

**ANALISIS POLA KLASIFIKASI AIR SUNGAI  
BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK MENGGUNAKAN  
METODE PCA DAN LDA**

**SKRIPSI**

**OLEH :**  
**WANDA YULIA SETYANDITA**  
**15640003**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK BRAHIM  
MALANG  
2020**

**ANALISIS POLA KLASIFIKASI AIR SUNGAI  
BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK MENGGUNAKAN  
METODE PCA DAN LDA**

**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:**

**WANDA YULIA SETYANDITA**

**NIM. 15640003**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS POLA KLASIFIKASI AIR SUNGAI  
BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK MENGGUNAKAN  
METODE PCA DAN LDA**

**SKRIPSI**

Oleh:  
Wanda Yulia Setyandita  
NIM. 15640003

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
Pada tanggal: 28 Februari 2020

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS POLA KLASIFIKASI AIR SUNGAI  
BERBASIS LIDAH ELEKTRONIK MENGGUNAKAN  
METODE PCA DAN LDA**

**SKRIPSI**

Oleh:

Wanda Yulia Setyandita  
NIM. 15640003

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Pada tanggal 17 Maret 2020

Penguji Utama :	<u>Farid Samsu Hananto, M.T</u> NIP. 19740513 200312 1 001	
Ketua Penguji :	<u>Irian, M.Si</u> NIP. 19691231 200604 1 003	
Sekretaris Penguji :	<u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002	
Anggota Penguji :	<u>Drs. Abdul Basid, M.Si</u> NIP. 19650504 199003 1 003	

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika



Drs. Abdul Basid, M.Si  
NIP. 19650504 199003 1 003

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wanda Yulia Setyandita

NIM : 15640003

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : Analisis Pola Klasifikasi Air Sungai Berbasis Lidah  
Elektronik Menggunakan Metode PCA Dan LDA

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 31 Januari 2020  
Yang Membuat Pernyataan,



Wanda Yulia Setyandita  
NIM. 15640003

## MOTTO

Jadilah Dirimu Sendiri

Perbanyak bersyukur, beristighfar dan bersedekah.



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan Mengucap rasa syukur sedalam-dalamnya penulis persembahkan

Skripsi ini teruntuk kedua orangtua tercinta,

**“*Ayahanda Budi Sumbarno dan Ibunda Sri Istatik*”**

Terima Kasih atas doa, restu dan dukungan yang tiada henti,



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamiin, puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul **“Analisis Pola Klasifikasi Air Sungai Berbasis Lidah Elektronik Menggunakan Metode PCA Dan LDA”** sebagai salah satu syarat memenuhi tugas mata kuliah seminar proposal di Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Tidak lupa pula untaian sholawat dan salam penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah diutus kebumi sebagai lentera bagi hati manusia, Nabi yang telah menuntun manusia dari jaman yang biadab menuju jaman yang beradab, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal ini. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Drs. Abdul Basid, M.Si selaku ketua jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Imam Tzi, M.Si selaku dosen pembimbing proposal yang memberikan banyak kesabaran, tenaga, waktu dan ilmu dalam membimbing penulis agar proposal ini tersusun dengan baik dan benar.
5. Segenap Dosen, Laboran, dan Admin jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan dan pengarahan.
6. Kedua orangtua, dan keluarga yang selalu mendoakan serta memberi dukungan yang berharga.

7. Teman-teman fisika angkatan 2015 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan motivasi dalam penulisan proposal ini. Dalam penyusunan proposal ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan.

Semoga proposal ini dapat dipertimbangkan untuk menjadi penelitian penulis dalam memenuhi tugas akhir. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Malang, 26 Januari 2020

Penulis



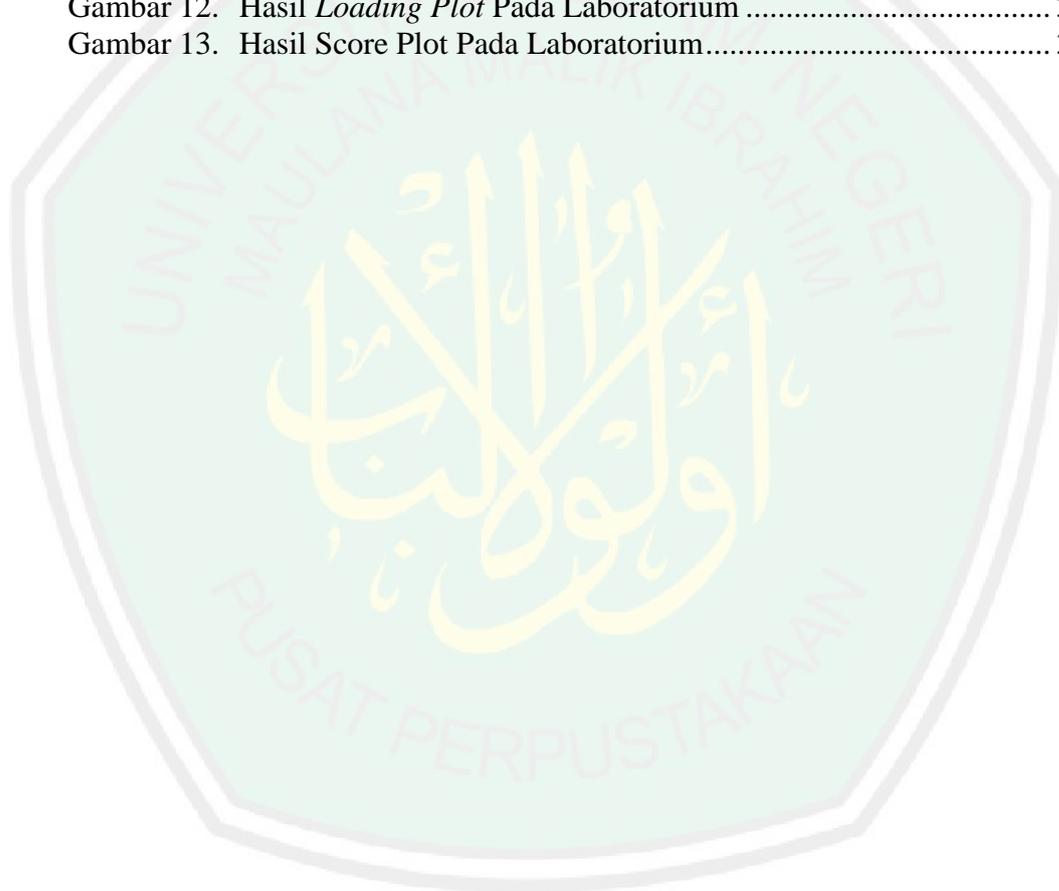
## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGANTAR</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>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Air Sungai .....	6
2.2 Pencemaran Air .....	7
2.3 Karakteristik atau Parameter Kualitas Air .....	9
2.3.1 COD ( <i>Chemical Oxygen Demand</i> ) .....	10
2.3.2 TDS ( <i>Total Dissolved Solid</i> ) .....	10
2.3.3 Besi (Fe) .....	12
2.3.4 Nitrat (NO <sub>3</sub> ) .....	13
2.3.5 Klorida (Cl <sup>-</sup> ) .....	13
2.4 Lidah Elektronik .....	14
2.4.1 Pengertian Lidah Elektronik .....	14
2.4.2 Komponen Lidah Elektronik .....	16
2.5 SSA atau AAS (Spektrofotometer Serapan Atom atau <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> ) .....	17
2.6 Titrasi Argentometri .....	21
2.7 Spektrofotometri .....	22
2.8 PCA ( <i>Principal Component Analysis</i> ) .....	23
2.9 LDA ( <i>Linear Discriminant Analysis</i> ) .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>26</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	26
3.2 Tempat Pengambilan Sampel .....	26

3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	27
3.4 Tahap dan Alur Penelitian.....	28
3.5 Prosedur Penelitian.....	29
3.5.1 Tahap Persiapan Sampel.....	29
3.5.2 Tahap Pengambilan Data E-Tongue.....	29
3.5.3 Tahap Pengolahan Data.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
4.1 Hasil Pengujian Sampel Air Sungai.....	31
4.1.1 Hasil Preparasi Sampel.....	31
4.1.2 Hasil Pengujian Lidah Elektronik.....	32
4.1.3 Hasil Pengujian Pada Laboratorium.....	32
4.2 Hasil Pengolahan Data.....	33
4.2.1 Hasil Pengolahan Data PCA Pada Lidah Elektronik.....	33
4.2.2 Hasil Pengolahan Data LDA Pada Lidah Elektronik.....	35
4.2.3 Hasil Pengolahan Data PCA Pada Laboratorium.....	36
4.3 Pembahasan.....	39
4.4 Pencemaran Air Dan Lingkungan Dalam Prespektif Islam.....	43
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>46</b>
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Alat Sensor Lidah Elektronik .....	16
Gambar 2.	Arduino Uno .....	16
Gambar 3.	Komponen Spektrofotometer Serapan Atom.....	18
Gambar 4.	Tempat Pengambilan Sampel .....	26
Gambar 5.	Diagram Alir Penelitian .....	28
Gambar 6.	Sampel Air Sungai .....	32
Gambar 7.	Hasil Score Plot Lidah Elektronik .....	35
Gambar 8.	Hasil <i>Loading Plot</i> Lidah Elektronik.....	34
Gambar 9.	Hasil Scree Plot Lidah Elektronik .....	34
Gambar 10.	Hasil Pengolahan LDA Lidah Elektronik.....	36
Gambar 11.	Hasil Scree Plot Pada Laboratorium.....	37
Gambar 12.	Hasil <i>Loading Plot</i> Pada Laboratorium .....	38
Gambar 13.	Hasil Score Plot Pada Laboratorium.....	38



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 .....	9
Tabel 2. Klasifikasi Padatan Di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter .....	11
Tabel 3. Ion-Ion Yang Biasa Ditemukan Di Perairan .....	11



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Hasil Data Lidah Elektronik
- Lampiran 2 Dokumentasi Pengambilan Sampel
- Lampiran 3 Dokumentasi Pengambilan Data TDS
- Lampiran 4 Laporan Hasil Analisis
- Lampiran 5 Nilai Eigen Hasil PCA Lidah Elektronik
- Lampiran 6 Nilai Eigen Hasil PCA Pengujian AAS, dll.
- Lampiran 7 Bukti Konsultasi Skripsi



## ABSTRAK

Setyandita, Wanda Yulia. 2020. **Analisis Pola Klasifikasi Air Sungai Berbasis Lidah Elektronik Menggunakan Metode PCA Dan LDA**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang. Pembimbing: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si.

---

**Kata Kunci:** Air sungai, Sungai Brantas dan Sungai Metro Kota Malang, Lidah Elektronik, PCA, LDA, Kandungan COD, TDS, Klorida, Nitrat, Besi

Pada penelitian ini lidah elektronik dan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), Spektrofotometri, Titrasi Redoks, Argentometri dan TDS meter digunakan untuk pengujian kualitas air. Pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui pola klasifikasi air sungai menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Linear Discriminant Analysis* (LDA). Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Dissolved Solid* (TDS), besi, nitrat, dan klorida digunakan untuk memvalidasi hasil lidah elektronik. Hasil pengolahan lidah elektronik menggunakan metode PCA pola Sungai Brantas 3, Sungai Metro 2 dan Sungai Metro 3 terletak sangat berdekatan dengan kandungan nitrat hampir sama yaitu 0,12 Mg/L. Pengolahan lidah elektronik menggunakan metode LDA didapatkan hasil yang sama seperti metode PCA. Pada metode LDA ini pola yang dihasilkan lebih memusat, dan jarak pola tiap sungai lebih jelas. Hasil pengujian kandungan (COD, TDS, besi, nitrat, dan klorida) yang diolah menggunakan PCA menunjukkan bahwa pola Sungai Brantas 1, Brantas 2, dan Brantas 3 terletak berdekatan. Ketiga sungai itu memiliki ciri karakteristik yang sama dibuktikan dengan kandungan Klorida pada sungai tersebut memiliki nilai sama yaitu 31,14 Mg/L. Pola klasifikasi dari Lidah Elektronik dan uji kandungan menunjukkan pola yang berbeda. Perbedaan ini dikarenakan pengujian kandungan yang dilakukan hanya berdasarkan 5 unsur, sedangkan berdasarkan lidah elektronik hampir semua unsur terlibat dalam reaksi. Hal itu menyebabkan pola klasifikasi Lidah elektronik dengan pengujian kandungan berbeda.

## ABSTRACT

Setyandita, Wanda Yulia. 2020. **Analysis of Electronic Tongue-Based River Water Classification Pattern Using PCA and LDA Methods**. Undergraduate Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University, Malang. Supervisor: (I) Dr. Imam Tazi, M.Si.

---

**Keywords:** River water, Brantas River and Metro River of Malang, Electronic Tongue, PCA, LDA, COD content, TDS, Chloride, Nitrate, Iron

In this research, electronic tongue and Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Spectrophotometry, Redox Titration, Argentometry, and TDS meters were used to examine the water quality. Those examinations used to determine the pattern of river water classification using the Principal Component Analysis (PCA) and Linear Discriminant Analysis (LDA) methods. The content of Chemical Oxygen Demand (COD), Total Dissolved Solid (TDS), iron, nitrate, and chloride was used to validate the results of the electronic tongue. The results of electronic tongue processing using the PCA method of Brantas River 3, Metro River 2 and Metro River 3 contain very similar nitrate content, which is 0.12 Mg / L. Electronic tongue processing using the LDA method obtained the same results as the PCA method. In the LDA method, the resulting pattern was more centralized, and the distance of each river pattern was clearer. The test results of content (COD, TDS, iron, nitrate, and chloride) which were processed using PCA showed that the patterns of River of Brantas 1, Brantas 2, and Brantas 3 are located close together. The three rivers have the same characteristics, which proven by the Chloride content in the river that has the same value of 31.14 Mg / L. The classification patterns of the Electronic Tongue and content test show different patterns. This difference due to content testing which was only based on 5 elements, whereas based on the electronic tongue almost all elements are involved in the reaction. That causes the classification pattern in the electronic tongue with different content testing

## المستخلص

ستيانديتا، وندا يوليا. 2020. تحليل نمط التصنيف لماء النهر المتأسس على اللسان الإلكتروني بمنهجية تحليل العنصر الرئيسي (PCA) وتحليل التمايز الخطي (LDA). بحث جامعي. قسم الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: (1) الدكتور إمام تازي

الكلمات الرئيسية: ماء النهر، نهر برانتاس، تحليل العنصر الرئيسي (PCA)، وتحليل التمايز الخطي (LDA)، محتويات مطلوية الأكسجين الكيميائية، المواد الصلبة المذابة الكلية، الكلوريد، النترات، الحديد

تستخدم اللسان الإلكتروني ومطيافية الامتصاص الذري، قياس الطيف الضوئي، معايير أكسدة، أرجينتومتر والمواد الصلبة المذابة الكلية في هذا البحث لاختبار جودة المياه. يتم هذا الاختبار لمعرفة تحليل نمط التصنيف لماء النهر بمنهجية تحليل العنصر الرئيسي (PCA) وتحليل التمايز الخطي (LDA). فمحتويات مطلوية الأكسجين الكيميائية، المواد الصلبة المذابة الكلية، الكلوريد، النترات، الحديد تستخدم لتصدق نتائج اللسان الإلكتروني. نتائج المعالجة الإلكترونية للسان باستخدام طريقة PCA لنهر برانتاس 3 و 2 و 3 قريبة جداً من محتوى النترات وهو نفس الشيء تقريباً،  $0.12 \text{ Mg/L}$ . حصلت معالجة اللسان الإلكترونية باستخدام طريقة LDA على نفس النتائج مثل طريقة PCA. في طريقة LDA هذه، يكون النمط الناتج أكثر مركزية، وتكون مسافة كل نمط نهر أكثر وضوحاً. أظهرت نتائج اختبارات المحتوى (COD و TDS والحديد والنترات والكلوريد) التي تمت معالجتها باستخدام PCA أن أنماط برانتاس 1 و برانتاس 2 و برانتاس 3 متقاربة. الأعمار الثلاثة لها نفس خصائص صفة مميزة كما يتضح من محتوى الكلوريد في النهر الذي له نفس القيمة  $\text{Mg/L}$  31.14. تظهر أنماط تصنيف اللسان الإلكتروني واختبار المحتوى أنماطاً مختلفة. يرجع هذا الاختلاف إلى اختبار المحتوى الذي يعتمد فقط على 5 عناصر، في حين أنه استناداً إلى اللغة الإلكترونية، فإن جميع العناصر تقريباً متورطة في التفاعل. هذا يسبب نمط تصنيف اللسان الإلكتروني مع اختبار محتوى مختلف.

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Salah satu sumber daya alam yang sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari adalah air. Air merupakan nikmat utama yang diberikan oleh Allah kepada makhluk-Nya, yang mana melalui air Allah menciptakan dan menumbuhkan seluruh makhluk hidup yang ada di muka bumi. Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam firman Allah dalam Surat Al-Anbiya' ayat 30:

أَوَلَمْ يَرَ الَّذِينَ كَفَرُوا أَنَّ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ كَانَتَا رَتْقًا فَفَتَقْنَاهُمَا وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ

*“Dan apakah orang-orang kafir tidak mengetahui bahwa langit dan bumi keduanya menyatu, kemudian Kami pisahkan antara keduanya. Dan dari air kami jadikan segala sesuatu yang hidup berasal dari air, maka mengapa mereka tidak beriman”* (Q.S. Al-Anbiya' 21 : 30).

Menurut tafsir Ibnu Katsir, ayat tersebut menerangkan bahwa semua makhluk hidup tersusun dari air. Air adalah satu-satunya perantara yang mengandung mineral-mineral dan zat-zat makanan yang dibutuhkan oleh makhluk hidup. Salah satu kebutuhan pokok bagi keberlangsungan hidup manusia, hewan dan tumbuh-tumbuhan adalah air. Kalau bukan karena air, niscaya tidak ada kehidupan di permukaan bumi. Ini berarti segala yang hidup membutuhkan air.

Sumber air yang biasanya dimanfaatkan oleh warga adalah sungai (Azizah dan Humairoh, 2015). Sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh makhluk hidup. Oleh karena itu, penggunaan air untuk kepentingan bersama harus dilakukan secara bijaksana. Air sungai merupakan air yang mengalir dari hulu ke hilir yang melewati pemukiman warga.

Banyak warga yang memanfaatkan Sungai untuk keperluan seperti irigasi, peternakan, industri, dan keperluan rumah tangga (Azizah dan Humairoh, 2015).

Peningkatan jumlah penduduk akan mengakibatkan peningkatan kebutuhan sumber daya alam berupa air semakin banyak. Biasanya masyarakat yang daerahnya belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PDAM memanfaatkan air yang berasal dari air tanah (sumur), air sungai, air hujan, dan sumber air lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Wiriani, Yarifudin dan Jalius, 2018) tentang analisis kualitas air sungai Batanghari Berkelanjutan di Kota Jambi dilakukan untuk mengetahui pola distribusi pencemaran air sungai. Hasil yang didapatkan menunjukkan air sungai yang mengalir dari arah hulu ke hilir mengalami penurunan kualitas. Penurunan kualitas ini ditunjukkan dari parameter pH, BOD, COD, TSS, logam berat Cu dan  $PO_4$  yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Penelitian lain yang dilakukan oleh (Pohan dkk, 2017) juga menunjukkan bahwa air sungai Kupang mengalami penurunan kualitas air yang ditandai dengan perubahan warna air, bau, konsentrasi COD dan BOD yang telah melebihi baku mutu berdasarkan PP Nomor 82 Tahun 2001. Perairan Distrik Depapre, Kabupaten Jayapura juga mengalami pencemaran air jika ditinjau dari parameter pH, ammonia total, fosfat dan nitrat yang hasilnya dibandingkan dengan baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan KEPMEN-LH No. 51 Tahun 2004. (Hamuna *et al.*, 2018).

Lidah elektronik (*E-Tongue*) berbasis membran lipid telah berhasil digunakan untuk mengukur rasa dari susu segar sampai basi. Lidah elektronik terdiri dari 16 membran lipid dan 1 sensor PH. Respon dari lidah elektronik ini

dianalisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *Linear Discriminant Analysis* (LDA). Penelitian ini menunjukkan bahwa lidah elektronik mampu memprediksi kualitas susu alami (Tazi dkk, 2017).

Ayu (Tsaqifa, 2016) telah melakukan pengujian karakteristik dari 16 *array* sensor lidah elektronik berbasis membrane lipid untuk membedakan rasa makanan dengan cara mengidentifikasi pola makanan dengan memanfaatkan membrane selektif ion. Pada pengujian ini semua sensor merespon sampel dengan sensitivitas yang berbeda. Sensor 6 memiliki sensitivitas yang baik terhadap empat rasa dasar, sedangkan sensor 11 merespon rasa asam dan asin dengan kurang baik. Selain itu sensor 3 merespon rasa pahit kurang baik dan sensor 2 merespon rasa umami kurang baik pula.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang sudah ada penelitian ini akan menggunakan lidah elektronik dalam mengklasifikasikan data yang diperoleh dari sampel yang dikombinasikan dengan metode PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*). Pengenalan pola ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari nilai-nilai sensor yang diperoleh dan tersimpan pada *data logger*. Lidah elektronik ini nanti hanya mampu mengidentifikasi pola air sungai, akan tetapi tidak bisa untuk mengetahui komposisi yang ada pada air sungai yang akan dilakukan di Laboratorium Sensor Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Untuk itu kita juga perlu mengetahui bahan organik dan anorganik apa saja yang terkandung dalam air sungai tersebut dengan cara di uji pada Laboratorium menggunakan parameter standart air bersih sesuai

dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 dengan parameter COD, TDS, Besi, Nitrat, dan Klorida.

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pola klasifikasi air sungai berbasis Lidah elektronik menggunakan metode PCA dan LDA?
2. Bagaimana pola klasifikasi air sungai berbasis AAS, Spektrofotometri, Titrasi Redoks, Argentometri dan TDS meter menggunakan metode PCA?
3. Bagaimana perbedaan pola klasifikasi air sungai berbasis Lidah Elektronik dan AAS, Spektrofotometri, Titrasi Redoks, Argentometri dan TDS meter menggunakan metode PCA?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pola klasifikasi air Malang berbasis Lidah elektronik menggunakan metode PCA dan LDA.
2. Untuk mengetahui pola klasifikasi air sungai berbasis AAS, Spektrofotometri, Titrasi Redoks, Argentometri dan Snesor TDS menggunakan metode PCA.
3. Untuk mengetahui perbedaan pola klasifikasi air sungai berbasis Lidah Elektronik dan AAS, Spektrofotometri, Titrasi Redoks, Argentometri dan Sensor TDS menggunakan metode PCA.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Penelitian dilakukan untuk mengembangkan alat lidah elektronik dengan sampel air sungai.

2. Dapat membedakan pola air sungai.
3. Untuk mengetahui kandungan Sungai Brantas dan Sungai Metro dengan parameter yang diukur.
4. Sebagai sumber informasi penelitian selanjutnya.

### **1.5 Batasan Masalah**

1. Sampel yang digunakan 2 sungai yaitu air sungai Brantas dan air sungai Metro dengan masing-masing 3 titik tiap sungai yang berada di Kota Malang.
2. Penelitian ini hanya menggunakan 16 sensor yang berbasis lipid.
3. Parameter yang diukur hanya COD, TDS, Besi, Nitrat, dan Klorida.
4. Metode PCA dan LDA yang digunakan hanya untuk membentuk pola klasifikasi tiap sampel.

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Air Sungai

Sumber daya yang sangat diperlukan dalam kehidupan ini salah satunya adalah air. Air merupakan salah satu nikmat utama yang diberikah oleh Allah kepada makhluk-Nya. Sebagaimana Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat An-Nur [24] ayat 45 yang berbunyi:

وَاللَّهُ خَلَقَ كُلَّ دَابَّةٍ مِنْ مَاءٍ فَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى بَطْنِهِ وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى رِجْلَيْنِ  
وَمِنْهُمْ مَنْ يَمْشِي عَلَى أَرْبَعٍ يَخْلُقُ اللَّهُ مَا يَشَاءُ إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ

*“Dan Allah telah menciptakan semua jenis hewan dari air, maka sebagian dari hewan itu ada yang berjalan di atas perutnya dan sebagian berjalan dengan dua kaki sedang sebagian (yang lain) berjalan dengan empat kaki. Allah menciptakan apa yang dikehendaki-Nya, sesungguhnya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu” (Q.S An-Nur: 45).*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa makhluk hidup tidak dapat mempertahankan hidup tanpa adanya air. Oleh karena itu sumber daya air harus dilindungi agar tetap dapat dimanfaatkan dengan baik oleh manusia dan makhluk hidup lainnya. Secara garis besar sumber daya air meliputi air tanah dan air permukaan. Air permukaan adalah air yang terkumpul menjadi satu diatas tanah atau mata air, sungai, danau, laut, atau lahan basah. Contoh dari air permukaan adalah air sungai. Air sungai adalah kumpulan air yang bergerak pada saluran yang terbentuk secara alami dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah hingga sampai ke laut.

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting terhadap kehidupan sehari-hari manusia, tidak hanya penting bagi manusia air merupakan

bagian yang penting bagi makhluk hidup baik hewan maupun tumbuhan. Pemnafaatan sumberdaya air secara berlebihan dapat mengakibatkan rusaknya ekosistem air, dan akhirnya sulit untuk menyediakan air bersih baik secara kualitas dan kuantitas. Ambang batas yang telah ditentukan untuk tujuan tertentu dan memenuhi standart mutu air disebut dengan kualitas Air (Herdiyanto, 2018).

Sungai merupakan sumber air permukaan yang memberikan manfaat kepada kehidupan manusia. Dari mata air sebagai awal mengalirnya air, melintasi bagian-bagian alur sungai hingga ke bagian hilir yang terjadi secara terus menerus dan berubah-ubah. Hal tersebut tergantung dari musim, dan pola hidup manusia disekitarnya. Kondisi ini menyebabkan baik kuantitas maupun kualitas air sungai tersebut akan mengalami perubahan-perubahan sesuai dengan perkembangan lingkungan sungai dan kehidupan manusia. Lingkungan perairan seperti daerah aliran sungai merupakan salah satu lingkungan yang paling sering terkena dampak pencemaran karena hampir semua limbah dibuang melalui sungai (Irwan dkk, 2007).

## **2.2 Pencemaran Air**

Pencemaran air didefinisikan sebagai indikasi turunnya kualitas air sampai ketinggian tertentu yang menyebabkan air tidak dapat menjalankan fungsi sebagaimana mestinya. Arti dari tingkat tertentu adalah baku mutu air yang ditetapkan dan berfungsi sebagai ukuran untuk menentukan telah terjadinya pencemaran air dan arahan tentang tingkat kualitas air yang akan dicapai dan dipertahankan oleh setiap pengendalian pencemaran air (Herdiyanto, 2018).

Beban pencemar adalah bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Sumber pencemaran air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi sumber limbah domestik dan sumber limbah non-domestik. Sumber limbah domestik umumnya berasal dari daerah pemukiman penduduk dan sumber limbah- non domestik berasal dari kegiatan seperti, pertanian dan peternakan, atau kegiatan yang bukan berasal dari wilayah pemukiman (Sahabuddin dkk, 2014).

Sumber bahan pencemaran yang masuk ke dalam perairan dapat berasal dari buangan yang diklasifikasikan sebagai berikut: (1) *Point Source Discharger*, yaitu sumber pencemar yang dapat diketahui secara pasti dapat berupa suatu lokasi seperti air limbah industri maupun domestik serta saluran drainase. Air limbah merupakan sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair; (2) *Non Point Source*, yaitu sumber pencemar yang berasal dari sumber yang tidak dapat diketahui. Pencemar masuk ke perairan melalui limpasan (*run off*) dari wilayah pemukiman, pertanian dan perkotaan (Sahabuddin dkk, 2014).

Klasifikasi dan kriteria kualitas air di Indonesia diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Berdasarkan Peraturan Pemerintah tersebut, kualitas air diklasifikasikan menjadi empat kelas yaitu:

1. Kelas I: dapat digunakan sebagai air minum atau untuk keperluan konsumsi lainnya.
2. Kelas II: dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman.

3. Kelas III: dapat digunakan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan dan mengairi tanaman.
4. Kelas IV: dapat digunakan untuk mengairi tanaman.

Sedangkan untuk standart baku mutu tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air telah di atur dalam Peraturan Pemerintahan No. 82 Tahun 2001 ('PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 82 TAHUN 2001', 2001) :

Tabel 1. Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001

Parameter	Satuan	Kelas			
		1	2	3	4
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	50	100
DO	mg/L	6	4	3	0
TDS (Terlarut)	mg/L	1000	1000	1000	2000
TSS (Tersuspensi)	mg/L	50	50	400	400
Besi	mg/L	0.3	(-)	(-)	(-)
Mangan	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
Nitrat	mg/L	10	10	20	20
Klorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)
Fluorida	mg/L	0.5	1.5	1.5	(-)

### 2.3 Karakteristik atau Parameter Kualitas Air

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain di dalam air. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan adalah uji kimia, fisik, biologi atau uji kenampakan (bau dan warna). Kualitas air dapat dinyatakan dengan beberapa parameter, yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, COD dan sebagainya) dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri dan

sebagainya)(Sahabuddin, Harisuseno and Yuliani, 2014). Pada penelitian ini parameter kualitas air yang diuji adalah COD, TDS, Besi, Nitrat, dan Klorida.

### **2.3.1 COD (*Chemical Oxygen Demand*)**

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar dari COD (Atima, 2015). Nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen (mg) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi total zat-zat organik yang terdapat dalam 1 liter sampel air. Nilai COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh total zat-zat organik yang dapat diuraikan secara kimia (Ningrum, 2018).

### **2.3.2 TDS (*Total Dissolved Solid*)**

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai total Dissolved solid (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air, sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena adanya ganggang di dalam air.

Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang (Nicola, 2015).

Total padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation (bermuatan positif) dan anion (bermuatan negatif) di dalam air. Oleh karena itu, analisa total padatan terlarut menyediakan pengukuran kualitatif dari jumlah ion terlarut, tetapi tidak menjelaskan pada sifat atau hubungan ion. Total zat padat terlarut biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Padatan yang terdapat di perairan diklasifikasikan berdasarkan ukuran diameter partikel, seperti yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini (Nicola, 2015) :

Tabel 2. Klasifikasi Padatan Di Perairan Berdasarkan Ukuran Diameter

No.	Klasifikasi Padatan	Ukuran Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Ukuran Diameter (mm)
1.	Padatan Terlarut	$< 10^{-6}$	$< 10^{-6}$
2.	Koloid	$10^{-3} - 1$	$10^{-6} - 10^{-3}$
3.	Padatan Tersuspensi	$> 1$	$> 10^{-3}$

TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasanya ditemukan di perairan. Adapun ion-ion yang terdapat di perairan ditunjukkan dalam tabel dibawah ini (Nicola, 2015):

Tabel 3. Ion-Ion Yang Biasa Ditemukan Di Perairan

Major Ion (Ion Utama) (1,0 – 1.000 mg/liter)	Secondary Ion (Ion Sekunder) (0,01 – 10,0 mg/liter)
Sodium (Na)	Besi (Fe)
Kalsium (Ca)	Strontium (Sr)
Magnesium (Mg)	Kalium (K)
Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> )	Karbonat (CO <sub>3</sub> )
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	Nitrat (NO <sub>3</sub> )
Klorida (Cl)	Fluorida (F)
	Boron (Br)

### 2.3.3 Besi (Fe)

Besi ditemukan dalam bentuk kation ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) dan ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pada perairan alami dengan pH sekitar 7 dan kadar oksigen terlarut yang cukup, ion ferro yang bersifat mudah larut dioksidasi menjadi ion ferri. Pada oksidasi ini terjadi pelepasan elektron. Sebaliknya, pada reduksi ferri menjadi ferro terjadi penangkapan elektron. Proses oksidasi dan reduksi besi tidak melibatkan oksigen dan hydrogen. Pada air yang tidak mengandung oksigen seperti air tanah, besi berada sebagai  $\text{Fe}^{2+}$  (ferro) yang cukup dapat terlarut, sedangkan pada air sungai yang mengalir dan terjadi aerasi,  $\text{Fe}^{2+}$  teroksidasi menjadi  $\text{Fe}^{3+}$ .  $\text{Fe}^{3+}$  ini sulit larut pada pH 6 sampai 8 (kelarutan hanya di bawah beberapa  $\mu\text{m/L}$ ), bahkan dapat menjadi ferihidroksida  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  atau salah satu jenis oksida yang merupakan zat padat dan bisa mengendap. Demikian pula dalam air sungai, besi berada sebagai  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  terlarut dan  $\text{Fe}^{3+}$  dalam bentuk senyawa organik berupa koloid (Nicola, 2015).

Besi (Fe) dibutuhkan tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Banyaknya besi dalam tubuh dikendalikan oleh fase adsorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan besi (Fe), karenanya mereka yang sering mendapat transfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Air minum yang mengandung besi cenderung menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Sekalipun Fe diperlukan oleh tubuh, tetapi dalam dosis yang besar dapat merusak dinding usus. Kematian sering disebabkan oleh rusaknya dinding usus ini. Kadar Fe yang lebih dari 1 mg/l akan menyebabkan terjadinya iritasi pada mata dan kulit. Apabila kelarutan besi dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air

berbau seperti telur busuk. Debu Fe juga dapat diakumulasi dalam alveoli dan menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru (Ayuna, 2015).

#### **2.3.4 Nitrat (NO<sub>3</sub>)**

Nitrat merupakan nitrogen anorganik yang sangat larut dalam air dan bersifat stabil, senyawa nitrat merupakan sumber pencemaran pada perairan dan tanah yang dapat mengancam lingkungan dan kesehatan manusia. Dalam perairan, senyawa nitrat berupa ion nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dan menjadi indikator penting untuk mengetahui tingkat pencemaran senyawa organik sebagai nitrogen (Suparno, 2016).

Masuknya nitrat dalam perairan disebabkan oleh manusia yang membuang limbah ke dalam air. Kemungkinan lain penyebab konsentrasi nitrat tinggi ialah pembusukan sisa tanaman dan hewan, pembuangan limbah industri serta pembuangan kotoran hewan. Nitrat menyebabkan kualitas air menurun, menurunkan oksigen terlarut yang dapat menimbulkan pengurangan populasi ikan, bau busuk, dan rasa tidak enak (Suparno, 2016).

#### **2.3.5 Klorida (Cl<sup>-</sup>)**

Klorida (Cl<sup>-</sup>) adalah suatu unsur halogen klor yang toksisitasnya bergantung pada gugus senyawanya, misalnya NaCl sangat tidak beracun, tetapi karbonil kloridanya sangat beracun seperti PVC dan penta kloro phenol. Senyawa klorida merupakan senyawa-senyawa umum yang terdapat pada perairan alami. Senyawa tersebut mengalami proses disosiasi dalam air membentuk ion-ionnya. Kation dari garam-garam klorida dalam air terdapat dalam keadaan mudah larut.

Kelebihan garam-garam klorida dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang disebabkan tingginya salinitas (kadar garam terlarut dalam air). Air yang seperti ini tidak layak digunakan untuk proses pengairan dan keperluan rumah tangga (Lestari, 2017).

Klorida merupakan anion yang mudah larut dalam sampel air. Anion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) merupakan anion anorganik yang terdapat dalam sampel perairan yang jumlahnya lebih banyak daripada anion-anion halogen yang lain. Ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dalam larutan bisa dalam senyawa natrium klorida, kalium klorida, kalsium klorida. Kelebihan ion klorida dalam air minum dapat merusak ginjal. Akan tetapi, kekurangan ion klorida dalam tubuh juga dapat yang menyebabkan meningkatnya suhu tubuh (Herawati, 2019).

## **2.4 Lidah Elektronik**

### **2.4.1 Pengertian Lidah Elektronik**

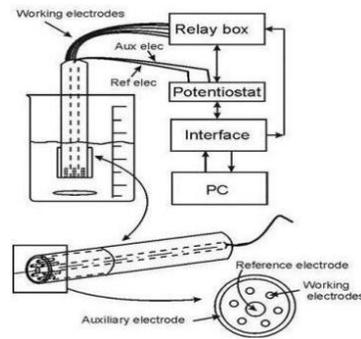
Lidah elektronik atau sistem sensor rasa menurut Nystrom dalam Triyana 2013 adalah sistem sensor yang digunakan untuk mengukur dan mengekstrak informasi dari larutan cair yang kompleks. Sensor lidah pada awalnya dikembangkan di University of Texas yang terdiri dari sumbercahaya, sensor array dan detektor. Dari analisis lidah elektronik University of Texas, hasilnya dapat ditemukan senyawa kimia kompleks pada objek pengamatan (Triyana dkk, 2013).

Sensor lidah 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. Sensor lidah selain digunakan untuk

membedakan rasa bisa juga digunakan dalam analisis membedakan jenis minuman kemasan satu dengan yang lainya (Triyana dkk, 2013).

Delapan membran lipid dengan sensor multichannel yang berbeda diterapkan pada media sensor yang dihubungkan dan dikendalikan oleh komputer adalah metode pengindraan tentang rasa yang telah banyak digunakan di beberapa aplikasi dengan alat industri yang berbeda. Terutama dapat mengctahui tentang perbedaan dan penilaian kualitas rasa pada minuman. Dalam suatu penelitian sampel dianalisis dengan baik mengguakan panel sensorik atau sistem pengindraan rasa. Panel sensorik yang mengungkapkantentang rasa yang berbeda dalam parameter ketajaman yang dibandingkan dengan kadar kandungan antara besar dan ringan (Tsaqifa, 2016).

Pola output dari sensor rasa dianalisis menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) komponen utamanya terhubung dengan baik terhadap rasa yang memiliki sifat kepekaan rasa yang besar dibandingkan dengan rasa ringan, dan komponen keduanya terhubung dengan parameter ketajaman yang dibandingkan dengan rasa ringan. Selain itu, air mineral telah memberikan suatu pelajaran dengan cara sistem penginderaan. Sensor rasa juga banyak digunakan untuk mengetahui merek produk minuman yang berbeda serta pemantauan proses fermentasi kedelai tempe, membedakan rasa susu atau kopi dengan pemantauan kualitas air (Tsaqifa, 2016).



Gambar 1. Alat Sensor Lidah Elektronik (Sumber : Tsaqifa, 2016)

## 2.4.2 Komponen Lidah Elektronik

### 1. Hardware Arduino

Board Arduino merupakan hardware yang digunakan untuk menjalankan program yang telah bangun. Board arduino adalah board mikrokontroler kecil yang mempunyai kemampuan computer dalam chip kecil (mikrokontroller). Chip ini sekitar 100 kali lebh hebat dari *Macbook*, tapi arduino mempunyai harga yang jauh lebh murah dan sngat bermanfaat untuk membangun perangkat yang menarik (Tsaqifa, 2016).



Gambar 2. Arduino Uno (Sumber : Tsaqifa, 2016)

Pada gambar di atas terlihat chip hitam dengan 28 kaki, chip tersebut adalah IC Mikrokontroler 328, jantung dari board Arduino Uno. Tim Arduino Uno telah menempatkan komponen-komponen yang dibutuhkan oleh

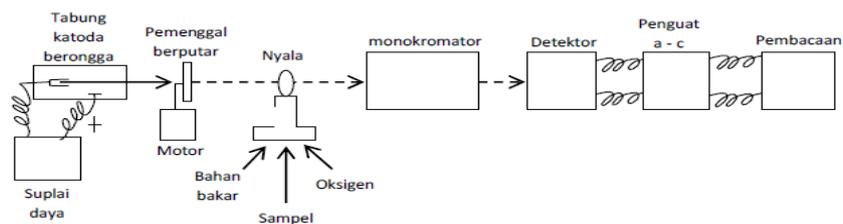
mikrokontroler untuk bekerja dengan baik dan dapat berkomunikasi dengan PC (Tsaqifa, 2016).

## 2. Software Arduino

Arduino IDE adalah singkatan dari Integrated Development Environment merupakan program spesial yang bekerja di PC yang dapat membantu pengguna Board Arduino untuk menulis “Sketch” untuk Board dalam modek bahasa yang sederhana menurut Processing Language. Keajaiban terjadi ketika tombol Upload ditekan, code yang telah ditulis dan diterjemahkan ke dalam bahasa C (salah satu bahasa pemrogramana), dan akan melewati avr-gcc compiler dan pada akhirnya akan menjadi bahasa yang dapat dimengerti oleh mikrokontroler (Tsaqifa, 2016).

### 2.5 SSA atau AAS (Spektrofotometer Serapan Atom atau *Atomic Absorption Spectroscopy* )

*Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dapat digunakan untuk menentukan kadar unsur-unsur logam seperti: Ca, Mg, K, Na, dll. AAS yaitu proses penyerapan energy oleh atom dalam sampel. Sumber energy yang digunakan adalah *hollow cathode lamp*. Fenomena yang terjadi pada proses AAS adalah produksi atom bebas dari sampel (atomisasi) dan serapan radiasi dari sumber luar oleh atom. Pembebasan atom dari sampel yaitu dengan pemanasan dari nyala api (Zulti, 2008).



Gambar 3. Komponen Spektrofotometer Serapan Atom (Sumber : Ainna, 2013)

#### a. Sumber Sinar

Sumber sinar yang lazim dipakai adalah lampu katoda berongga. Lampu ini terdiri atas tabung-tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda sendiri berbentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini diisi dengan gas mulia (neon atau argon) dengan tekanan rendah (10-15 torr). Neon biasanya lebih disukai karena memberikan intensitas pancaran lampu yang lebih rendah. Bila antara anoda dan katoda diberi suatu selisih tegangan yang tinggi (600 volt), maka katoda akan memancarkan berkas-berkas electron yang bergerak menuju anoda yang mana kecepatannya dan energinya sangat tinggi. Elektron-elektron dengan energi tinggi ini dalam perjalanannya menuju anoda akan bertabrakan dengan gas mulia yang diisikan tadi. Akibat dari tabrakan-tabrakan ini membuat unsur-unsur gas mulia akan kehilangan elektron dan menjadi ion bermuatan positif. Ion-ion gas mulia yang bermuatan positif selanjutnya akan bergerak ke katoda dengan kecepatan dan energi yang tinggi pula. Pada katoda terdapat unsur-unsur yang sesuai dengan unsur yang akan di analisis. Unsur-unsur ini akan ditabrak oleh ion-ion positif gas mulia. Akibat tabrakan ini, unsur-unsur akan terlempar keluar dari permukaan katoda. Atom-atom unsur dari katoda ini kemudian akan mengalami eksitasi ke tingkat energi-energi

elektron yang lebih tinggi dan akan memancarkan spektrum pancaran dari unsur yang sama dengan unsure yang akan di analisis (Ainna, 2013).

#### **b. Tempat Sampel**

Dalam analisis dengan SSA, sampel yang akan dianalisis harus diuraikan menjadi atom-atom netral yang masih dalam keadaan asas. Ada berbagai macam alat yang dapat digunakan untuk mengubah suatu sampel menjadi uap atom-atom yaitu Nyala (flame) dan Tanpa Nyala. Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi. Suhu yang dapat dicapai oleh nyala tergantung pada gas-gas yang digunakan, misalkan untuk gas batubara-udara, suhunya kira-kira sebesar  $1800^{\circ}\text{C}$ ; gas alam-udara:  $1700^{\circ}\text{C}$ ; asetilen-udara:  $2200^{\circ}\text{C}$ ; dan gas asetilen-dinitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sebesar  $3000^{\circ}$ . Teknik Ionisasi dengan nyala dinilai kurang peka karena atom gagal mencapai nyala, tetesan sampel yang masuk ke dalam nyala terlalu besar, dan proses atomisasi kurang sempurna. Sehingga munculah suatu teknik atomisasi yang baru yakni atomisasi tanpa nyala. Penguapan dapat dilakukan dengan tungku dari grafit. Sejumlah sampel diambil sedikit (untuk sampel cair diambil hanya beberapa  $\mu\text{L}$ , sementara sampel padat diambil beberapa mg), lalu diletakkan dalam tabung grafit, kemudian tabung tersebut dipanaskan dengan sistem listrik dengan cara melewatkan arus listrik pada grafit. Akibat pemanasan ini, maka zat yang akan dianalisis berubah menjadi atom-atom netral dan pada fraksi atom ini dilewatkan suatu sinar yang berasal dari lampu katoda berongga sehingga terjadilah proses penyerapan energi sinar yang memenuhi kaidah analisis kuantitatif (Ainna, 2013).

### c. Monokromator

Pada AAS, monokromator dimaksudkan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Disamping sistem optik, dalam monokromator juga terdapat suatu alat yang digunakan untuk memisahkan radiasi resonansi dan kontinyu yang disebut dengan *Chopper* (Ainna, 2013).

### d. Detektor

Digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman. Biasanya digunakan tabung penggandaan foton (*photomultiplier tube*). Ada dua cara yang dapat digunakan dalam system deteksi yaitu: (a) memberikan respon terhadap radiasi resonansi dan radiasi kontinyu; dan (b) yang hanya memberikan respon terhadap radiasi resonansi. Pada cara pertama, *output* yang dihasilkan dari radiasi resonan dan radiasi kontinyu disalurkan pada sistem galvanometer dan setiap perubahan yang disebabkan oleh radiasi resonan akan menyebabkan perubahan *output*. Pada cara kedua, *output* berasal dari radiasi resonan dan radiasi kontinyu yang dipisahkan. Dalam hal ini, sistem penguat harus cukup selektif untuk dapat membedakan radiasi. Cara terbaik adalah dengan menggunakan detektor yang hanya peka terhadap radiasi resonan yang termodulasi (Ainna, 2013).

### e. Readout

*Readout* merupakan suatu alat penunjuk atau dapat juga diartikan sebagai suatu sistem pencatatan hasil. Pencatatan hasil dilakukan dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan suatu transmisi. Hasil pembacaan

dapat berupa angka atau berupa kurva dari suatu rekorder yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi (Ainna, 2013).

## 2.6 Titrasi Argentometri

Menurut Utami (2009), analisis klorida secara kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan metode titrasi argentometri. Dasar titrasi argentometri adalah reaksi pengendapan (presipitasi) dimana zat yang hendak ditentukan kadarnya dan diendapkan oleh larutan baku perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ). Zat tersebut misalnya garam-garam halogenida (Cl, Br, I), sianida (CN), tiosianida (SCN) dan fosfat.

Metode titrasi argentometri terdiri dari 3 jenis, salah satunya adalah metode titrasi argentometri Mohr. Seperti halnya suatu sistem asam-basa dapat digunakan sebagai suatu indikator untuk titrasi asam-basa, maka pembentukan endapan yang lain dapat digunakan untuk menunjukkan kesempurnaan suatu titrasi pengendapan. Contoh untuk keadaan demikian adalah yang disebut dengan titrasi Mohr dari klorida dengan ion perak dan ion kromat sebagai indikator. Endapan perak-kromat menghasilkan warna kemerah-merahan, sehingga ketika telah tercapai warna tersebut titik akhir titrasi telah tercapai. Titrasi Mohr terbatas pada larutan dengan pH antara 6-10 (Utami, 2009).

Metode Mohr juga dapat digunakan untuk titrasi ion bromida dengan perak dan juga ion sianida dalam larutan sedikit alkalis. Perak tidak dapat dititrasi secara langsung dengan klorida menggunakan indikator kromat. Endapan perak-kromat yang semula ada, larut kembali hanya dengan perlahan-lahan dekat titik ekuivalen.

Akan tetapi larutan klorida standart dalam jumlah berlebih dapat ditambahkan dan kemudian dititrasi kembali menggunakan indikator kromat (Utami, 2009).

Argentometri merupakan metode umum untuk menetapkan kadar halogenida dan senyawa-senyawa lain yang membentuk endapan dengan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) pada suasana tertentu. Metode argentometri disebut juga dengan metode pengendapan karena pada argentometri memerlukan pembentukan senyawa yang relatif tidak larut atau endapan. Reaksi yang mendasari argentometri adalah (Gandjar, 2007) :



## 2.7 Spektrofotometri

Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer ialah menghasilkan sinar dari spektrum dan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Jadi spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang.

Spektrofotometri merupakan metode analisis yang didasarkan pada absorbs elektromagnet. Spektrofotometri ini hanya terjadi bila perpindahan electron dari tingkat energy yang rendah ketingkat energy yang lebih tinggi. Penyerapan (absorbs) sinar UV dan sinar tampak pada umumnya dihasilkan oleh eksitasi electron-elektron ikatan, akibatnya panjang gelombang pita yang mengabsorpsi dapat dihubungkan dengan ikatan yang memungkinkan ada dalam suatu molekul.

Spektrofotometri dapat dianggap perluasan suatu pemeriksaan visual yang dengan studi, lebih mendalam dari absorpsi energi radiasi oleh macam-macam zat kimia memperkenankan dilakukannya pengukuran cirri cirinya serta kuantitatifnya dengan ketelitiannya dengan ketelitian yang lebih besar.

## 2.8 PCA (*Principal Component Analysis*)

Principal Componen Analysis (PCA) merupakan sebuah metode dengan mengidentifikasi pola sebuah data yang rumit menjadi lebih sederhana untuk menunjukkan perbedaan dan persamaan antar pola. PCA merupakan hasil dari metode penelitian berharga dari aljabar linear terapan dengan tujuan utama untuk mereduksi dimensi yang besar menjadi dimensi yang lebih kecil dan sederhana. Hal tersebut dilakukan dengan menghilangkan korelasi diantara variabel bebas melalui transformasi variabel bebas asal ke variabel baru yan tidak terkolerasi sama sekali tanpa menghilangkan informasi penting di dalamnya (Ifadah, 2011).

*Principal Component Analysis* menggunakan vektor-vektor yang disebut dengan eigenvector dan nilai-nilai yang disebut dengan eigenvalue untuk mendapatkan fitur yang paling signifikan pada dataset. Prinsip dasar dari algoritma. *Principal Component Analysis* adalah mengurangi satu set data namun tetap mempertahankan sebanyak mungkin variasi dalam set data tersebut. Secara matematis Principal Component Analisis mentransformasikan sebuah variabel yang berkolerasi ke dalam bentuk yang bebas tidak berkolerasi (Kustian, 2016).

Beberapa komponen hasil PCA yang bebas multikolinearitas diperoleh, maka komponen-komponen tersebut menjadi variabel bebas baru yang akan

diregresikan atau dianalisis pengaruhnya terhadap variabel tak bebas (Y) dengan menggunakan analisis regresi. Keunggulan metode PCA diantaranya adalah dapat menghilangkan korelasi secara bersih tanpa harus mengurangi jumlah variabel asal (Ifadah, 2011).

Algoritma PCA secara umum sebagai berikut (Galih, 2012):

- a. Hitung matriks kovarian dengan menggunakan persamaan

$$\text{Cov}(xy) = \frac{\sum xy}{n} - (\bar{x})(\bar{y}) \quad (2)$$

- b. Hitung nilai eigen dengan menyelesaikan persamaan

$$(A - \lambda I) = 0 \quad (3)$$

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

- c. Hitung vektor eigen dengan menyelesaikan persamaan

$$(A - \lambda I)[X] = [0] \quad (4)$$

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

- d. Menentukan variabel baru (*principal component*) dengan mengalikan variabel asli dengan matriks vektor eigen.

Sedangkan variansi yang dapat dijelaskan oleh variabel baru ke-I tergantung kontribusi  $\rho_i$ , dari masing-masing nilai eigen yang dihitung dengan Persamaan 4.

$$\rho_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^D \lambda_j} \times 100\% \quad (5)$$

## 2.9 LDA (*Linear Discriminant Analysis*)

*Linear Discriminant Analysis* (LDA) merupakan salah satu metode yang menggunakan teori statistik yang sudah banyak digunakan secara luas baik dalam hal pembelajaran mesin, pengolahan data, maupun pengolahan citra. Metode ini pertama kali dibuat dan dipublikasikan oleh Ronald A. Fisher melalui paper *The Use of Multiple Measure in Taxonomic Problems* pada tahun 1936. LDA adalah metode ekstraksi fitur dengan perpaduan dari perhitungan operasi matematika dan statistika yang menggunakan properti statistik terpisah untuk tiap obyek (Septa Cahyani dkk, 2018).

Meskipun metode untuk ekstraksi ciri yang paling populer adalah *Principal Component Analysis* (PCA). Namun demikian PCA memiliki kelemahan yaitu pemisahan antar kelas yang kurang optimal, sehingga metode LDA dibuat untuk mengatasi kekurangan PCA. Metode LDA mampu memisahkan data antar kelas menjadi lebih terpisah dengan cara memaksimalkan nilai *between-class scatter* dan meminimalkan *Within-class scatter*. PCA dan LDA mempunyai perbedaan yang sangat jelas, karena pengklasifikasian terhadap ciri dapat dilakukan oleh PCA sedangkan LDA berfokus pada pengklasifikasi terhadap data. Pada ekstraksi fitur menggunakan LDA, data set lokasinya tetap, namun kelas yang di bentuk menjadi lebih terpisah sehingga kondisi ini menyebabkan jarak antar kelas menjadi lebih besar, sedangkan jarak antar data pelatihan dalam satu kelas menjadi lebih kecil (Septa Cahyani dkk, 2018).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tentang analisis pola klasifikasi air sungai berbasis *E-Tongue* menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) dan LDA (*Linear Discriminant Analysis*) ini dilakukan selama bulan Agustus-November 2019. Penelitian ini bertempat di Laboratorium Sensor Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

### 3.2 Tempat Pengambilan Sampel



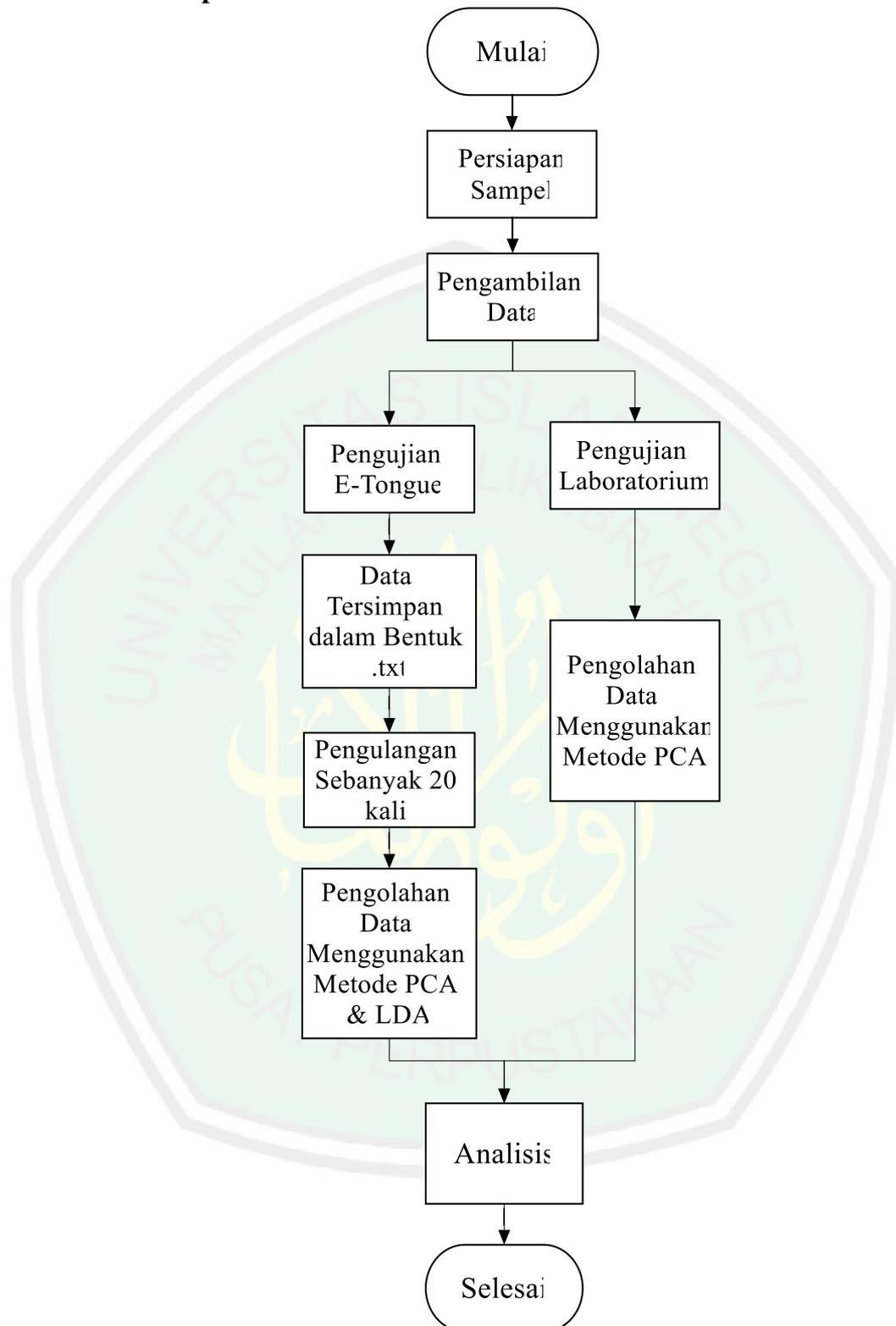
Gambar 4. Tempat Pengambilan Sampel (Sumber : Google Earth)

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Air Sungai
2. Gelas Beaker
3. Lidah Elektronik
4. Magnetic Heating Stirrer
5. Botol Semprot
6. Kabel USB
7. TDS Meter
8. Personal Computer
9. Software
  - a. IBM SPSS Statistics 23
  - b. Microsoft Excel 2013
  - c. LabVIEW 2014
  - d. Minitab 16 32bit

### 3.4 Tahap dan Alur Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

### **3.5 Prosedur Penelitian**

#### **3.5.1 Tahap Persiapan Sampel**

1. Dilakukan pengambilan sampel air sungai yang berada di kota Malang dengan 6 tempat yang berbeda dengan volume 1000 ml.
2. Dilakukan pengujian sampel pada Laboratorium sebanyak 500ml.
3. Dilakukan pengujian sampel pada E-Tongue sebanyak 500ml.

#### **3.5.2 Tahap Pengambilan Data E-Tongue**

Proses persiapan sampel ini yaitu air sungai dari 6 tempat yang berbeda dimasukkan kedalam beaker glass ukuran 500 ml. Kemudian beaker glass yang berisi sampel diletakkan diatas dan dinyalakan *Magnetic Heating Stirer* yang berfungsi untuk mengaduk sampel agar seluruh sampel dapat terdeteksi dengan baik oleh E-Tongue. Masing-masing sampel sudah siap dilakukan pengambilan data E-Tongue dengan waktu 7 menit setiap kali perulangan. Proses pengambilan data ini dilakukan sebanyak 20 kali perulangan supaya data lebih akurat.

#### **3.5.3 Tahap Pengolahan Data**

Tahap pengolahan data dilakukan menggunakan dua metode yaitu PCA dan LDA. Metode PCA dan LDA dilakukan dengan cara mengambil 30 data iterasi terakhir dan data tersebut di rata-rata. Setelah data tersebut dirata-rata data di olah menggunakan metode LDA dan PCA.

Data yang diperoleh dari kedua metode ini digunakan untuk membedakan hasil dari pola data yang dihasilkan. Metode LDA dibuat untuk mengatasi kekurangan PCA. Metode LDA ini mampu memisahkan data antar kelas menjadi lebih terpisah dengan cara memaksimalkan nilai between-class scatter dan

meminimalkan jarak dalam kelas data yang sama. PCA dan LDA mempunyai perbedaan yang sangat jelas, karena pengklasifikasian terhadap ciri dapat dilakukan oleh PCA. Sedangkan LDA berfokus pada pengklasifikasian terhadap data.



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Pengujian Sampel Air Sungai**

#### **4.1.1 Hasil Preparasi Sampel**

Air sungai yang digunakan pada penelitian ini berasal dari 2 tempat, yaitu Sungai Brantas dan Sungai Metro. Sungai Metro merupakan anak dari sungai Brantas yang aliran sungainya melalui Kota Malang dan berakhir di Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang. Sungai Brantas bersumber dari Gunung Arjuno yang melewati Kota Malang dan Kabupaten Malang dan bermuara di Kali Surabaya.

Pengambilan sampel air sungai Brantas dilakukan pada 3 titik yaitu sungai utama dan 2 sungai anakan. Sungai utama terdapat di Putu Air Sengkaling yang terpisah menjadi 2, yaitu ke belakang Kampus UMM tepatnya berada di Jl. Karyawiguna, Tegalgondo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang sebagai sungai Brantas 2. Dan daerah Landungsari sebagai sungai Brantas 3.

Pengambilan sampel air sungai Metro terbagi menjadi 3 titik. Titik yang pertama berada di sumber utama sungai Metro yaitu di Joyosuko Metro, Merjosari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. Titik kedua terdapat di aliran sungai Jl. Gajayana, Ketawanggede Kecamatan Lowokwaru yang mengalir ke sungai Metro 1. Sedangkan titik ketiga berada di Jl. Gunung Agung, Pisang Candi Kecamatan Sukun Kota Malang yang mengalir dari sungai utama.



Gambar 6. Sampel Air Sungai

#### 4.1.2 Hasil Pengujian Lidah Elektronik

Sampel yang sudah dipreparasi diuji menggunakan lidah elektronik. Pengujian menggunakan lidah elektronik ini menghasilkan data yang tersimpan dalam bentuk .Txt. Data yang tersimpan dalam bentuk .txt kemudian diolah menggunakan Ms. Excel untuk mencari nilai rata-rata dari 30 data terakhir (Terlampir). Pada penelitian ini setiap sampel dilakukan pengulangan sebanyak 20 kali selama 7 menit atau 420 detik agar data yang dihasilkan bisa akurat.

#### 4.1.3 Hasil Pengujian Pada Laboratorium

Sampel yang sudah dipreparasi selanjutnya diuji ke Unit Analisis dan Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang. Sampel yang diujikan terdapat 6 sampel yaitu Sungai Brantas 1, Sungai Brantas 2, Sungai Brantas 3, Sungai Metro 1, Sungai Metro 2, dan Sungai Metro 3. Ke-enam

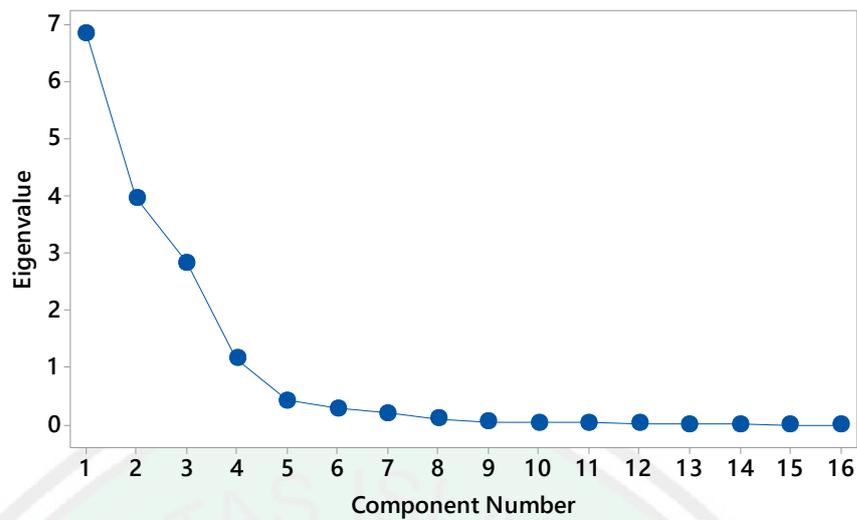
sampel tersebut diuji dengan parameter Klorida (Cl), COD, Besi (Fe), Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) dan TDS.

Pengujian sampel yang dilakukan di Unit Analisis tersebut didapat hasil kandungan klorida semua sungai tidak memenuhi standart kelas 1 (Air Minum) yang ditetapkan oleh pemerintah pada PP nomor 81 tahun 2001. Begitu juga kandungan COD dan nitrat pada ke-enam titik sungai melebihi batas ambang yang telah ditentukan pemerintah pada PP nomor 81 tahun 2001 untuk kelas 1 dan kelas 2. Sedangkan kandungan besi dan TDS pada penelitian tidak melebihi batas ambang yang telah ditentukan.

## 4.2 Hasil Pengolahan Data

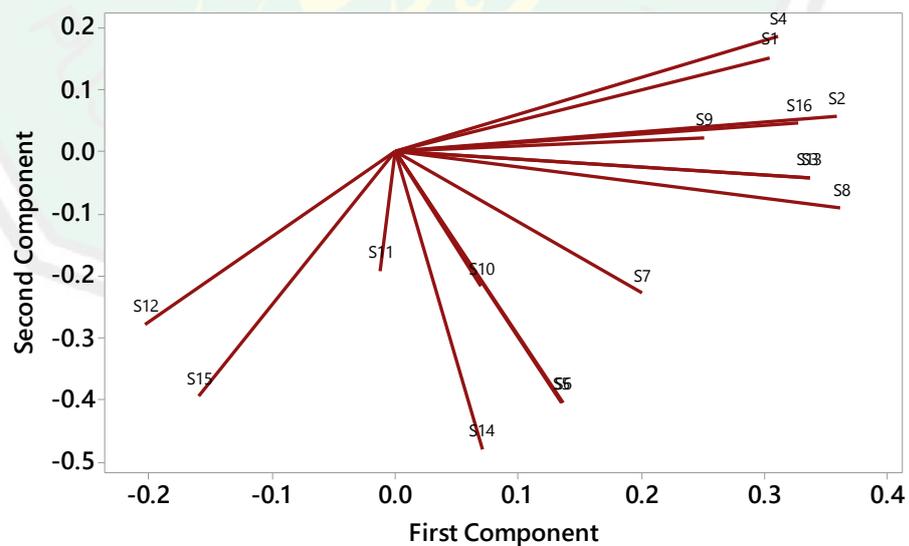
### 4.2.1 Hasil Pengolahan Data PCA Pada Lidah Elektronik

Hasil pengolahan PCA terdapat 3 gambar dalam bentuk plot. Dimana setiap gambar memiliki makna yang berhubungan dengan plot lainnya. Plot pertama pengolahan PCA yaitu *scree plot*. *Scree plot* digunakan untuk menentukan nilai persen *principal component* ke-1 (PC1) dan *principal component* ke-2 (PC2). Nilai PC ke-i merupakan nilai *eigenvalue* dibagi total nilai *eigenvalue* semua komponen dikali 100%. Misalnya pada PC1 =  $\frac{6,83663}{16,00001} \times 100\% = 42,72\%$ , sedangkan pada PC2 =  $\frac{3,9648}{16,00001} \times 100\% = 24,78\%$ . Jika ingin menggunakan 3 dimensi maka PC3 =  $\frac{2,8371}{16,00001} \times 100\% = 17,73\%$  dan seterusnya. Total dari PC1 dan PC2 pada penelitian ini yaitu sebesar 67,48%. Apabila *eigenvalue* mulai melandai berarti menunjukkan data tersebut semakin baik.



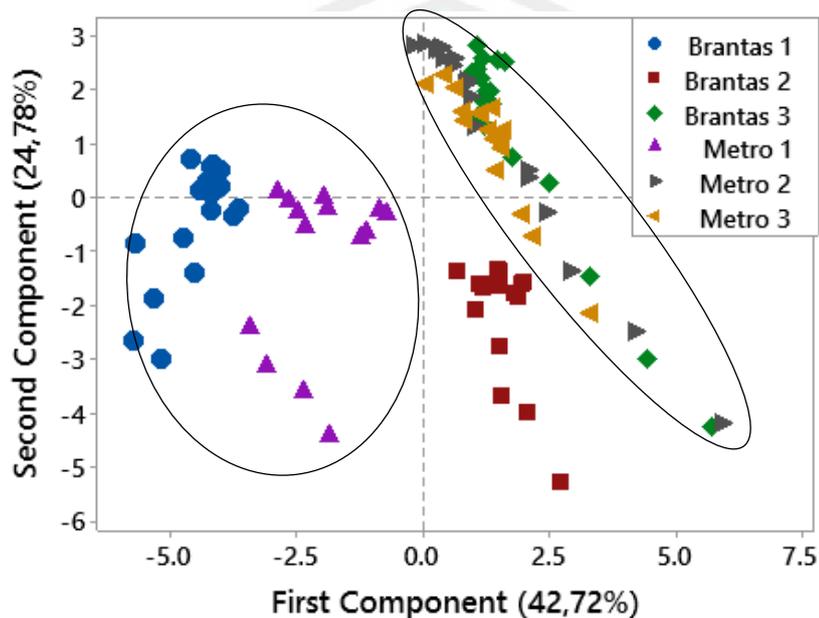
Gambar 7. Hasil *Scree Plot* Lidah Elektronik

Plot yang kedua dari pengolahan PCA yaitu *Loading plot*. *Loading plot* digunakan untuk mengetahui variabel (sensor/kandungan) yang berkontribusi besar pada pembentukan pola PCA yang divisualisasikan dalam *score plot* dengan melihat dari garis *loading plot* yang paling panjang dari titik awal (pada gambar 8). Pada pengujian air sungai menggunakan lidah elektronik variabel yang paling berkontribusi paling besar yaitu pada variabel (sensor/kandungan) ke-8.



Gambar 8. Hasil *Loading Plot* Lidah Elektronik

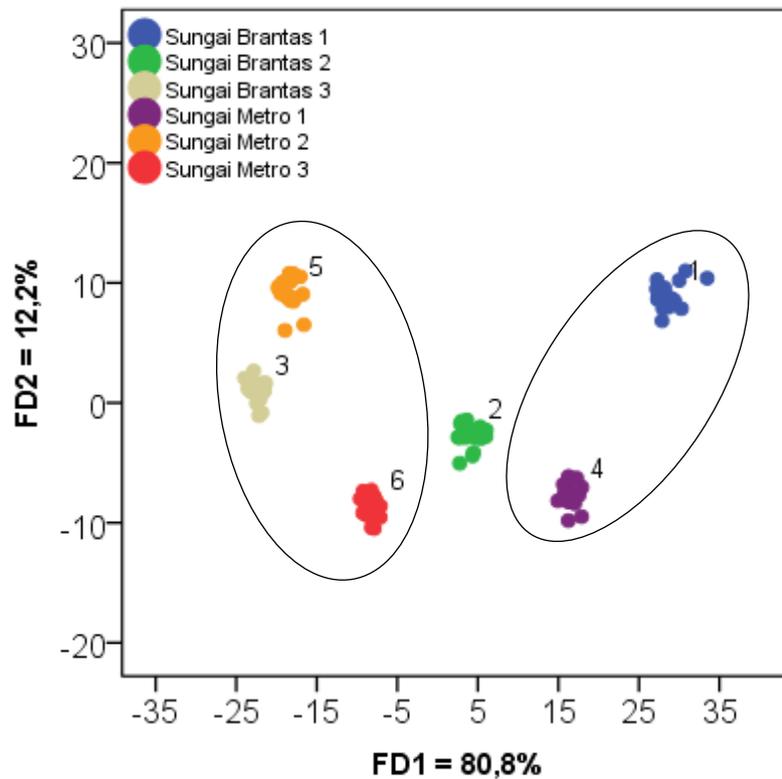
Plot ketiga dari pengolahan PCA yaitu *Score Plot*. *Score plot* air sungai yang berasal dari data lidah elektronik yang diolah menggunakan metode PCA dapat dibedakan. Akan tetapi setiap data yang terbentuk tidak dapat memusat atau berkelompok. Hasil *Score plot* didapatkan pola yang menyebar namun tetap dapat dilihat perbedaan golongan sungainya.



Gambar 9. Hasil *Score Plot* Lidah Elektronik

#### 4.2.2 Hasil Pengolahan Data LDA Pada Lidah Elektronik

Hasil pengolahan data pada air sungai menggunakan lidah elektronik yang diolah dengan metode LDA dapat dilihat pada gambar 10. Pada gambar 10 air sungai yang diolah menggunakan metode LDA menghasilkan pola yang lebih bagus dari metode PCA. Dikarenakan pola klasifikasi yang terbentuk lebih memusat. Akan tetapi pada sungai metro 2 terdapat 2 data yang menyebar atau keluar dari kelompok sungai metro 2. Pengolahan data menggunakan metode LDA pada penelitian ini sangat baik karena tidak ada data yang bersebrangan.

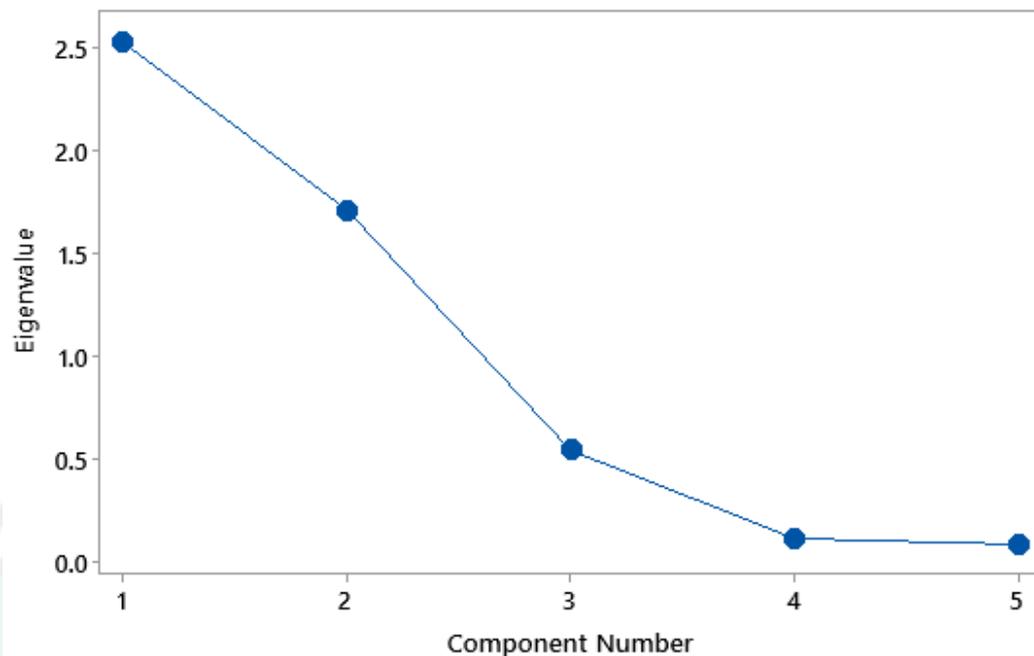


Gambar 10. Hasil Pengolahan LDA Lidah Elektronik

#### 4.2.3 Hasil Pengolahan Data PCA Pada Laboratorium

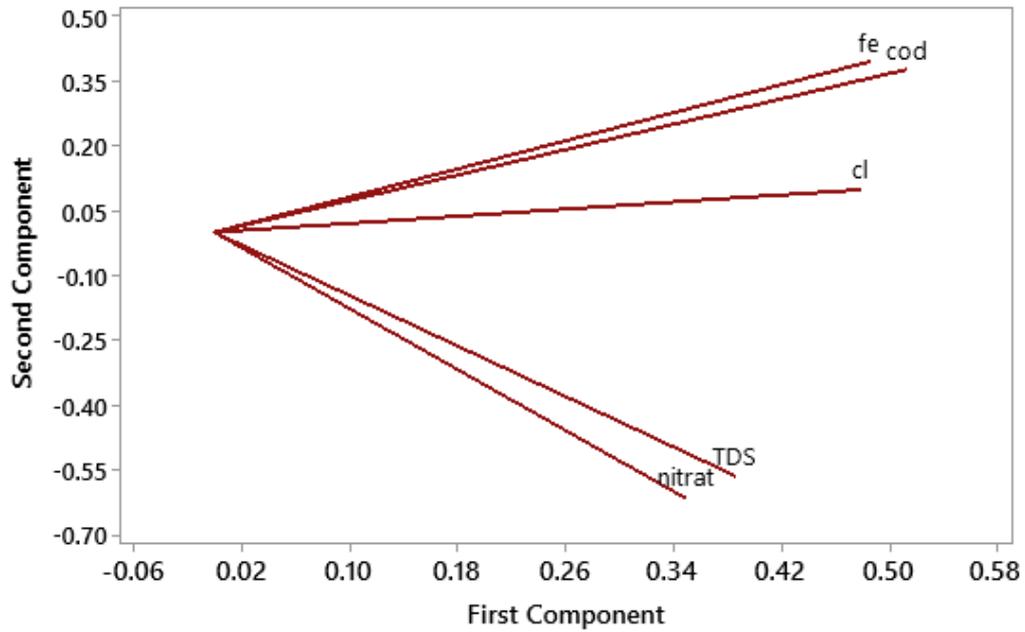
Hasil pengolahan data PCA terdapat 3 gambar dalam bentuk plot. Dimana setiap gambar memiliki makna yang berbeda. Plot pertama yaitu *Scree Plot*. *Scree plot* ni digunakan untuk menentukan nilai persen *principal component* ke-1 (PC1) dan *principal component* ke-2 (PC2) pada *score plot*. Nilai *eigenvalue* pada *scree plot* ini digunakan untuk mencari nilai persentase PC1 dan PC2 pada *score plot*. Nilai PC ke-i merupakan nilai *eigenvalue* dibagi total nilai *eigenvalue* semua komponen dikali 100%. Misalnya pada PC1 =  $\frac{2,52824}{4,99999} \times 100\% = 50,56\%$ , sedangkan pada PC2 =  $\frac{1,71488}{4,99999} \times 100\% = 34,29\%$ . Total dari PC1 dan PC2 yaitu

sebesar 84,85%. Apabila eigenvalue semakin cepat melandainya maka data tersebut sudah semakin baik seperti pada gambar 9.



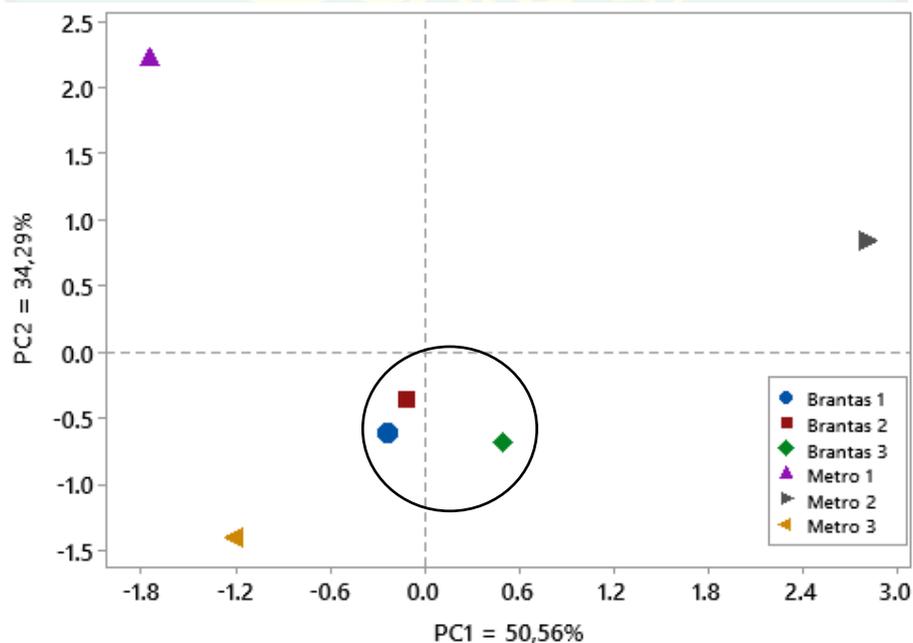
Gambar 11. Hasil Scree Plot Pada Laboratorium

Plot yang kedua yaitu *Loading plot*. Hasil *Loading plot* lidah elektronik yang diolah menggunakan PCA terdapat pada gambar 12. *Loading plot* ini digunakan untuk mengetahui variabel yang paling berkontribusi besar dalam pembentukan pola pada *score plot* dengan cara melihat dari garis *loading plot* yang paling panjang dari titik awal. Pada penelitian ini variabel (kandungan/sensor) yang paling berkontribusi besar yaitu kandungan COD.



Gambar 12. Hasil *Loading Plot* Pada Laboratorium

Plot yang ketiga yaitu *score plot* (gambar 13) pada laboratorium dengan kandungan air sungai yang diuji yaitu TDS, COD, besi, nitrat dan klorida yang dihasilkan perbedaan tiap sungai sangat mencolok. Dimana letak Sungai Metro 1, Sungai Metro 2 dan Sungai Metro 3 yang menyebar.



Gambar 13. Hasil *Score Plot* Pada Laboratorium

### 4.3 Pembahasan

Gambar 9 merupakan hasil pengolahan data PCA pada lidah elektronik. Dari hasil *score plot* PCA diketahui bahwa pola Sungai Brantas 1 dan Sungai Metro 1 yang diketahui sebagai sungai utama memiliki pola yang sangat berbeda dengan anak sungai dari sungai utama tersebut. Pola Sungai Brantas 2, Sungai Metro 2 dan Sungai Metro 3 hampir sama, yang menunjukkan ketiga sungai tersebut memiliki ciri pola karakteristik yang sama. Akan tetapi sangat berbeda dengan Sungai Brantas 2 yang terletak berbeda dari sungai utama dan cabang sungai lainnya.

Hasil *Loading plot* lidah elektronik yang diolah menggunakan PCA yang terdapat pada gambar 8 untuk mengetahui sensor yang paling sensitif terhadap air sungai penelitian ini. Hasil *loading plot* garis terpanjang yaitu pada sensor 8. Dimana sensor tersebut yang memiliki nilai eigenvector sebesar 0.362.

Hasil *Scree Plot* lidah elektronik pada gambar 7 digunakan untuk menentukan persentase dari *first component* (PC1) dan *second component* (PC2). Disini hanya diambil PC1 dan PC2 (lihat gambar 7) saja dikarenakan pada penelitian ini menggunakan PCA untuk menyederhanakan data menjadi 2 dimensi. Nilai dari PC1 yaitu 42,72%, sedangkan pada PC2 yaitu 24,78%. Total dari PC1 dan PC2 yaitu sebesar 67,5%. Artinya terdapat 32,5% informasi yang hilang dari data yang telah di PCA tersebut. Hal ini dikarenakan pada penelitian memakai 2 dimensi untuk menyederhanakan data dari 16 menjadi 2 data.

Data hasil lidah elektronik (*E-Tongue*) yang diolah menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) didapatkan hasil (gambar 9) bahwa pola Sungai Brantas 1 dan Sungai Metro 1 sebagai sungai utama sebelum sungai-

sungai tersebut mengalir ke rumah penduduk atau ke anak sungai lainnya. Pada penelitian ini Sungai Metro 1 dan Sungai Brantas 1 merupakan sungai yang memiliki pencemaran paling rendah dari pada anak sungai yang mengalir melewati pemukiman penduduk. Hal itu ditunjukkan dari hasil uji Laboratorium dimana kandungan nilai COD dan TDS dari Sungai Brantas 1 lebih kecil dari Sungai Brantas 2 dan Sungai Brantas 3. Sama halnya dengan kandungan nilai TDS dan nitrat pada Sungai Metro 1 lebih kecil dari Sungai Metro 2 dan Sungai Metro 3.

Pola Sungai Brantas 3, Sungai Metro 2 dan Sungai Metro 3 hampir sama. Yang artinya ketiga sungai tersebut memiliki ciri karakteristik yang sama. Hal itu dibuktikan dengan nilai kandungan nitrat yang hampir sama yaitu sebesar 0,2 Mg/l untuk Sungai Brantas 3, 0,19 Mg/l untuk Sungai Metro 2 dan 0,19 Mg/l untuk Sungai Metro 3.

Sungai Brantas 3 dan Sungai Metro 2 terletak pada aliran yang sama. Sungai Brantas 3 mengalir melewati rumah padat penduduk di Jalan Gajayana dan Jalan Dinoyo yang kemudian sebelum mengalir ke Sungai Metro 1 yaitu adalah sungai metro 2. Sehingga mempengaruhi hasil pengujian Kandungan nilai Besi, COD, TDS, klorida, dan nitrat Sungai Metro 2 lebih besar dari Sungai Brantas 3. Sepanjang bantaran kedua sungai (Sungai Brantas 3 dan Sungai Metro 2) tersebut terdapat rumah penduduk yang sangat padat. Masyarakat tersebut memanfaatkan sungai untuk mencuci, mandi, irigasi, menyirami tanaman, dan membuang limbah rumah tangga ke sungai-sungai tersebut. Hal itu menyebabkan semua kandungan Sungai Metro 2 lebih besar dari sungai Brantas 3.

Sungai Metro 3 memiliki ciri karakteristik yang hampir sama dengan Sungai Brantas 3 dan Sungai Metro 2. Penyebab dari kesamaan pola tersebut dikarenakan air dari Sungai Brantas 3 dan Sungai Metro 2 mengalir ke sungai metro 3. Ketiga sungai (Brantas 3, Metro 2, Metro 3) memiliki letak yang berdekatan yang berarti bahwa ketiga sungai memiliki pencemaran yang sama. Kesamaan atau ciri karakteristik dari ketiga sungai ditunjukkan dengan hasil pengujian kandungan nitrat ketiga sungai hampir sama yaitu 0,2 Mg/l, 0,19 Mg/l dan 0,19 Mg/l.

Sungai Brantas 2 memiliki perbedaan pola yang sangat mencolok dari sungai lainnya. Dikarenakan sungai brantas 2 ini terletak tidak jauh dari sungai brantas 1. Sungai brantas 2 ini melewati pemukiman yang jarang penduduk dan melewati banyak sawah, sehingga pencemaran dari sungai 2 ini masih sedikit tidak seperti sungai Brantas 3, sungai Metro 2 dan sungai Metro 3. Sungai Brantas 2 ini memiliki nilai kandungan COD terendah dari pada cabang sungai lainnya, sehingga sungai ini memiliki pola yang berbeda dari ke-lima cabang sungai yang lain. Kandungan nilai COD yang di dapatkan dari pengujian Laboratorium yaitu sebesar 40 Mg/l.

Hasil pengolahan LDA menggunakan lidah elektronik dapat dilihat pada gambar 10. Dari hasil pengolahan LDA diketahui bahwa hasil yang di dapatkan dari setiap sungai lebih mengelompok atau lebih jelas pola klasifikasinya. Hasil dari pengolahan menggunakan metode LDA tidak jauh berbeda dari hasil pengolahan menggunakan metode PCA lidah elektronik. Dari hasil pengolahan LDA Sungai Brantas 1 dan sungai Metro 1 sebagai sungai utama dengan pencemaran paling sedikit terletak berdekatan. Begitu juga sungai Brantas 3,

sungai Metro 2 dan sungai metro 3 yang terletak pada satu aliran yang sama memiliki letak yang berdekatan juga. Sedangkan pada Sungai Brantas 2 yang memiliki letak berbeda dari sungai besar dan anak sungai yang lain. Data yang dihasilkan oleh metode LDA lebih terpusat atau terkelompok dari pada metode PCA. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua metode ini dapat membedakan pola air sungai menggunakan lidah elektronik (*E-Tongue*).

Air sungai yang telah dipreparasi diujikan pada Laboratorium. Semua data hasil pengujian laboratorium yang berupa nilai kandungan COD, TDS, besi, nitrat dan klorida dengan satuan Mg/L selanjutnya akan diolah menggunakan PCA (lihat gambar 13). Dari hasil pengujian laboratorium yang telah diolah menggunakan PCA didapatkan hasil bahwa Sungai Brantas 1, brantas 2, dan Brantas 3 terletak berdekatan. Akan tetapi pada pola Sungai Metro didapatkan hasil menyebar. Pada Sungai Metro 1 teletak sangat berjauhan dengan sungai lainnya. Sedangkan pada Sungai Metro 2 sedikit menjauhi anak Sungai Brantas 2. Sedangkan pada Sungai Metro 3 memiliki pola yang mendekati brantas 2 dan brantas 1. Sungai Brantas 1, 2 dan 3 memiliki ciri karakteristik sama dibuktikan dengan kandungan Klorida pada sungai tersebut memiliki nilai sama yaitu 31,14 Mg/l.

Hasil *Loading plot* lidah elektronik yang diolah menggunakan PCA (pada gambar 12.) menunjukkan hasil sensor (kandungan) COD yang paling berkontribusi besar dalam pembentukan pola klasifikasi pada *score plot* air sungai penelitian ini. Untuk mengetahui sensor yang berkontribusi paling besar sensitif dapat dilihat dari garis *loading plot* yang paling panjang dari titik awal. Pada hasil *loading plot* penelitian ini garis terpanjang yaitu pada sensor (kandungan) COD .

Hasil *Scree Plot* pada laboratorium (gambar 11) digunakan untuk menentukan persentase dari *first component* (PC1) dan *second component* (PC2). Pada hasil pengujian laboratorium menggunakan 5 sensor (kandungan) maka, *component number* terdiri dari 5 juga. Disini hanya diambil PC1 dan PC2 (gambar 13).

Perbedaan pola klasifikasi dari lidah elektronik dan pengujian laboratorium dapat dilihat dari hasil PCA. Pada pengujian laboratorium kandungan yang diolah menggunakan PCA sudah jelas yaitu TDS, COD, besi, nitrat dan klorida. Sedangkan pengujian menggunakan lidah elektronik belum mampu mengetahui kandungan pada air sungai. Hal itu menyebabkan pola klasifikasi Lidah elektronik dengan pengujian laboratorium berbeda.

#### 4.4 Pencemaran Air Dan Lingkungan Dalam Prespektif Islam

Pencemaran air terjadi akibat adanya zat-zat yang mencemari air bersih, sehingga air berubah warna, bau dan rasa. Salah satu penyebab terjadinya pencemaran air adalah pembuangan limbah secara langsung ke lingkungan. Pencemaran air ini termasuk dalam kerusakan lingkungan yang dapat disebabkan oleh ulah manusia. Menurut prespektif islam pencemaran yang dapat berarti kerusakan adalah istilah *fasad*. Makna *fasad* secara luas yaitu perbuatan atau perilaku yang menyimpang dari keseimbangan yang semestinya. Allah SWT berfirman dalam Al-Qur'an surat Ar-Ruum [30] ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ

يَرْجِعُونَ

“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”(QS. Ar Rum:41).

Menurut Ibnu Abbas kata البر (*Al-Barru*) artinya kota-kota dan perkampungan yang tidak memiliki sungai. Sedangkan kata البحر (*Al-Bahru*) artinya sebutan untuk kota-kota dan perkampungan yang memiliki sungai. Di dalam Kitab Tafsir Al-Maraghi dijelaskan bahwa البحر (*Al-Bahru*) adalah sebutan untuk kota-kota besar dan kebiasaan orang-orang arab menyebut kota-kota besar dengan lautan, mengingat kawasan yang luas dan kepadatan penduduknya seperti lautan. Sedangkan menurut ulama lainnya *al-barr* adalah daratan dan *al-bahr* adalah lautan.

Kata *fasad* pada ayat ini berarti kerusakan yang disebabkan oleh manusia. Kerusakan yang disebabkan oleh perbuatan manusia seringkali terjadi, baik kerusakan lingkungan, mental, moral, atau bahkan sosial. Oleh sebab itu, Allah SWT menurunkan adzab kepada manusia baik dengan bencana alam yang merusak alam dan mempengaruhi kehidupan manusia.

Ayat-ayat Al-Qur'an yang terkait dengan alam raya ini diciptakan dan diatur oleh Allah atas keseimbangan. Jika terjadi kerusakan alam atau penyimpangan alam dari ketentuan maka harus diyakini sebagai akibat dari perbuatan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. Hal ini disebutkan pada kalimat بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ yang menunjukkan bukti yang sangat kuat bahwa kerusakan lingkungan merupakan akibat perbuatan manusia.

Penafsiran lain surat Ar-Rum [30] ayat 41 menunjukkan bahwa kerusakan terjadi pada area daratan dan area lautan. Terkait kerusakan di darat dan laut, terdapat beberapa pendapat ulama antara lain: banjir besar, musim paceklik, kekurangan air, gagal panen, kematian ekosistem alam dan krisis ekonomi. Salah satu tindakan kerusakan akibat perbuatan manusia yaitu pencemaran air sungai. Pencemaran air sungai sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sebagian besar sungai tidak layak digunakan untuk sarana atau prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan sejenisnya apalagi untuk air minum. Allah SWT juga menegaskan dalam Al-Qur'an surat Al-Baqarah [2] ayat 11-12 yang berbunyi:

وَإِذَا قِيلَ لَهُمْ لَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ قَالُوا إِنَّمَا نَحْنُ مُصْلِحُونَ ﴿١١﴾ أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ  
وَلَكِنْ لَا يَشْعُرُونَ

*“Dan bila dikatakan kepada mereka: "Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi". Mereka menjawab: "Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan". Ingatlah, sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan, tetapi mereka tidak sadar” (Q.S Al-Baqarah:11-12).*

Ayat tersebut sudah jelas menyebut *“Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi”*. Penyebutan kata bumi bukan sekedar melarang melakukan pengerusakan. Kata tersebut juga mencerminkan betapa luas dampak keburukan dari kerusakan, sehingga jika dibiarkan akan menyebar ke seluruh bumi. Kerusakan tidak hanya menyentuh manusia, tetapi juga semua lingkungan hidup. Hal ini yang menyebabkan bencana dalam kehidupan manusia. Ayat tersebut juga menunjukkan larangan berbuat kerusakan atau tindakan yang tidak bermanfaat dalam bentuk apapun, baik menyangkut perilaku seperti mencemari sungai.

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Hasil pengolahan menggunakan metode PCA Sungai Brantas 1 dan Sungai Metro 1 memiliki pola yang sama. Hal ini mengindikasikan jenis pencemaran yang hampir sama.
2. Pola Sungai Brantas 3, Sungai Metro 2 dan Sungai Metro 3 hampir sama. Hal ini mengindikasikan jenis pencemaran dari ketiga sungai hampir sama.
3. Pola Sungai Brantas 2 yang diolah menggunakan dari sungai utama dan anak sungai lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa jenis pencemaran pada sungai brantas 2 berbeda dari sungai lainnya.
4. Pengolahan menggunakan metode LDA memiliki hasil yang sama seperti metode PCA, akan tetapi pada metode LDA pola yang dihasilkan lebih memusat dan jarak pola tiap sungai lebih jelas. Sehingga menggunakan lidah elektronik dengan metode PCA dan LDA ke-enam sungai ini dapat terklasifikasi menurut pencemaran sungainya.
5. Hasil Pengujian Laboratorium yang diolah menggunakan metode PCA menunjukkan hasil pola Sungai Brantas 1, brantas 2, dan Brantas 3 memiliki pola pencemaran yang hampir sama.
6. Perbedaan pola klasifikasi dari lidah elektronik dan pengujian laboratorium dapat dilihat dari hasil PCA yang didapat. Pada pengujian laboratorium kandungan yang diolah menggunakan PCA yaitu TDS, COD, besi, nitrat dan klorida. Sedangkan pada pengujian lidah elektronik

kandungan air sungai yang terdeteksi oleh lidah elektronik belum bisa diketahui kandungannya. Hal itu menyebabkan pola klasifikasi Lidah elektronik dengan pengujian laboratorium berbeda.

## 5.2 Saran

Penelitian selanjutnya diharapkan kandungan air sungai yang diuji lebih banyak sehingga pola klasifikasi lidah elektronik dan pengujian laboratorium yang dihasilkan bisa sama.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ainna, R. N. (2013) *Analisis Kadar Logam Berat Timbal (Pb) dalam Air Sungai Kelay Kabupaten Berau Kalimantan Timur dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. UIN Alauddin Makassar.
- Al-Qur'an dan Terjemahannya (2008) Departemen Agama RI. Bandung: Diponegoro.
- Atima, W. (2015) 'BOD DAN COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah', *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1), pp. 83–93.
- Ayuna, L. F. dan A. (2015) 'Studi Penurunan Kadar Besi(Fe) dan Mangan (MN) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik', *Teknologi*, 7, pp. 35–44. doi: 10.24853/jurtek.7.1.35-44.
- Azizah, M. and Humairoh, M. (2015) 'Analisis Kadar Amonia (NH<sub>3</sub>) dalam Air Sungai Cileungsi', *Jurnal Nusa Sylva*, 15(82), pp. 48–54.
- Galih. 2012. *Penggunaan Metodologi Analisa Komponen Utama (PCA) untuk mereduksi faktor-faktor yang mempengaruhi Penyakit Jantung Koroner*. SCIETEX. Yogyakarta : Universitas Gajah Mada.
- Gandjar, I. G. dan Abdul Rohman. 2007. *Kimia Farmasi Analisis*. Pustaka Pelajar : Yogyakarta.
- Google Earth Aplikasi (2019)
- Hamuna, B. *et al.* (2018) 'Kajian Kualitas Air Laut dan Indeks Pencemaran Berdasarkan Parameter Fisika-Kimia Di Perairan Distrik Depapre , Jayapura', *Ilmu Lingkungan*, 16(1), pp. 35–43. doi: 10.14710/jil.16.135-43.
- Herawati, D. (2019) 'Analisis Kadar Klorida dalam Air Sumur dan PDAM di Desa Ngelom Sidoarjo', *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 4(1), pp. 1–6.
- Herdianto (2018) *Penggunaan Indeks Saprovik Sebagai Pemantau Kualitas Air Sungai Seruyan Kabupaten Kalimantan Tengah dan Kajian Potensi Sebagai Sumber Belajar Biologi*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Ifadah, A. (2011) *Analisis Metode Principal Component Analysis (Komponen Utama) dan Regresi Ridge dalam Mengatasi Dampak Multikolinearitas dalam Analisis Regresi Berganda*, Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Irwan dkk (2007) 'Kondisi Fisik Kimia Air Sungai yang Bermuara Di Teluk

- Sawaibu Kabupaten Manokwari', 1(1), pp. 81–92.
- Kustian, N. (2016) 'Principal Component Analysis Untuk Sistem Pengenalan Wajah Dengan Menggunakan Eigenface', *Jurnal String*, 1(2), pp. 193–202.
- Lestari, A. (2017) *Analisis Kadar Klorida dan Fosfat pada Sampel Air Badan Air di Kabupaten Tobasa*.
- Nicola, F. (2015) 'Hubungan Antara Konduktivitas, TDS (Total Dissolved Solid) dan TSS (Total Suspended Solid) dengan Kadar Fe<sup>2+</sup> DAN Fe Total Pada Air Sumur Gali'.
- Ningrum, S. O. (2018) 'Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun', *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1), pp. 1–12.
- 'PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA NOMOR 82 TAHUN 2001' (2001).
- Pohan dkk (2017) 'Analisis Kualitas Air Sungai Guna Menentukan Peruntukan Ditinjau Dari Aspek Lingkungan', *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), p. 63. doi: 10.14710/jil.14.2.63-71.
- Sahabuddin dkk (2014) 'Analisa Status Mutu Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Wanggu Kota Kendari', *Jurnal Teknik Pengairan*, 5(Mei), pp. 19–28.
- Septa dkk (2018) 'Identifikasi Huruf Kapital Tulisan Tangan Menggunakan Linear Discriminant Analysis dan Euclidean Distance', *JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis)*, 8(1), pp. 57–67.
- Suparno (2016) *Penentuan Kadar Amonia Di Perairan Teluk Lampung dengan Spektrofotometri UV-VIS*. Universitas Lampung.
- Tazi dkk (2017) 'Detection of Taste Change of Bovine and Goat Milk in Room Ambient Using Electronic Tongue', *Indonesian Journal of Chemistry*, 17(3), pp. 422–430. doi: 10.22146/ijc.25288.
- Triyana dkk (2013) 'Pengembangan Sistem Sensor Rasa Berbasis Membran Selektif Ion Untuk Klasifikasi Buah Jeruk', *Jurnal Fisika Indonesia*, XVII(April), pp. 9–13.
- Tsaqifa, A. (2016) *Pengujian Karakteristik dari 16 Array Sensor Lidah Elektronika untuk Identifikasi Empat Rasa Dasar*. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

Utami, Titis. 2009. *Analisis Kadar Klorida Pada Air Limbah dengan Metode Argentometri. Karya Ilmiah*. Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Sumatra Utara, Medan.

Wiriani dkk (2018) 'Analisis Kualitas Air Sungai Batanghari Berkelanjutan Di Kota Jambi', *Pembangunan berkelanjutan*, 1(82), pp. 123–141.

Zulti, F. (2008) *Spektroskopi Inframerah, Serapan Atomik, Serapan Sinar Tampak dan Ultraviolet Hidroksiapatit dari Cangkang Telur*.





# LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1 HASIL DATA LIDAH ELEKTRONIK

SAMPEL	S1	S2	S3	S4	S5	S6
B1.1	-0.78451	0.002589	0.047033	-0.00556	-0.51336	-0.32746
B1.2	-0.55937	0.024266	0.053133	0.004757	-0.5169	-0.33262
B1.3	-0.47146	0.01955	0.049279	0.003704	-0.52725	-0.34065
B1.4	-0.48689	0.017011	0.047857	0.004215	-0.53387	-0.34839
B1.5	-0.42035	0.017821	0.047952	0.004451	-0.53829	-0.35169
B1.6	-0.3574	0.016697	0.044513	0.003602	-0.54747	-0.35915
B1.7	-0.25938	0.012775	0.048596	0.008693	-0.54603	-0.35911
B1.8	-0.09415	0.01136	0.047983	0.00863	-0.55033	-0.36442
B1.9	-0.08042	0.014425	0.047944	0.009007	-0.5656	-0.37867
B1.10	-0.04932	0.012594	0.046523	0.009754	-0.57338	-0.38421
B1.11	-0.049	0.013553	0.048981	0.011003	-0.57238	-0.38403
B1.12	-0.05513	0.016775	0.047473	0.011953	-0.57362	-0.38503
B1.13	-0.05438	0.016186	0.048973	0.013273	-0.57513	-0.38509
B1.14	-0.06538	0.016548	0.049404	0.013603	-0.57472	-0.38662
B1.15	-0.07956	0.0183	0.048533	0.015049	-0.57452	-0.38673
B1.16	-0.07628	0.018654	0.050386	0.015803	-0.5721	-0.38351
B1.17	-0.0994	0.020753	0.051069	0.017869	-0.57051	-0.37979
B1.18	-0.16314	0.01955	0.051422	0.018018	-0.57147	-0.38127
B1.19	-0.14992	0.019542	0.050448	0.018215	-0.57158	-0.38249
B1.20	-0.15302	0.02021	0.053055	0.019653	-0.56861	-0.38042
B2.1	0.117261	0.115257	0.082527	0.045878	-0.47683	-0.29428
B2.2	0.11705	0.109598	0.08014	0.043513	-0.49611	-0.31077
B2.3	0.110755	0.103586	0.074433	0.03832	-0.50352	-0.31937
B2.4	0.114266	0.098272	0.06918	0.034949	-0.51567	-0.33273
B2.5	0.107564	0.094225	0.065977	0.032388	-0.52245	-0.33735
B2.6	0.102609	0.090429	0.064863	0.033276	-0.52873	-0.34031
B2.7	0.096173	0.087175	0.062978	0.030259	-0.53186	-0.34607
B2.8	0.092191	0.084801	0.062005	0.028978	-0.53497	-0.34985
B2.9	0.084642	0.082333	0.058998	0.02853	-0.54064	-0.35305
B2.10	0.089918	0.082883	0.061534	0.030903	-0.53972	-0.3543
B2.11	0.08392	0.08128	0.059917	0.031909	-0.5389	-0.35212
B2.12	0.081294	0.082223	0.06213	0.033213	-0.53981	-0.3533
B2.13	0.079656	0.079724	0.0629	0.03304	-0.54165	-0.35535
B2.14	0.080063	0.082302	0.065428	0.035735	-0.53722	-0.35251
B2.15	0.077069	0.07948	0.063394	0.03469	-0.5422	-0.35391
B2.16	0.08719	0.081374	0.064297	0.034541	-0.53971	-0.35239
B2.17	0.079319	0.079685	0.063653	0.034187	-0.54169	-0.35492
B2.18	0.08022	0.081862	0.066071	0.036363	-0.54037	-0.35219
B2.19	0.075493	0.078458	0.063182	0.034886	-0.54155	-0.35495
B2.20	0.078966	0.080565	0.06491	0.037416	-0.53788	-0.35176

SAMPEL	S1	S2	S3	S4	S5	S6
B3.1	0.120295	0.133987	0.082472	0.099317	-0.46639	-0.2832
B3.2	0.117551	0.128988	0.081019	0.097133	-0.49007	-0.30891
B3.3	0.112754	0.121459	0.07623	0.08897	-0.51016	-0.3241
B3.4	0.10627	0.116515	0.071787	0.084547	-0.51908	-0.33234
B3.5	0.102641	0.111084	0.067029	0.07966	-0.53062	-0.3453
B3.6	0.097012	0.105802	0.063143	0.074389	-0.54274	-0.35487
B3.7	0.092324	0.104725	0.062468	0.070869	-0.54777	-0.36039
B3.8	0.089612	0.100835	0.059673	0.070052	-0.55518	-0.36702
B3.9	0.08708	0.100387	0.059956	0.069533	-0.55976	-0.3722
B3.10	0.083591	0.100921	0.059799	0.067923	-0.55994	-0.37331
B3.11	0.082454	0.101275	0.059681	0.06896	-0.55946	-0.37272
B3.12	0.08044	0.100458	0.059869	0.067907	-0.56386	-0.37534
B3.13	0.079554	0.100395	0.058896	0.067899	-0.56301	-0.37773
B3.14	0.078182	0.09898	0.060042	0.066705	-0.5682	-0.37772
B3.15	0.076316	0.097267	0.05855	0.06621	-0.56697	-0.37959
B3.16	0.074827	0.095388	0.060356	0.066697	-0.56751	-0.38122
B3.17	0.074004	0.097479	0.0614	0.066917	-0.56729	-0.37966
B3.18	0.071989	0.095231	0.062531	0.065982	-0.57442	-0.38427
B3.19	0.070978	0.097793	0.063465	0.065951	-0.56946	-0.3798
B3.20	0.069566	0.096504	0.063449	0.065535	-0.57032	-0.38082
M1.1	-0.57999	0.079496	0.053416	0.04378	-0.51604	-0.3309
M1.2	-0.2609	0.079244	0.054515	0.044911	-0.52475	-0.33811
M1.3	-0.32349	0.074434	0.050323	0.042295	-0.53675	-0.35001
M1.4	-0.24709	0.070992	0.048423	0.039247	-0.54681	-0.35889
M1.5	-0.28326	0.069436	0.044584	0.037597	-0.55003	-0.36422
M1.6	-0.21869	0.065309	0.043964	0.034352	-0.55537	-0.36854
M1.7	-0.2428	0.026954	0.003729	-0.00692	-0.61853	-0.42558
M1.8	-0.09544	0.029273	0.008141	-0.00485	-0.61274	-0.42114
M1.9	-0.08182	0.029375	0.008094	-0.00507	-0.61585	-0.42063
M1.10	-0.04822	0.029728	0.00924	-0.00477	-0.61646	-0.42504
M1.11	0.038609	0.058055	0.04102	0.025514	-0.57259	-0.38082
M1.12	-0.03165	0.059776	0.042597	0.026668	-0.57027	-0.38229
M1.13	-0.00314	0.064892	0.043878	0.028114	-0.56865	-0.37959
M1.14	-0.01993	0.063179	0.044788	0.028295	-0.56728	-0.38114
M1.15	0.019896	0.061104	0.044788	0.028484	-0.56872	-0.37974
M1.16	0.003496	0.060019	0.044498	0.026842	-0.56905	-0.38115
M1.17	0.069582	0.06156	0.049216	0.029167	-0.56661	-0.37652
M1.18	0.125908	0.059556	0.049852	0.027682	-0.5641	-0.37427
M1.19	0.019975	0.059595	0.04931	0.02934	-0.56444	-0.37634
M1.20	0.039879	0.058652	0.050001	0.02886	-0.56559	-0.37553
M2.1	0.069457	0.088322	0.062962	0.07442	-0.55322	-0.36736
M2.2	0.097043	0.118889	0.083202	0.100723	-0.49264	-0.30866

SAMPEL	S1	S2	S3	S4	S5	S6
M2.3	0.094495	0.115422	0.081263	0.097235	-0.50278	-0.318
M2.4	0.085958	0.107233	0.073647	0.08923	-0.51977	-0.33569
M2.5	0.081059	0.100851	0.070829	0.084908	-0.53038	-0.346
M2.6	0.075227	0.098807	0.067626	0.080218	-0.53694	-0.35118
M2.7	0.075454	0.094343	0.066841	0.078977	-0.54517	-0.3557
M2.8	0.07583	0.094413	0.067037	0.079362	-0.54423	-0.35548
M2.9	0.069457	0.088322	0.062962	0.07442	-0.55322	-0.36736
M2.10	0.06727	0.087788	0.062452	0.072	-0.55792	-0.37007
M2.11	0.066541	0.086664	0.062311	0.071325	-0.56107	-0.37254
M2.12	0.067144	0.08679	0.062695	0.070743	-0.55979	-0.37287
M2.13	0.061131	0.082467	0.058597	0.066854	-0.56915	-0.38239
M2.14	0.063162	0.082671	0.060914	0.068402	-0.57058	-0.38148
M2.15	0.062425	0.082781	0.061981	0.069494	-0.57257	-0.38208
M2.16	0.06244	0.083976	0.063559	0.069494	-0.56779	-0.37989
M2.17	0.060457	0.081665	0.061534	0.067907	-0.57228	-0.38199
M2.18	0.059509	0.081995	0.062672	0.067538	-0.57208	-0.3829
M2.19	0.056545	0.082286	0.060254	0.066289	-0.57119	-0.38279
M2.20	0.05936	0.082443	0.063936	0.066367	-0.56818	-0.37924
M3.1	0.107391	0.128462	0.090267	0.103638	-0.49295	-0.30936
M3.2	0.097827	0.115784	0.079873	0.094768	-0.51811	-0.33308
M3.3	0.093053	0.109874	0.07411	0.087847	-0.53271	-0.34437
M3.4	0.084461	0.100984	0.065538	0.079338	-0.54744	-0.36082
M3.5	0.078919	0.096544	0.061659	0.075551	-0.5607	-0.3713
M3.6	0.076504	0.096056	0.059768	0.07431	-0.56365	-0.3754
M3.7	0.075454	0.0934	0.059069	0.070963	-0.57054	-0.37973
M3.8	0.070452	0.092787	0.057098	0.070908	-0.57138	-0.38433
M3.9	0.069362	0.092425	0.056949	0.068889	-0.57353	-0.38421
M3.10	0.067811	0.093305	0.056062	0.069863	-0.57031	-0.38392
M3.11	0.064353	0.092401	0.05508	0.068159	-0.57447	-0.38569
M3.12	0.064016	0.093627	0.054225	0.067522	-0.57673	-0.38706
M3.13	0.061531	0.09101	0.054735	0.066116	-0.57639	-0.38834
M3.14	0.058419	0.088503	0.053479	0.064529	-0.58149	-0.39118
M3.15	0.057815	0.087505	0.052709	0.066249	-0.58305	-0.39675
M3.16	0.056914	0.088181	0.052968	0.064647	-0.58355	-0.39381
M3.17	0.058223	0.093109	0.058935	0.069958	-0.57792	-0.38701
M3.18	0.055926	0.096276	0.05877	0.068481	-0.57882	-0.38747
M3.19	0.054758	0.094814	0.057655	0.066956	-0.58198	-0.38807
M3.20	0.054844	0.094579	0.057435	0.066391	-0.58073	-0.38983

SAMPEL	S7	S8	S9	S10	S11	S12
B1.1	0.088699	0.003848	-0.39179	0.077236	0.077483	1.280162
B1.2	0.094632	0.00568	-0.4933	0.080353	0.078436	1.389678
B1.3	0.095237	-2.14E-05	-0.53209	0.081861	0.074024	0.965172
B1.4	0.091733	-0.00683	-0.57706	0.081311	0.079145	0.872948
B1.5	0.089532	-0.00939	-0.46611	0.079749	0.079358	0.863158
B1.6	0.087976	-0.01447	-0.44779	0.078461	0.078326	0.86109
B1.7	0.087552	-0.00925	-0.31916	0.084248	0.087324	0.864165
B1.8	0.089909	-0.01061	-0.47803	0.083133	0.084716	0.868875
B1.9	0.089776	-0.01139	-0.39397	0.085835	0.082266	0.797511
B1.10	0.089006	-0.01237	-0.3993	0.083471	0.083329	0.836527
B1.11	0.087749	-0.01023	-0.42148	0.085772	0.088876	0.726838
B1.12	0.085745	-0.01078	-0.26052	0.086322	0.094912	0.680062
B1.13	0.088896	-0.00967	-0.3865	0.087853	0.091469	0.664477
B1.14	0.087536	-0.01277	-0.3726	0.091049	0.089845	0.714706
B1.15	0.093603	-0.01105	-0.42273	0.086793	0.088994	0.658289
B1.16	0.09167	-0.01195	-0.39514	0.087775	0.088813	0.797542
B1.17	0.095756	-0.01175	-0.32809	0.087979	0.089081	0.785543
B1.18	0.094884	-0.01112	-0.4604	0.092447	0.092761	0.84321
B1.19	0.093163	-0.01095	-0.43699	0.089871	0.094013	0.759776
B1.20	0.095544	-0.00964	-0.43873	0.08951	0.092311	0.759249
B2.1	0.128579	0.076871	-0.1493	0.11285	0.111718	1.018004
B2.2	0.126897	0.06123	-0.27532	0.112693	0.106739	0.866068
B2.3	0.119487	0.050936	-0.17518	0.103889	0.10012	0.891984
B2.4	0.11368	0.045817	-0.28624	0.10191	0.097165	0.917499
B2.5	0.111551	0.040744	-0.25496	0.098714	0.092398	0.82253
B2.6	0.109728	0.039313	-0.32737	0.100277	0.096692	0.771421
B2.7	0.106089	0.040045	-0.25788	0.095196	0.088325	0.630132
B2.8	0.106498	0.034068	-0.33738	0.095109	0.084637	0.393795
B2.9	0.102616	0.034681	-0.3198	0.093012	0.081296	0.182321
B2.10	0.103441	0.03314	-0.25976	0.097819	0.0847	0.128523
B2.11	0.105413	0.034375	-0.28173	0.099201	0.081036	0.116948
B2.12	0.10392	0.036994	-0.21513	0.096295	0.082124	0.138178
B2.13	0.102097	0.035185	-0.26598	0.098047	0.076987	0.118293
B2.14	0.106019	0.038126	-0.22728	0.098533	0.086308	0.12739
B2.15	0.109248	0.036915	-0.3773	0.099397	0.084874	0.118017
B2.16	0.106435	0.036136	-0.19727	0.100724	0.083337	0.103495
B2.17	0.104439	0.035955	-0.26647	0.099633	0.083873	0.108307
B2.18	0.109594	0.036758	-0.23373	0.10034	0.085496	0.105138
B2.19	0.10605	0.033242	-0.23382	0.097402	0.086481	0.109258
B2.20	0.109806	0.035751	-0.24059	0.098973	0.085662	0.10745

SAMPEL	S7	S8	S9	S10	S11	S12
B3.1	0.118835	0.093298	-0.09295	0.104824	0.113184	0.952906
B3.2	0.119487	0.082918	-0.26105	0.10158	0.108054	1.007514
B3.3	0.114034	0.073017	-0.25085	0.095164	0.099663	0.725863
B3.4	0.11016	0.061348	-0.31895	0.091968	0.094037	0.666466
B3.5	0.104926	0.051816	-0.31525	0.088151	0.087836	0.58054
B3.6	0.0975	0.04238	-0.25809	0.0834	0.077885	0.369152
B3.7	0.096722	0.037819	-0.33491	0.083848	0.077065	0.414585
B3.8	0.096267	0.034131	-0.35368	0.08395	0.078436	0.394369
B3.9	0.096502	0.033651	-0.37203	0.085152	0.080249	0.322855
B3.10	0.094161	0.031033	-0.30672	0.084374	0.077814	0.309991
B3.11	0.095779	0.032771	-0.26702	0.083149	0.080737	0.313781
B3.12	0.095724	0.032032	-0.28679	0.085725	0.078689	0.269725
B3.13	0.095756	0.03388	-0.27286	0.085065	0.08013	0.2448
B3.14	0.096762	0.033321	-0.40131	0.092188	0.078176	0.181542
B3.15	0.094491	0.032543	-0.29929	0.083	0.078815	0.182179
B3.16	0.094829	0.031866	-0.35277	0.084351	0.080304	0.177139
B3.17	0.096526	0.034005	-0.34409	0.084013	0.077948	0.15079
B3.18	0.096102	0.033769	-0.36272	0.088364	0.076395	0.111137
B3.19	0.096439	0.03594	-0.31315	0.087782	0.076742	0.103856
B3.20	0.094656	0.033549	-0.2583	0.087413	0.078696	0.105075
M1.1	0.11203	0.032197	-0.2374	0.112269	0.110205	1.104653
M1.2	0.116077	0.028383	-0.27927	0.102719	0.11019	1.483034
M1.3	0.114309	0.02059	-0.38411	0.103222	0.106502	1.573443
M1.4	0.110128	0.018891	-0.41384	0.102209	0.104981	1.665455
M1.5	0.106545	0.016854	-0.37681	0.096813	0.103414	1.83193
M1.6	0.105201	0.015691	-0.41937	0.096798	0.101861	1.842505
M1.7	0.069659	-0.02508	-0.64603	0.059417	0.062465	2.290261
M1.8	0.07369	-0.02071	-0.44165	0.062	0.066223	1.193678
M1.9	0.068756	-0.02093	-0.45035	0.063005	0.066255	0.859911
M1.10	0.067286	-0.02237	-0.45033	0.064278	0.064451	0.692186
M1.11	0.100887	0.009769	-0.39397	0.094237	0.096488	0.602336
M1.12	0.100887	0.012474	-0.31933	0.094772	0.099458	0.631563
M1.13	0.103198	0.012679	-0.36824	0.096107	0.098056	0.712402
M1.14	0.102419	0.011955	-0.34557	0.099099	0.101964	0.708038
M1.15	0.104643	0.010422	-0.29409	0.097654	0.096133	0.526938
M1.16	0.100769	0.011216	-0.27216	0.096397	0.096346	0.440564
M1.17	0.103693	0.013371	-0.20193	0.097198	0.096622	0.305761
M1.18	0.10583	0.012293	-0.26916	0.099499	0.094195	0.26375
M1.19	0.10594	0.014487	-0.33087	0.103387	0.094116	0.275851
M1.20	0.106184	0.014252	-0.34739	0.104682	0.098757	0.252631
M2.1	0.09376	0.028721	-0.33294	0.077966	0.079004	0.374452
M2.2	0.118002	0.0687	-0.29893	0.094858	0.102956	0.498215

SAMPEL	S7	S8	S9	S10	S11	S12
M2.3	0.11544	0.064147	-0.28308	0.092423	0.098733	0.512518
M2.4	0.110458	0.058721	-0.32924	0.088654	0.089656	0.534164
M2.5	0.102089	0.046768	-0.39782	0.08428	0.086914	0.478558
M2.6	0.095889	0.037772	-0.25833	0.079183	0.083187	0.466952
M2.7	0.096157	0.033148	-0.27305	0.078335	0.080698	0.408884
M2.8	0.095874	0.033581	-0.28198	0.079152	0.081761	0.415001
M2.9	0.09376	0.028721	-0.33294	0.077966	0.079004	0.374452
M2.10	0.091843	0.024828	-0.28048	0.078869	0.077979	0.320386
M2.11	0.091253	0.026637	-0.30357	0.074558	0.077554	0.314709
M2.12	0.089925	0.026377	-0.2929	0.07528	0.078555	0.272745
M2.13	0.086696	0.022446	-0.35779	0.073034	0.078444	0.257184
M2.14	0.091198	0.023601	-0.32291	0.073152	0.078224	0.226243
M2.15	0.08811	0.024003	-0.38005	0.07528	0.078271	0.199517
M2.16	0.089029	0.022949	-0.32776	0.074259	0.080028	0.195656
M2.17	0.08829	0.020503	-0.40019	0.073772	0.078476	0.183178
M2.18	0.088951	0.021974	-0.35937	0.0755	0.078688	0.203417
M2.19	0.091583	0.02368	-0.30484	0.078343	0.079074	0.23126
M2.20	0.091269	0.021903	-0.30535	0.074558	0.081454	0.255572
M3.1	0.151682	0.090813	-0.18375	0.127519	0.136829	0.973389
M3.2	0.138182	0.06955	-0.30935	0.119863	0.121323	0.756214
M3.3	0.131565	0.059413	-0.27348	0.116219	0.117604	0.705199
M3.4	0.121059	0.04562	-0.33343	0.114075	0.106912	0.589213
M3.5	0.117491	0.035625	-0.36957	0.104573	0.100742	0.580965
M3.6	0.114953	0.03141	-0.31356	0.103418	0.101207	0.520805
M3.7	0.114545	0.030081	-0.37315	0.100481	0.094644	0.472338
M3.8	0.115519	0.031056	-0.28143	0.098086	0.096945	0.364309
M3.9	0.112219	0.02773	-0.31231	0.098816	0.093163	0.323138
M3.10	0.113562	0.027659	-0.30103	0.09906	0.098134	0.284295
M3.11	0.111904	0.023421	-0.27564	0.097866	0.096125	0.281535
M3.12	0.109602	0.020755	-0.32101	0.103905	0.097346	0.264276
M3.13	0.109948	0.018765	-0.30114	0.098235	0.097764	0.217759
M3.14	0.107174	0.017743	-0.26476	0.101306	0.09659	0.217272
M3.15	0.107708	0.015926	-0.38225	0.097654	0.098426	0.271833
M3.16	0.106608	0.015801	-0.27646	0.096766	0.096913	0.256948
M3.17	0.114867	0.020786	-0.30003	0.108374	0.101483	0.236441
M3.18	0.113829	0.019143	-0.26484	0.105421	0.102594	0.214119
M3.19	0.11478	0.017342	-0.29409	0.106371	0.09748	0.1888
M3.20	0.114906	0.018105	-0.3383	0.106261	0.098607	0.198589

SAMPEL	S13	S14	S15	S16
B1.1	0.047033	0.013177	0.093581	0.029667
B1.2	0.053133	0.011798	0.089018	0.033721
B1.3	0.049279	0.002022	0.076258	0.030187
B1.4	0.047857	0.006571	0.067982	0.029454
B1.5	0.047952	-0.00137	0.067353	0.030156
B1.6	0.044513	-0.00894	0.062467	0.030755
B1.7	0.048596	-0.00419	0.069469	0.031804
B1.8	0.047983	-0.00782	0.063687	0.034635
B1.9	0.047944	-0.01143	0.069862	0.043776
B1.10	0.046523	-0.01434	0.066495	0.0457
B1.11	0.048981	-0.0074	0.064599	0.047814
B1.12	0.047473	-0.01357	0.073536	0.043863
B1.13	0.048973	-0.01214	0.065606	0.046276
B1.14	0.049404	-0.01441	0.067534	0.046142
B1.15	0.048533	-0.01303	0.065126	0.047522
B1.16	0.050386	-0.01023	0.067408	0.047577
B1.17	0.051069	-0.01133	0.081443	0.047822
B1.18	0.051422	-0.01173	0.067604	0.04865
B1.19	0.050448	-0.01331	0.067195	0.047719
B1.20	0.053055	-0.0083	0.0674	0.050472
B2.1	0.082527	0.045105	0.105453	0.089589
B2.2	0.08014	0.034202	0.097428	0.085724
B2.3	0.074433	0.023694	0.093974	0.073579
B2.4	0.06918	0.023985	0.094989	0.073658
B2.5	0.065977	0.011616	0.087107	0.066923
B2.6	0.064863	0.010071	0.080696	0.064234
B2.7	0.062978	0.008203	0.073355	0.065803
B2.8	0.062005	0.002574	0.072474	0.064983
B2.9	0.058998	1.21E-05	0.071782	0.061103
B2.10	0.061534	-0.00033	0.080208	0.066292
B2.11	0.059917	0.000895	0.073056	0.063792
B2.12	0.06213	0.001541	0.079578	0.065007
B2.13	0.0629	0.004238	0.08267	0.065377
B2.14	0.065428	0.000501	0.076399	0.063453
B2.15	0.063394	-0.00067	0.074055	0.066584
B2.16	0.064297	-0.00131	0.074952	0.067199
B2.17	0.063653	-0.00343	0.071404	0.065314
B2.18	0.066071	-0.00439	0.072812	0.065819
B2.19	0.063182	-0.00224	0.068438	0.064636
B2.20	0.06491	-0.00327	0.080011	0.065298
B3.1	0.082472	0.044387	0.064615	0.119479
B3.2	0.081019	0.039295	0.056008	0.103051

SAMPEL	S13	S14	S15	S16
B3.3	0.07623	0.02233	0.047307	0.090622
B3.4	0.071787	0.015337	0.035279	0.083761
B3.5	0.067029	0.005436	0.030299	0.078303
B3.6	0.063143	-0.00348	0.024359	0.073902
B3.7	0.062468	-0.00947	0.023777	0.070992
B3.8	0.059673	-0.01299	0.019506	0.070677
B3.9	0.059956	-0.01239	0.016768	0.068863
B3.10	0.059799	-0.01389	0.017295	0.069313
B3.11	0.059681	-0.0156	0.018837	0.067444
B3.12	0.059869	-0.01576	0.013912	0.069644
B3.13	0.058896	-0.01551	0.017295	0.066513
B3.14	0.060042	-0.01846	0.009923	0.075393
B3.15	0.05855	-0.01776	0.015848	0.070456
B3.16	0.060356	-0.01763	0.015391	0.069841
B3.17	0.0614	-0.02264	0.010781	0.068358
B3.18	0.062531	-0.02325	0.010301	0.066442
B3.19	0.063465	-0.02283	0.014935	0.067728
B3.20	0.063449	-0.02134	0.016737	0.070362
M1.1	0.053416	0.025396	0.101441	0.069463
M1.2	0.054515	0.015322	0.08658	0.065874
M1.3	0.050323	0.008195	0.078351	0.062917
M1.4	0.048423	0.00505	0.074645	0.062215
M1.5	0.044584	0.000296	0.077328	0.05992
M1.6	0.043964	-0.00548	0.070476	0.056024
M1.7	0.003729	-0.04209	0.027168	0.021899
M1.8	0.008141	-0.04309	0.034626	0.021607
M1.9	0.008094	-0.04288	0.033965	0.024486
M1.10	0.00924	-0.04358	0.034138	0.025251
M1.11	0.04102	-0.00906	0.060776	0.056473
M1.12	0.042597	-0.01149	0.06548	0.054226
M1.13	0.043878	-0.01036	0.063113	0.056032
M1.14	0.044788	-0.00906	0.068218	0.059738
M1.15	0.044788	-0.0091	0.067785	0.062451
M1.16	0.044498	-0.00935	0.067408	0.061308
M1.17	0.049216	-0.00789	0.073638	0.062656
M1.18	0.049852	-0.00667	0.068588	0.066955
M1.19	0.04931	-0.00255	0.071506	0.063398
M1.20	0.050001	-0.00538	0.067817	0.06615
M2.1	0.062962	-0.01342	0.027254	0.062089
M2.2	0.083202	0.023867	0.078484	0.097349
M2.3	0.081263	0.01328	0.065111	0.089683
M2.4	0.073647	0.005649	0.052901	0.080149

SAMPEL	S13	S14	S15	S16
M2.5	0.070829	0.003788	0.043728	0.075314
M2.6	0.067626	-0.00386	0.039614	0.06813
M2.7	0.066841	-0.00997	0.035177	0.06712
M2.8	0.067037	-0.00908	0.034838	0.066623
M2.9	0.062962	-0.01342	0.027254	0.062089
M2.10	0.062452	-0.01794	0.025469	0.060945
M2.11	0.062311	-0.0174	0.022566	0.0613
M2.12	0.062695	-0.01809	0.021551	0.061221
M2.13	0.058597	-0.01945	0.018994	0.05686
M2.14	0.060914	-0.02078	0.021118	0.060322
M2.15	0.061981	-0.01817	0.020599	0.061537
M2.16	0.063559	-0.01729	0.025272	0.061568
M2.17	0.061534	-0.0199	0.022094	0.062223
M2.18	0.062672	-0.01916	0.021653	0.063224
M2.19	0.060254	-0.01928	0.023258	0.063768
M2.20	0.063936	-0.02328	0.024627	0.06212
M3.1	0.090267	0.040059	0.075345	0.122279
M3.2	0.079873	0.025665	0.056606	0.109416
M3.3	0.07411	0.014029	0.050643	0.101774
M3.4	0.065538	0.004198	0.039307	0.092791
M3.5	0.061659	-0.00267	0.031447	0.089644
M3.6	0.059768	-0.00328	0.029087	0.085661
M3.7	0.059069	-0.00997	0.0255	0.085338
M3.8	0.057098	-0.01379	0.0262	0.082743
M3.9	0.056949	-0.01598	0.025201	0.0838
M3.10	0.056062	-0.01474	0.021	0.083934
M3.11	0.05508	-0.01903	0.020796	0.081868
M3.12	0.054225	-0.01612	0.018923	0.080914
M3.13	0.054735	-0.0168	0.020379	0.079723
M3.14	0.053479	-0.01973	0.015431	0.079581
M3.15	0.052709	-0.0173	0.012992	0.07895
M3.16	0.052968	-0.02077	0.014471	0.079305
M3.17	0.058935	-0.01602	0.018687	0.085701
M3.18	0.05877	-0.01605	0.01868	0.084699
M3.19	0.057655	-0.0199	0.015588	0.085575
M3.20	0.057435	-0.01842	0.01514	0.084202

**LAMPIRAN 2 DOKUMENTASI PENGAMBILAN SAMPEL**



**Gambar Pengambilan Sungai Brantas 1**



**Gambar Pengambilan Sampel Brantas 2**



Gambar Pengambilan Sampel Sungai Brantas 3



Gambar Pengambilan Sampel Metro 1



Gambar Pengambilan Sampel Metro 2



Gambar Pengambilan Sampel Metro 3

**LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI PENGAMBILAN DATA TDS**



Gambar Pengambilan TDS Sungai Brantas 1



Gambar Pengambilan TDS Sungai Brantas 2



Gambar Pengambilan TDS Sungai Brantas 3



Gambar Pengambilan TDS Sungai Metro 1



Gambar Pengambilan TDS Sungai Metro 2



Gambar Pengambilan TDS Sungai Metro 3



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA  
JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia Telp : +62-341-575838, fax : +62-341-554403  
<http://kimia.sb.ac.id>, email : [kimia@ub.ac.id](mailto:kimia@ub.ac.id)

## LAPORAN HASIL ANALISIS

NO : A.65 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2019

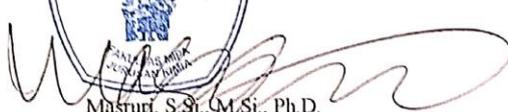
- Data Konsumen  
Nama : Wanda Yulia Setyandita  
Instansi : Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang  
Alamat : Jl. Gajayana No. 50 Malang  
Telepon : 085708588467  
Status : Mahasiswa S-1  
Keperluan Analisis : Uji Kualitas
- Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
- Identifikasi Sampel  
Nama Sampel : *Air Sungai*  
Wujud : Cair  
Warna : Bening  
Bau : Tidak Ada Bau
- Prosedur Analisis : Dilakukan oleh Unit Analisis dan Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang
- Penyampaian Laporan Hasil Analisis : Diambil Langsung
- Tanggal Terima Sampel : 30 September 2019
- Data Hasil Analisis :

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
1.	B1	Cl	31,14 ± 0,00	mg/L	AgNO <sub>3</sub>	Argentometri
2.	B2	Cl	31,14 ± 0,00	mg/L	AgNO <sub>3</sub>	Argentometri
3.	B3	Cl	31,14 ± 0,00	mg/L	AgNO <sub>3</sub>	Argentometri
4.	M1	Cl	20,76 ± 0,00	mg/L	AgNO <sub>3</sub>	Argentometri
5.	M2	Cl	35,47 ± 1,20	mg/L	AgNO <sub>3</sub>	Argentometri
6.	M3	Cl	12,11 ± 0,00	mg/L	AgNO <sub>3</sub>	Argentometri
7.	B1	COD	32,00 ± 0,00	mg/L	Amonium Besi (II) Sulfat	Titration Redoks
8.	B2	COD	40,00 ± 0,00	mg/L	Amonium Besi (II) Sulfat	Titration Redoks
9.	B3	COD	48,00 ± 0,00	mg/L	Amonium Besi (II) Sulfat	Titration Redoks
10.	M1	COD	44,00 ± 0,00	mg/L	Amonium Besi (II) Sulfat	Titration Redoks
11.	M2	COD	68,00 ± 0,00	mg/L	Amonium Besi (II) Sulfat	Titration Redoks
12.	M3	COD	32,00 ± 0,00	mg/L	Amonium Besi (II) Sulfat	Titration Redoks
13.	B1	Fe	0,07 ± 0,00	mg/L	HNO <sub>3</sub>	AAS
14.	B2	Fe	0,05 ± 0,00	mg/L	HNO <sub>3</sub>	AAS
15.	B3	Fe	0,05 ± 0,00	mg/L	HNO <sub>3</sub>	AAS
16.	M1	Fe	0,09 ± 0,00	mg/L	HNO <sub>3</sub>	AAS

No	Kode	Parameter	Hasil Analisis		Metode Analisis	
			Kadar	Satuan	Pereaksi	Metode
17.	M2	Fe	0,23 ± 0,01	mg/L	HNO <sub>3</sub>	AAS
18.	M3	Fe	0,04 ± 0,00	mg/L	HNO <sub>3</sub>	AAS
19.	B1	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,19 ± 0,00	mg/L	Fenol Sulfat	Spektrofotometri
20.	B2	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,17 ± 0,00	mg/L	Fenol Sulfat	Spektrofotometri
21.	B3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,20 ± 0,00	mg/L	Fenol Sulfat	Spektrofotometri
22.	M1	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,12 ± 0,00	mg/L	Fenol Sulfat	Spektrofotometri
23.	M2	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,19 ± 0,00	mg/L	Fenol Sulfat	Spektrofotometri
24.	M3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,19 ± 0,00	mg/L	Fenol Sulfat	Spektrofotometri

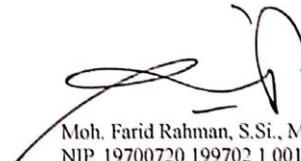
Catatan:

1. Hasil analisis ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis secara duplo,
2. Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

  
 Mengetahui,  
 Ketua, Fakultas Kimia,  
  
 Masruri, S.St., M.Si., Ph.D.  
 NIP. 19731020 200212 1 001

Malang, 29 Oktober 2019

Ketua Unit Analisis dan Pengukuran,

  
 Moh. Farid Rahman, S.Si., M.Si.  
 NIP. 19700720 199702 1 001

## LAMPIRAN 5 NILAI EIGEN HASIL PCA LIDAH ELEKTRONIK

### Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	6.8366	3.9648	2.8371	1.1582	0.4245	0.2854	0.2083	0.1044	0.0589	0.0413
Proportion	0.427	0.248	0.177	0.072	0.027	0.018	0.013	0.007	0.004	0.003
Cumulative	0.427	0.675	0.852	0.925	0.951	0.969	0.982	0.989	0.992	0.995
Eigenvalue	0.0339	0.0218	0.0128	0.0092	0.0028	0.0000				
Proportion	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000				
Cumulative	0.997	0.998	0.999	1.000	1.000	1.000				

### Eigenvectors

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
S1	0.304	0.151	-0.067	-0.328	0.091	-0.369	-0.654	0.008	0.072	-0.346
S2	0.359	0.056	-0.044	0.157	0.112	0.381	-0.218	0.156	-0.195	0.258
S3	0.336	-0.042	0.225	0.020	-0.140	-0.391	0.281	0.232	0.009	0.094
S4	0.311	0.185	-0.003	0.384	0.166	-0.050	0.101	-0.221	-0.144	-0.050
S5	0.135	-0.404	0.274	0.027	0.011	0.155	0.024	-0.184	-0.027	-0.194
S6	0.136	-0.405	0.268	0.025	-0.009	0.148	0.050	-0.177	-0.022	-0.225
S7	0.200	-0.228	-0.400	0.060	-0.245	0.164	0.156	0.048	-0.275	-0.560
S8	0.362	-0.092	0.063	0.067	0.050	0.255	-0.285	0.136	-0.210	0.377
S9	0.251	0.022	-0.096	-0.525	0.647	0.185	0.399	-0.012	0.169	-0.032
S10	0.070	-0.218	-0.485	-0.164	-0.331	0.133	0.075	0.323	0.333	0.231
S11	-0.012	-0.193	-0.504	0.161	0.234	-0.404	0.086	-0.400	-0.272	0.282
S12	-0.203	-0.278	-0.046	0.469	0.510	-0.118	-0.109	0.545	0.192	-0.188
S13	0.336	-0.042	0.225	0.020	-0.140	-0.391	0.281	0.232	0.009	0.094
S14	0.071	-0.478	0.062	0.010	-0.020	-0.082	-0.220	-0.344	0.474	0.228
S15	-0.160	-0.395	0.016	-0.376	0.048	-0.182	-0.116	0.229	-0.536	0.100
S16	0.328	0.045	-0.275	0.142	-0.058	-0.061	-0.032	-0.026	0.229	-0.139

Variable	PC11	PC12	PC13	PC14	PC15	PC16
S1	0.242	-0.021	-0.034	0.122	-0.002	-0.000
S2	0.072	0.320	-0.625	-0.096	0.023	-0.000
S3	0.040	0.132	-0.018	0.006	0.006	-0.707
S4	-0.206	-0.521	-0.146	0.523	-0.010	-0.000
S5	0.269	-0.170	-0.014	-0.105	0.731	-0.000
S6	0.302	-0.212	-0.099	-0.184	-0.677	0.000
S7	-0.155	0.379	0.147	0.227	-0.018	-0.000
S8	-0.005	-0.049	0.702	0.011	-0.057	0.000
S9	-0.054	0.046	0.053	0.041	-0.008	-0.000
S10	0.287	-0.380	-0.112	0.210	0.019	0.000
S11	0.331	0.104	0.034	-0.149	0.004	0.000
S12	0.033	0.015	0.043	0.028	-0.006	-0.000
S13	0.040	0.132	-0.018	0.006	0.006	0.707
S14	-0.397	0.277	-0.068	0.267	-0.036	-0.000
S15	-0.410	-0.266	-0.198	-0.023	0.008	0.000
S16	-0.426	-0.257	0.002	-0.682	0.041	0.000

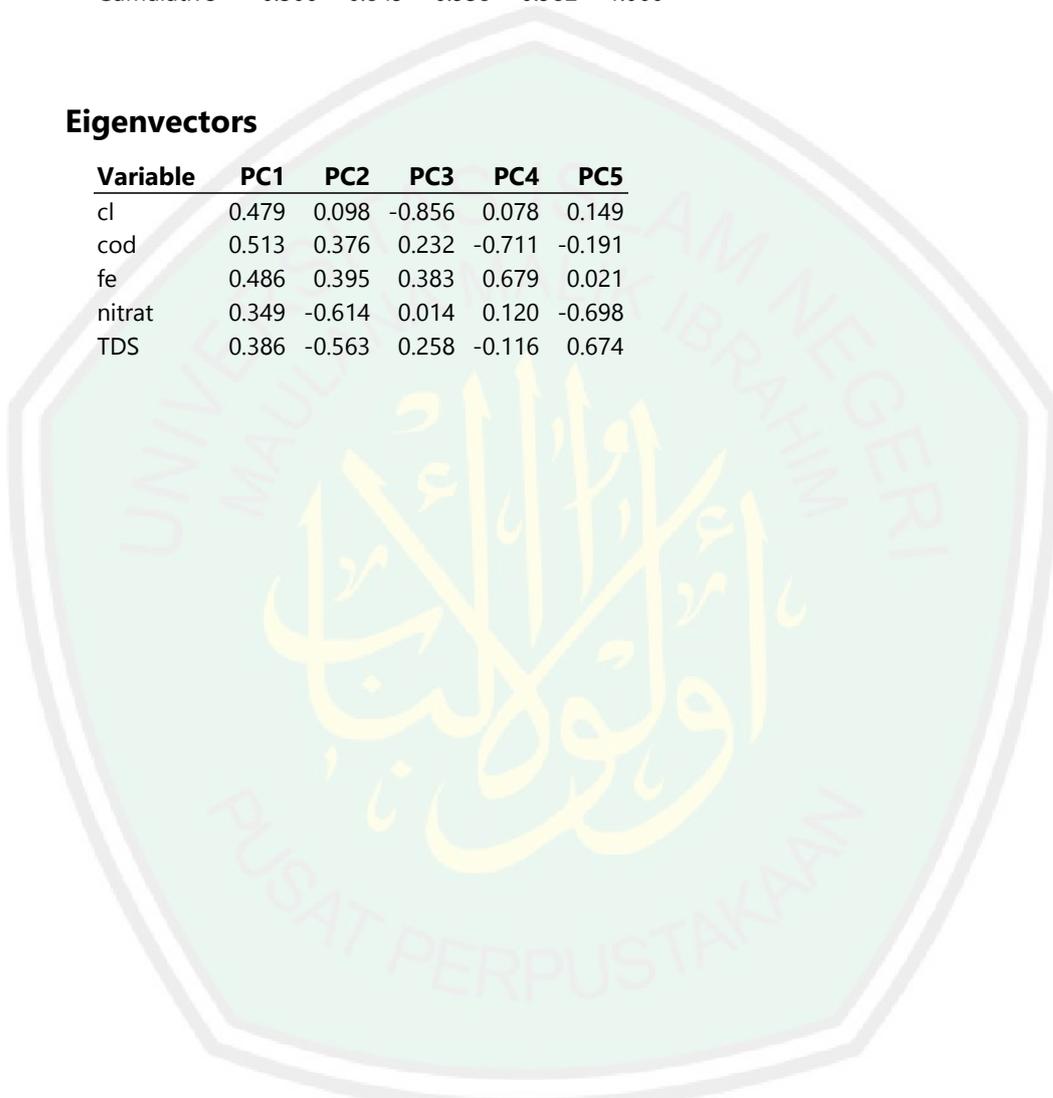
## LAMPIRAN 6 NILAI EIGEN HASIL PCA PENGUJIAN AAS, DLL.

### Eigenanalysis of the Correlation Matrix

Eigenvalue	2.5282	1.7149	0.5467	0.1191	0.0910
Proportion	0.506	0.343	0.109	0.024	0.018
Cumulative	0.506	0.849	0.958	0.982	1.000

### Eigenvectors

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
cl	0.479	0.098	-0.856	0.078	0.149
cod	0.513	0.376	0.232	-0.711	-0.191
fe	0.486	0.395	0.383	0.679	0.021
nitrat	0.349	-0.614	0.014	0.120	-0.698
TDS	0.386	-0.563	0.258	-0.116	0.674





KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

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

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Wanda Yulia Setyandita  
NIM : 15640003  
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika  
Judul Skripsi : Analisis Pola Klasifikasi Air Sungai Berbasis Lidah  
Elektronik Menggunakan Metode PCA Dan LDA  
Pembimbing I : Dr. Imam Tazi, M.Si  
Pembimbing II : Drs. Abdul Basid, M.Si

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1	25 Juni 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
2	3 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
3	15 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, dan III	
4	17 Juli 2019	Konsultasi Bab I, II, III dan ACC	
5	4 November 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
6	18 November 2019	Konsultasi Data Hasil Bab IV	
7	25 November 2019	Konsultasi Bab IV	
8	9 Desember 2019	Konsultasi Bab IV	
7	20 Desember 2019	Konsultasi Bab IV	
8	20 Desember 2019	Konsultasi Kajian Agama	
9	29 Januari 2020	Konsultasi Kajian Agama dan ACC	
10	17 Maret 2020	Konsultasi Semua Bab, Abstrak dan ACC	

Malang, 17 Maret 2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika,



Drs. Abdul Basid, M.Si

19650504 199003 1 003

