

**KLASIFIKASI RASA KOPI LIBERIKA BERDASARKAN ASAL  
GEOGRAFIS BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK DENGAN METODE  
*PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA)***

**SKRIPSI**

Oleh:

**Marvina Rizqi Noor**  
**NIM. 17640049**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2021**

**KLASIFIKASI RASA KOPI LIBERIKA BERDASARKAN ASAL  
GEOGRAFIS BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK DENGAN METODE  
*PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA)***

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh:**

**Marvina Rizqi Noor  
NIM. 17640049**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2021**

## HALAMAN PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI RASA KOPI LIBERIKA BERDASARKAN ASAL  
GEOGRAFIS BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK DENGAN METODE  
*PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA)*

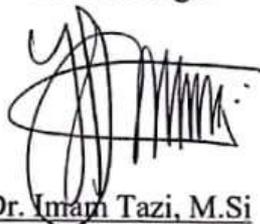
SKRIPSI

Oleh:  
Marvina Rizqi Noor  
NIM. 17640049

Telah disetujui untuk diujikan  
Pada tanggal 22 November 2021

Menyetujui,

Pembimbing I



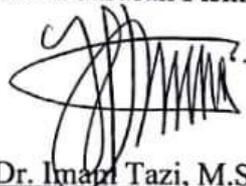
Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

Pembimbing II



Dr. Erna Hastuti, M.Si  
NIP. 19811119 200801 2 009

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Imam Tazi, M.Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## HALAMAN PENGESAHAN

IDENTIFIKASI RASA KOPI LIBERIKA BERDASARKAN ASAL  
GEOGRAFIS BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK DENGAN METODE  
*PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA)*

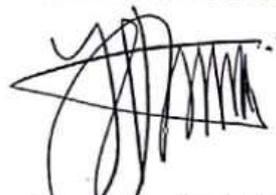
### SKRIPSI

Oleh:  
Marvina Rizqi Noor  
NIM. 17640049

Telah Dipertahankan Di Depan Dewan Penguji  
Dan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada Tanggal, 22 Desember 2021

Ketua	:	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Anggota 1	:	<u>Muthmainnah, M.Si</u> NIP. 19860325 201903 2 009	
Anggota 2	:	<u>Dr. Imam Tazi, M. Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota 3	:	<u>Dr. Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Imam Tazi, M. Si  
NIP. 19740730 200312 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

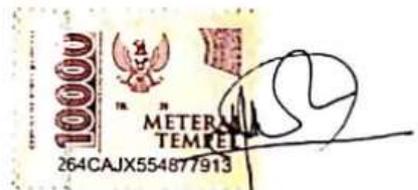
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Marvina Rizqi Noor  
NIM : 17640049  
Jurusan : Fisika  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Klasifikasi Rasa Kopi Liberika Berdasarkan Asal Geografis Berbasis Lidah Elektronik dengan Metode *Principle Component Analysis (PCA)*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber kutipan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atau perbuatan tersebut.

Malang, Desember 2021

Yang Membuat Pernyataan,



Marvina Rizqi Noor  
NIM. 17640049

## MOTTO

**“Nikmatilah Sebuah Proses”.**

**“Ingatlah kehidupan kampus dengan terus mengasah. Jangan habiskan waktumu untuk berkeluh kesah”.**

**(Najwa Sihab)**

***“Anyone who has never made a mistake has never tried anything new”.***

**(Albert Einstein)**

**“Pendidikan bukanlah proses mengisi wadah yang kosong. Pendidikan adalah proses menyalakan api pikiran”.**

**(William Butler Yeats)**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### ***Bismillahirrahmanirrahim..***

Terima kasih atas segala nikmat yang telah Engkau berikan kepadaku Ya Allah. Alhamdulillah wa syukurillah setelah menempuh proses yang lumayan panjang, akhirnya bisa berada pada tahap ini. Tentunya hal tersebut tidak akan bisa kulakukan tanpa adanya bantuan dan dukungan dari orang-orang tercintaku.

### **Kuucapkan beribu-ribu terima kasih kepada...**

Panutan tercintaku yaitu **Ibunda Arfati** yang telah berjuang seorang diri mencari nafkah hanya untuk memberikan pendidikan terbaik untukku dan selalu memberikan kasih sayang yang tiada terkira. Kuucapkan terima kasih pula kepada kakak tercintaku **Ari Abdillah Nur Ichrom** yang selama ini telah menjadi bendaharaku dan selalu membantu dan menyelesaikan segala masalah yang telah kuperbuat.

Dosen pembimbing **Pak Imam Tazi** yang selalu membantuku dari awal hingga akhir ini, yang selalu sabar menjelaskan berulang-ulang materi yang belum kupahami. Selalu memberi *support* ketika aku berada pada titik terlemah dan memberikan solusi atas segala kebingunganku.

Sahabat-sahabatku tercinta **Siska Emelda Putri, Retno Indarti, dan Nur Laily Navira** yang selalu menemaniku ketika senang maupun sedih. Bersedia mendengarkan segala keluh kesahku dan yang selalu menguatkanmu agar terus bangkit untuk menyelesaikan karya ini. Tak terlupakan seluruh teman-teman **Physics 2017** yang telah bersama denganku 4 tahun lebih ini dan menjadi penyempurna dari segala kekuranganku.

Dosen pembimbing dadakanku **Adi Setia Pratama** yang selalu membantu segala keperluan dan kebutuhanku terkhusus dalam pengerjaan kajian integrasi. Penasehat terbaik yang tidak bosan-bosannya mendengarkan segala keluh kesahku di tengah-tengah kesibukannya.

**Terima kasih kepada semua pihak yang belum bisa kusebutkan satu persatu disini. Terima kasih atas segala bantuan dan motivasi yang telah diberikan padaku.**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul **“Klasifikasi Rasa Kopi Berdasarkan Asal Geografis Berbasis Lidah Elektronik dengan Metode *Principle Component Analysis* (PCA)”**. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun manusia menuju zaman zakiyyah, yakni Addinul Islam Wal Iman. Penulis susun proposal skripsi ini sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains (S. Si) di Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, MA selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Imam Tazi, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus Dosen Pembimbing yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan, motivasi dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi dengan baik.
4. Erna Hastuti, M.Si selaku Dosen pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dalam bidang integrasi sains dan Al-Quran.
5. Farid Samsu Hananto, M.T dan Muthmainnah, M.Si selaku Dosen Penguji yang telah memberikan pengarahan dan perbaikan untuk kelengkapan proposal skripsi ini.
6. Segenap dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu pengetahuan.

7. Ibu, kakak serta keluarga di rumah yang selalu memberi doa dan dukungan, baik riil maupun materiil selama proses penelitian.
8. Siska Emelda Putri, Retno Indarti, Nur Laily Navira dan Adi Setia Pratama yang telah membantu dan mendukung penuh selama proses pengerjaan skripsi ini berlangsung.
9. Teman-teman Fisika, khususnya Fisika angkatan 2017 yang senantiasa memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
10. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan proposal skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kekeliruan. Untuk itu, penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi orang lain.

Malang, Desember 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xvi</b>
<b>ملخص.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Kopi Liberika .....	6
2.2 Geografis .....	11
2.3 Indra Pengecap .....	13
2.4 Rasa.....	14
2.5 Lidah Elektronik.....	17
2.5.1 Pengertian Lidah Elektronik .....	17
2.5.2 Membran Lipid/Polimer.....	18
2.5.3 Array Sensor Potensiometrik .....	25
2.5.4 Perangkat Lidah Elektronik.....	26
2.6 <i>Principle Component Analysis (PCA)</i> .....	27
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>30</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian .....	30
3.3 Alat Dan Bahan .....	30
3.3.1 Alat Penelitian .....	30
3.3.2 Bahan Penelitian .....	31
3.4 Diagram Alir .....	32
3.5 Prosedur Penelitian.....	33
3.5.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel.....	33
3.5.2 Pembuatan Sampel.....	33
3.5.3 Pengambilan Data Lidah Elektronik.....	34
3.5.4 Pengolahan Data .....	34
3.5.5 Analisis Data.....	35
3.5.6 Tabel Hasil Penelitian.....	36
3.5.7 Tabel Pengolahan Data PCA .....	38

<b>BAB 1V HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Data Hasil.....	39
4.1.1 Preparasi Sampel .....	39
4.1.2 Pemasangan Membran Probe Sensor .....	39
4.1.3 Pengujian Sensor Lidah Elektronik.....	41
4.1.4 Hasil Pengolahan Data PCA .....	42
4.2 Pembahasan.....	46
4.3 Kajian Integrasi Islam .....	48
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>54</b>
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran.....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Kopi Liberika .....	9
Gambar 2.2 Area Pembagian Rasa Pada Lidah .....	15
Gambar 2.3 Membran Sel Pada Lidah Manusia .....	18
Gambar 2.4 Proses Aliran Ion Pada Membran.....	19
Gambar 2.5 Model Membran Lipid .....	21
Gambar 2.6 Interaksi Ion Terhadap Membran Sel.....	25
Gambar 2.7 Interaksi Potensial Membran.....	25
Gambar 2.8 Komponen Lidah Elektronik.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian .....	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data .....	35
Gambar 4.1 Larutan Membran Probe Sensor.....	41
Gambar 4.2 Pengujian Kopi Liberika pada Lidah Elektronik.....	41
Gambar 4.3 <i>Scree Plot</i> PCA.....	44
Gambar 4.4 <i>Loading Plot</i> PCA .....	45
Gambar 4.5 <i>Score Plot</i> PCA .....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Membran Lipid/Polimer Dari Setiap Sensor .....	22
Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian Kopi Liberika Banyuwangi .....	36
Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Kopi Liberika Jember.....	37
Tabel 3.3 Data Hasil Pengujian Kopi Liberika Lumajang .....	37
Tabel 3.4 Pengolahan Data PCA.....	38
Tabel 4.1 Hasil Pengolahan Data PCA .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Penelitian .....	60
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	68

## ABSTRAK

Noor, Marvina Rizqi. 2021. **Klasifikasi Rasa Kopi Liberika Berdasarkan Asal Geografis Berbasis Lidah Elektronik dengan Metode *Principle Component Analysis* (PCA)**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si.

---

**Kata Kunci:** Kopi Liberika, Lidah Elektronik, *Principle Component Analysis* (PCA)

Pengklasifikasian rasa kopi liberika berdasarkan asal geografisnya dapat dilakukan dengan menggunakan perangkat lidah elektronik berbasis membran lipid. Perangkat lidah elektronik yang digunakan terdiri atas *probe* sensor dengan 16 membran lipid, *interface* dan *software* akuisisi data. Respon *array* sensor diolah menggunakan analisis multivariat *Principle Component Analysis* (PCA). Hasil pengolahan data PCA diperoleh nilai proporsi kumulatif PC1 dan PC2 sebesar 55,1% yang mewakili kovarian seluruh data. Ketiga larutan kopi terklasifikasi dengan baik pada tiga kelompok yang berbeda. Namun data ini tidak bisa dijadikan acuan data yang benar dikarenakan berdasarkan nilai proporsi kumulatif pada PC1 dan PC2 terdapat 44,9% data informasi yang hilang dari pereduksian 16 data variabel menjadi pengelompokan 2 dimensi. Perangkat lidah elektronik ini tidak cukup baik untuk mengklasifikasikan larutan kopi liberika dikarenakan bahan membrannya yang kurang cocok dengan kandungan rasa yang terdapat di dalamnya.

## ABSTRACT

Noor, Marvina Rizqi. 2021. **Classification of Liberica Coffee Flavors Based on Geographical Origin Based on Electronic Tongue with the Principle Component Analysis (PCA) Method.** Essay. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang. Supervisor: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si (II) Dr. Erna Hastuti, M.Si.

---

**Keywords:** Liberica Coffee, Electronic Tongue, Principle Component Analysis (PCA)

Liberica coffee flavor classification based on geographical origin can be done using an electronic tongue device based on lipid membranes. The electronic tongue device used consists of a sensor probe with 16 lipid membranes, an interface and data acquisition software. Sensor array responses were processed using multivariate Principle Component Analysis (PCA) analysis. The result of PCA data processing is that the cumulative proportion of PC1 and PC2 is 55.1% which represents the covariance of all data. The three coffee solutions were well classified into three different groups. However, this data cannot be used as the correct data reference because based on the cumulative proportion value on PC1 and PC2 there are 44.9% missing information data from reducing 16 variable data into 2 dimensional groupings. This electronic tongue device is not good enough to classify liberica coffee solutions because the membrane material is not suitable for the taste content contained in it.

## ملخص

نور ، مارقينا رزقي. 2021. تصنيف نكهات قهوة **Liberika** على أساس الأصل الجغرافي بناءً على اللسان الإلكتروني مع طريقة تحليل المكونات الأساسية (PCA). مقال. قسم الفيزياء ، كلية العلوم والتكنولوجيا ، مولانا مالك إبراهيم الدولة الإسلامية جامعة مالانج. المشرف: (I) الإمام التازي (II) إرنا هاستوتي.

الكلمات الدالة: قهوة **Liberika** ، اللسان الإلكتروني ، تحليل المكونات الأساسية (PCA)

يمكن تصنيف نكهة قهوة **Liberika** على أساس الأصل الجغرافي باستخدام جهاز اللسان الإلكتروني المعتمد على غشاء دهني. يتكون جهاز اللسان الإلكتروني المستخدم من مسبار مستشعر به 16 غشاء دهني وواجهة وبرنامج للحصول على البيانات. تمت معالجة استجابات صفيق أجهزة الاستشعار باستخدام تحليل تحليل مكونات المبدأ متعدد المتغيرات (PCA). نتيجة معالجة بيانات PCA هي أن النسبة التراكمية لكل من PC1 و PC2 هي 55.1% وهو ما يمثل التباين المشترك لجميع البيانات. تم تصنيف حلول القهوة الثلاثة جيداً إلى ثلاث مجموعات مختلفة. ومع ذلك ، لا يمكن استخدام هذه البيانات كمرجع بيانات صحيح لأنه بناءً على قيمة النسبة التراكمية على PC1 و PC2 ، هناك 44.9% من بيانات المعلومات مفقودة من تقليل 16 بيانات متغيرة إلى مجموعات ثنائية الأبعاد. جهاز اللسان الإلكتروني هذا ليس جيداً بما يكفي لتصنيف محاليل قهوة **Liberika** لأن مادة الغشاء غير مناسبة لحتوى الذوق الموجود بها.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kopi merupakan salah satu jenis minuman yang banyak diminati, berbagai jenis kopi terdapat di bumi ini. Salah satu jenis kopi yang banyak diminati setelah kopi arabika dan robusta yaitu kopi liberika, orang-orang Jawa Timur biasanya menyebut jenis kopi ini dengan sebutan kopi nangka. Dikarenakan ukuran bijinya yang besar menyerupai biji nangka, tinggi pohonnya yang bisa mencapai 9 meter seperti pohon nangka dan rasanya yang pahit serta *after taste* nya terasa seperti rasa sayuran yang samar, membuat kopi ini menjadi salah satu jenis kopi yang tergolong langka. Tanaman kopi liberika banyak tumbuh di daerah Tapal Kuda yaitu Banyuwangi, Bondowoso, Jember, Situbondo, dan juga Lumajang.

Kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat pada kopi beraneka ragam diantaranya yaitu asam klorengat, trigonelin, asam amino, karbohidrat dan yang paling penting yaitu kafein yang dapat mempengaruhi cita rasa kopi yang dihasilkan. Perbedaan komposisi pada masing-masing jenis kopi akan menghasilkan cita rasa kopi yang berbeda sehingga setiap jenis kopi bersifat unik. Masing-masing senyawa kimia dalam kopi memiliki andil dalam pembentukan cita rasa dan aroma seduhan kopi. Rasa pahit pada ekstrak kopi disebabkan oleh kandungan mineral bersama dengan pecahan serat kasar, asam klorogenat, kafein, tanin, dan beberapa senyawa organik dan anorganik lainnya (Spinale, 1990). Untuk mengenali rasanya dibutuhkan indera perasa seperti lidah yang akan mengklasifikasikannya kedalam lima bentuk rasa yaitu manis, asin, asam, pahit dan umami. Terdapat berbagai macam rasa yang terkandung dalam kopi dan yang paling menonjol yaitu rasa pahit yang berasal dari kandungan kafeinnya, untuk

mengetahui rasa-rasa tersebut dibutuhkan tester berupa indra pengecap manusia. Akan tetapi dikarenakan lidah manusia rata-rata tidak mampu atau kesulitan untuk membedakan berbagai macam rasa kopi, maka dibutuhkan suatu alat yang dapat mengidentifikasi pola rasa dari kopi tersebut secara akurat. Manusia berakal dikaruniai kemampuan berpikir yang hasilnya dapat menciptakan suatu teknologi yang bermanfaat. Salah satu perkembangan teknologi tepat guna saat ini yaitu terciptanya suatu alat yang memiliki fungsi sama dengan salah satu panca indera manusia yaitu sensor lidah elektronik. Allah SWT telah menganugerahi manusia dengan panca indera yang harus dijaga dan digunakan sesuai dengan fungsinya. Hal tersebut ditunjukkan oleh firman Allah SWT dalam Al-Qur'an Surah Al-Balad ayat 8-9 yaitu :

﴿٩﴾ لِسَانًا وَشَفَتَيْنِ ﴿٨﴾ أَلَمْ نَجْعَلْ لَهُ عَيْنَيْنِ

*“Bukankah kami telah memberikan kepadanya dua buah mata, lidah dan dua buah bibir?” (Q.S. Al-Balad[90] : 8-9)*

Pada tafsir Kariim ar-Rahman, arti ayat *“Bukankah kami telah memberikan kepadanya”* menunjukkan bahwa manusia diperintah untuk mengingat sesuatu yang telah dianugerahkan Allah SWT kepadanya. Arti *“dua buah mata, lidah dan dua buah bibir”* yaitu kedua mata untuk melihat keagungan dan kebesaran Allah dalam ciptaannya, lidah dan kedua bibir untuk mengungkapkan isi hati, membantu untuk makan dan minum serta menambah indah rupa (Rohman, 1996). Indera penglihatan dan perasa yang dimiliki manusia merupakan salah satu nikmat yang bermanfaat sehingga dapat tercipta pengetahuan-pengetahuan baru dari indera tersebut. Panca indera yang telah dianugerahkan oleh Allah SWT harus dijaga dan digunakan sesuai dengan fungsinya. Mata digunakan untuk melihat dan lidah

digunakan untuk merasakan suatu zat. Namun organ lidah tersebut memiliki keterbatasan dalam melakukan fungsinya yaitu untuk mendeteksi zat-zat tertentu. Oleh karena itu diperlukannya sensor lidah elektronik yang dapat membedakan zat-zat tertentu dalam bentuk sampel cairan yang kompleks dan dapat mengetahui karakteristik sampel tersebut. Pola-pola respon sensor tersebut dapat berinteraksi dengan sifat-sifat rasa yang sangat bermanfaat di bidang industri pangan dan farmasi. Sehingga beberapa tahun terakhir ini telah berkembang beberapa aplikasi sensor lidah elektronik (Wesoly dkk, 2017).

Imam Tazi, dkk (2017) berhasil mengembangkan Lidah Elektronik (*E-Tongue*) berbasis array 16 lipid membran dan 1 sensor pH yang digunakan untuk mengukur perkembangan rasa dari susu segar sampai susu basi. Respon dari lidah elektronik tersebut dievaluasi menggunakan metode pengenalan pola PCA dan LDA. *Principle Component Analysis* (PCA) merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk mentransformasikan data yang berkolerasi tinggi menjadi tidak berkolerasi, menyederhanakan data dimensi yang besar menjadi dimensi yang lebih kecil tanpa mengurangi informasi yang terdapat didalamnya. Metode PCA banyak digunakan dalam penelitian, yaitu untuk mengklasifikasikan beberapa pola rasa berbasis E-Tongue, digunakannya metode PCA untuk dapat mengetahui perbedaan dari beberapa pola rasa yang diteliti (Rahma, 2016).

Pengujian karakteristik lidah elektronik lebih dikembangkan lagi oleh Imam Tazi, dkk (2018) dengan cara dihubungkan dengan perangkat DataLogger yang dibuat laboratorium untuk mengklasifikasikan produk susu menurut jenis susu yang digunakan dalam produksinya. Perangkat lidah elektronik menggabungkan elektroda pH komersial dan 15 membran lipid/polimer yang diperoleh dengan

teknik tetes demi tetes. Analisis komponen utama menunjukkan bahwa sampel susu dapat dikelompokkan secara alami menurut 3 jenis susu yang dievaluasi .

Pendeteksian pemalsuan kopi sangrai bubuk dengan menggunakan voltametri lidah elektronika terbukti sangat cepat, murah, dan efisien. Voltamogram ekstrak kopi yang diperoleh dengan kerja elektroda tunggal yang dikirim ke analisis pengenalan pola dan didahului dengan pemilihan variabel untuk mendeteksi penambahan sekam dan batang kopi atau evaluasi kondisi umur simpan. Analisis ini menggunakan dua metode yang diuji yaitu metode pengenalan pola *Linier Discriminant Analysis* (LDA) dengan pemilihan variabel dengan algoritma proyeksi berurutan atau algoritma genetika dan metode *Partial Least Squares Discriminant Analysis* (PLS-DA). Kedua metode ini menyuguhkan hasil yang memuaskan (Morais, dkk, 2019).

Dilakukan pembaharuan penelitian dengan menganalisis kadar kafein dalam kopi bubuk jenis arabika yang berasal dari beberapa daerah menggunakan spektrofotometri ultra violet untuk mengetahui kadar kafein dalam kopi (Fajriana and Fajriati, 2018). Maka pada penelitian ini dilakukan pembaharuan penelitian untuk mengetahui perbandingan rasa kopi liberika yang berasal dari daerah Banyuwangi, Jember, dan Lumajang yang berkaitan dengan letak geografisnya. Lidah elektronik ini diharapkan bisa mengklasifikasikan pola rasa kopi yang lumayan sulit dibedakan oleh lidah manusia dan diolah menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana klasifikasi rasa pada beberapa kopi liberika berdasarkan asal geografisnya dengan memanfaatkan perangkat lidah elektronik dengan

metode *Principle Component Analysis* (PCA)?

2. Bagaimana akurasi klasifikasi hasil analisis menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) pada kopi liberika?

### **1.3 Tujuan**

1. Untuk mengklasifikasikan rasa pada beberapa kopi liberika berdasarkan asal geografisnya dengan memanfaatkan perangkat lidah elektronik dengan metode *Principle Component Analysis* (PCA).
2. Untuk mengetahui akurasi klasifikasi hasil analisis menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) pada kopi liberika.

### **1.4 Batasan Masalah**

1. Jenis kopi yang digunakan yaitu kopi liberika asal Banyuwangi, Jember, dan Lumajang.
2. Sampel yang digunakan berfasa cair atau larutan.
3. Sensor lidah elektronik hanya bisa membaca rasa dari kopi.

### **1.5 Manfaat**

1. Dapat membandingkan rasa beberapa kopi liberika menggunakan alat dengan tingkat ketelitian yang lebih baik.
2. Dapat memberikan informasi mengenai perkembangan perangkat lidah elektronik.
3. Pengaplikasian lidah elektronik untuk *Quality Control* pada industri makanan.

## **BAB II** **TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Kopi Liberika**

Habitat asli tanaman kopi berada di kawasan hutan tropis di wilayah Afrika, dalam pengembangan budidaya kopi memerlukan tanaman penunggang sebagai pelindung terhadap pencahayaan matahari langsung guna mengurangi proses evapotranspirasi, dalam sistematika tumbuhan (taksonomi), tanaman kopi diklasifikasikan sebagai berikut (Rahardjo, 2017):

Kingdom : *Plantae*  
Divisi : *Spermatophyta*  
Kelas : *Dicotyledoneae*  
Ordo : *Rubiales*  
Famili : *Rubiaceae*  
Genus : *Coffea*  
Spesies : *Coffea Liberica*

Kopi sebagai salah satu komoditi andalan Indonesia, hasil komoditi ini menempati urutan ketiga setelah karet dan lada. Kopi digemari tidak hanya karena cita rasanya yang khas, namun kopi memiliki manfaat sebagai antioksidan karena memiliki polifenol dan merangsang kinerja otak (Mulato, 2001). Aktivitas antioksidan total dari kopi juga lebih besar dibandingkan aktivitas antioksidan dari *beta-carotene* (0,1%), *alpha-tocopherol* (0,3%), dan vitamin C (8,5%) serta antioksidan lain (Sulityorini, 2018). Sehingga banyak dari kalangan sufi yang senang meminumnya karena bisa membuat tidak mengantuk di malam hari. Dikisahkan dari Sayyid Nahlawi Ibnu Sayyid Khalil bahwa ia mendengar cerita yang dituturkan oleh gurunya yang bernama Syaikh Salim Samarah tentang

seorang sufi dari tanah Maghribi yang berjumpa dengan Nabi dalam keadaan sadar, ia berkata kepada Nabi : “Wahai Rasulullah SAW, saya suka meminum kopi”. Lalu Nabi memerintahkan sang sufi tersebut untuk membaca doa khusus saat menyeruput kopi yang biasa diminumnya (Subehi, 2021)

أَللّهُمَّ اجْعَلْهَا نُورًا لِبَصْرِي وَعَافِيَةً لِبَدْنِي وَشِفَاءً لِقَلْبِي وَدَوَاءً لِكُلِّ دَاءٍ يَا قَوِي يَا مَتِينُ ثُمَّ  
يَتْلُو الْبِسْمَلَةَ

*“Ya Allah, jadikanlah kopi yang saya teguk sebagai cahaya bagi penglihatanku, kesehatan bagi badanku, penawar hatiku, obat bagi segala penyakit, duhai dzat yang Maha Kuat dan Maha Teguh, kemudian membaca bismillahirrahmanirrahim”.*

Istilah kopi sebenarnya sudah dikenal pada masa ulama terdahulu. Terbukti kita temukan beberapa karya ulama yang khusus membahas mengenai kopi. Dan jika disimpulkan secara keseluruhan isi karya-karya tersebut semuanya banyak menyanjung kopi. Tidak satupun dari ulama yang berkomentar negatif mengenainya. Diantaranya adalah Imam Ibnu Hajar, beliau mengatakan *“Kopi bisa menghilangkan galau bahkan bisa menarik asrar”*. Penjelasan diatas hendaknya bisa memperbaiki niat para pencinta kopi yang dulu ngopi hanya untuk teman nongkrong belaka, tapi sekarang lebih dari itu yaitu niat untuk lebih semangat beribadah kepada Allah SWT.

Terlebih lagi ternyata ngopi dianjurkan oleh Rasulullah SAW. Hal itu disampaikan oleh salah satu Habaib yang berjumpa dengan Nabi dalam keadaan terjaga. Suatu ketika as-Sayyid Ahmad bin Ali Bahr al-Qadimi berjumpa dengan Nabi Muhammad SAW dalam keadaan terjaga. Ia berkata kepada Nabi SAW : “Wahai Rasulullah, aku ingin mendengar hadits darimu tanpa perantara.” Nabi Muhammad SAW kemudian bersabda: “Aku akan memberimu 3 hadits, yaitu :

1. Selama bau biji kopi ini masih tercium aromanya di mulut seseorang,

maka selama itu pula malaikat akan beristighfar (memintakan ampun) untuknya.

2. Barangsiapa yang menyimpan tasbih untuk digunakan berdzikir maka Allah SWT akan mencatatnya sebagai orang yang banyak berdzikir, baik ia gunakan tasbihnya atau tidak.
3. Barangsiapa yang duduk bersama waliyullah yang hidup atau yang sudah wafat maka pahalanya sama saja dengan ia menyembah Allah SWT di seluruh penjuru bumi” (Subehi, 2021).

Kopi telah menjadi salah satu minuman yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia maupun negara lain di dunia. Budaya minum kopi yang awalnya berasal dari Barat hingga saat ini menjadi salah satu kebutuhan yang tidak terlepas dalam kehidupan banyak orang terutama para pecinta kopi. Hingga Syekh Ali Bin Umar as-Syadziliy rahimahullah membuat gubahan syair tentang kopi (Subehi, 2021) :

سَاعَدْتَنِي عَلَى طَرْدِ الْمَنَامِ - قَهْوَةُ ذَا الْبُنِّ يَا أَهْلَ الْعَرَمِ  
 طَاعَةَ اللَّهِ وَالْعَالَمِ نِيَامٌ - وَأَعَانَتْنِي بِعَوْنِ اللَّهِ عَلَى  
 وَأَوْهَا الْوُدُ وَالْهَاءُ هِيَامٌ - قَافُهَا الْقُوتُ وَالْهَاءُ الْهُدَى  
 إِنَّهَا شُرْبٌ سَادَاتٍ كِرَامٍ - لَا تَلُومُونِي عَلَى شُرْبِي هَذَا

*“Wahai orang-orang yang asyik dalam cinta sejati dengan-Nya, kopi membantuku mengusir kantuk. Dengan pertolongan Allah, kopi menggiatkanku taat beribadah kepada-Nya dikala orang-orang sedang terlelap. [Qahwah (kopi)], qaf adalah quut (makanan), ha adalah hiyam (pengusir kantuk). Janganlah kau mencelaku karena aku minum kopi, sebab kopi adalah minuman orang-orang yang mulia” .*

Kopi merupakan salah satu minuman bagi orang-orang mulia sejak zaman Rasulullah SAW. Oleh sebab itu, seiring berjalannya waktu kopi memiliki

berbagai jenis varian, salah satunya yaitu kopi liberika. Kopi liberika memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan jenis kopi lainnya. Bentuk biji membulat oval (panjang 0,83–1,10 cm dan lebar 0,61 cm), dengan rendemen rata-rata 9,03%, persentase biji normal berkisar 50–80%. Kopi ini memiliki potensi produksi rata-rata 1,2 kg kopi biji/pohon, atau setara dengan 1,1 ton biji kopi untuk penanaman dengan populasi 900-1.100 pohon/ha. Selain bentuk tipe daun yang beragam, bentuk buahnya pun beragam (Sulityorini, 2018).



Gambar 2.1 Buah Kopi Liberika  
(Waluyo dan Nurlia, 2017)

Kopi liberika (*Coffea liberica*) adalah kopi jenis liberoid yang berasal dari Liberia (Pantai Barat Afrika), yang selama ini dianggap kurang memiliki nilai ekonomi dibanding dengan jenis arabika dan robusta karena rendemennya rendah. Meskipun demikian kopi ini mempunyai keunggulan di antaranya adalah lebih toleran serangan penyakit, dapat beradaptasi dengan baik pada lahan gambut. Ciri-ciri dari tanaman ini adalah pertumbuhan yang kekar sangat kuat, tajuk lebar, dan daun tebal (Hulupi, 2014).

Kopi liberika pada tipe pertumbuhan pohon dengan habitus tipe tinggi, diameter tajuk 3,5-4 m dan jika dibiarkan tumbuh, tinggi tanaman dapat mencapai 5 m atau lebih. Kopi liberika dapat tumbuh optimum di daerah tropis dataran

rendah dengan ketinggian 400-600 m dpl, curah hujan yang diperlukan yaitu 1.500–2.500 mm/tahun, dengan sinar matahari yang teratur. Umumnya kopi ini tidak menyukai penyinaran matahari langsung, penyinaran berlebihan dapat mempengaruhi proses fotosintesis (Gusfarina, 2014).

Kopi liberika mempunyai sistem percabangan agak berbeda dengan tanaman lain. Tanaman kopi liberika mempunyai beberapa jenis cabang dengan sifat dan fungsinya yang berbeda. Daun kopi liberika berbentuk bulat telur dengan ujungnya yang agak meruncing sampai bulat. Daun tersebut tumbuh pada batang, cabang dan ranting yang tersusun berdampingan. Daun yang tumbuhnya pada batang atau cabang-cabang tegak lurus dan pasangan daun itu berselang seling pada ruas berikutnya. Sedangkan daun yang tumbuhnya pada ranting atau cabang terletak pada bidang yang sama tetapi tidak berselang-seling (Budiman, 2013).

Bunga kopi liberika terbentuk pada ketiak-ketiak daun dengan jumlah yang terbatas. Bunga tersusun dalam kelompok yang terdiri dari 4-6 kuntum bunga. Pada setiap ketiak daun akan menghasilkan 8-18 kuntum bunga atau setiap buku menghasilkan 16-36 kuntum bunga (Budiman, 2013). Bunga kopi liberika berukuran kecil dengan mahkotanya berwarna putih dan berbau harum. Kelopak bunga berwarna hijau dengan pangkalnya menutupi bakal buah yang mengandung dua bakal biji. Benang sari terdiri dari 5 -7 tangkai yang berukuran pendek (Najiyati & Danarti, 2004).

Buah kopi liberika terdiri dari daging buah dan biji. Daging buah terdiri dari tiga bagian yaitu lapisan kulit luar (eksokarp), lapisan daging buah (mesokarp) dan lapisan kulit tanduk (endokarp) yang tipis tetapi keras. Umumnya buah kopi liberika mengandung dua butir biji tetapi terkadang hanya mengandung satu butir

biji atau bahkan tidak berbiji karena bakal biji tidak berkembang secara sempurna. Biji kopi liberika terdiri dari kulit biji dan lembaga (endosperm). Endosperm merupakan bagian yang dimanfaatkan sebagai bahan untuk membuat minuman kopi (Najiyati & Danarti, 2004).

Kopi liberika memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan jenis kopi lainnya. Bentuk biji membulat oval dengan panjang 0,83-1,10 cm, lebar 0,61 cm, dengan rendemen rata-rata 9,03 %. Persentase biji normal berkisar 50-80%. Kopi ini memiliki potensi produksi rata-rata 1,2 kg kopi biji/pohon atau setara dengan 1,1 ton biji kopi untuk penanaman dengan populasi 900-1.100 pohon/ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013).

## **2.2 Geografis**

Indonesia secara geografis berada pada garis 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 141° BT yang mengakibatkan negara ini memiliki potensi sumber daya hayati yang berlimpah dan beraneka ragam. Keberagaman tersebut meliputi di bidang pertanian, bidang perikanan, bidang kelautan, dan bidang kehutanan. Sumber daya alam inilah yang akan menjadi aset kekayaan dari Indonesia. Sebagai negara agraris, Indonesia memiliki potensi sumber daya alam yang sangat besar di bidang pertanian dan perkebunan, salah satu produk perkebunan yakni kopi (Nafisa, 2020).

Penyebaran tanaman kopi di Indonesia bermula di pulau Jawa yang dulunya disebut Batavia pada tahun 1696. Awalnya, seorang berkebangsaan Belanda membawa tanaman kopi jenis arabika ke Botanic Garden di Amsterdam, Belanda, saat jaman penjajahan Belanda di Indonesia, berbagai percobaan penanaman kopi jenis arabika dilakukan di pulau Jawa, Sumatera, dan Sulawesi. Indonesia adalah

negara terkenal dengan potensi sumber daya alamnya yang melimpah, baik sumber alam hayati maupun non hayati. Pada hasil Dinas Perkebunan Provinsi Jawa Timur 2017 luas lahan perkebunan kopi di Jawa Timur, posisi pertama diduduki oleh Kabupaten Jember yaitu 18.284 Ha, pada posisi kedua di Banyuwangi dengan luas lahan 17.979 Ha dan pada posisi ketiga yaitu Kabupaten Malang dengan luas lahan 17.601 Ha. Sedangkan pada hasil produksi kopi Provinsi Jawa Timur tahun 2017 posisi pertama yaitu Kabupaten Banyuwangi dengan hasil produksi 13.839 ton/tahun, pada posisi kedua terdapat Kabupaten Jember dengan hasil produksi 11.863 ton/tahun (Titanio, 2020).

Kecamatan penghasil kopi di Kabupaten Banyuwangi yaitu ada di Kecamatan Pesanggaran, Kecamatan Glenmore, Kecamatan Kalibaru, Kecamatan Songgon, Kecamatan Glagah, Kecamatan Kalipuro dan Kecamatan Wongsorejo. Beberapa kecamatan memiliki geografis yang berbeda-beda dan tingkat produksi yang berbeda, Kecamatan Kalibaru dan Kecamatan Kalipuro merupakan kecamatan terproduktif dalam penghasil kopi di Banyuwangi dengan hasil Kecamatan Kalibaru 10.77 kw/Ha sedangkan Kalipuro 11.79 kw/Ha. Produksi tersebut didukung dengan topografi daerah yang mencukupi, ketinggian areal 400-1000 mdpl dengan hawa yang sejuk cocok untuk tanaman kopi (Titanio, 2020).

Kabupaten Jember merupakan daerah yang sangat cocok untuk menanam kopi. Kopi yang cocok dengan topografis daerah ini yaitu jenis kopi robusta, arabika dan liberika. Topografi di beberapa Kecamatan Kabupaten Jember sangat cocok untuk tanaman kopi. Oleh karena itu, Jember menjadi salah satu produksi kopi terbesar di Jawa Timur. Di Jember sendiri mengalami curah hujan yang sedang samapai lebat dimana pada umumnya tanaman kopi curah hujannya 1.250-

2.500 mm/tahun. Untuk suhu sendiri ada beberapa kecamatan di kabupaten Jember yang suhunya 15° – 25° C dimana suhu tersebut merupakan suhu ideal untuk menanam kopi (Retnowati, 2020).

Kabupaten Lumajang terletak di Provinsi Jawa Timur dengan luas wilayah 1.790,90 km<sup>3</sup> dan ketinggian 0 hingga 3.676 mdpl. Selain itu, Kabupaten Lumajang memiliki topografi yang terdiri dari daratan yang subur, karena diapit oleh tiga gunung berapi yaitu Gunung Bromo, Gunung Semeru, dan Gunung Lemongan. Hal ini menyebabkan beberapa tanaman perkebunan tumbuh subur di daerah tersebut diantaranya adalah tanaman kopi. Tanaman kopi di Kabupaten Lumajang memiliki luas 4.714 ha dengan produksi kopi sebesar 2.736 ton dan memiliki 3 jenis kopi rakyat yaitu kopi robusta, kopi arabika dan kopi liberika (Wulandari, 2020).

### **2.3 Indra Pengecap**

Lidah atau indra pengecap merupakan kumpulan otot rangka pada mulut yang ditutup oleh *membrane mukosa* (selaput lendir). Selaput lendir ini tampak kasar karena adanya tonjolan – tonjolan yang disebut papila yang merupakan ujung saraf pengecap dan terletak pada seluruh permukaan lidah. Saraf – saraf pengecap inilah yang dapat membedakan rasa makanan. Orang yang mempunyai banyak papila akan lebih peka terhadap rasa (Pearce, 2008).

Fungsi dari lidah yaitu memungkinkan manusia memilih makanan sesuai dengan keinginannya dan mungkin juga sesuai dengan kebutuhan jaringan akan substansi nutrisi tertentu. Lidah sebagai indra pengecap mempunyai lapisan mukosa yang menutupi bagian atas lidah dan permukaannya yang tidak rata karena adanya papila yang bisa membedakan rasa. Pada manusia, bintik – bintik

pengecap terdapat pada lidah, sedangkan pada binatang – binatang kecil seperti lebah madu, bintik – bintik pengecap terdapat pada bagian kaki. Kaki itulah yang menjadi sangat sensitif terhadap makanan manis dan unsur – unsur yang mempunyai kandungan energi tinggi. Oleh karena itu, lebah dapat merasakan manisnya sari bunga saat pertama kali menghinggapinya (Muhammad, 2008).

Sensasi rasa pada pengecap timbul akibat adanya deteksi zat kimia oleh reseptor khusus di ujung sel pengecap (*taste buds*) yang terdapat di permukaan lidah dan *palatum molle*. Sel reseptor pengecap adalah sel epitel yang termodifikasi dengan banyak lipatan permukaan atau mikrovili, sedikit menonjol melalui pori – pori pengecap untuk meningkatkan luas permukaan sel yang terpajang dalam mulut. Membran plasma mikrovili mengandung reseptor yang berikatan secara selektif dengan molekul zat kimia. Hanya zat kimia dalam larutan atau zat padat yang telah larut dalam air liur yang dapat berikatan dengan sel reseptor (Amerongen, 1991).

*Taste buds* mengandung sel reseptor kecap (*gustatoris*) yang memiliki beberapa tipe reseptor rasa. Setiap tipe ini akan mendeteksi satu jenis rasa dari 5 rasa dasar yaitu asam, manis, asin, pahit, dan umami. Seluruh rasa ini dapat dirasakan oleh seluruh permukaan lidah, tetapi satu jenis rasa akan lebih sensitif pada daerah tertentu (Jacewicz, 2008).

## **2.4 Rasa**

Rasa merupakan bagian dari sensori yang tidak bisa dilepaskan dari cita rasa makanan. Rasa mempunyai peran yang penting dalam menentukan cita rasa. Rasa ditimbulkan oleh senyawa yang larut dalam air yang berinteraksi dengan reseptor pada lidah dan indra perasa (*trigeminal*) pada rongga mulut (Cut Fatimah, 2006).

Terdapat empat tipe rasa dasar pada lidah yaitu asam, asin, manis, dan pahit. Seluruh rasa ini dapat dirasakan oleh seluruh permukaan lidah. Rasa manis dan rasa asin dirasakan pada ujung lidah, asam pada samping lidah, dan pahit pada daerah sekitar papila sirkumvalata. Keempat rasa ini dikenal dengan sensasi rasa primer (Don, 2002). Selain itu, ada rasa kelima yang telah teridentifikasi yakni umami yang dominan ditemukan pada glutamate (Marya, 2002). Terdapat tambahan respon yang terjadi apabila dilakukan modifikasi rasa antara lain rasa kecut, pedas, panas, dingin, dan sebagainya (Cut Fatimah, 2006).



Gambar 2.2 Area Pembagian Rasa Pada Lidah

Selain rasa dan bau, ada beberapa hal yang mempengaruhi kualitas sensasi secara keseluruhan diantaranya yaitu tekstur (kehalusan, kekesatan, butiran, dan kekentalan). Perubahan viskositas atau kekentalan dapat merubah rasa atau bau yang timbul karena pengaruh kecepatan ransang terhadap sel reseptor olfaktori dan kelenjar air liur. Semakin kental bahan maka penerima intensitas rasa, bau dan cita rasa akan semakin berkurang (Cut Fatimah, 2006).

Setiap kualitas rasa dihasilkan oleh sumber – sumber yang berbeda – beda pula. Berikut merupakan pembagian lima rasa dasar pada lidah manusia :

a. Rasa Manis

Rasa manis terdapat pada beberapa jenis zat kimia meliputi : gula, glikol,

alkohol, aldehida, keton, amida, ester, asam amino, asam sulfonat, asam halogen, dan garam anorganik dari timah hitam dan berilium. Hampir semua zat yang menyebabkan rasa manis merupakan zat kimia organik, satu – satunya zat anorganik yang menimbulkan rasa manis merupakan garam – garam tertentu dari timah hitam dan beryllium (Guyton, 2009).

#### b. Rasa Asam

Rasa asam disebabkan oleh larutan ion hidrogen, ion ini bereaksi terhadap sel rasa dalam tiga cara yaitu, dapat masuk ke dalam sel secara langsung, memblokir kanal ion kalium pada mikrovili dan mengikat kanal bukan mikrovili, sehingga ion – ion positif dapat masuk dalam sel rasa. Muatan positif ini akan berakumulasi dan mendorong terjadinya depolarisasi yang dapat melepaskan neurotransmitter dan menyalurkan ke otak. Konsentrasi ion hidrogen maupun intensitas sensasi rasanya kira – kira sebanding dengan logaritma konsentrasi ion hidrogen. Oleh sebab itu, makin asam suatu makanan maka sensasi rasa asamnya juga semakin kuat (Guyton, 2009).

#### c. Rasa Asin

Rasa asin ditimbulkan oleh garam terionisasi terutama konsentrasi ion sodium. Garam dapur atau Natrium Klorida ( $\text{NaCl}$ ) adalah salah satu contoh dari garam yang dapat menimbulkan sensasi rasa asin. Ion natrium masuk melalui kanal ion mikrovili bagian apical atau lewat kanal pada basolateral (sisi) sel rasa, hal inilah yang akan membangun sel rasa tersebut (Irianto, 2012). Kualitas rasa asin sedikit berbeda dari satu garam dengan garam lainnya karena beberapa jenis garam juga mengeluarkan rasa lain di samping rasa asin (Guyton, 2009).

#### d. Rasa Pahit

Rasa pahit seperti rasa manis yang tidak disebabkan satu jenis agen kimia, tetapi zat – zat yang memberikan rasa pahit semata – mata hampir merupakan zat organik. Pembagian kelas zat yang sering menyebabkan rasa pahit adalah zat organik rantai panjang yang berisi nitrogen dan alkaloid yang terdiri dari banyak obat yang digunakan dalam kedokteran seperti kuinin, kafein, strikmin, dan nikotin (Irianto, 2012).

#### e. Rasa Umami

Umami berasal dari bahasa Jepang yang berarti “*Meaty*” atau “*Savory*” (enak, sedap, lezat). Rasa umami ditimbulkan oleh glutamat, yaitu asam amino yang banyak terdapat pada protein daging dan ikan. Zat ini bereaksi melalui G-protein bersama reseptor atau *second messenger*. Namun, belum diketahui tahapan antara *second messenger* dan pelepasan *neurotransmitter* (Irianto, 2012). Rasa umami terdapat pada *monosodium glutamate* (MSG) terutama ditemukan pada ganggang laut, *disodium inosinat* (IMP) pada daging, dan *disodium guanilat* (GMP) pada jamur (Nagamori, 1998).

## 2.5 Lidah Elektronik

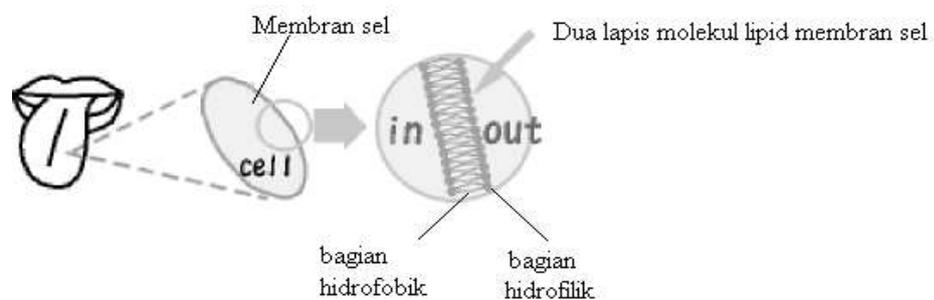
### 2.5.1 Pengertian Lidah Elektronik

Lidah elektronik atau sistem sensor rasa menurut Nystrom dalam Triyana (2003) merupakan sistem sensor yang digunakan untuk mengukur dan mengekstrak informasi dari larutan cair yang kompleks. Lidah elektronik berarti suatu array sensor yang dicelupkan dalam cairan, untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik fisika-kimia sebagai contoh rasa (Peres, 2013). Perbedaan antara sensor dengan sensor biasa seperti pH meter yaitu apabila pH meter

merupakan sensor selektif sedangkan sensor rasa merupakan sensor non-selektif. Sensor non-selektif bereaksi terhadap banyak stimulus berbeda yang dalam hal ini adalah zat kimia dan merespon sejumlah besar data, sehingga sensor rasa memiliki selektivitas global (Muhaemin, 2020). Nama lidah elektronik mengacu pada lidah manusia, yang mengandung molekul penerima yang membangkitkan sinyal saraf ketika molekul penerima bertemu molekul rasa, penyampai kemudian mendeteksi rasa yang berbeda (manis, asin, asam, pahit) ( Ristiasti, 2010).

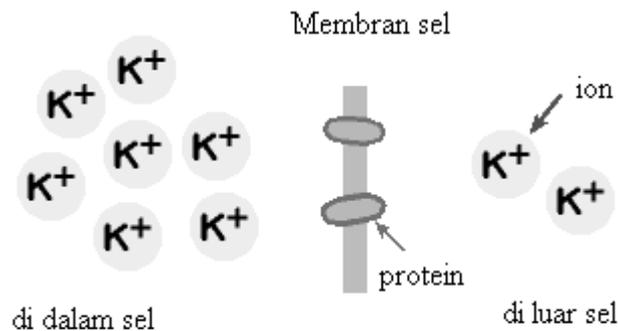
### 2.5.2 Membran Lipid/Polimer

Sel yang terdapat pada lidah dilapisi oleh membran sel yang disusun oleh dua lapis molekul yaitu protein dan lipid. Bagian lidah atas merupakan bagian hidrofilik (dapat berinteraksi dengan air) dan untuk bagian lidah bawah merupakan bagian hidrofobik (anti air). Kedua bagian tersebut disusun oleh senyawa lipid yang terdiri dari dua rantai hidrokarbon panjang yang merupakan bagian hidrofobik dan pada ujungnya terdapat gugus fosfat yang merupakan bagian hidrofilik. Dua lapis molekul lipid ini membentuk lapisan ganda pada membran dengan bagian hidrofilik pada permukaan dalam dan luar sel. Salah satu fungsi dari membran sel pada lidah ini adalah sebagai lalu lintas molekul dan ion secara dua arah (Toko, 2000).



Gambar 2.3. Membran Sel Pada Lidah Manusia  
(Toko, 2000)

Membran lipid yang dicelupkan ke dalam air atau larutan akan bermuatan listrik dikarenakan bagian hidrofilik molekul lipid terionisasi dan pada bagian dalam dan luar sel terdapat perbedaan konsentrasi senyawa. Pada Gambar 2.4 menunjukkan bahwa aliran ion  $K^+$  menimbulkan aliran listrik yang menyebabkan terjadinya perbedaan potensial listrik bagian dalam dan luar membran yang disebut dengan potensial membran. Potensial ini dipengaruhi oleh berbagai macam substansi kimia (jenis makanan) yang terkandung di luar sel. Masing-masing sel membran mempunyai respon yang berbeda terhadap substansi kimia meskipun pada lidah terdapat banyak sekali jumlah sel membran.



Gambar 2.4 Proses Aliran Ion Pada Membran  
(Toko, 2000)

Setiap jenis makanan akan membentuk pola potensial yang sesuai dengan jenisnya, sehingga untuk sistem sensor rasa harus dilengkapi dengan sistem pengenalan pola. Makanan yang memiliki kualitas rasa yang sama akan membentuk pola potensial yang mirip atau hampir sama. Sedangkan makanan yang memiliki kualitas rasa yang berbeda akan membentuk pola potensial yang berbeda atau berjauhan. Beda potensial membran yang terjadi diantara kedua sisi membran ( $\Delta E_m$ ) dideskripsikan oleh persamaan Goldman:

$$\Delta E_m = \frac{RT}{F} \ln \frac{\sum P_c [C_{out}] + \sum P_a [A_{out}]}{\sum P_c [C_{in}] + \sum P_a [A_{in}]} \dots\dots\dots 2.1$$

dengan

$\Delta E_m$  = Beda Potensial (V)

$P_c$  = Koefisien Permeabilitas Kation

$P_a$  = Koefisien Permeabilitas Anion

$R$  = Konstanta Gas Reydenberg (8,314 J/K mol)

$T$  = Suhu Mutlak (K)

$F$  = Konstanta Faraday ( $9,468 \times 10^4$  C/mol)

$[C_{in}]$  = Konsentrasi Kation di Dalam Membran

$[C_{out}]$  = Konsentrasi Kation di Luar Membran

$[A_{in}]$  = Konsentrasi Anion di Dalam Membran

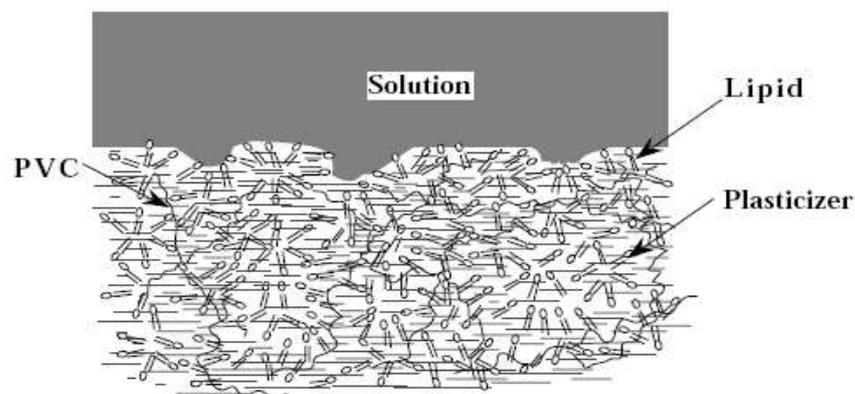
$[A_{out}]$  = Konsentrasi Anion di Luar Membran

Kemampuan lidah dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasi kualitas rasa telah terlatih dan terekam di otak. Hal ini dapat dibuktikan saat kita makan minuman yang manis, kita dengan cepat dapat mengatakan bahwa rasa minuman itu manis. Jika kita makan sesuatu yang belum pernah kita makan sebelumnya, otak kita dapat menentukan kualitas rasanya berdasarkan potensial yang terbentuk pada otak kita dan mencocokkan dengan kualitas rasa yang mendekati rasa dari makanan baru tersebut. Bidang sensor rasa harus dapat mengenalkan kepada sistem terlebih dahulu melalui proses yang dikenal dengan learning process agar sistem mampu mengenali rasa yang baru.

Pada sensor lidah elektronik, material aktif yang digunakan adalah membran lipid yang berfungsi sebagai reseptor yang menerima interaksi kimia sampel menjadi muatan listrik dan selanjutnya diteruskan ke ion meter dan diukur potensialnya. Membran ini memiliki porositas yang bersifat

semipermeabel/selektif permeabel, jadi tidak semua bahan dapat melewati membran ini, hanya ion-ion kecil dan molekul dapat melewati membran ini, sedangkan partikel besar tidak dapat melewati membran ini. Komponen utama pada membran ini disusun oleh : lipid/polimr sebagai zat aditif, plasticizer sebagai bahan pelentur dan sebagai zat aditif pula, PVC sebagai matriks pendukung dan THF sebagai pelarut (Kaltsum dkk, 2014).

Membran memiliki muatan tetap negatif dikarenakan adanya keberadaan gugus carboxyl pada kedudukan tertentu dalam struktur polimer membran polimer cair dengan matriks PVC. Senyawa asam oleat memiliki sifat nonpolar pada salah satu ujungnya dan polar lain di ujung lainnya yang menyebabkan orientasi dari kedua gugus tersebut pada permukaan membran menjadi berbeda ketika dihubungkan dengan larutan sampel. Pada Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa ujung polar berorientasi ke arah sistem *aqueous* dan ujung nonpolat ke pusat membran.



Gambar 2.5 Model Membran Lipid  
(Toko, 2000)

Proses pertukaran ion akan terjadi apabila adanya proses interaksi membran pada saat dicelupkan ke dalam larutan sampel yang mengandung kation  $X^+$  seperti pada persamaan berikut (Toko, 2000):



dengan  $\text{RCOO}^-$  disebut material aktif membran dikarenakan material ini yang berikatan dengan ion sampel.

Membran lipid/polimer terbuat dari matriks polimer : polivinil klorida; senyawa plasticizer : 2-nitrofenil oktil eter, Bis (2-etilheksil) sebacat, Bis (2-etilheksil) fosfat, bis (1-butyl pentil) adipat; lipid sebagai bahan tambahan : *Octadecylamine*, *Oleyl alcohol*, *Methyltrioctylammonium chloride*, dan asam oleat. Semua komponen membran lipid/polimer dilarutkan dalam *tetrahidrofuran* (THF) dari Fluka. Jenis senyawa aditif dan plasticizer serta proporsi relatifnya dipilih karena perangkat elektrokimia serupa, juga terdiri dari membran sensor polimer lipid yang memberikan respons kualitatif dan/atau kuantitatif terhadap larutan standar yang meniru rasa dasar (asam, pahit, asin, manis, dan umami), atribut sensorik positif (pahit, buah, hijau dan kepedasan) atau cacat sensorik (butirat, apak, busuk, anggur, cuka dan zapateria) yang memungkinkan keberhasilan penerapan perangkat elektrokimia tersebut dalam analisis makanan (Tazi, 2018).

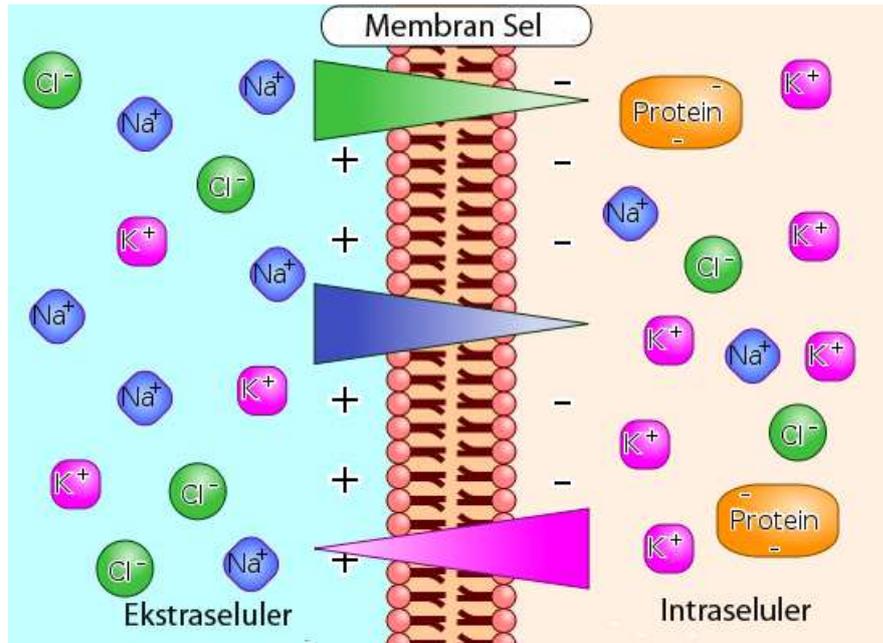
Komposisi dari membran lipid/polimer pada perangkat lidah elektronik dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Komposisi Membran Lipid/Polimer Dari Setiap Sensor (Tazi, 2018)

<b>Sensor</b>	<b>Additive compound (2,8-3,2%)</b>	<b>Plasticizer (64,7-65,2%)</b>	<b>Polimer (31,9-32,3%)</b>
S1	<i>Octadecylamine</i>	<i>2-Nitrophenyl octyl ether</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S2	<i>Oleyl alcohol</i>	<i>2-Nitrophenyl octyl ether</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S3	<i>Methyltrioctylammonium chloride</i>	<i>2-Nitrophenyl octyl ether</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S4	<i>Oleic acid</i>	<i>2-Nitrophenyl octyl ether</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S5	<i>Octadecylamine</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) sebacate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S6	<i>Oleyl alcohol</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl)</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>

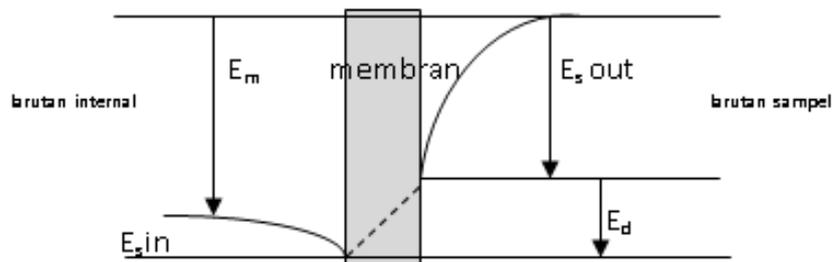
		<i>sebacate</i>	
S7	<i>Methyltrioctylammonium chloride</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) sebacate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S8	<i>Oleic acid</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) sebacate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S9	<i>Octadecylamine</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) phosphate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S10	<i>Oleyl alcohol</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) phosphate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S11	<i>Methyltrioctylammonium chloride</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) phosphate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S12	<i>Oleic acid</i>	<i>Bis(2-ethylhexyl) phosphate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S13	<i>Octadecylamine</i>	<i>Bis(1-butylpentyl) adipate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S14	<i>Oleyl alcohol</i>	<i>Bis(1-butylpentyl) adipate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S15	<i>Methyltrioctylammonium chloride</i>	<i>Bis(1-butylpentyl) adipate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>
S16	<i>Oleic acid</i>	<i>Bis(1-butylpentyl) adipate</i>	<i>Polyvinyl chloride</i>

Potensial membran merupakan beda potensial listrik antara dinding sebelah luar dan sebelah dalam dari suatu membran sel. Semua sel memiliki tegangan yang melintasi membran plasmanya, dimana energi potensial listrik yang timbul diakibatkan adanya pemisahan muatan yang berlawanan. Potensial membran mendukung transpor pasif kation ke dalam sel dan anion ke luar sel dikarenakan di dalam sel itu negatif dibandingkan dengan di luarnya. Oleh sebab itu, dua gaya yang menggerakkan difusi ion melintasi suatu membran yaitu gaya kimiawi (gradien konsentrasi ion) dan gaya listrik (pengaruh potensial membran pada pergerakan ion). Kombinasi kedua gaya yang bekerja pada satu ion ini disebut dengan gradien elektrokimiawi. Perubahan lingkungan dapat mempengaruhi potensial membran dan sel itu sendiri. Interaksi ion pada membran sel ditunjukkan pada gambar di bawah ini (Campbell dkk, 1999):



Gambar 2.6 Interaksi Ion Terhadap Membran Sel  
(Campbell dkk, 1999)

Potensial membran terdiri dari potensial listrik permukaan yang terbentuk karena fase cair menyentuh membran dan potensial difusi di dalam membran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Interaksi Potensial Membran  
(Toko, 2000)

$$E_m = E_s \text{ in} + E_d + E_s \text{ out} \dots\dots\dots 2.3$$

dengan

$E_m$  = Potensial Membran

$E_s$  = Potensial Listrik Permukaan

$E_s in$  = Potensial Listrik Cairan Sampel Internal

$E_d$  = Potensial Difusi

$E_s out$  = Potensial Listrik Cairan Sampel Eksternal

Potensial permukaan lebih besar kontribusinya pada potensial membran dibandingkan potensial difusi. Potensial difusi sulit diteruskan karena ion yang menembus membran terhalang oleh lipid yang memenuhi membran. Berdasarkan hal ini, potensial difusi dapat diabaikan dan menganggap potensial membran hanya ditentukan oleh potensial permukaan saja.

$$E_m = E_s in + E_s out \dots\dots\dots 2.4$$

$$E_m = \frac{RT}{nF} \ln \frac{[ion sampel]}{[ion internal]} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana  $E_m$  adalah potensial membran, R adalah konstanta gas Reydenberg (8,314 J/K mol), T adalah suhu mutlak (K),  $n$  adalah jumlah ion yang terlibat dalam reaksi,  $F$  adalah konstanta Faraday ( $9,468 \times 10^4$  C/mol),  $[ion sampel]$  adalah konsentrasi sampel dan  $[ion internal]$  adalah konsentrasi larutan internal.

### 2.5.3 Array Sensor Potensiometrik

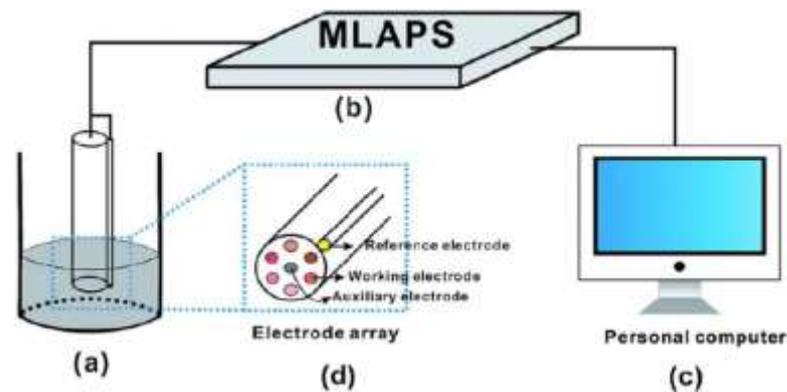
Perangkat multi-sensor terdiri dari 16 sensor dengan lapisan tipis berupa elektroda emas yang terhubung ke kabel perak (kemurnian 99,9%). Tubuh perangkat sensor dibuat dengan papan akrilik dan di kedua sisi nya terdapat delapan elektroda emas yang ditempatkan pada masing – masing bagian. Di ujung lain, setiap kabel perak terhubung ke kabel tembaga untuk mengkoneksikannya ke DataLogger buatan sendiri. Untuk mencegah kerusakan, semua sambungan perak diisolasi dengan resin akrilik. Karena DataLogger yang dibuat hanya memiliki 16

saluran dan dimaksudkan untuk menggunakan elektroda pH eksternal (SENP001 dari elektronik SFE), dalam perangkat multi-sensor, 16 membran lipid/polimer ditempatkan ke dalam elektroda emas 1-16. Elektroda referensi sambungan ganda Ag/AgCl digunakan sebagai elektroda referensi untuk semua input sensor (Tazi, 2018).

DataLogger dibuat untuk merekam profil sinyal potensiometri. Papan mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3 yang memiliki 16 saluran input analog membaca dan 54 pin input/output digital digunakan. Setiap elektroda kerja dihubungkan ke antarmuka adaptor (sistem berdasarkan Antarmuka Adaptor 1130-pH/ORP, dari Phidgets Inc.). Peran masing-masing antarmuka adaptor adalah sebagai penyangga dan penguat. Keluaran dari masing-masing penguat kemudian disaring menggunakan metode rata-rata bergerak dengan interval 20 detik secara langsung selama proses pengukuran. Proses penyaringan ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak instrumentasi virtual berbasis LabView (Tazi, 2018).

#### **2.5.4 Perangkat Lidah Elektronik**

Lidah elektronik terdiri dari komponen *hardware* dan *software*. *Hardware* yang digunakan untuk pengukuran kapasitas pada unit-unit sensor. Komponen *hardware* utama yaitu *signal generator*, *signal amplifier*, *data equalition* dan komputer. Sedangkan *software* digunakan untuk mengontrol akuisisi data, melakukan perhitungan dan analisa sinyal elektrik (Ristiasti, 2010). Perangkat ini tidak memberikan informasi mengenai sifat senyawa yang terkandung dalam sampel cair atau makanan yang diubah menjadi cairan, namun hanya memberikan pola digital dari sampel makanan tersebut (Toko, 2000).



Gambar 2.8 Komponen Lidah Elektronik  
(Tsaqifa, 2016)

Sensor lidah elektronik dengan selektivitas yang tinggi terdapat beberapa lipid membran yang mengubah informasi dari zat menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik yang didapat dianalisis menggunakan komputer dan output dari sensor menghasilkan pola yang berbeda pada setiap jenis zat (Triyana, 2013). Output dari sistem ini berupa kualitas dan kuantitas rasa berdasarkan perbedaan pola potensial yang dihasilkan. Setiap membran akan memberikan respon potensial yang berbeda-beda terhadap suatu zat. Rasa didiskriminasi dan diklasifikasi berdasarkan gabungan pola potensial yang terbentuk dari larik sensor tersebut. Zat-zat yang memiliki rasa sama akan membentuk pola potensial yang sama, sedangkan zat-zat yang mempunyai rasa yang berbeda-beda akan membentuk pola potensial yang berbeda pula (Wibowo, 2013).

## 2.6 Principle Component Analysis (PCA)

*Principle Component Analysis* (PCA) adalah suatu metode yang melibatkan prosedur matematika yang mengubah dan mentransformasikan sejumlah besar variabel yang berkorelasi menjadi sejumlah kecil variabel yang tidak berkorelasi, tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya. *Principle Component Analysis* (PCA) adalah sebuah cara untuk mengidentifikasi pola pada data dan

kemudian mengekspresikan data tersebut ke bentuk yang lain untuk menunjukkan perbedaan dan persamaan antar pola (Lim, 2002).

Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi yang besar dari ruang data (*observed variables*) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (*independent variables*), yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan data lebih sederhana. Ruang fitur adalah ciri yang digunakan sebagai kriteria dalam pengklasifikasian (Pratiwi, 2013). Variabel-variabel baru dalam PCA disebut sebagai *principle component* (PC) dan nilai-nilai bentukan dari variabel ini disebut sebagai *principle component score*. Variabel yang baru merupakan kombinasi linier dari variabel-variabel asli dan seluruh variabel baru tidak saling berkorelasi (Sharma, 1996).

Perhitungan analisis dengan menggunakan metode PCA adalah masalah memecahkan persamaan eigen. Adapun algoritma PCA secara umum sebagai berikut (Johnson, 2007):

- a. Hitung matriks kovarian dengan persamaan berikut :

$$Cov(xy) = \frac{\sum xy}{n} - (\bar{x})(\bar{y})$$

- b. Hitung nilai eigen dengan menyelesaikan persamaan berikut :

$$(A - \lambda I) = 0$$

Dimana A merupakan matriks data,  $\lambda$  merupakan nilai eigen, dan I merupakan matriks identitas.

- c. Hitung vektor eigen dengan persamaan berikut :

$$[A - \lambda I][X] = 0$$

Dimana X adalah vektor eigen yang telah diperoleh pada langkah sebelumnya.

d. Kalikan variabel asli dengan matriks vektor eigen untuk menentukan variabel barunya.

Variansi atau proporsi yang dapat dijelaskan oleh variabel baru ke- $i$  bergantung pada kontribusinya. Dari masing-masing nilai eigen variabel baru (PC), variansi atau proporsi PC dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Johnson, 2007):

$$\text{Proporsi PC ke-}i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \times 100\%$$

Ada dua cara yang digunakan untuk menentukan jumlah komponen utama (PC) yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya. Cara pertama yaitu dengan melihat total proporsi yang dapat dijelaskan memiliki nilai lebih dari 80%. Cara kedua adalah dengan mengamati *scree plot* yaitu dengan cara melihat patahan siku dari *scree plot* (Johnson, 2007).

Interpretasi PCA dapat diperoleh dari analisis loading yang merupakan korelasi antara variabel asli dengan variabel baru. Loading memberikan indikasi variabel asli mana yang sangat penting atau berpengaruh pada pembentukan variabel baru. Semakin tinggi nilai loading, maka variabel lama tersebut semakin berpengaruh terhadap pembentukan variabel baru. Loading dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Sharma, 1996):

$$l_{ij} = \frac{w_{ij}}{s_j} \sqrt{\lambda_i}$$

$l_{ij}$  merupakan loading plot variabel ke- $j$  untuk PC ke- $i$ .  $w_{ij}$  adalah bobot dari variabel ke- $j$  terhadap PC ke- $i$ .  $\lambda_i$  adalah nilai eigen dari PC ke- $i$  dan  $s_j$  adalah standart deviasi dari variabel ke- $j$  (Sharma, 1996).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen pengujian karakteristik rasa dari pembacaan nilai sensor lidah elektronik terhadap sampel yang diujikan. Sampel yang diujikan berupa tiga kopi liberika asal Banyuwangi, Jember, dan Lumajang, dimana yang digunakan sebagai sampelnya yaitu larutan kopi bubuk yang telah disaring. Ketiga sampel kopi liberika ini diklasifikasikan menggunakan statistik multivariat *Principle Component Analysis* (PCA) agar didapatkan hasil perbandingan kadar rasa dari berbagai jenis kopi tersebut.

### **3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian**

Penelitian tentang “Klasifikasi Rasa Kopi Liberika Berdasarkan Asal Geografis Berbasis *Electronic Tongue* dengan metode *Principle Component Analysis* (PCA)” dilaksanakan pada bulan April - September 2021 sampai selesai di Laboratorium Sensor Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### **3.3 Alat Dan Bahan**

#### **3.3.1 Alat Penelitian**

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Perangkat lidah elektronik
2. Hanna Hi 5313 *reference electrodes*
3. Spatula
4. Pengaduk
5. Timbangan analitik

6. *Beaker Glass* 500 ml
7. Pemanas air
8. Pinset
9. Multimeter digital
10. *Hot plate*
11. *Magnetic stirrer*
12. Ayakan 100 mesh
13. Kertas saring
14. *Aluminium foil*
15. Perangkat PC
16. *Software* :
  - a. E-tongue software
  - b. LabVIEW 2014
  - c. MiniTab 9
  - d. Microsoft Excel 2010

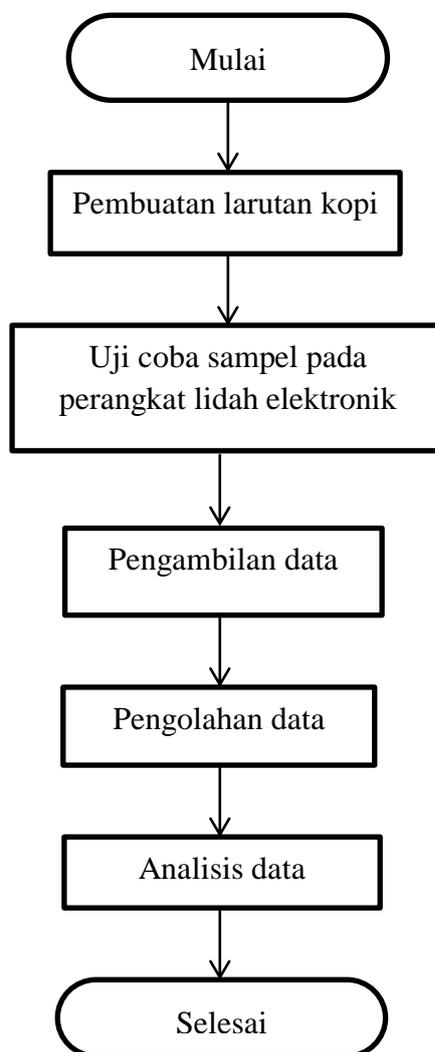
### **3.3.2 Bahan Penelitian**

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Kopi liberika Lumajang
2. Kopi liberika Jember
3. Kopi liberika Banyuwangi
4. Aquades
5. Larutan KCL 200 mM

### 3.4 Diagram Alir

Diagram alir ditunjukkan di bawah ini, dimana penelitian ini dimulai pada awal pembuatan sampel dari biji kopi mentah sampai dengan larutan kopi, kemudian dilanjut dengan pengujian larutan menggunakan perangkat lidah elektronik yang menghasilkan data pada DataLogger yang kemudian data tersebut diolah dan dianalisis hingga mendapatkan hasil yang kita inginkan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

### **3.5 Prosedur Penelitian**

#### **3.5.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel**

Lokasi pengambilan sampel dilakukan pada tiga tempat yaitu yang pertama di Kecamatan Kalibaru, Kabupaten Banyuwangi. Sampel kedua di Kecamatan Jenggawah, Kabupaten Jember dan yang ketiga di Kecamatan Senduro, Kabupaten Lumajang. Sampel ini diperoleh dari petani lokal di masing – masing tempat.

#### **3.5.2 Pembuatan Sampel**

Proses pembuatan larutan kopi dalam penelitian ini yaitu:

1. Dicuci biji kopi yang diperoleh dari petani sekitar, kemudian ditiriskan dan disangrai sampai warnanya berubah kehitaman menggunakan api kecil. Kemudian biji kopi tersebut dihaluskan menggunakan penggiling hingga menjadi bubuk kopi.
2. Diambil kopi bubuk menggunakan spatula kemudian disaring menggunakan ayakan dengan ukuran 100 mesh agar didapatkan butiran bubuk kopi dengan ukuran yang sama dan ditimbang sebanyak 10 gram menggunakan timbangan analitik.
3. Setelah ditimbang, dituangkan kopi bubuk ke dalam beaker glass lalu ditambahkan air aquades yang sebelumnya sudah dimasak hingga mendidih ( $100^{\circ}\text{C}$ ) sebanyak 450 ml.
4. Diaduk campuran kopi bubuk dengan aquades tersebut menggunakan pengaduk sampai tercampur rata.
5. Dimasukkan magnetic stirrer pada beaker glass yang berisi larutan kopi kemudian ditutup menggunakan aluminium foil dan diletakkan di atas hot

plate yang sudah ON dengan suhu 100°C dan kecepatan adukan 1000 rpm selama 30 menit agar larutan kopi tersebut dapat tercampur dengan sempurna.

6. Disaring larutan kopi yang telah tercampur rata menggunakan kertas saring agar didapatkan hasil larutan tanpa ampas. Maka sampel sudah siap digunakan.

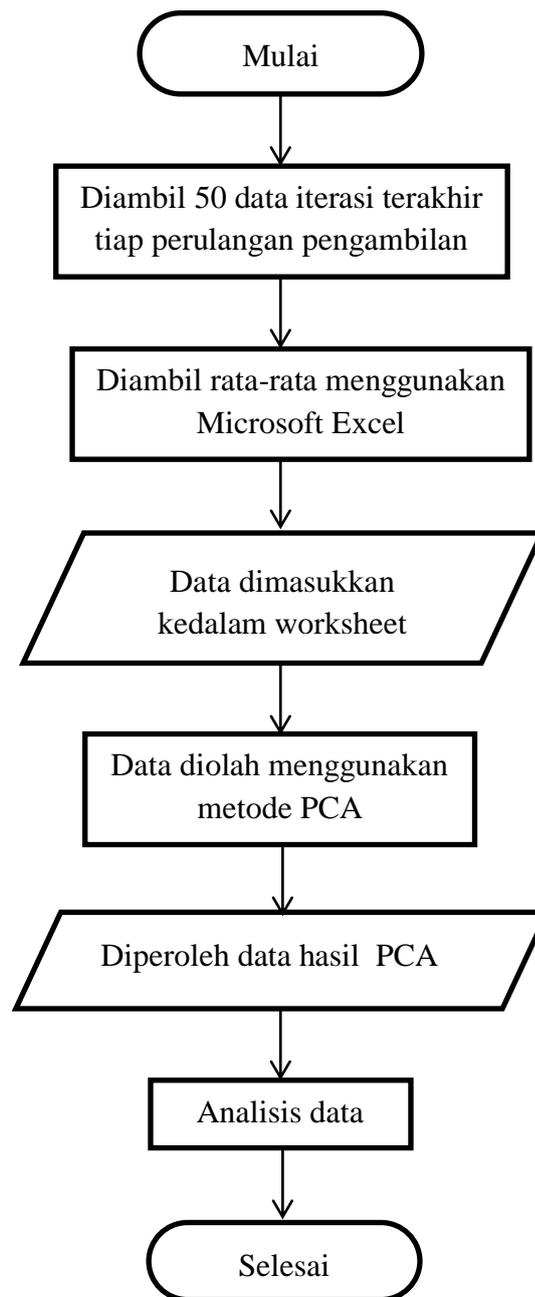
### **3.5.3 Pengambilan Data Lidah Elektronik**

Proses pengambilan data menggunakan sensor lidah elektronik dengan 16 membran sensor yaitu :

1. Dichelupkan sensor lidah elektronik dan *electroda* reference kedalam larutan sampel hingga 16 membrannya terkena larutan tersebut.
2. Dihubungkan perangkat lidah elektronik ke komputer yang telah terinstall *software e-tongue*.
3. Dilakukan pengambilan data sebanyak 30 kali pengulangan per sampel dengan durasi waktu 500 detik.

### **3.5.4 Pengolahan Data**

Tahap pengolahan data dilakukan dengan menggunakan teknik pengenalan pola dengan *software* MiniTab menggunakan metode *Principle Component Analysis* (PCA) yang dapat dilihat melalui gambar diagram alir dibawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data

#### 3.5.4 Analisis Data

Data yang diperoleh dari sensor lidah elektronik akan dianalisis dengan menggunakan analisa data *Principle Component Analysis* (PCA). Metode *Principle Component Analysis* (PCA) merupakan analisis multivariat yang digunakan untuk mereduksi dimensi data berukuran besar dan saling berkorelasi





17																	
18																	
19																	
20																	

### 3.5.6 Tabel Pengolahan Data PCA

Tabel 3.4 Pengolahan Data PCA

Variabel	Nilai Eigen	Proporsi	Kumulatif	Kumulatif (%)
PC1				
PC2				
PC3				
PC4				
PC5				
PC6				
PC7				
PC8				
PC9				
PC10				
PC11				
PC12				
PC13				
PC14				
PC15				
PC16				

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Data Hasil**

#### **4.1.1 Preparasi Sampel**

Penelitian ini menggunakan sampel berupa biji kopi liberika yang diperoleh dari tiga daerah yang berbeda-beda yaitu Banyuwangi, Jember dan Lumajang. Kopi liberika didapatkan dari petani asli yang bermukim di daerah-daerah tersebut. Biji kopi yang didapat kemudian disangrai dan dihaluskan dengan perlakuan yang sama tiap macamnya. Bubuk kopi yang diperoleh disaring menggunakan ayakan dengan ukuran 100 *mesh* agar didapatkan butiran bubuk kopi dengan ukuran yang sama. Setiap jenis kopi dibagi menjadi 20 sampel dengan berat yang sama yaitu 10 gram untuk setiap sampelnya. Bubuk kopi dilarutkan dengan air panas sebanyak 450 ml pada suhu 100°C dan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* diatas *hot plate* dengan kecepatan adukan 100 rpm selama 30 menit. Kemudian kopi didinginkan dengan suhu ruang dan disaring menggunakan kertas saring agar didapatkan larutan kopi murni tanpa adanya ampas yang tersisa di dasarnya.

#### **4.1.2 Pemasangan Membran Probe Sensor**

Lidah elektronik merupakan suatu sensor yang memiliki prinsip kerja seperti lidah manusia. Sistem akuisisi data dari sensor ini dapat bekerja karena adanya *hardwre* dan *software* yang berjalan dengan fungsinya masing-masing. *Hardware* pada sistem akuisisi data sensor lidah elektronik ini merupakan gabungan dari beberapa komponen elektronika, sensor, dan *processor* berupa *microcontroller*. Sedangkan untuk *software* pada sistem akuisisi data ini dibuat dengan

menggunakan aplikasi dari National Instrument yaitu LabView. Kinerja dari seluruh sistem sensor akan dikendalikan oleh PC.

*Probe* merupakan bagian terpenting dalam masukan data sensor. Didalam *probe* ini terdapat sensor-sensor kimia yang terbuat dari membran lipid berbahan aktif tertentu. Membran dari sensor lidah ini merupakan kombinasi dari bahan aktif lipid, *plasticizer*, PVC dan THF. Lipid merupakan material aktif yang berfungsi sebagai sensor yang mendeteksi rasa. Pada penelitian ini digunakan empat macam material aktif yaitu *Octadecylamine*, *Oleyl Alcohol*, *Methyltrioctylammonium Chloride* dan *Oleic Acid*. *Plasticizer* merupakan bahan yang digunakan sebagai pelentur membran yang terdiri dari *2-Nitrophenyl Octylether*, *Bis(2-ethylhexyl)sebacate*, *Bis(2-ethylhexyl)phosphate* dan *Bis(1-butylpentyl)adipate*. *Polyvinyl Chlorida* (PVC) merupakan suatu material yang digunakan untuk memadatkan bahan sesuai dengan keinginan. *Tetrahydrofuran* (THF) merupakan pelarut dari membran itu sendiri.

Membran dibuat dengan mencampurkan bahan-bahan tersebut dengan komposisi tertentu yaitu lipid 2,8-3,2%, *plasticizer* 64,7-65,2%, PVC 31,9-32,3%, dan untuk THF tidak ada konsentrasi yang ditentukan, digunakan beberapa tetes hingga membran melunak. Setelah membran dicampur, didiamkan terlebih dahulu sampai larut selama kurang lebih 24 jam. Sebelum larutan ditetaskan, pastikan *probe* sudah dibersihkan menggunakan THF. Kemudian ditetaskan larutan tersebut pada *probe* sensor lidah elektronik secara berulang-ulang sebanyak 5 kali perulangan dengan catatan setiap kali akan mengulang penetesan harus menunggu membran sebelumnya kering terlebih dahulu.



Gambar 4.1 Larutan Membran Probe Sensor

#### 4.1.3 Pengujian Sensor Lidah Elektronik

Sampel larutan kopi yang telah dipreparasi diuji menggunakan sistem lidah elektronik. *Probe* sensor lidah elektronik dan *electroda reference* dicelupkan ke dalam larutan sampel dan dihubungkan pada *interface* sensor untuk menjalankan *software* sistem akuisisi data. Dilakukan proses inialisasi port arduino serta kontrol waktu sampling dan durasi pengukuran pada *user interface software*. Waktu sampling yang digunakan 1000ms dengan durasi pengukuran 500s. Setiap sampel dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak 30 kali. Nilai data yang tersimpan diambil 50 iterasi data terakhir dan diolah menggunakan Ms. Excel untuk mencari nilai rata-ratanya.



Gambar 4.2 Pengujian Kopi Liberika pada Lidah Elektronik

#### 4.1.4 Hasil Pengolahan Data PCA

*Principle Component Analysis* (PCA) adalah sebuah cara untuk mengidentifikasi pola pada data dan kemudian mengekspresikan data tersebut ke bentuk yang lain untuk menunjukkan perbedaan dan persamaan antar pola. Tujuan dari PCA adalah untuk mereduksi dimensi yang besar dari ruang data (*observed variables*) menjadi dimensi yang lebih kecil dari ruang fitur (*independent variables*), yang dibutuhkan untuk mendeskripsikan data lebih sederhana. Data baru hasil reduksi terbentuk dari matriks data variabel asli, vektor eigen dan nilai eigen dari sebaran data yang disebut matriks kovarian atau komponen utama (PC). Komponen utama adalah kumpulan variabel baru yang merupakan kombinasi linier dari variabel-variabel yang diamati. Banyaknya komponen utama yang terbentuk sama dengan banyaknya variabel asli. Dalam penelitian ini terdapat 16 variabel yaitu sensor ke-1 sampai dengan sensor ke-16 sehingga terbentuk 16 PC. Komponen utama (PC) memiliki sifat semakin mengecil, sebagian besar kovarian dari variabel asal berkumpul pada beberapa PC pertama dan semakin sedikit kovarian yang terkumpul pada PC terakhir. Analisis PCA dalam penelitian ini menggunakan software MiniTab yang digunakan untuk memperoleh data berupa nilai eigen, proporsi dan kumulatif yang kemudian divisualisasikan ke dalam bentuk data berupa grafik *scree plot*, *loading plot* dan *score plot*.

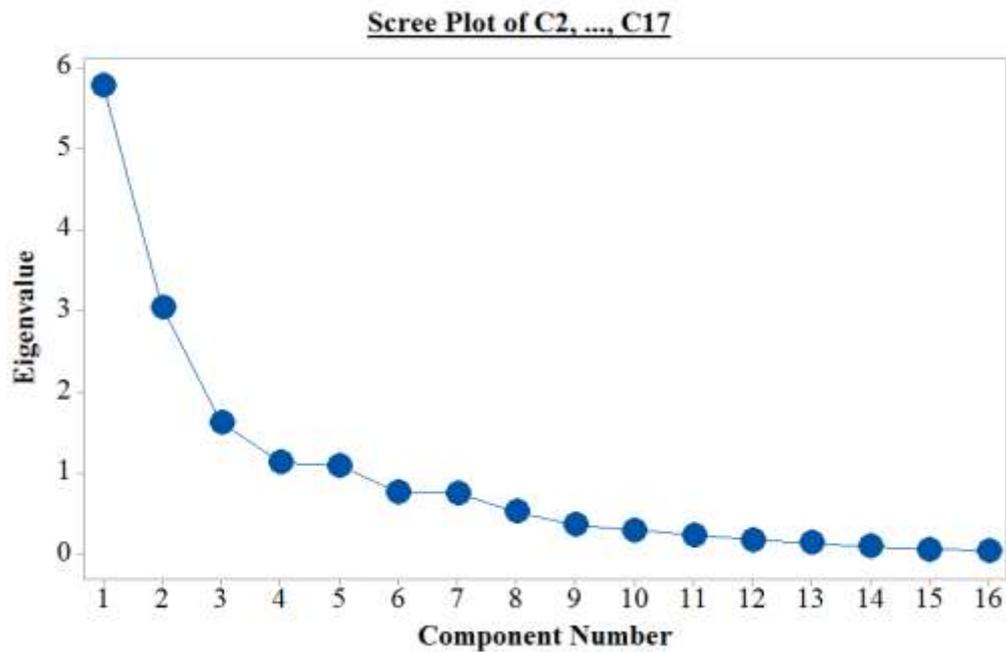
Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis PCA pada *software* MiniTab yaitu menginputkan data rata-rata yang diperoleh di Ms. Excel pada *worksheet* MiniTab, kemudian pilih toolbar “*Stat-Multivariate-Principal Component*”. Lalu akan muncul menu yang terdapat pilihan variabel/matriks yang akan dianalisis dan diisi letak kolom sensor pertama sampai dengan sensor ke-16

pada *worksheet* MiniTab. Menu pilihan tipe matriks dipilih menu kovarian matriks dan pada menu *graphs* dipilih *Scree Plot*, *Loading Plot* dan *Score Plot*. Setelah proses tersebut selesai, didapatkan nilai eigen, proporsi, dan komulatif masing-masing sensor serta nilai *Principal Component* dan grafik yang telah dipilih sebelumnya.

Tabel 4.1 Hasil Pengolahan Data PCA

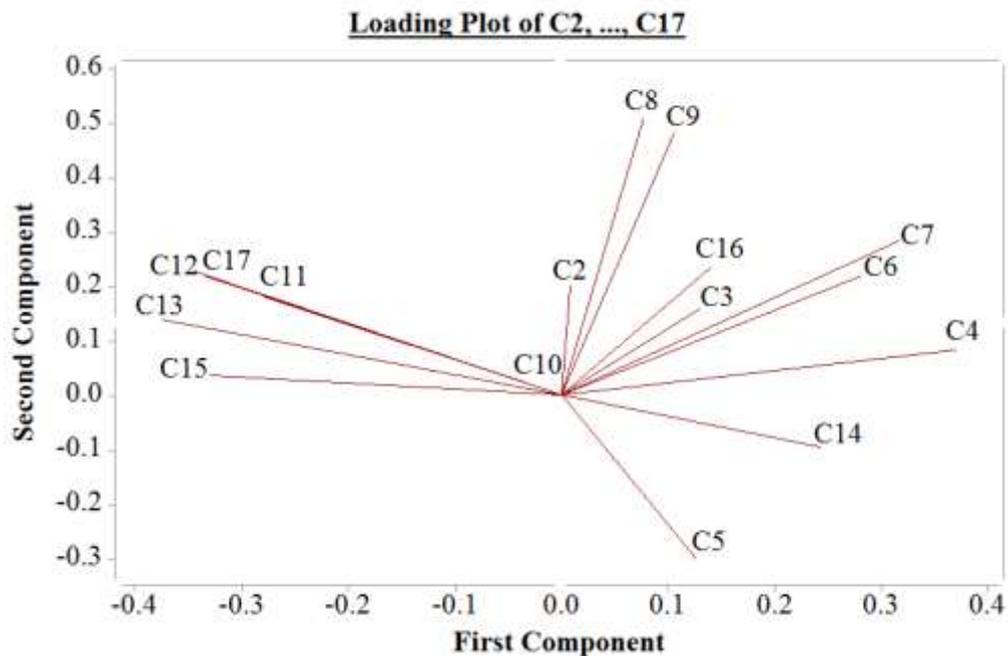
Variabel	Nilai Eigen	Proporsi	Kumulatif	Kumulatif (%)
PC1	5,7738	0,361	0,361	36,1%
PC2	3,0372	0,190	0,551	55,1%
PC3	1,6218	0,101	0,652	65,2%
PC4	1,1254	0,070	0,722	72,2%
PC5	1,0891	0,068	0,790	79%
PC6	0,7549	0,047	0,838	83,8%
PC7	0,7436	0,046	0,884	88,4%
PC8	0,5178	0,032	0,916	91,6%
PC9	0,3508	0,022	0,938	93,8%
PC10	0,2840	0,018	0,956	95,6%
PC11	0,2258	0,014	0,970	97%
PC12	0,1710	0,011	0,981	98,1%
PC13	0,1315	0,008	0,989	98,9%
PC14	0,0876	0,005	0,995	99,5%
PC15	0,0507	0,003	0,998	99,8%
PC16	0,0350	0,002	1,000	100%

*Scree Plot* merupakan plot yang memiliki fungsi untuk melihat faktor-faktor yang terbentuk dari hasil analisis berdasarkan nilai eigen. Plot ini digunakan untuk menentukan nilai PC ke-n yang mana semakin besar nilai n maka nilai PC akan semakin mengecil. Dengan menggunakan *Scree Plot*, banyaknya komponen yang diambil adalah pada titik kurva awal hingga titik kurva mulai melandai. Nilai dari masing-masing PC merupakan nilai eigen dibagi dengan total nilai eigen semua komponen dan dikalikan dengan 100%.



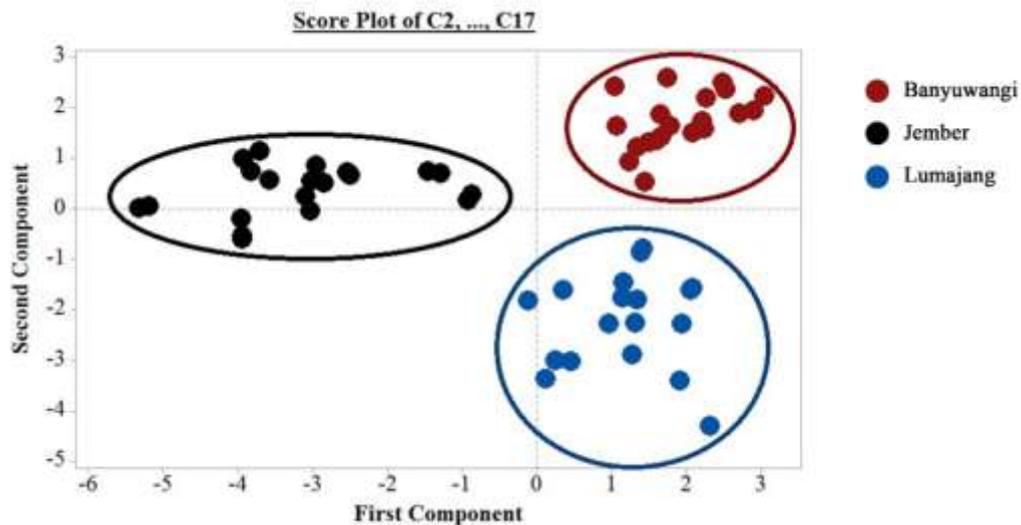
Gambar 4.3 *Scree Plot* PCA

*Loading Plot* merupakan korelasi antara variabel asli dengan variabel baru. Plot ini memberikan indikasi variabel original mana yang sangat penting atau mempengaruhi pembentukan variabel baru. Semakin tinggi nilai *Loading Plot* maka variabel lama tersebut memiliki pengaruh paling besar terhadap pembentukan variabel yang baru. *Loading Plot* terdiri dari resultan garis dari masing-masing variabel sensor terhadap PC1 dan PC2 yang merupakan nilai komponen utama yang mewakili seluruh matriks kovarian data. Semakin panjang resultan garis yang terbentuk menunjukkan kontribusi sensor terbesar dalam menganalisa larutan kopi. Pengujian larutan kopi liberika dalam penelitian ini bisa dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4.4 *Loading Plot* PCA

*Score Plot* merupakan pemvisualisasian plot data klasifikasi masing-masing sampel dan dapat divisualisasikan dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi. Gambar 4.5 menunjukkan adanya empat kuadran pemisah yang dapat membedakan 3 kelompok sampel yaitu kelompok Kopi Liberika Banyuwangi, Kopi Liberika Jember dan Kopi Liberika Lumajang. Hasil dari analisis PCA menunjukkan bahwa masing-masing sampel dikelompokkan ke dalam jarak yang berbeda satu dengan yang lainnya. Jarak antar sampel menunjukkan tingkat kesamaan antar sampel, semakin jauh jaraknya maka pengklasifikasian tiap sampel akan mudah didapatkan.



Gambar 4.5 *Score Plot* PCA

## 4.2 Pembahasan

Pengujian larutan kopi liberika dengan menggunakan sensor lidah elektronik ini dilakukan setiap 500 detik setiap sampelnya dan dilakukan 30 kali perulangan untuk satu kali pengujiannya. Data yang dipilih merupakan data 50 detik terakhir sebelum pengujian berikutnya dan diambil nilai rata-ratanya. Hasil pengolahan data sampel menggunakan metode PCA menghasilkan beberapa plot yang berbeda. Data hasil *Scree Plot* pada Gambar 4.3 menunjukkan nilai eigen dari setiap komponen utama (PC). Bentuk *Scree Plot* digunakan untuk menentukan jumlah faktor yang digunakan dalam komponen utama dengan melihat perbedaan slope yang tajam antara faktor satu dengan lainnya. Dengan menggunakan *Scree Plot*, banyaknya komponen yang diambil adalah pada titik kurva awal hingga titik kurva melandai. Pada Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa kurva mulai melandai pada PC 2, sehingga dari data grafik *Scree Plot* dapat diambil 2 komponen utama yaitu PC 1 dan PC 2 yang menghasilkan variabel 2 dimensi. Proporsi diperoleh dari

perbandingan nilai eigen masing-masing PC terhadap jumlah nilai eigen seluruh PC dengan persamaan berikut:

$$\text{Proporsi PC ke-}n = \frac{\lambda_n}{\sum_{m=1}^D \lambda_m} \times 100\%$$

$$\text{Proporsi PC1} = \frac{5,7738}{15,965} \times 100\% = 36,1\%$$

$$\text{Proporsi PC2} = \frac{3,0372}{15,965} \times 100\% = 19\%$$

Nilai PC1 yaitu 36,1% sedangkan nilai PC2 adalah 19%. Kedua PC ditambahkan dan didapatkan nilai sebesar 55,1%. Dari nilai PC tersebut dapat mewakili matriks kovarian keseluruhan data dari 16 dimensi dan variable data asli dapat direduksi menjadi 2 dimensi.

*Loading Plot* merupakan gambaran kontribusi keseluruhan sensor dalam merespon sampel. *Loading Plot* terdiri atas resultan garis dari masing-masing variabel sensor yang merupakan nilai komponen utama yang mewakili seluruh matriks kovarian data. Semakin panjang garis yang terbentuk maka semakin besar kontribusi sensor dalam mengklasifikasikan rasa kopi liberika Banyuwangi, Jember dan Lumajang. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa sensor yang berkontribusi besar dalam merespon pengklasifikasian larutan kopi liberika adalah sensor ke 7, 4, 12, 17 dan 13. Dimana sensor-sensor tersebut mempunyai nilai resultan terpanjang terhadap PC 1 dan PC 2 dan sebagai parameter pembanding larutan kopi liberika Banyuwangi, Jember dan Lumajang.

*Score Plot* digunakan untuk memvisualisasikan plot data klasifikasi masing-masing larutan kopi liberika. Plot ini dapat divisualisasikan dalam bentuk 2 dimensi dan 3 dimensi. Pada penelitian ini kita menggunakan plot 2 dimensi yang didapatkan dari koordinat PC 1 dengan nilai proporsi 36,1% dan PC 2 dengan

nilai proporsi 55,1% dan 65,2% untuk proporsi kumulatif keduanya. Gambar 4.5 merupakan hasil plot dari keseluruhan sampel yang menunjukkan pengelompokan oleh masing-masing jenis sampel. Dalam plot ini terdapat 3 jenis pengelompokan kopi dengan 20 buah sampel setiap jenis kopinya dengan total 60 sampel keseluruhannya dan pengambilan data sebanyak 30 kali setiap sampelnya. Kelompok pertama didalam garis elips merah merupakan pengelompokan 20 sampel kopi liberika Banyuwangi yang telah diujikan. Kelompok kedua ditunjukkan didalam elips berwarna hitam dengan 20 sampel kopi liberika Jember. Kelompok ketiga merupakan 20 sampel kopi liberika Lumajang didalam elips berwarna biru. Ketiga larutan kopi terklasifikasi dengan baik pada tiga kelompok yang berbeda. Namun data *Score Plot* ini tidak bisa dijadikan acuan data yang benar dikarenakan berdasarkan nilai proporsi kumulatif pada PC 1 dan PC 2 terdapat 44,9% data informasi yang hilang dari pereduksian 16 data variabel menjadi pengelompokan 2 dimensi. Sehingga perangkat lidah elektronik ini tidak cukup baik untuk mengklasifikasikan larutan kopi liberika dikarenakan bahan membrannya yang kurang cocok dengan kandungan rasa yang terdapat di dalam kopi itu sendiri.

### **4.3 Kajian Integrasi Islam**

Indonesia merupakan salah satu negara dengan letak geografis yang sangat cocok dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan kopi. Letak Indonesia sangat ideal bagi iklim mikro untuk pertumbuhan dan produksi kopi. Berbagai macam jenis kopi dapat tumbuh dengan baik sesuai dengan kondisi geografis tempat penanamannya. Faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kopi antara lain ketinggian tempat, curah hujan, penyinaran matahari,

angin dan tanah. Seperti yang telah Allah SWT jelaskan di dalam Al-Qur'an Surah Thaha ayat 53 :

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْجَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَخَرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا  
مِّنْ نَّبَاتٍ شَتَّى ﴿٥٣﴾

*“(Allah) Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan Yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam.”*

Dalam tafsir al-Munir, ayat diatas menyatakan bahwa Allah menyebutkan kenikmatan dan curahan kebaikan-Nya yang sangat penting. Allah berfirman, *“(Allah) Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan,”* yaitu sebagai tempat pijakan yang kalian dapat beristirahat padanya, bertempat tinggal, membangun, menanam, dan membajak tanah untuk lahan pertanian dan fungsi lainnya. Dia telah menundukkan bumi bagi kalian, dan tidak menjadikannya menolak salah satu dari kemaslahatan kalian. *“Dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan,”* maksudnya membuka jalur-jalur yang menghubungkan antara satu daerah menuju daerah lain, dari satu wilayah ke wilayah lain. Akhirnya, orang-orang sanggup mencapai seluruh (penjuru) bumi dengan cara yang termudah. Mereka berhasil mendapatkan manfaat-manfaat yang lebih banyak melalui perjalanan jauh (yang mereka tempuh) ketimbang manfaat yang mereka raih saat berada di daerah sendiri. *“Dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam,”* maksudnya Dia menurunkan air hujan, kemudian menghidupkan bumi setelah kegersangannya. Dengan air itu, Dia menumbuhkan seluruh jenis tetumbuhan dengan berbagai perbedaan ragamnya,

bentuk yang bermacam-macam dan perbedaan karakternya. Sekiranya tidak ada air hujan, tentulah para penghuni permukaan bumi akan binasa, baik dari kalangan manusia, hewan maupun tumbuhan (Wahbah, 1991).

Keberagaman jenis tanaman, khususnya kopi pasti memiliki karakteristik yang berbeda-beda, dapat dilihat dari bentuk morfologi, rasa dan juga aromanya. Untuk mengetahui karakter dari kopi tersebut, dibutuhkan panca indera manusia untuk mengidentifikasikannya. Indera manusia dalam bahasa Arab disebut *al-hassah*, jamaknya adalah *al-hawwas* maka panca indera disebut *al-hawwas al-khomsah* (Munawwir, 1984). Diambil dari kata *hassa-yahussu* bermakna juga ‘mengetahui’, ‘merasakan’, juga ‘menemukan’ melalui inderanya. Selain itu, terdapat kata lain yang serupa maknanya, yakni *ihsas* yang artinya ‘ilmu melalui penginderaan’. Oleh karenanya, alat pengindra disebut *hawwas* baik terdiri dari *al-masya’ir al-insan* yang berupa hidung, mata, telinga, lidah, juga kulit; maupun kemampuan panca indera (*al-masya’ir al-khoms*) yang berupa penglihatan (*al-basar*), pendengaran (*al-sam’u*), penciuman (*al-syammu*), perasa (*al-zauq*), dan peraba (*al-lamsu*) (Ma’luf, 1908). Secara khusus, Abu Hayyan at-Tauhidi menyebut bahwa segala yang terindra merupakan hal yang partikular, oleh karena itu hasil kerja indera disebut *ma’rifah* (pengetahuan) dan jika mengalami kolaborasi dengan akal hasilnya disebut sebagai *ilm* (ilmu) (Al-Tahanawiy, 1996).

Istilah yang digunakan Al-Qur’an mengenai indera lidah (rasa) adalah *dhuq*. Istilah ini, dalam Al-Qur’an terulang sebanyak 53 kali. Indera lidah (rasa) berpusat di lidah, seperti yang tergambar dalam ayat yang menceritakan kisah Adam dan Hawa yang memakan buah terlarang. Al-Qur’an dalam surat Al-‘Araf ayat 22 menggambarkan sebagai berikut :

فَدَهَّمَا بِغُرُورٍ فَلَمَّا ذَاقَا الشَّجَرَةَ بَدَتْ لَهُمَا سُوءَآئُهُمَا وَطَفِقَا يَخْصِفَانِ عَلَيْهِمَا مِنْ وَرَقِ الْجَنَّةِ وَنَادَىٰ هُمَا أَلَمْ أَنهَكُمَا عَنْ تِلْكَمَا الشَّجَرَةِ وَأَقُلُّكُمَا إِنَّ الشَّيْطَانَ لَكُمْ عَدُوٌّ مُّبِينٌ ﴿٢٢﴾

Maka syaitan membujuk keduanya (untuk memakan buah itu) dengan tipu daya. Tatkala keduanya telah merasai buah kayu itu, nampaklah bagi keduanya aurat-auratnya, dan mulailah keduanya menutupinya dengan daun-daun surga. Kemudian Tuhan mereka menyeru mereka: "Bukankah Aku telah melarang kamu berdua dari pohon kayu itu dan Aku katakan kepadamu: "Sesungguhnya syaitan itu adalah musuh yang nyata bagi kamu berdua?"

Selain dari kata *al-dhuq* ( الذوق ), perbincangan al-Qur'an mengenai indera lidah (rasa) juga menggunakan istilah *al-ta`am* ( الطعم ). Istilah ini, dalam berbagai bentuk kata terulang sebanyak 48 kali. Demikian pula pada kata *al-ta`am*, yang berarti *akala* (makan) atau *adhaqa* (merasakan) (Ibnu Mandzur, 2002). Dengan demikian, *ta`ama* sebagai kata kerja dapat diterjemahkan kepada "merasakan makanan". Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa lidah (rasa), dengan istilah *al-ta`am* atau *dhuq*, sebagai indera yang berpusat di mulut atau lidah. Sebab, makan itu suatu perbuatan dan rasa yang dilakukan oleh mulut atau lidah. Al-Qur'an dalam surat Al-Ma'idah ayat 93 juga menggambarkan di antaranya:

لَيْسَ عَلَى الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ جُنَاحٌ فِيمَا طَعِمُوا إِذَا مَا اتَّقَوْا وَعَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ ثُمَّ اتَّقَوْا وَعَامَنُوا ثُمَّ اتَّقَوْا وَأَحْسَنُوا وَاللَّهُ يُحِبُّ الْمُحْسِنِينَ ﴿٩٣﴾

"Tidak ada dosa bagi orang-orang yang beriman dan mengerjakan amalan yang saleh karena memakan makanan yang telah mereka makan dahulu, apabila mereka bertakwa serta beriman, dan mengerjakan amalan-amalan yang saleh, kemudian mereka tetap bertakwa dan beriman, kemudian mereka (tetap juga) bertakwa dan berbuat kebajikan. Dan Allah menyukai orang-orang yang berbuat kebajikan".

Dari beberapa pembahasan di atas dapat dipahami bahwa panca indera dapat menjadi *wasilah* dalam mencapai keridhoan Allah ataupun penyebab ingkar kepada Allah. Seperti contoh, sebelum Allah mengharamkan *khamr* kepada kaum

muslim, banyak dari sahabat yang meminum *khamr*, para sahabat tahu nikmatnya *khamr* karena mempunyai lidah yang dapat merasakan. Namun ketika muncul larangan untuk meminum *khamr*, para sahabat menggunakan hati dan akalannya dalam berfikir, menentukan lebih banyak mana antara manfaat atau *mudhorot* yang didapatkan.

Lain halnya dengan *khamr* yang terkenal dengan keharaman dan dampak negatif yang diterima, kopi merupakan minuman yang menjadi kesukaan pemuda-pemudi bahkan ulama-ulama terdahulu karena manfaatnya. Imam Ibnu Hajar Al Haitami dalam kitab *al I'ab Syarh al 'Ubab* menyebutkan bahwa minum kopi adalah obat hati yang gelisah. Ini juga tradisi yang dipelihara kaum sufi. Ibnu Hajar berkata :

ثم اعلم ايها القلب المكروب أن هذه القهوه قد جعلها اهل الصفاء مجلبة للأسرار مذهباً  
للأكدار

“Kemudian, ketahuilah duhai hati yang gelisah bahwa kopi ini telah dijadikan oleh Ahli Shofwah (orang-orang yang bersih hatinya) sebagai pengundang akan datangnya cahaya dan rahasia Tuhan, penghapus kesusahan”.

Mengingat begitu pentingnya fungsi lidah manusia, maka memunculkan inisiatif dari peneliti untuk menciptakan suatu alat yang mempunyai prinsip serupa dengan lidah manusia untuk membantu kerja dari manusia itu sendiri dalam merasakan makanan atau minuman. Alat tersebut lebih dikenal dengan istilah “Lidah Elektronika”. Lidah elektronika merupakan sekumpulan komponen yang terdiri dari sensor yang bertugas dalam merespon rasa, *interface* yang berfungsi sebagai jalur pemroses data yang diterima sensor dan software pada PC yang berfungsi menampilkan hasil dari respon sensor lidah.

Sensor lidah elektronik ini memiliki prinsip kerja yang mirip seperti lidah manusia. Lidah manusia dapat merespon hampir semua rasa akan tetapi lebih sensitif terhadap rasa tertentu. Selain itu, lidah manusia juga tidak bisa merasakan rasa pada semua konsentrasi. Artinya ada ambang dimana rasa tersebut tidak bisa terdeteksi. Saat kita merasakan makanan ada saat dimana kita bisa menikmatinya sebelum rasa tersebut bisa menjadi stabil. Prinsip-prinsip inilah yang juga dipakai dalam sensor lidah elektronika yang lebih dikenal dengan istilah sensitivitas, limit atau batas deteksi, serta waktu respon (*respond time*).

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan

1. Pengklasifikasian rasa kopi liberika Banyuwangi, Jember dan Lumajang menggunakan sensor lidah elektronik dengan metode PCA menunjukkan hasil *Score Plot* dengan pengklasifikasian yang baik. Ketiga sampel dapat dikelompokkan berdasarkan asal geografisnya.
2. Sensor rasa yang berkontribusi besar dalam merespon pengklasifikasian larutan kopi liberika adalah sensor ke 7, 4, 12, 17 dan 13. Dimana sensor-sensor tersebut berfungsi sebagai parameter pembanding larutan kopi liberika Banyuwangi, Jember dan Lumajang.
3. Keakurasian data hasil berdasarkan nilai proporsi kumulatif pada PC 1 dan PC 2 sebesar 55,1% yang mewakili kovarian seluruh data. Data dapat terklasifikasi dengan baik, namun hasil data ini tidak bisa dijadikan acuan data yang benar dikarenakan terdapat 44,9% data informasi yang hilang dari pereduksian 16 data variabel menjadi pengelompokan 2 dimensi.
4. Perangkat lidah elektronik ini tidak cukup baik untuk mengklasifikasikan larutan kopi liberika dikarenakan bahan membrannya yang kurang cocok dengan kandungan rasa yang terdapat di dalamnya.

### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya diharapkan untuk membuat probe sensor yang baru dan penambahan membran lipid yang lebih sesuai dengan rasa yang diujikan dalam penelitian agar didapatkan hasil yang lebih akurat. Serta dilakukan pengembangan lebih lanjut tentang lidah elektronik ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Tahanawiy, Muhammad bin Aliy bin al-Qadhi Muhammad Hamid bin Muhammad Shabir al-Faruqiy al-Hanafiy. 1996. *Mausu'ah al-Kasyaf Istilahat al-Funun wa al-'Ulum Tahqiq Rafiq al-'Ajam wa Aliy Dahruj*. Beirut: Maktabah Lubnan Nasyirun Publisher.
- Amerongen AV Nieuw. 1991. *Ludah dan Kelenjar Ludah*. Penj. Abyono R. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Budiman, H. 2013. *Prospek Tinggi Bertanam Kopi*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Campbell, N., Jane B. Reece, dan Lawrence G. 1999. *Mitchell Biologi Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Cut Fatimah Zahra. 2006. *Flavor (Cita Rasa)*. Karya Tulis Ilmiah. Medan: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Sumatra: Universitas Sumatra Utara.
- Departemen Agama RI. 2008. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Bandung: Diponegoro.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2013. *Statistik Perkebunan Indonesia 2012-2014*. Jambi: Dinas Perkebunan Provinsi Jambi.
- Don W, Fawcett. 2002. *Buku Ajar Histologi*, Penerjemah: Dr. Jan Tambayong. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Fajriana, Nur Hasani, and Imelda Fajriati. 2018. *Analisis Kadar Kafein Kopi Arabika ( Coffea Arabica L .) Pada Variasi Temperatur Sangrai*. Analit: Analytical and Environmental Chemistry 3 (02): 148–62.
- Gusfarina, D. S. 2014. *Mengenal Kopi Liberika Tungkal Komposit (Libtukom)*. Jambi: Raja Grafika Persada.
- Guyton AC, Hall JE. *Text Book of Medical Physiology (Taste and Smell)*. 11 th Ed. Mississippi: Elsevier Book Aid International, 2009:663-7.
- Hulupi, R. 2014. *Varietas Kopi Liberika Anjuran untuk Lahan Gambut*. Libtukom: Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Ibnu Mandzur, Muhammad bin Mukrim bin Ali Abu al-Fadhl Jamal al-Din. 2002. *Lisan al-Arab*. Beirut: Daar al-Shadir.
- Irianto Koes. 2012. *Anatomi dan Fisiologi untuk Mahasiswa*. Bandung: Alfabeta.

- Jacewicz M. 2008. *Smell and Taste Disorders* (Merck Manual Hand Books).[http://www.merckmanuals.com/home/print/ear\\_nose\\_and\\_throatdisorders/nose\\_sinus\\_and\\_taste\\_disorders/smell\\_and\\_disorders.html](http://www.merckmanuals.com/home/print/ear_nose_and_throatdisorders/nose_sinus_and_taste_disorders/smell_and_disorders.html). Last Update 20 Juli 2008.
- Johnson dan Wichern. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. USA: Pearson Prentice Hall.
- Kaltsum, U., K. Triyana, dan D. Siswanta. 2014. *Development of Taste Sensor System for Differentiation of Indonesian Herbal Medicines*. AIP Conference Proceedings 1617(2014): 100-104.
- Lim, Resmana, dkk. 2002. *Face Recognition Menggunakan Metode Linier Analysis (LDA)*. Jakarta: Proceeding Komputer dan Sistem Intelijen.
- Ma'luf, Louis. 1908. *Al-munjid fi al-Lughah wa al-A'lam*. Beirut: al-Mathba'ah al-Katholikiyah Publisher.
- Marya R KA. 2002. *Text Book of Phisiology for Dental Students (Taste and Smell)*. New Delhi: CBS Publishers & Distributors.
- Morais, Tais Carpintero Barroso de, Dayvison Ribeiro Rodrigues, Urijatan Teixeira de Carvalho Polari Souto, and Sherlan G. Lemos. 2019. *A Simple Voltammetric Electronic Tongue for the Analysis of Coffee Adulterations*. Food Chemistry 273: 31–38.
- Muhaemin, Aep. 2020. *Analisis Pola Rembesan Air Sungai ke Dalam Sumur di Desa Banjarejo Kabupaten Malang Berbasis Lidah Elektronik Menggunakan Metode PCA dan LDA*. Skripsi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Muhammad. 2008. *Keajaiban Fisiologi Tubuh Manusia dalam Al Qur'an*. Jakarta: Erlangga.
- Mulato, S. 2001. *Pelarutan Kafein Biji Robusta Dengan Kolom Tetap Menggunakan Pelarut Air*. Pelita Perkebunan. Jakarta.
- Munawwir, Ahmad Warson. 1984. *Kamus Al-Munawwir Arab-Indonesia Terlengkap*. Surabaya: Penerbit Pustaka Progressif.
- Nafisa, Silva. 2020. *Eksplorasi Klon Kopi Robusta (Coffea Canephora), Varietas Arabica (Coffea Arabica) dan Liberica (Coffea Liberica) di Kabupaten Situbondo Serta Pemanfaatannya Sebagai Buku Panduan Lapangan*. Skripsi. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Nagamori, tomomi dan Kiyoshi Toko. 1998. *Quantification of Taste of Amino Acids With a Multichannel Taste Sensor*. Kyushu University.

- Najiyati S, dan Danarti. 2004. *Kopi, Budidaya dan Penanganan Pasca Panen*. Edisi Revisi. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Nystrom, S. 2003. *Evaluation of a New Method for Extraction of Drift-Stable Information from Electronic Tongue Measurement*. Linkoping: Institutionen for Systemteknik.
- Pearce E. 2008. *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis (Indera Pengecap dan Pencium)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum.
- Peres, A M, dkk. 2013. *An Electronic Tongue for Juice Level Evaluation in Non Alcoholic Beverages*.
- Pratiwi, Dian Esti dan Agus Harjoko. 2013. *Implementasi pengenalan Wajah Menggunakan PCA (Prinsipal Component Analysis)*. Yogyakarta: FMIPA UGM.
- Rahardjo, P. 2017. *Berkebun Kopi*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahma, Nizara Isnanda. 2016. *Klasifikasi Pola Rasa Daging Sapi dan Daging Babi Berbasis Electronic Tongue Dengan 17 Array Sensor Menggunakan Metode Principle Component Analysis (PCA) dan Cluster Analysis (CA)*. Skripsi. Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Retnowati, Yunitasari. 2020. *Keanekaragaman Kopi Robusta, Varietas Arabika dan Liberika di Perkebunan Milik Rakyat Kabupaten Jember Berbasis Internet Access*. Skripsi. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Ristiasti, Aneke. 2010. *Tinjauan Sistem Analisa Data Lidah Elektronik*. Surabaya: Berita Litbang Industri.
- Rohman, A. 1996. *Tafsir Kariim ar-Rahman*. Kairo: Dar Ibn Hazm.
- Sharma, Subhash. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. John Willey and Sons.
- Spinale, James. 1990. *Komoditi Kopi Peranannya dalam Perekonomian Indonesia*. Yogyakarta: Kanisius.
- Subehi, Albar Yusuf, 2021. *Control of Your Spiritual*. Indonesia: Guepedia.
- Sulityorini, H, A P Abinermo dan H P Asmoro. 2018. *Buku Saku Kopi Penanganan Pascapanen Kopi Secara Baik dan Benar*. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian.
- Tazi, Imam, dkk. 2017. *Detection of Taste Change of Bovine and Goat Milk in Room Ambient Using Electronic Tongue*. Indones. J. Chem, XVII, pages 422-430.

- Tazi, Imam, dkk. 2018. *Dairy Products Discrimination According to the Milk Type Using an Electrochemical Multisensor Device Coupled With Chemometric Tools*. Journal of Food Measurement and Characterization.
- Titano, Auditya Pribadi, dkk. 2020. *Eksplorasi dan Karakteristik Geografis Kopi Klon Robusta, Varietas Arabika dan Liberika di Kabupaten Banyuwangi Berbasis Internet Access*. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Toko, Kiyoshi. 2000 *Biomimetic Sensor Technology*. Cambridge: University Press United Kingdom.
- Triyana, K, Wibowo, B. S. dan Tazi, I. 2013. *Pengembangan Sistem Sensor Rasa Berbasis Membran Selektif Ion untuk Klasifikasi Buah Jeruk*. Jurnal Fisika Indonesia, XVII, pages 9-13.
- Tsaqifa, Ayu. 2016. *Pengujian Karakteristik dari 16 Array Sensor Lidah Elektronika untuk Identifikasi Empat Rasa Dasar*. Skripsi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Wahbah az-Zuhaili. 1991. *Tafsir al-Munir fi al-aqidah wa asy-Syar'iah wa al-Manhaj*. Suriah. Damaskus: Darul Fikri.
- Waluyo, Efendi Agus, dan Ari Nurlia. 2017. *Potensi Pengembangan Kopi Liberika ( Coffea Liberica ) Pola Agroforestry Dan Prospek Pemasarannya Untuk Mendukung Restorasi Lahan Gambut Di Sumatera Selatan ( Belajar Dari Kab . Tanjung Jabung Barat , Provinsi Jambi )*. Pengembangan Ilmu Dan Teknologi Pertanian Bersama Petani Lokal Untuk Optimalisasi Lahan Suboptimal 1 (October): 978–79.
- Wesoly, M. dkk. 2017. *Tasting Cetirizine-Based Microspheres with an Electronic Tongue*. Sensors and Actuators, B: Chemical, 238, 1190-1198.
- Wibowo, Bagas Surya, dkk. 2013. *Pengembangan Sistem Sensor Rasa Berbasis Membran Selektif Ion untuk Klasifikasi Buah Jeruk*. Jurnal Fisika Indonesia no.49, vol. XVII. Yogyakarta: UGM.
- Wulandari, Oktavia Dwi. 2020. *Keanekaragaman Tanaman Perkebunan Rakyat Kopi Klon Robusta, Varietas Arabika dan Liberika Berdasarkan Karakteristik Topografi di Kabupaten Lumajang*. Skripsi. Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.

# LAMPIRAN

# Lampiran 1 : Data Hasil Penelitian

## 1. Data Hasil Kopi Liberika Banyuwangi

Excel spreadsheet showing data for Liberika coffee. The spreadsheet has columns labeled A through SM and rows numbered 1 to 31. The formula bar shows '=AVERAGE(B2:B31)'. The data consists of numerical values for each cell, with a summary row at the bottom showing the average for each column.

Excel spreadsheet showing data for Liberika coffee. The spreadsheet has columns labeled A through SM and rows numbered 1 to 31. The formula bar shows '=AVERAGE(B2:B31)'. The data consists of numerical values for each cell, with a summary row at the bottom showing the average for each column.













## 2. Data Hasil Kopi Liberika Jember

The image displays two screenshots of a Microsoft Excel spreadsheet. The top screenshot shows a formula bar containing the formula `=AVERAGE(B2:E31)`. The spreadsheet grid contains numerical data organized in columns labeled S1 through S16 and rows numbered 1 through 31. The bottom screenshot shows a similar grid of numerical data, with columns labeled S1 through S16 and rows numbered 1 through 31. The data appears to be organized in a structured format, possibly representing coffee production metrics.





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1	0.19134	0.29189	0.44131	0.54411	0.59627	0.57908	0.50982	0.34033	0.18026	0.17081	0.17097	0.07986	0.44131	-0.2102	-0.18023	-0.18962												
2	0.30081	0.30221	0.14788	0.53808	0.58674	0.51121	0.57702	0.55800	0.11292	0.18887	0.21113	0.02717	0.04786	0.22098	0.17577	0.18825												
3	0.17221	0.28176	0.49024	0.30562	0.15588	0.47884	0.32060	0.47113	0.1212	0.17134	-0.13736	-0.04787	0.04024	-0.21043	-0.16184	-0.25403												
4	0.17377	0.23683	0.07186	0.02121	0.11181	0.49788	0.4904	0.41861	0.20288	0.13487	-0.12882	-0.0497	0.07951	-0.20881	-0.18118	-0.14778												
5	0.478	0.29388	0.48738	0.30528	0.08828	0.51118	0.58348	0.41888	0.20506	0.17428	-0.12740	-0.04788	0.08778	-0.20822	-0.18348	-0.18877												
6	0.5807	0.4188	0.08802	0.4807	0.42088	0.1208	0.58787	0.12187	0.11188	0.17881	-0.12882	-0.08881	0.09981	-0.20818	-0.18218	-0.18888												
7	0.58882	0.32088	0.7812	0.30788	0.40781	0.53023	0.52423	0.42482	0.11487	0.17544	-0.12737	-0.04941	0.17011	-0.2084	-0.18118	-0.18888												
8	0.30788	0.30811	0.08721	0.30880	0.40781	0.55178	0.51218	0.42500	0.11181	0.17528	-0.12818	-0.02528	0.08781	-0.21078	-0.18254	-0.14788												
9	0.08788	0.4214	0.08802	0.50862	0.40784	0.51187	0.51248	0.41813	0.06780	0.17121	-0.12809	-0.02528	0.08802	-0.22087	-0.18388	-0.14818												
10	0.08877	0.18975	0.48824	0.30807	0.40786	0.51188	0.08781	0.41188	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
11	0.08877	0.28711	0.18897	0.42882	0.08781	0.4188	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
12	0.08877	0.3888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
13	0.08877	0.4888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
14	0.08877	0.5888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
15	0.08877	0.6888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
16	0.08877	0.7888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
17	0.08877	0.8888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
18	0.08877	0.9888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
19	0.08877	1.0888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
20	0.08877	1.1888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
21	0.08877	1.2888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
22	0.08877	1.3888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
23	0.08877	1.4888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
24	0.08877	1.5888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
25	0.08877	1.6888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
26	0.08877	1.7888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
27	0.08877	1.8888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
28	0.08877	1.9888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
29	0.08877	2.0888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
30	0.08877	2.1888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
31	0.08877	2.2888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
32	0.08877	2.3888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
33	0.08877	2.4888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
34	0.08877	2.5888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
35	0.08877	2.6888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
36	0.08877	2.7888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
37	0.08877	2.8888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
38	0.08877	2.9888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
39	0.08877	3.0888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
40	0.08877	3.1888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
41	0.08877	3.2888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
42	0.08877	3.3888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
43	0.08877	3.4888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
44	0.08877	3.5888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
45	0.08877	3.6888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
46	0.08877	3.7888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
47	0.08877	3.8888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
48	0.08877	3.9888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12818	-0.02521	0.08781	-0.22088	-0.18348	-0.14788												
49	0.08877	4.0888	0.18894	0.42880	0.08781	0.41752	0.08781	0.17121	0.08781	0.17121	-0.12																	

Microsoft Excel screenshot showing a data table with columns A through Z and rows 1 through 28. The data consists of numerical values, likely representing a matrix or dataset. The interface includes the standard Excel ribbon (File, Home, Insert, etc.) and a status bar at the bottom.

Microsoft Excel screenshot showing a data table with columns A through Z and rows 1 through 28. The data consists of numerical values, likely representing a matrix or dataset. The interface includes the standard Excel ribbon and a status bar at the bottom.

Microsoft Excel screenshot showing a data table with columns A through Z and rows 1 through 28. The data consists of numerical values, likely representing a matrix or dataset. The interface includes the standard Excel ribbon and a status bar at the bottom.

Microsoft Excel screenshot showing a spreadsheet with columns A through Z and rows 1 through 25. The spreadsheet contains numerical data, likely representing a dataset or financial information. The interface includes the standard Excel ribbon (File, Home, Insert, etc.) and a status bar at the bottom.

Microsoft Excel screenshot showing a spreadsheet with columns A through Z and rows 1 through 25. The spreadsheet contains numerical data, likely representing a dataset or financial information. The interface includes the standard Excel ribbon (File, Home, Insert, etc.) and a status bar at the bottom.

Microsoft Excel screenshot showing a spreadsheet with columns A through Z and rows 1 through 25. The spreadsheet contains numerical data, likely representing a dataset or financial information. The interface includes the standard Excel ribbon (File, Home, Insert, etc.) and a status bar at the bottom.



### 3. Data Hasil Kopi Liberika Lumajang

The image displays two screenshots of an Excel spreadsheet, likely Microsoft Excel, showing data for coffee production. The spreadsheet is titled "555" and contains multiple columns of numerical data. The top screenshot shows rows 1 through 31, and the bottom screenshot shows rows 32 through 51. Each row contains 16 columns of numerical data, representing various metrics related to coffee production. The data is organized in a grid format, with rows and columns clearly visible. The interface includes standard Excel menus like File, Home, Insert, Page Layout, Formulas, Data, Review, and View. The status bar at the bottom indicates the current row and column (e.g., Row 555, Column 16).

Row	Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7	Col 8	Col 9	Col 10	Col 11	Col 12	Col 13	Col 14	Col 15	Col 16
1	0.00018	0.18912	0.41701	0.39108	0.28808	0.59122	0.97077	0.71204	1.49983	1.13082	1.12849	1.29435	0.41751	1.25719	1.98779	1.25256
2	0.01132	0.18022	0.44866	0.71522	0.27391	0.49718	0.81739	0.51577	1.71125	1.08886	1.22375	1.35289	0.40686	1.26582	1.94808	1.23249
3	0.00207	0.18122	0.44021	0.38861	0.29778	0.49778	0.81679	0.51527	1.74788	1.09445	1.25768	1.31738	0.46121	1.28151	1.98714	1.28158
4	0.00388	0.20719	0.49800	0.88861	0.48101	0.86277	0.88231	0.79783	1.88191	1.11028	1.05797	1.58847	0.88804	1.82118	1.81821	1.81186
5	0.00906	0.20916	0.51828	0.41271	0.38132	0.48825	0.88838	0.74783	1.88844	1.18118	1.38021	1.89537	0.51338	1.98445	1.95121	1.96989
6	0.03401	0.2188	0.53987	0.41731	0.39125	0.50842	0.90219	0.73377	1.97338	1.13972	1.57721	1.40088	0.53957	1.98777	1.98712	1.98904
7	0.03801	0.22047	0.55838	0.45584	0.42118	0.55879	0.90822	0.75051	1.48412	1.14857	1.27278	1.40088	0.55008	1.98658	1.98118	1.91951
8	0.04137	0.22090	0.57131	0.44480	0.40883	0.55861	0.91178	0.76078	1.45116	1.16019	1.38881	1.41261	0.57131	1.92138	1.40549	1.41240
9	0.04905	0.23161	0.58237	0.49266	0.49888	0.60992	0.91837	0.76788	1.48877	1.18172	1.49748	1.41223	0.60227	1.40878	1.40643	1.42846
10	0.04887	0.23882	0.58882	0.49181	0.50102	0.71819	0.91935	0.78981	1.42849	1.18852	1.49938	1.45884	0.58882	1.42886	1.41187	1.42810
11	0.04888	0.25428	0.58788	0.45211	0.47181	0.78187	0.92517	0.77277	1.45542	1.17778	1.41301	1.44888	0.58788	1.42525	1.42721	1.42721
12	0.05251	0.25275	0.59242	0.45203	0.46796	0.58847	0.93277	0.80204	1.51253	1.15233	1.49622	1.51012	0.58423	1.52114	1.50880	1.51028
13	0.04798	0.26018	0.58511	0.45468	0.46121	0.58130	0.92788	0.77884	1.49788	1.17507	1.42987	1.45721	0.58121	1.46222	1.45312	1.44605
14	0.05021	0.18882	0.49096	0.49404	0.23182	0.48328	0.86322	0.71156	1.26123	1.07640	1.20802	1.24882	0.49096	1.23780	1.21812	1.21148
15	0.04987	0.21422	0.49181	0.46077	0.47928	0.60211	0.87308	0.73221	1.31188	1.07888	1.03108	1.37171	0.49181	1.20188	1.20187	1.21888
16	0.03788	0.23888	0.49882	0.44208	0.47121	0.51811	0.90884	0.74271	1.39884	1.09542	1.08881	1.30271	0.49882	1.30887	1.27782	1.28778
17	0.04178	0.23618	0.58812	0.46181	0.47821	0.55847	0.91814	0.74021	1.32884	1.09228	1.1778	1.31181	0.58812	1.29208	1.28401	1.285
18	0.04788	0.25734	0.58383	0.48888	0.49387	0.51238	0.92885	0.74947	1.51812	1.08844	1.38818	1.31282	0.58383	1.38804	1.38812	1.38952
19	0.04888	0.27998	0.68812	0.50124	0.51238	0.60881	0.91712	0.74501	1.21248	1.08416	1.38818	1.39818	0.68812	1.37818	1.38818	1.38388
20	0.04888	0.28112	0.48238	0.46287	0.50882	0.68888	0.86788	0.71218	1.11818	1.08812	1.28877	1.35231	0.48238	1.28818	1.21777	1.28121
21	0.03978	0.39716	0.75027	0.51182	0.54819	0.67884	0.91884	0.80227	1.07888	1.05897	1.37788	0.70127	1.39881	1.25041	1.26021	1.26021
22	0.03521	0.40448	0.71123	0.51881	0.58042	0.89317	0.94881	0.75823	1.28884	1.07123	1.25919	1.27146	0.71123	1.24547	1.24541	1.25717
23	0.03712	0.52547	0.75	0.53478	0.68881	0.72802	0.97881	0.76471	1.33142	1.08449	1.26238	1.29996	0.75	1.28302	1.28717	1.38121
24	0.03501	0.51818	0.73131	0.51881	0.61142	0.73121	0.98811	0.76424	1.21181	1.08118	1.21118	1.29146	0.73131	1.28718	1.26112	1.27322
25	0.04881	0.28887	0.89887	0.67788	0.71718	0.67818	0.88881	0.71888	1.31122	1.28888	1.28881	1.27141	0.89881	1.28818	1.28818	1.31244
26	0.04881	0.30812	0.51887	0.60281	0.59027	0.61885	0.88811	0.73924	1.34188	1.08388	1.28127	1.38812	0.51887	1.29111	1.24118	1.24814
27	0.04881	0.27719	0.53881	0.45319	0.41202	0.53882	0.90914	0.74827	1.08118	1.04248	1.28415	1.31511	0.53881	1.28708	1.27945	1.30141
28	0.04881	0.23212	0.53814	0.45844	0.40238	0.53124	0.90238	0.75533	1.4088	1.24715	1.31401	1.31716	0.53814	1.31247	1.25248	1.31228
29	0.04146	0.25808	0.58812	0.46127	0.44108	0.28482	0.90888	0.76042	1.40281	1.14712	1.24884	1.38111	0.58812	1.38111	1.38	1.26841
30	0.04174	0.24148	0.31788	0.46188	0.44978	0.51749	0.81211	0.70888	1.45881	1.11028	1.27118	1.40108	0.41788	1.38788	1.38844	1.38818
31	0.0488	0.28817	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188	0.49188



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1	0.4889	0.2283	0.1622	0.4207	0.1973	0.1825	0.2079	-0.2191	-0.2606	0.1893	0.2581	0.2522	-0.2424	-0.1209	-0.0743												
2	0.4017	0.2052	0.2570	0.4208	0.2121	0.2474	0.2679	0.2205	-0.2128	-0.1823	0.0951	0.17	0.1802	0.2257	0.0524												
3	0.4024	0.2036	0.1978	0.4180	0.2229	0.2192	0.2752	0.2074	-0.2174	-0.2651	0.0912	0.2035	0.1576	-0.1540	-0.1827	0.0634											
4	0.4146	0.2249	0.2161	0.4162	0.2081	0.2617	0.2838	0.2229	-0.2144	-0.2607	0.0919	0.2298	0.1768	-0.1487	-0.1288	0.0722											
5	0.4227	0.2403	0.1875	0.4184	0.2742	0.2878	0.2922	0.2382	-0.2189	-0.2728	0.0838	0.2478	0.2079	-0.2467	-0.1680	0.0648											
6	0.4321	0.2471	0.1918	0.4206	0.2824	0.2918	0.3044	0.2509	-0.2244	-0.2817	0.0791	0.2679	0.2162	-0.1523	-0.1345	0.0462											
7	0.4372	0.2572	0.1973	0.4209	0.2891	0.2917	0.3125	0.2586	-0.2311	-0.2878	0.0755	0.2808	0.2251	-0.1574	-0.1419	0.0412											
8	0.4398	0.2618	0.2008	0.4233	0.2976	0.2955	0.3204	0.2671	-0.2381	-0.2949	0.0720	0.2948	0.2334	-0.1625	-0.1470	0.0363											
9	0.4381	0.2708	0.2049	0.4260	0.3061	0.2994	0.3281	0.2758	-0.2452	-0.3020	0.0685	0.3087	0.2407	-0.1676	-0.1521	0.0314											
10	0.4334	0.2776	0.2078	0.4287	0.3146	0.3031	0.3356	0.2847	-0.2523	-0.3091	0.0650	0.3226	0.2476	-0.1727	-0.1572	0.0265											
11	0.4268	0.2832	0.2109	0.4314	0.3231	0.3070	0.3429	0.2932	-0.2594	-0.3162	0.0615	0.3365	0.2545	-0.1778	-0.1623	0.0216											
12	0.4181	0.2888	0.2140	0.4341	0.3316	0.3109	0.3502	0.3017	-0.2665	-0.3233	0.0580	0.3504	0.2614	-0.1829	-0.1674	0.0167											
13	0.4084	0.2944	0.2171	0.4368	0.3401	0.3148	0.3575	0.3102	-0.2736	-0.3304	0.0545	0.3643	0.2683	-0.1880	-0.1725	0.0118											
14	0.3987	0.3000	0.2202	0.4395	0.3486	0.3187	0.3648	0.3187	-0.2807	-0.3375	0.0510	0.3782	0.2752	-0.1931	-0.1776	0.0069											
15	0.3890	0.3056	0.2233	0.4422	0.3571	0.3226	0.3721	0.3272	-0.2878	-0.3446	0.0475	0.3921	0.2821	-0.1982	-0.1827	0.0020											
16	0.3793	0.3112	0.2264	0.4449	0.3656	0.3265	0.3794	0.3357	-0.2949	-0.3517	0.0440	0.4060	0.2890	-0.2033	-0.1878	-0.0029											
17	0.3696	0.3168	0.2295	0.4476	0.3741	0.3304	0.3867	0.3442	-0.3020	-0.3588	0.0405	0.4200	0.2959	-0.2084	-0.1929	-0.0078											
18	0.3599	0.3224	0.2326	0.4503	0.3826	0.3343	0.3940	0.3527	-0.3091	-0.3659	0.0370	0.4340	0.3028	-0.2135	-0.1980	-0.0127											
19	0.3502	0.3280	0.2357	0.4530	0.3911	0.3382	0.4013	0.3612	-0.3162	-0.3730	0.0335	0.4480	0.3097	-0.2186	-0.2031	-0.0176											
20	0.3405	0.3336	0.2388	0.4557	0.3996	0.3421	0.4086	0.3697	-0.3233	-0.3801	0.0300	0.4620	0.3166	-0.2237	-0.2082	-0.0225											
21	0.3308	0.3392	0.2419	0.4584	0.4081	0.3460	0.4159	0.3782	-0.3304	-0.3872	0.0265	0.4760	0.3235	-0.2288	-0.2133	-0.0274											
22	0.3211	0.3448	0.2450	0.4611	0.4166	0.3500	0.4232	0.3867	-0.3375	-0.3943	0.0230	0.4900	0.3304	-0.2339	-0.2184	-0.0323											
23	0.3114	0.3504	0.2481	0.4638	0.4251	0.3539	0.4305	0.3952	-0.3446	-0.4014	0.0195	0.5040	0.3373	-0.2390	-0.2235	-0.0372											
24	0.3017	0.3560	0.2512	0.4665	0.4336	0.3578	0.4378	0.4037	-0.3517	-0.4085	0.0160	0.5180	0.3442	-0.2441	-0.2286	-0.0421											
25	0.2920	0.3616	0.2543	0.4692	0.4421	0.3617	0.4451	0.4122	-0.3588	-0.4156	0.0125	0.5320	0.3511	-0.2492	-0.2337	-0.0470											
26	0.2823	0.3672	0.2574	0.4719	0.4506	0.3656	0.4524	0.4207	-0.3659	-0.4227	0.0090	0.5460	0.3580	-0.2543	-0.2388	-0.0519											
27	0.2726	0.3728	0.2605	0.4746	0.4591	0.3695	0.4597	0.4292	-0.3730	-0.4298	0.0055	0.5600	0.3649	-0.2594	-0.2439	-0.0568											
28	0.2629	0.3784	0.2636	0.4773	0.4676	0.3734	0.4670	0.4377	-0.3801	-0.4369	0.0020	0.5740	0.3718	-0.2645	-0.2490	-0.0617											
29	0.2532	0.3840	0.2667	0.4800	0.4761	0.3773	0.4743	0.4462	-0.3872	-0.4440	-0.0015	0.5880	0.3787	-0.2696	-0.2541	-0.0666											
30	0.2435	0.3896	0.2698	0.4827	0.4846	0.3812	0.4816	0.4547	-0.3943	-0.4511	-0.0050	0.6020	0.3856	-0.2747	-0.2592	-0.0715											
31	0.2338	0.3952	0.2729	0.4854	0.4931	0.3851	0.4889	0.4632	-0.4014	-0.4582	-0.0085	0.6160	0.3925	-0.2798	-0.2643	-0.0764											
32	0.2241	0.4008	0.2760	0.4881	0.5016	0.3890	0.4962	0.4717	-0.4085	-0.4653	-0.0120	0.6300	0.3994	-0.2849	-0.2694	-0.0813											
33	0.2144	0.4064	0.2791	0.4908	0.5101	0.3929	0.5035	0.4802	-0.4156	-0.4724	-0.0155	0.6440	0.4063	-0.2900	-0.2745	-0.0862											
34	0.2047	0.4120	0.2822	0.4935	0.5186	0.3968	0.5108	0.4887	-0.4227	-0.4795	-0.0190	0.6580	0.4132	-0.2951	-0.2796	-0.0911											
35	0.1950	0.4176	0.2853	0.4962	0.5271	0.4007	0.5181	0.4972	-0.4298	-0.4866	-0.0225	0.6720	0.4201	-0.3002	-0.2847	-0.0960											
36	0.1853	0.4232	0.2884	0.4989	0.5356	0.4046	0.5254	0.5057	-0.4369	-0.4937	-0.0260	0.6860	0.4270	-0.3053	-0.2898	-0.1009											
37	0.1756	0.4288	0.2915	0.5016	0.5441	0.4085	0.5327	0.5142	-0.4440	-0.5008	-0.0295	0.7000	0.4339	-0.3104	-0.2949	-0.1058											
38	0.1659	0.4344	0.2946	0.5043	0.5526	0.4124	0.5400	0.5227	-0.4511	-0.5079	-0.0330	0.7140	0.4408	-0.3155	-0.3000	-0.1107											
39	0.1562	0.4400	0.2977	0.5070	0.5611	0.4163	0.5473	0.5312	-0.4582	-0.5150	-0.0365	0.7280	0.4477	-0.3206	-0.3051	-0.1156											
40	0.1465	0.4456	0.3008	0.5097	0.5696	0.4202	0.5546	0.5403	-0.4653	-0.5221	-0.0400	0.7420	0.4546	-0.3257	-0.3102	-0.1205											
41	0.1368	0.4512	0.3039	0.5124	0.5781	0.4241	0.5619	0.5494	-0.4724	-0.5292	-0.0435	0.7560	0.4615	-0.3308	-0.3153	-0.1254											
42	0.1271	0.4568	0.3070	0.5151	0.5866	0.4280	0.5692	0.5585	-0.4795	-0.5363	-0.0470	0.7700	0.4684	-0.3359	-0.3204	-0.1303											
43	0.1174	0.4624	0.3101	0.5178	0.5951	0.4319	0.5765	0.5676	-0.4866	-0.5434	-0.0505	0.7840	0.4753	-0.3410	-0.3255	-0.1352											
44	0.1077	0.4680	0.3132	0.5205	0.6036	0.4358	0.5838	0.5767	-0.4937	-0.5505	-0.0540	0.7980	0.4822	-0.3461	-0.3306	-0.1401											
45	0.0980	0.4736	0.3163	0.5232	0.6121	0.4397	0.5911	0.5858	-0.5008	-0.5576	-0.0575	0.8120	0.4891	-0.3512	-0.3357	-0.1450											
46	0.0883	0.4792	0.3194	0.5259	0.6206	0.4436	0.5984	0.5949	-0.5079	-0.5647	-0.0610	0.8260	0.4960	-0.3563	-0.3408	-0.1499											
47	0.0786	0.4848	0.3225	0.5286	0.6291	0.4475	0.6057	0.6040	-0.5150	-0.5718	-0.0645	0.8400	0.5029	-0.3614	-0.3459	-0.1548											
48	0.0689	0.4904	0.3256	0.5313	0.6376	0.4514	0.6130	0.6131	-0.5221	-0.5789	-0.0680	0.8540	0.5098	-0.3665	-0.3510	-0.1597											
49	0.0592	0.4960	0.3287	0.5340	0.6461	0.4553	0.6203	0.6222	-0.5292	-0.5860	-0.0715	0.8680	0.5167	-0.3716	-0.3561	-0.1646											
50	0.0495	0.5016	0.3318	0.5367	0.6546	0.4592	0.6276	0.6313	-0.5363	-0.5931	-0.0750	0.8820	0.5236	-0.3767	-0.3612	-0.1695											
51	0.0398	0.5072	0.3349	0.5394	0.6631	0.4631	0.6349	0.6404	-0.5434	-0.6002	-0.0785	0.8960	0.5305	-0.3818	-0.3663	-0.1744											
52	0.0301	0.5128	0.3380	0.5421	0.6716	0.4670	0.6422	0.6495	-0.5505	-0.6073	-0.0820	0.9100	0.5374	-0.3869	-0.3714	-0.1793											
53	0.0204	0.5184	0.3411	0.5448	0.6801	0.4709	0.6495	0.6586	-0.5576	-0.6144	-0.0855																

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	0.47971	0.21271	0.48932	0.33838	0.22221	0.39627	0.23488	0.12785	0.0524	0.18987	0.2045	0.08037	0.46882	-0.2252	0.2647	0.18897
2	0.47983	0.21248	0.48225	0.33229	0.22278	0.39168	0.22575	0.12807	0.05264	0.17524	0.15047	0.06064	0.46211	-0.22178	0.18539	0.18922
3	0.48028	0.21286	0.48604	0.33584	0.22524	0.40030	0.23182	0.12882	0.05327	0.17009	0.14733	0.05223	0.46564	-0.22308	0.18555	0.18783
4	0.47989	0.21228	0.481	0.33289	0.22285	0.388	0.22618	0.12978	0.05086	0.1723	0.1468	0.061	0.466	-0.22298	0.18518	0.18728
5	0.48887	0.21228	0.48814	0.33838	0.22278	0.39627	0.23488	0.12785	0.0524	0.18987	0.2045	0.08037	0.46882	-0.2252	0.18518	0.18798
6	0.48219	0.21291	0.48812	0.33922	0.22174	0.39628	0.225	0.12865	0.05193	0.17598	0.14689	0.05411	0.46851	-0.22199	0.18645	0.18782
7	0.48036	0.21233	0.4882	0.33915	0.22221	0.39628	0.22575	0.12879	0.05205	0.17588	0.14682	0.05337	0.4682	-0.22087	0.18644	0.18714
8	0.47941	0.21226	0.48824	0.33811	0.22188	0.39508	0.23008	0.12812	0.05405	0.17551	0.14572	0.05233	0.46884	-0.22123	0.18494	0.18793
9	0.47924	0.21217	0.48822	0.33847	0.22133	0.39798	0.22828	0.1281	0.05363	0.1749	0.14602	0.05233	0.46821	-0.22145	0.18424	0.18734
10	0.47929	0.21208	0.48825	0.33828	0.22163	0.39627	0.22828	0.12808	0.05368	0.17526	0.14548	0.05233	0.46829	-0.22229	0.18608	0.18713
11	0.47941	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
12	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
13	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
14	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
15	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
16	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
17	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
18	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
19	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
20	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
21	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
22	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
23	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
24	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
25	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
26	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
27	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
28	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
29	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
30	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
31	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
32	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
33	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
34	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
35	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
36	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
37	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
38	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
39	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
40	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
41	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
42	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
43	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
44	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
45	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
46	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
47	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
48	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
49	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747
50	0.47929	0.21207	0.48828	0.33828	0.22177	0.39798	0.2288	0.12807	0.05363	0.17513	0.14518	0.05233	0.46829	-0.22209	0.18677	0.18747

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	0.30028	0.17809	0.24218	0.17888	-0.17383	-0.21281	0.18844	0.0240	0.21237	0.20332	0.12334	0.02889	0.24228	-0.22884	0.28090	-0.23933
2	0.32029	0.14957	0.26927	0.14207	-0.09087	-0.09588	0.13829	-0.2029	0.24789	0.2113	0.17479	0.05749	0.26887	-0.26124	0.28052	-0.20217
3	0.29711	0.18143	0.29272	0.15287	-0.02881	0.08819	0.08772	0.08819	0.17877	0.02248	0.02274	0.02274	0.21254	-0.218	0.28045	0.28045
4	0.38888	0.17942	0.29628	0.22838	0.08334	0.23294	0.2229	0.02783	0.06487	0.23238	-0.18049	0.02282	0.29833	0.23822	-0.19207	-0.18838
5	0.41279	0.28794	0.27135	0.28794	0.09888	0.24287	0.08868	0.06718	-0.20623	0.14878	-0.18618	0.02282	0.27135	-0.26287	-0.18222	-0.18838
6	0.42219	0.24181	0.27988	0.24179	0.25823	0.24239	0.12174	0.08811	0.08087	0.14882	-0.14782	0.02712	0.27988	-0.26988	-0.18918	-0.17943
7	0.40954	0.23084	0.28222	0.23282	0.24228	0.24228	0.12174	0.08811	0.08087	0.14882	-0.14782	0.02712	0.27988	-0.26988	-0.18918	-0.17943
8	0.35281	0.23214	0.27640	0.23888	0.24274	0.23294	0.12174	0.08811	0.08087	0.14882	-0.14782	0.02712	0.27988	-0.26988	-0.18918	-0.17943
9	0.44884	0.23128	0.27647	0.23827	0.23824	0.23128	0.12174	0.08811	0.08087	0.14882	-0.14782	0.02712	0.27988	-0.26988	-0.18918	-0.17943
10	0.46475	0.22927	0.28028	0.24028	0.23883	0.23824	0.12174	0.08811	0.08087							



Microsoft Excel screenshot showing a spreadsheet with columns A through Z and rows 1 through 31. The data consists of numerical values, likely representing a time series or a set of parameters. The interface includes the standard Excel ribbon with tabs like Home, Insert, Page Layout, Formulas, Data, Review, and View.

Microsoft Excel screenshot showing a spreadsheet with columns A through Z and rows 1 through 31. The data consists of numerical values, likely representing a time series or a set of parameters. The interface includes the standard Excel ribbon with tabs like Home, Insert, Page Layout, Formulas, Data, Review, and View.

Microsoft Excel screenshot showing a spreadsheet with columns A through Z and rows 1 through 31. The data consists of numerical values, likely representing a time series or a set of parameters. The interface includes the standard Excel ribbon with tabs like Home, Insert, Page Layout, Formulas, Data, Review, and View.



**Lampiran 2: Dokumentasi Penelitian**









**KEMENTERIAN AGAMA REPUBLIK INDONESIA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

**Nama** : Marvina Rizqi Noor  
**NIM** : 17640049  
**Fakultas/ Jurusan** : Sains dan Teknologi/ Fisika  
**Judul Skripsi** : Klasifikasi Rasa Kopi Liberika Berdasarkan Asal Geografis Berbasis Lidah Elektronik dengan Metode *Principle Component Analysis (PCA)*  
**Pembimbing I** : Dr Imam Tazi, M.Si  
**Pembimbing II** : Dr. Erna Hastuti, M.Si

NO	Tanggal	Materi Konsultasi	Tanda Tangan
1	03 Maret 2021	Konsultasi BAB I, II, dan III	
2	15 April 2021	Konsultasi BAB I, II, III dan ACC	
3	6 September 2021	Konsultasi Data Hasil Penelitian	
4	15 September 2021	Konsultasi BAB IV	
5	28 Oktober 2021	Konsultasi Kajian Agama BAB I, II, dan IV	
6	25 Oktober 2021	Konsultasi BAB IV dan ACC	
7	23 November 2021	Konsultasi Revisi Kajian Agama	
8	29 November 2021	Konsultasi Revisi Kajian Agama	
9	6 Desember 2021	Konsultasi Semua BAB dan ACC	
10	22 Desember 2021	Konsultasi Revisi Kajian Agama	
11	22 Desember 2021	Konsultasi Revisi Kajian Agama dan ACC	

**Malang, 23 Desember 2021**  
**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**

**Dr. Imam Tazi, M.Si**  
**NIP. 19740730 200312 1 002**