.87	1.90	1.83	1.97	1.79	1.81	1.96	
1.90	1.83	1.96	1.87	1.90	1.83	1.97	1.80	1.82	1.96	
1.90	1.83	1.96	1.87	1.90	1.83	1.97	1.81	1.81	1.97	
1.90	1.83	1.97	1.88	1.90	1.83	1.97	1.80	1.81	1.97	
1.90	1.84	1.97	1.88	1.90	1.84	1.97	1.81	1.82	1.97	
1.90	1.84	1.97	1.88	1.91	1.84	1.98	1.82	1.82	1.97	
1.91	1.84	1.97	1.88	1.91	1.84	1.98	1.81	1.82	1.97	
Rata-rata	2.03	2.00	2.06	2.02	2.03	2.00	2.05	1.99	1.99	2.05
Rata-rata										
SD										
RSD										

c. Kumpulan Nilai Reapitibility Kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan Variasi Gas Pembawa (argon. Nitrogen. dan Udara Kering)  
Kopi Sidomulyo

Gas pembawa	Waktu	Mq-136	Mq-135	Mq-3	Mq-6	Mq-7	Mq-8	Mq-9	Mq-2
Argon	60s	2.67	4.61	3.85	4.39	4.33	3.84	3.35	4.91
	120s	0.59	2.20	2.27	1.62	2.15	1.36	1.34	2.36
	180s	4.32	3.92	5.06	4.18	4.94	3.89	3.36	4.73
	300s	4.23	1.96	0.54	4.45	4.47	1.28	1.13	1.60
	420s	2.83	1.73	1.12	1.96	2.39	0.96	0.86	1.03
Nitrogen	60s	2.66	1.46	1.20	0.95	4.32	3.80	2.61	3.42
	120s	3.19	1.28	0.99	0.90	3.36	2.17	2.41	4.86
	180s	4.36	2.26	1.59	1.04	3.50	4.77	4.53	2.13

	300s	3.07	1.66	1.36	0.78	3.82	4.12	2.92	4.18
	420s	3.41	1.77	1.86	0.71	4.74	4.78	2.75	1.22
	60s	2.01	4.74	3.69	3.00	3.15	4.47	4.47	4.70
Udara kering	120s	0.73	0.97	1.22	0.81	1.26	0.99	3.68	1.77
	180s	2.44	3.88	4.42	3.43	2.09	4.48	4.98	3.23
	300s	0.89	1.54	1.98	3.07	1.30	3.61	3.88	4.66
	420s	3.31	4.74	3.69	3.00	3.15	4.20	3.79	4.70

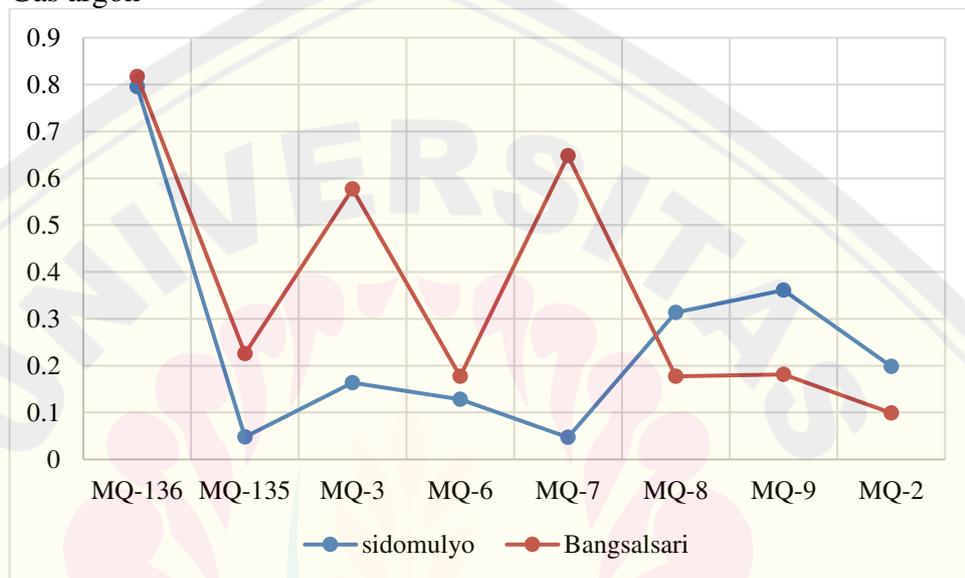
## Kopi Bangsalsari

Gas pembawa	Waktu	Mq-136	Mq-135	Mq-3	Mq-6	Mq-7	Mq-8	Mq-9	Mq-2
Argon	60s	4.03	0.59	3.72	3.96	4.42	2.00	0.47	0.51
	120s	4.03	3.13	4.87	2.12	4.42	1.11	0.59	4.30
	180s	4.02	5.05	4.59	3.84	4.29	4.50	0.57	1.07
	300s	4.64	0.29	4.86	3.56	4.77	4.82	0.59	3.24
	420s	0.60	3.11	4.82	3.14	1.05	4.82	2.57	4.20
Nitrogen	60s	3.33	3.23	2.63	3.32	2.06	2.75	2.79	1.01
	120s	1.22	3.87	2.28	4.24	2.79	2.36	2.37	4.21
	180s	4.73	0.53	3.00	1.09	3.44	0.86	2.26	1.39
	300s	3.11	3.97	2.26	4.82	2.18	1.65	2.61	4.64
	420s	1.15	0.62	0.32	2.97	2.59	4.11	4.16	4.70
Udara kering	60s	0.39	0.89	1.20	2.15	3.40	2.72	0.91	0.80
	120s	0.47	0.87	0.91	1.89	2.73	1.67	0.78	0.76
	180s	0.47	0.89	1.25	1.91	2.76	0.43	0.57	0.77

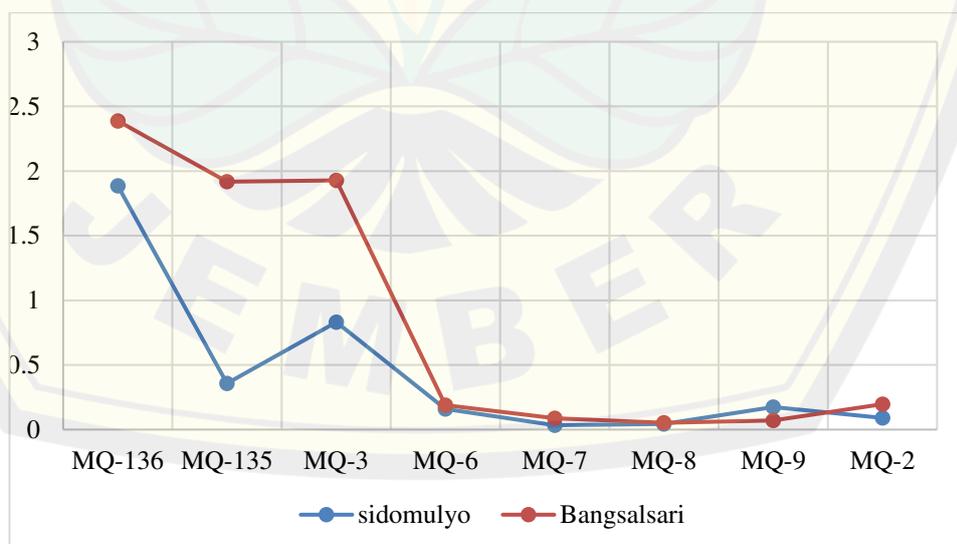
300s	1.53	1.64	1.36	1.09	3.00	1.65	1.40	1.93
420s	0.82	1.27	2.02	1.47	2.82	0.74	0.82	1.13

**Lampiran 4.2** Respon sensor array terhadap kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas pembawa

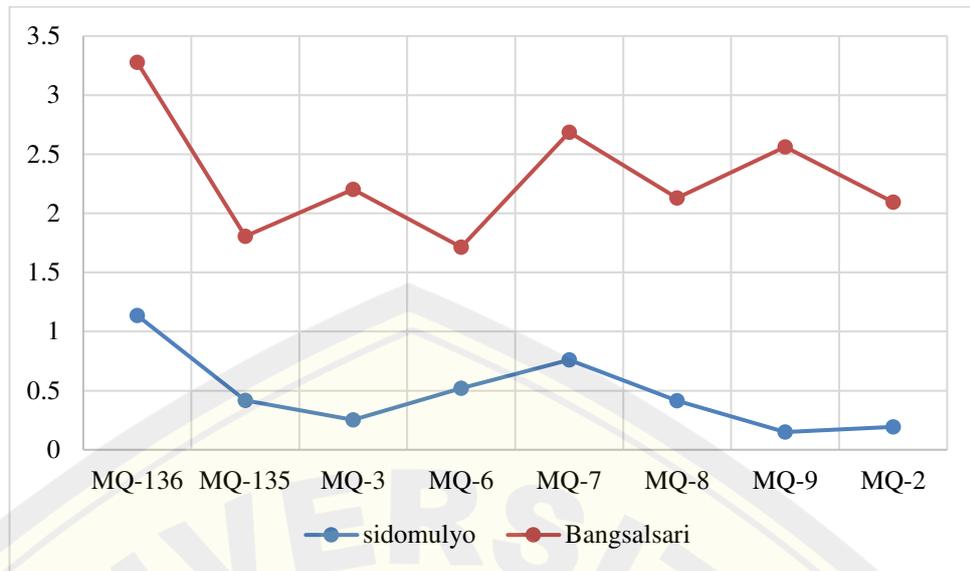
a. Gas argon



b. Gas nitrogen

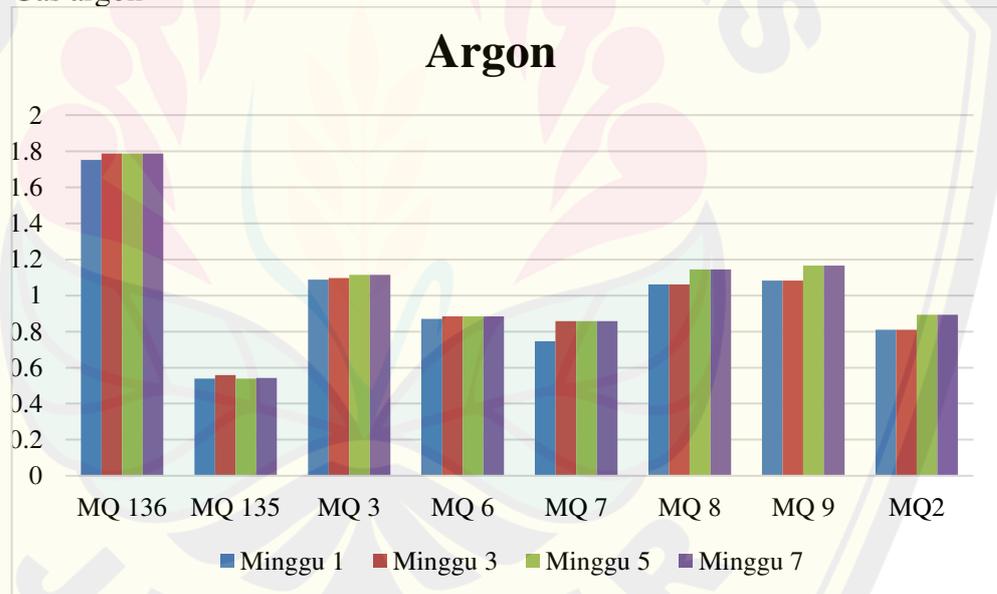


c. Gas udara kering

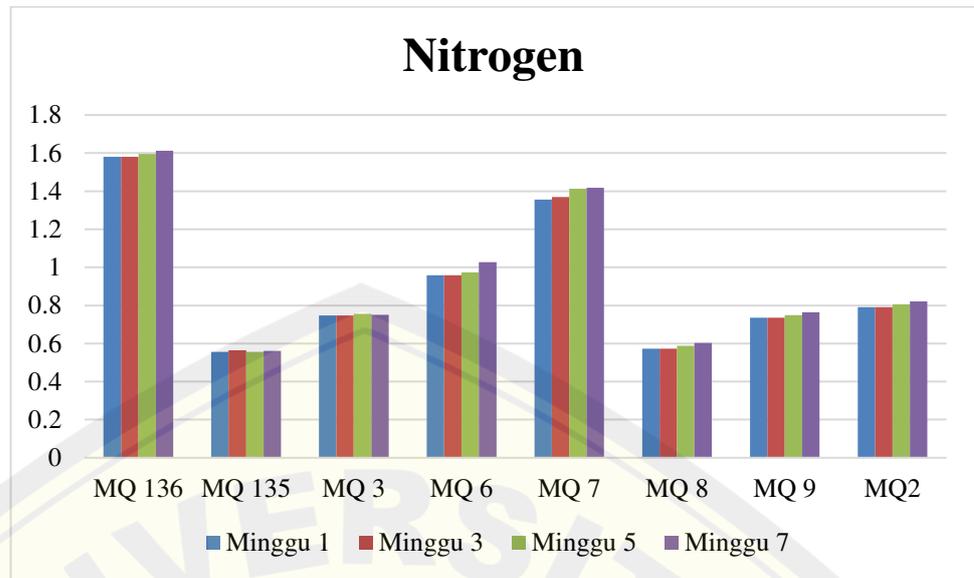


**Lampiran 4.3** Kumpulan pola nilai RSD *baseline* dengan variasi gas pembawa

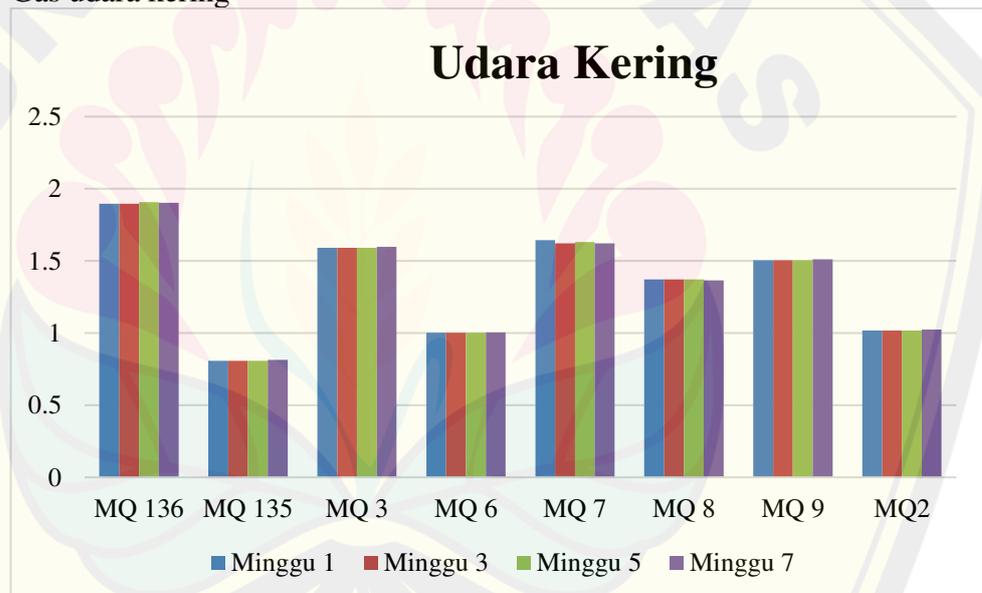
a. Gas argon



b. Gas nitrogen

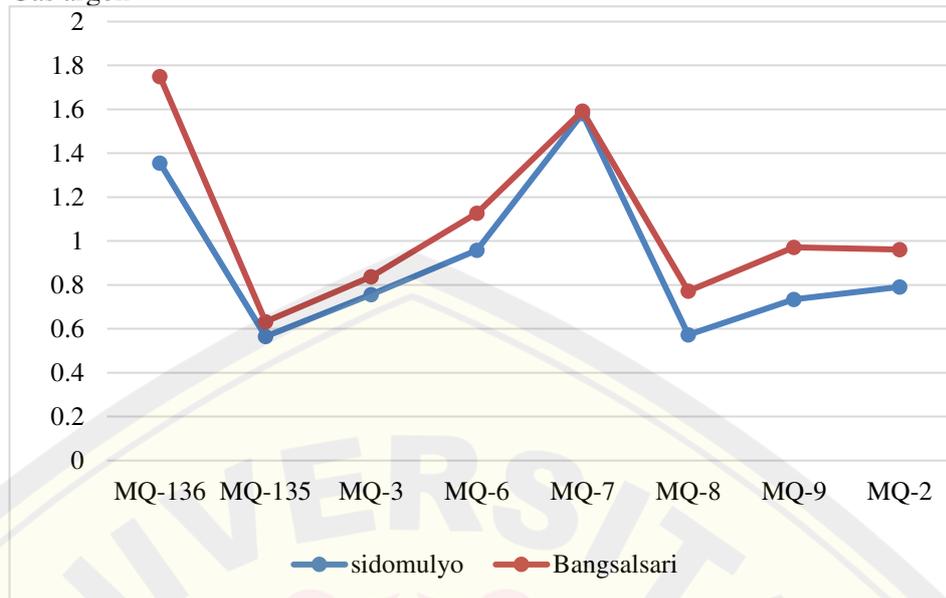


c. Gas udara kering

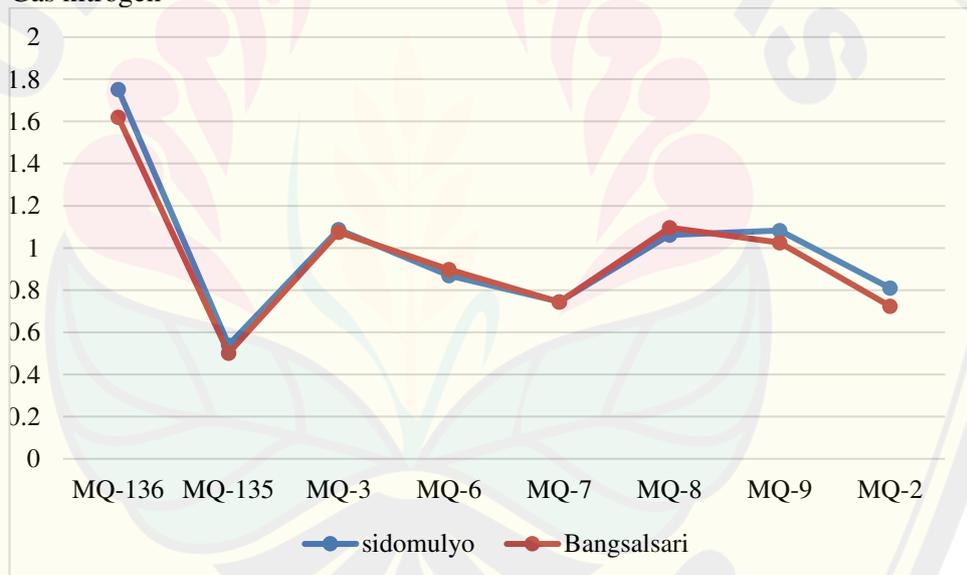


**Lampiran 4.4** Pola Respon 8 Sensor terhadap *baseline* kopi Sidomulyo dan Bangsalsari menggunakan gas pembawa

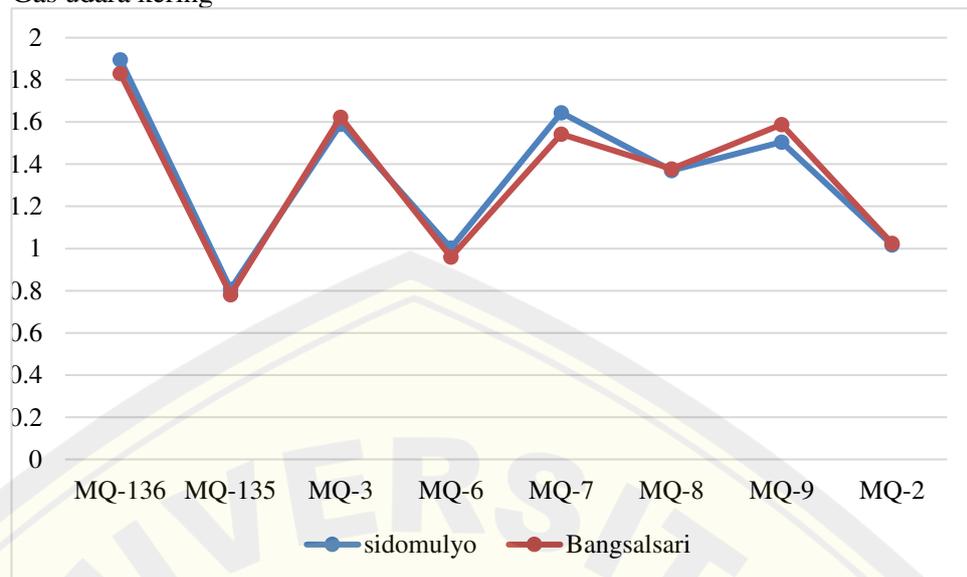
a. Gas argon



b. Gas nitrogen



c. Gas udara kering



Lampiran 4.5 Uji Anova Two Way

a. Kopi Sidomulyo MQ-136

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
waktu	0.053771	4	0.013443	12.15174	8.83E-07	2.578739
gas	3.051778	2	1.525889	1379.348	4.2E-41	3.204317
Interaction	0.359351	8	0.044919	40.60502	4.41E-18	2.152133
Within	0.049781	45	0.001106			
Total	3.514681	59				

MQ-3

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
waktu	0.197606	4	0.049402	86.27266	1.65E-20	2.578739
gas	7.644214	2	3.822107	6674.748	2.2E-56	3.204317
Interaction	0.747213	8	0.093402	163.1123	1.29E-30	2.152133
Within	0.025768	45	0.000573			

Total	8.614802	59
-------	----------	----

MQ-6

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
waktu	0.114714	4	0.028678	39.26334	3.9E-14	2.578739
gas	0.123404	2	0.061702	84.47531	5.82E-16	3.204317
Interaction	0.149979	8	0.018747	25.66676	2.36E-14	2.152133
Within	0.032869	45	0.00073			
Total	0.420964	59				

**b. Kopi Bangsalsari**  
MQ-136

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
waktu	0.065282	4	0.01632	4.492708	0.003865	2.578739
gas	0.582259	2	0.291129	80.14214	1.48E-15	3.204317
Interaction	0.121362	8	0.01517	4.176064	0.000846	2.152133
Within	0.16347	45	0.003633			
Total	0.932373	59				

MQ-3

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
waktu	0.287824	4	0.071956	14.19704	1.43E-07	2.578739
gas	1.982604	2	0.991302	195.5852	6.38E-23	3.204317
Interaction	0.593624	8	0.074203	14.64035	2.9E-10	2.152133
Within	0.228078	45	0.005068			
Total	3.09213	59				

MQ-6

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>
waktu	0.389854	4	0.097464	98.64675	1.14E-21	2.578739
gas	7.584912	2	3.792456	3838.496	5.29E-51	3.204317
Interaction	0.856667	8	0.107083	108.3833	8.36E-27	2.152133
Within	0.04446	45	0.000988			
Total	8.875893	59				

**Lampiran 4.6** Uji-*t* pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan variasi gas pembawa

a. Kopi Sidomulyo

	Argon		Nitrogen		Udara Kering	
	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	2.262	1.833	17.022	1.833	0.835	1.833
MQ-135	67.328	1.833	30.837	1.833	1.464	1.833
MQ-3	66.430	1.833	1.350	1.833	0.021	1.833
MQ-6	108.269	1.833	2.262	1.833	0.612	1.833
MQ-7	155.345	1.833	136.887	1.833	1.547	1.833
MQ-8	120.461	1.833	252.714	1.833	2.262	1.833
MQ-9	70.204	1.833	49.539	1.833	11.788	1.833
MQ-2	384.589	1.833	2.262	1.833	2.262	1.833

b. **Kopi Bangsalsari**

	Argon		Nitrogen		Udara Kering	
	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	2.262	1.833	450.969	1.833	0.124	1.833
MQ-135	2.262	1.833	2.262	1.833	0.626	1.833
MQ-3	3.289	1.833	2483.899	1.833	1.001	1.833
MQ-6	2.262	1.833	2.262	1.833	0.601	1.833
MQ-7	154.616	1.833	5.532	1.833	0.799	1.833
MQ-8	154.617	1.833	50.277	1.833	0.996	1.833
MQ-9	59.617	1.833	2.262	1.833	6.034	1.833
MQ-2	67.196	1.833	6.757	1.833	3.696	1.833

**Lampiran 4.8** Uji-*t* pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan variasi waktu flushing

a. 60 s

	Sidomulyo		Bangsalsari	
	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-135	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-3	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-6	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-7	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-8	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-9	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-2	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933

b. 120 s

	Sidomulyo		Bangsalsari	
	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-135	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-3	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-6	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-7	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-8	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-9	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-2	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933

c. 180 s

	Sidomulyo		Bangsalsari	
	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-135	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-3	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-6	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-7	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-8	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-9	173168959	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-2	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933

d. 300 s

	Sidomulyo	Bangsalsari
--	-----------	-------------

	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	2.262157163	1.833112933	224101005.7	1.833112933
MQ-135	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-3	47.57142857	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-6	104	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-7	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-8	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933
MQ-9	2.262157163	1.833112933	2089	1.833112933
MQ-2	2.262157163	1.833112933	2.262157163	1.833112933

e. 420 s

	Sidomulyo		Bangsalsari	
	t hitung	t tabel	t hitung	t tabel
MQ-136	0.835	1.833	0.124	1.833
MQ-135	1.464	1.833	0.626	1.833
MQ-3	0.021	1.833	1.001	1.833
MQ-6	0.612	1.833	0.601	1.833
MQ-7	1.547	1.833	0.799	1.833
MQ-8	2.262	1.833	0.996	1.833
MQ-9	11.788	1.833	6.034	1.833
MQ-2	2.262	1.833	3.696	1.833

**Lampiran 4.8** Uji beda BNT pada kopi Sidomulyo dan Bangsalsari dengan variasi gas pembawa

MQ-2

**Multiple Comparisons**

LSD

Dependent Variable	(I) Baseline	(J) Baseline	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
Argon	minggu 1	minggu 3	-.01284	.01612	.431	-.0455	.0199
		minggu 5	-.09304*	.01612	.000	-.1257	-.0603
		minggu 7	-.02375	.01612	.149	-.0564	.0089
	minggu 3	minggu 1	.01284	.01612	.431	-.0199	.0455
		minggu 5	-.08020*	.01612	.000	-.1129	-.0475
		minggu 7	-.01092	.01612	.503	-.0436	.0218
	minggu 5	minggu 1	.09304*	.01612	.000	.0603	.1257
		minggu 3	.08020*	.01612	.000	.0475	.1129
		minggu 7	.06928*	.01612	.000	.0366	.1020
	minggu 7	minggu 1	.02375	.01612	.149	-.0089	.0564
		minggu 3	.01092	.01612	.503	-.0218	.0436
		minggu 5	-.06928*	.01612	.000	-.1020	-.0366
Nitrogen	minggu 1	minggu 3	-.01700	.01374	.224	-.0449	.0109
		minggu 5	-.02420	.01374	.087	-.0521	.0037
		minggu 7	-.02460	.01374	.082	-.0525	.0033
	minggu 3	minggu 1	.01700	.01374	.224	-.0109	.0449
		minggu 5	-.00720	.01374	.603	-.0351	.0207
		minggu 7	-.00760	.01374	.583	-.0355	.0203
	minggu 5	minggu 1	.02420	.01374	.087	-.0037	.0521
		minggu 3	.00720	.01374	.603	-.0207	.0351
		minggu 7	-.00040	.01374	.977	-.0283	.0275
	minggu 7	minggu 1	.02460	.01374	.082	-.0033	.0525
		minggu 3	.00760	.01374	.583	-.0203	.0355
		minggu 5	.00040	.01374	.977	-.0275	.0283
UK	minggu 1	minggu 3	.00092	.02304	.968	-.0458	.0477
		minggu 5	.00000	.02304	1.000	-.0467	.0467
		minggu 7	-.01700	.02304	.465	-.0637	.0297
	minggu 3	minggu 1	-.00092	.02304	.968	-.0477	.0458
		minggu 5	-.00092	.02304	.968	-.0477	.0458

	minggu 7	-.01792	.02304	.442	-.0647	.0288
minggu 5	minggu 1	.00000	.02304	1.000	-.0467	.0467
	minggu 3	.00092	.02304	.968	-.0458	.0477
minggu 7	minggu 7	-.01700	.02304	.465	-.0637	.0297
	minggu 1	.01700	.02304	.465	-.0297	.0637
	minggu 3	.01792	.02304	.442	-.0288	.0647
	minggu 5	.01700	.02304	.465	-.0297	.0637

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

MQ-7

**Multiple Comparisons**

LSD

Dependent Variable	(I) Baseline	(J) Baseline	Mean	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
			Difference (I-J)			Lower Bound	Upper Bound
Argon	minggu 1	minggu 3	-.01550	.02699	.569	-.0702	.0392
		minggu 5	-.01795	.02699	.510	-.0727	.0368
		minggu 7	.04306	.02699	.119	-.0117	.0978
	minggu 3	minggu 1	.01550	.02699	.569	-.0392	.0702
		minggu 5	-.00245	.02699	.928	-.0572	.0523
		minggu 7	.05856*	.02699	.037	.0038	.1133
	minggu 5	minggu 1	.01795	.02699	.510	-.0368	.0727
		minggu 3	.00245	.02699	.928	-.0523	.0572
		minggu 7	.06101*	.02699	.030	.0063	.1158
	minggu 7	minggu 1	-.04306	.02699	.119	-.0978	.0117
		minggu 3	-.05856*	.02699	.037	-.1133	-.0038
		minggu 5	-.06101*	.02699	.030	-.1158	-.0063
Nitrogen	minggu 1	minggu 3	-.01190	.02604	.650	-.0647	.0409
		minggu 5	-.01550	.02604	.555	-.0683	.0373
		minggu 7	.08953*	.02604	.001	.0367	.1423
	minggu 3	minggu 1	.01190	.02604	.650	-.0409	.0647
		minggu 5	-.00360	.02604	.891	-.0564	.0492
		minggu 7	.10143*	.02604	.000	.0486	.1542
	minggu 5	minggu 1	.01550	.02604	.555	-.0373	.0683
		minggu 3	.00360	.02604	.891	-.0492	.0564

	minggu 7	.10503*	.02604	.000	.0522	.1578	
minggu 7	minggu 1	-.08953*	.02604	.001	-.1423	-.0367	
	minggu 3	-.10143*	.02604	.000	-.1542	-.0486	
	minggu 5	-.10503*	.02604	.000	-.1578	-.0522	
UK	minggu 1	minggu 3	-.03298	.02844	.254	-.0906	.0247
		minggu 5	-.04798	.02844	.100	-.1056	.0097
		minggu 7	-.04929	.02844	.092	-.1070	.0084
	minggu 3	minggu 1	.03298	.02844	.254	-.0247	.0906
		minggu 5	-.01500	.02844	.601	-.0727	.0427
		minggu 7	-.01631	.02844	.570	-.0740	.0414
	minggu 5	minggu 1	.04798	.02844	.100	-.0097	.1056
		minggu 3	.01500	.02844	.601	-.0427	.0727
		minggu 7	-.00131	.02844	.963	-.0590	.0564
	minggu 7	minggu 1	.04929	.02844	.092	-.0084	.1070
		minggu 3	.01631	.02844	.570	-.0414	.0740
		minggu 5	.00131	.02844	.963	-.0564	.0590

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.