

SKRIPSI

Klasifikasi Kualitas Air Mineral dengan Bakteri

***Escherichia Coli* Pada Larik Sensor Gas**



ANDIKA KRISTIANTO

PROGRAM STUDI S-1 FISIKA

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2022

LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang S1
FISIKA
Pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Oleh:

ANDIKA KRISTIANTO

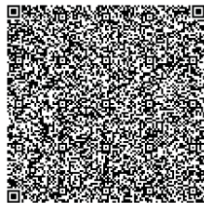
081811333072

Tanggal Lulus:

02-08-2022

Disetujui Oleh:

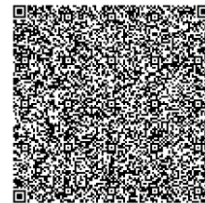
Pembimbing 1



Prof. Dr. SURYANI DYAH ASTUTI S.Si., M.Si.

NIP. 196908041994122001

Pembimbing 2



Dr SOEGianto SOELISTIONO Ir., M.Si.

NIP. 196908041994122001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul :Klasifikasi Kualitas Air Mineral dengan Bakteri Escherichia Coli
Pada Larik Sensor Gas

Penyusun :ANDIKA KRISTIANTO

NIM :081811333072

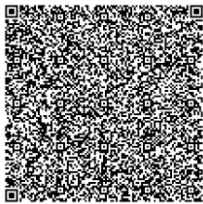
Nama Pembimbing I :Prof. Dr. SURYANI DYAH ASTUTI S.Si., M.Si.

Nama Pembimbing II :Dr SOEGIANTO SOELISTIONO Ir., M.Si.

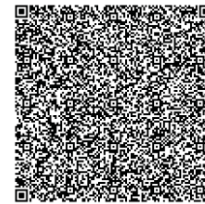
Tanggal Seminar :02-08-2022 9:00 AM

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1



Pembimbing 2



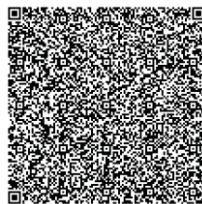
Prof. Dr. SURYANI DYAH ASTUTI S.Si., M.Si.

Dr SOEGIANTO SOELISTIONO Ir., M.Si.

NIP. 196908041994122001

NIP. 196908041994122001

Mengetahui,
Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



HERRI TRILAKSANA S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197712282003121003

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Andika Kristianto

NIM : 081811333072

Program Studi : S-1 Fisika

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

Klasifikasi Kualitas Air Mineral dengan Bakteri

***Escherichia Coli* Pada Larik Sensor Gas**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 11 Agustus 2022

Penyusun



Andika Kristianto

081811333072

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

Andika Kristianto., 2022. Klasifikasi Kualitas Air Mineral dengan Bakteri *Escherichia Coli* Pada Larik Sensor Gas. Skripsi ini dibawah bimbingan Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si dan Dr. Soegianto Soelistiono, M.Si. Program Studi Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Air mineral merupakan kebutuhan mendasar yang dikonsumsi di seluruh dunia. Saat air mineral terkontaminasi, pada saat itu kualitas dari air mineral berkurang. Penelitian telah dilakukan untuk mengamati kualitas air mineral dari bau khas yang dihasilkan oleh masing-masing sampel. Untuk merespons bau tersebut dilakukan pengujian dengan 3 macam sampel yaitu air mineral yang terkontaminasi dengan bakteri Escherichia Coli OD 0,141 , air mineral yang terkontaminasi dengan bakteri Escherichia Coli OD 0,036, dan air mineral murni. Saat proses pengambilan data sensor ditempatkan pada ruangan vakum sehingga gas atau aroma sampel tidak terkontaminasi dengan aroma lain. Sensor yang digunakan terdiri dari 6 sensor yang dirancang dan diimplementasikan pada satu kesatuan alat yang padu disebut dengan electronic nose.

Pada proses pengambilan data dilakukan selama 27 jam dengan masing-masing pengambilan data 9 jam setiap sampel. Pengolahan data dilakukan dengan metode Principal Component Analysis (PCA) untuk mendapatkan visualisasi dari persebaran data. Untuk pembentukan model machine learning menggunakan dua metode yakni logistik regresi multinomial dan eXtreme Gradient Boost.

Hasil penelitian menunjukan Model XG Boost mampu melakukan proses klasifikasi dibandingkan dengan model logistik regresi. Hasil akurasi XG Boost berada pada angka 97% untuk data non PCA dan 88% untuk data PCA. Untuk hasil akurasi logistik regresi berada pada angka 94 % untuk data non PCA dan 70% untuk data PCA. Sensor yang paling memberikan respons paling tinggi adalah TGS 2620.

Kata kunci: Air Mineral, Bakteri *Escherichia Coli*, Sensor, PCA, Logistik Regresi, XG Boost, *Electronic Nose*

Andika Kristianto., 2022. Classification of Mineral Water Quality with Escherichia Coli Bacteria in Gas Sensor Arrays. This thesis is under the guidance of Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si and Dr. Soegianto Soelistiono, M.Sc. Physics Study Program, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Mineral water is a basic need that is consumed all over the world. When mineral water is contaminated, at that time the quality of mineral water decreases. Research has been carried out to observe the quality of mineral water from the distinctive odor produced by each sample. To respond to the odor, three types of samples were tested, namely mineral water contaminated with Escherichia Coli bacteria OD 0.141, mineral water contaminated with Escherichia Coli bacteria OD 0.036, and pure mineral water. During the data collection process, the sensor is placed in a vacuum so that the sample gas or aroma is not contaminated with other scents. The sensor used consists of 6 sensors that are designed and implemented in a unified device called the electronic nose.

The data collection process was carried out for 27 hours with each data collection of 9 hours for each sample. Data processing is carried out using the Principal Component Analysis (PCA) method to get a visualization of the distribution of the data. For the formation of machine learning models, two methods are used, namely multinomial logistic regression and eXtreme Gradient Boost.

The results showed that the XG Boost Model was able to carry out the classification process compared to the logistic regression model. The results of XG Boost accuracy are at 97% for non PCA data and 88% for PCA data. For the results of the logistic regression accuracy, it is at 94% for non PCA data and 70% for PCA data. The sensor that gives the highest response is the TGS 2620.

Keywords: Mineral Water, Escherichia Coli Bacteria, Sensor, PCA, Regression Logistics, XG Boost, Electronic Nose

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan perutusan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Klasifikasi Bau Bakteri Escherichia Coli Pada Air Pada larik sensor gas” ini dengan lancar. Skripsi ini dibuat bertujuan sebagai salah satu syarat dari kelulusan program Sarjana di Jurusan Fisika Universitas Airlangga Surabaya.

Penulis tidak mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik tanpa adanya bantuan, doa, serta bimbingan dari berbagai kalangan yang terlibat. Maka dari itu penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar besarnya kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus dengan kuasaNya memberikan berkat, rahmat serta pengharapan yang melimpah kepada sang penulis.
2. Papa dan mama yang telah membantu penulis dalam memberikan bentuk perhatian, kasih sayang, serta doa yang tidak pernah putus untuk kelancaran dan kesuksesan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada Ibu Prof Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si sebagai Dosen Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu yang tersedia untuk membimbing , mengarahkan dan memberi masukan berupa kritik dan saran terkait dengan penulisan demi kelancaran penyelesaian skripsi ini.
4. Kepada Bapak Dr. Soegianto Soelistiono, M.Si sebagai Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu yang tersedia untuk membimbing , mengarahkan dan memberi masukan berupa kritik dan saran terkait dengan penulisan demi kelancaran penyelesaian skripsi ini.
5. Kepada Bapak Drs. Siswanto, M.Si sebagai Dosen Wali yang telah bersedia mendampingi penulis sejak menjadi mahasiswa baru hingga memasuki semester akhir.
6. Kepada pendamping setia saya Clara Ayu Noventia yang telah bersedia mendampingi penulis sejak awal kepenulisan hingga akhir.
7. Kepada teman-teman khususnya Haidar , Regyna, Fifi dan Kamilia
8. Teman teman Fisika 2018 yang membantu dari sejak awal masuk dan selalu memberikan warna tersendiri pada saat perkuliahan.
9. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan dan terlibat secara langsung ataupun tidak langsung semoga senantiasa diberikan rahmat dan karunia berlimpah dari Tuhan YME.

Penulis mengetahui dengan betul dengan kualitas skripsi saat ini yang masih memiliki banyak kekurangan dan kelemahannya. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya kritik serta saran yang membangun dari berbagai pihak yang membaca untuk meningkatkan kualitas dari proposal ini, serta penulis berharap agar proposal ini dapat bermanfaat demi kemajuan teknologi di Indonesia.

Surabaya, 11 Agustus 2022



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR DAN TABEL.....	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II	5
Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kontaminan Pada Air	5
2.2 Standar Nasional Indonesia Air Mineral	6
2.3 Bakteri Escherichia Coli.....	9
2.4 Bau	11
2.5 Sistem Larik Gas	12
2.6 Sensor Gas.....	13
2.7 Sistem Kontroller Konversi Sinyal Analog ke Digital.....	20
2.8 Arduino UNO	21
2.9 PCA (<i>Principal component Analysis</i>).....	21
2.10 Regresi Logistik Multinomial	26
2.11 XG Boost.....	29
BAB III.....	31
METODE PENELITIAN.....	31

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	31
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	31
3.2.1 Alat yang digunakan adalah	31
3.2.2 Bahan Penelitian.....	31
3.3 Rancangan Penelitian	31
3.4 Variabel Penelitian.....	33
3.5 Definisi Operasional Variabel.....	33
3.6 Prosedur Penelitian.....	34
3.6.1 Tahap Persiapan	35
3.6.2 Tahap Kalibrasi(Uji Respons Sensor)	35
3.6.3 Tahap Sampling atau Pengambilan data	35
3.6.4 Tahap Analisa Komputasi	36
BAB IV.....	37
HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1.2 Karakterisasi Sensor	38
4.1.3 Respons sensor Electronic Nose terhadap Sampel	41
4.1.4 <i>Score Plot</i> PCA	44
4.1.5 Logistic Regression	46
4.1.6 XG Boost	50
4.2 Pembahasan	54
BAB V	66
KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67

DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

Gambar 2. 1 Kontaminasi Pada Air(Sorensen et al., 2015)	5
Gambar 2. 2 Kontaminasi Pada Air(Sorensen et al., 2015)	13
Gambar 2. 3 Kontaminasi Pada Air(Sorensen et al., 2015)	14
Gambar 2. 4 Bentuk Fisik Sensor (a) TGS 2602 (b)TGS 2600 (c) TGS 2611 (d) TGS 2612 € TGS2620 (f) TGS 826 (Figaro Engineering Inc, 2004).....	15
Gambar 2. 5 Grafik Respons TGS 2602 (Figaro Engineering Inc, 2004)	16
Gambar 2. 6 Grafik Respons TGS 2600(Figaro, 2013)	17
Gambar 2. 7 Grafik Respons TGS 2611 (Figaro, 2013)	18
Gambar 2. 8 Grafik Respons TGS 2611	18
Gambar 2. 9 Grafik Respons TGS 2620	19
Gambar 2. 10 Grafik Respons TGS 826 (Figaro Engineering Inc, 2004)	20
Gambar 2. 11 Arduino UNO(Al Isyrafie et al., 2022)	21
Gambar 2. 12 Transformasi Matriks A	24
Gambar 2. 13 Vektor Eigen (v) dan	25
Gambar 2. 14 Visualisasi PCA (Gomez et al., 2019)	25
Gambar 2. 15 Tahapan Multinomial Logistik Regresi (Tirzite et al., 2019)	26
Gambar 3. 1 Rancangan Desain Penelitian E Nose	32
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan antara Log CFU/mL dengan Nilai OD.....	37
Gambar 4. 2 Grafik Pre Heating Sensor	38
Gambar 4. 3 Grafik Respons Sensor terhadap konsentrasi H ₂ S.....	39
Gambar 4. 4 Fase Hasil Reading Sensor.....	41
Gambar 4. 5 Respons Electronic Nose terhadap sampel.(a). Bakteri Escherichia coli OD 0,141 (b). Bakteri Escherichia coli OD 0,032 (c). Air Mineral Murni	42

Gambar 4. 6 Respons Sensor Electronic Nose terhadap sampel 1(Air Mineral + Bakteri Escherichia Coli OD 0,141) ,Sampel 2 (Air Mineral + Bakteri Escherichia Coli OD 0,036),Kontrol(Air Mineral Murni) (a). TGS 2600 (b). TGS 2602 (c). TGS 2611 (d). TGS 2620 (e). TGS 2612 (f). TGS 826	44
Gambar 4. 7 Grafik sebaran tegangan Sample 1(Air Mineral + Bakteri Escherichia Coli OD 0,141) ,Sample 2 (Air Mineral + Bakteri Escherichia Coli OD 0,036),Control (Air Mineral Murni) pada Plot PCA Principal 1 & Principal 2 ..	44
Gambar 4. 8 Grafik Variansi Data terhadap besaran <i>Principal component</i> (PC)	45
Gambar 4. 9 (a) Grafik Heatmap Confusion Matriks Logistik Regresi PCA	49
Gambar 4. 10 (a). Data <i>feature importance</i> logistik regresi <i>principal component</i>	49
Gambar 4. 11 Gambar Grafik Pohon Alur Keputusan XG Boost Non PCA	50
Gambar 4. 12 <i>Feature importance</i> XG Boost Non PCA	51
Gambar 4. 13 Gambar Grafik Pohon Alur Keputusan XG Boost PCA	52
Gambar 4. 14 <i>Feature importance</i> XG Boost PCA	53
Gambar 4. 15 (a) Grafik Heatmap Confusion Matriks XG Boost PCA	53
Gambar 4. 16 Ilustrasi mekanisme penelitian Sample 1(Air Mineral + Bakteri Escherichia Coli OD 0,141) ,Sample 2 (Air Mineral + Bakteri Escherichia Coli OD 0,036),Control (Air Mineral Murni)	57
Gambar 4. 17 Centered Origin Sensor Matrix	59
Gambar 4. 18 Matriks Covarian	60
Gambar 4. 19 Hasil Covarians Matriks	60
Gambar 4. 20 Nilai Eigen Value dan Eigen Vector	61
Gambar 4. 21 Correlation Matrix <i>Principal component</i>	61
Gambar 4. 22 Algoritma Model Logistik Regresi	62
Gambar 4. 23 Algoritma XG Boost	63
Gambar 4. 24 Skema Sederhana XG Boost	64
Tabel 2. 1 Konsentrasi Ternormalisasi dari VOC (Volatile Organic Compound) Bakteri pada sebuah (Storer et al., 2011)	12
Tabel 4. 1 Tabel Jumlah Koloni dengan Optical Density	37
Tabel 4. 2 Hasil Uji Akurasi Berdasarkan Konsentrasi H ₂ S	40
Tabel 4. 3 Tabel Hasil Uji Presisi Pada Masing-masing Sampel	41

Tabel 4. 4 Data Hasil <i>Principal component</i> dan Percentase Variansi	46
Tabel 4. 5 (a). Data Latih Non PCA (b). Data Latih <i>Principal component</i>	47
Tabel 4. 6 (a) Data Uji Non PCA (b) Data Latih <i>Principal component</i>	47
Tabel 4. 7 (a) Hasil <i>Classification report</i> Logistik Regresi data PCA (b) Hasil <i>Classification report</i> Logistik Regresi data Non PCA	48
Tabel 4. 8 <i>Classification report</i> XG Boost Non PCA	51
Tabel 4. 9 <i>Classification report</i> XG Boost PCA	52
Tabel 4. 10 Tabel Kesimpulan Perbandingan Nilai Classification Matrix	54