

**OPTIMASI SENSITIVITAS SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI
ION FE(III) DENGAN POTENSIOMETRI BERBASIS *ION IMPRINTED*
POLYMERS MENGGUNAKAN ESP32**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains Program Studi Fisika



Oleh:

I GUSTI PUTU ARYA TIRTA P.

NIM. 08021281924020

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN
OPTIMASI SENSITIVITAS SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI
ION FE(III) DENGAN POTENSIOMETRI BERBASIS *ION IMPRINTED*
***POLYMERS* MENGGUNAKAN ESP32**

SKRIPSI
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains Program Studi Fisika

Oleh:
I GUSTI PUTU ARYA TIRTA P.
NIM. 08021281924020

Indralaya, Agustus 2023

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Idha Rovani, S. Si., M. Si.
NIP. 197105151999032001

Dosen Pembimbing II



Drs. Octavianus C. S., M.T.
NIP. 196510011991021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., M. T.
NIP. 197009101994121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya:

Nama : I Gusti Putu Arya Tirta P.

NIM : 08021281924020

Judul TA : Optimasi Sensitivitas Pengukuran Konsentrasi Ion Fe(III) dengan Potensiometri Berbasis *Ion Imprinted Polymers* Menggunakan ESP32

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri yang didampingi oleh dosen pembimbing dalam proses penyelesaiannya serta mengikuti etika penulisan karya ilmiah tanpa adanya tindakan plagiat, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di program studi Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini, maka, saya siap bertanggung jawab secara akademik dan menjalani proses hukum yang telah ditetapkan.

Indralaya, 4 Agustus 2023

Yang menyatakan



I Gusti Putu Arya Tirta P.

NIM. 08021281924020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan peneulisan skripsi penelitian Tugas Akhir dengan judul ***“Optimasi Sensitivitas Sistem Pengukuran Konsentrasi Ion Fe(III) dengan Potensiometri Berbasis Ion Imprinted Polymers Menggunakan ESP32”***. Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Material Sains dan Laboratorium Elektronika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Sriwijaya. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sriwijaya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

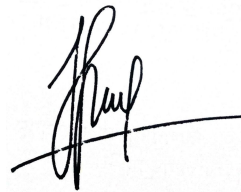
1. Ibu Dr. Idha Royani, M. Si. Dan Bapak Octavianus Cakra S., M.T. sebagai Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak ilmu, bimbingan, serta masukan selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., M. T. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
3. Bapak Dr. Azhar Kholiq Affandi, M. S. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan saran dan motivasi kepada Penulis selama masa perkuliahan.
4. Ibu Dr. Fitri Suryani Arsyad, M. Si. Dan Bapak Khairul Saleh, M. Si. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan skripsi Penulis.
5. Seluruh dosen dan civitas akademika Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Sriwijaya.
6. Kedua orang tua dan adik saya: Bapak I Gusti Nyoman Brata, Ibu Ni Komang Udiasih, Adik I Gusti Made Adi Dharma

Sentosa yang selalu memberikan energi dan dukungan positif kepada Penulis selama menjalani perkuliahan dari awal hingga ke tahap penyusunan skripsi.

7. Kakak Tingkat di Jurusan Fisika: Kak Nopa, Kak Ihsan, dan Kak Lesti yang telah membantu Penulis dalam berdiskusi dan memberikan masukan selama proses penelitian skripsi.
8. Auliyah Salwa Nabila dan Daula Fadhlun, teman seperjuangan Penulis sejak awal perkuliahan yang banyak meluangkan waktunya mendengarkan keluh kesah dan memberikan energi positif.
9. Rekan seperbimbingan dan penelitian: Niko Alvredo, Eti Desti, dan Kak Wimbi.
10. Rekan Asisten Laboratorium Eksfis 2022/2023 yang memotivasi Penulis untuk segera menyelesaikan skripsi.
11. Teman-teman SMA dari grup “Camaba”: Dewa, Almadea, Reza, Taras, dan Wanda.

Terima kasih kepada semua pihak terkait, harapan terbalik dari Penulis akan selalu tercurahkan dalam untaian doa. Akhir kata, Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan baik itu dalam skala Nasional, bahkan Internasional.

Indralaya, 16 Juli 2023



I Gusti Putu Arya Tirta P.
NIM. 08021281924020

**OPTIMASI SENSITIVITAS SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI
ION FE(III) DENGAN POTENSIOMETRI BERBASIS ION
IMPRINTED POLYMERS MENGGUNAKAN ESP32**

**Oleh:
I GUSTI PUTU ARYA TIRTA P.
08021281924020**

ABSTRAK

Persentase kelayakan air bersih di Indonesia pada 2019 sesuai data dari Badan Pusat Statistik baru mencapai 72,55% dari 100% standar baku oleh SDGs. Salah satu zat berbahaya yang sering dijumpai pada air adalah logam besi (Fe) yang menyebabkan komplikasi serius pada tubuh. Penelitian optimasi sensitivitas perancangan sistem pengukuran bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan Fe(III) pada konsentrasi logam < 1 ppm. Optimasi dengan metode potensiometri berbasis *Ion Imprinted Polymers* menggunakan mikrokontroler ESP32 agar dapat digunakan pada kondisi dengan atau tanpa internet (dengan *bluetooth*). Sistem pengukuran terdiri dari ADS1115 yang mengkonversi tegangan menjadi konsentrasi, DS18B20 untuk mengukur suhu larutan, dan SKU SEN0161 untuk memonitor pH larutan. Optimasi pengukuran konsentrasi perancangan ini telah diuji coba pada larutan konsentrasi Fe(III) 0.1-1.0 ppm dengan rata-rata $\%recovery = 102.2667\%$, $\%RSD = 15.9915\%$, dan $error = 5.1959\%$.

Kata kunci: ADS1115, ESP32, Fe(III), *Ion Imprinted Polymers* (IIPs), potensiometri

Indralaya, 21 Juli 2023
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Idha Rovani, S. Si., M. Si.

NIP. 197105151999032001

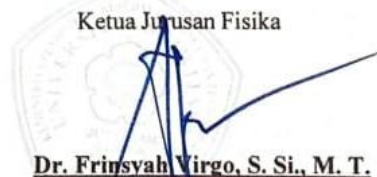
Dosen Pembimbing II



Drs. Octavianus C. S., M.T.

NIP. 196510011991021001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., M. T.

NIP. 197009101994121001

**OPTIMIZING THE SENSITIVITY OF FE(III) ION
CONCENTRATION MEASUREMENT SYSTEM WITH
POTENCIOMETRIC BASED ON ION IMPRINTED POLYMERS
USING ESP32**

By:
I GUSTI PUTU ARYA TIRTA P.
08021281924020

ABSTRACT

The percentage of clean water in Indonesia (2019) is achieving 72,55% out of 100% based on SDGs' standardization. One of hazardous materials that still exists in water commonly is Iron (Fe) which is going to trigger the complications in body if only it is already maximum. The research of sensitivity measurement system aims to identify Fe's existence < 1 ppm. This optimization applies potentiometric method with *Ion Imprinted Polymers* basis using ESP32 in order to uplift the effectiveness uses, so it will be connected to WiFi or *bluetooth* while there is no internet connection. The instrument consists of ADS1115 to convert voltage of potentiometric to concentration, DS18B20 to measure liquid's temperature, and SKU SEN0161 to monitor liquid's pH. The optimization of the system had been tested in range 0.1-1.0 ppm of Fe(III) liquid with average of %recovery= 102.2667%, %RSD = 15.9915%, and error = 5.1959%.

Keywords: ADS1115, ESP32, Fe(III), *Ion Imprinted Polymers* (IIPs), potentiometric

Indralaya, 21 Juli 2023
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. Idha Royani, S. Si., M. Si.
NIP. 197105151999032001


Dosen Pembimbing II



Drs. Octavianus C. S., M.T.
NIP. 196510011991021001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Fisika



Dr. Frinsyah Virgo, S. Si., M. T.
NIP. 197009101994121001

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pencemaran Air.....	5
2.2. Logam Berat	6
2.3. Ion Fe(III).....	6
2.4. <i>Ion Imprinted Polymers (IIPs)</i>	7
2.5. Potensiometri	8
2.6. Pembagi Tegangan.....	9
2.7. Sensor	10
2.8. Kalibrasi Instrumen	15
2.9. Sensor pH SKU SEN 0161	16
2.10. Sensor Suhu DS18B20	17
2.11. Analog Digital Converter ADS1115	18
2.12. Mikrokontroler	19
2.12.1. Arduino IDE	19
2.12.2. ESP32	21

2.13. WiFi	23
2.14. <i>Bluetooth</i>	23
2.15. <i>Database</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2. Alat dan Bahan	25
3.3. Diagram Alir Penelitian	27
3.4. Diagram Rancangan Sistem Pengukuran	29
3.5. Perancangan Sistem Pengukuran.....	30
3.5.1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	30
3.5.2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	31
3.6. Pengujian Sistem Pengukuran.....	35
3.6.1. Kalibrasi ADS1115.....	35
3.6.2. Kalibrasi sensor DS18B20.....	35
3.6.3. Kalibrasi sensor pH SKU SEN0161.....	35
3.7. Pembuatan Larutan Uji Konsentrasi Fe(III).....	36
3.8. Pembuatan Larutan Internal IIPs Fe(III).....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Perancangan Sistem Pengukuran.....	38
4.1.1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	38
4.1.2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	39
4.1.2.1. Program Arduino IDE	39
4.1.2.2. Program Google Sheet	41
4.2. Hasil Pembuatan Larutan.....	43
4.2.1. Hasil Pembuatan Larutan Uji Konsentrasi Fe(III)	43
4.2.2. Hasil Pembuatan Larutan Internal IIPs Fe(III)	43
4.3. Pengkalibrasian Sistem Pengukuran	44

4.3.1. Kalibrasi Pengukur Tegangan (ADS1115).....	44
4.3.2. Kalibrasi Pengukur Suhu (DS18B20)	47
4.3.3. Kalibrasi Pengukur pH (SKU SEN0161)	49
4.4. Analisis Karakteristik Optimasi Sistem Pengukuran.....	50
4.4.1. Pengukuran Tegangan terhadap Konsentrasi Larutan Uji.....	51
4.4.2. Pengukuran pH terhadap Konsentrasi Larutan Uji.....	56
4.4.3. Pengukuran Suhu terhadap Larutan Air.....	60
BAB V PENUTUP	62
5.1. Kesimpulan.....	62
5.2. Penutup.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema penerapan Potensiometri (Susianti, 2019).....	9
Gambar 2.2. Skema rangkaian pembagi tegangan (Ponto, 2018).....	9
Gambar 2.3. Histerisis yang dihasilkan sensor (Sakti, 2017).....	12
Gambar 2.4. Ilustrasi presisi dan akurasi (Sakti, 2017).....	13
Gambar 2.5. Sensor pH SKU SEN 0161 (Notosudjono et al., 2018).....	16
Gambar 2.6. Sensor Suhu DS18B20 (Rozaq & DS, 2017).....	17
Gambar 2.7. ADS1115 (Madjid & Suprianto, 2019).....	18
Gambar 2.8. ESP32 dan bagian-bagian pinnya (Imran et. al., 2020).....	22
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2. Diagram sistem pengukuran konsentrasi ion Fe (III).....	29
Gambar 3.3. Skema rangkaian optimasi pengukuran konsentrasi ion Fe(III).....	31
Gambar 3.4. Skema rangkaian penelitian.....	31
Gambar 3.5. Diagram alir untuk sistem pengukuran.....	32
Gambar 3.6. Diagram alir untuk tampilan data di web Google Sheet.....	33
Gambar 3.7. Diagram alir untuk tampilan data di Serial Bluetooth Terminal.....	34
Gambar 4.1. Hasil rangkaian <i>hardware</i>	38
Gambar 4.2. <i>Library</i> program untuk koneksi WiFi.....	40
Gambar 4.3. <i>Library</i> program untuk koneksi <i>bluetooth</i>	40
Gambar 4.4. Tampilan aplikasi Serial Bluetooth Terminal.....	41
Gambar 4.5. Tampilan <i>database</i> menggunakan Google Sheet.....	42
Gambar 4.6. <i>Script</i> program Google Sheet pada Apps Script.....	42
Gambar 4.7. Larutan uji konsentrasi ion Fe(III).....	43
Gambar 4.8. Larutan internal IIPs Fe(III).....	44
Gambar 4.9. Grafik kalibrasi pengukur tegangan (ADS1115).....	46
Gambar 4.10. Grafik kalibrasi pengukur suhu (DS18B20).....	49
Gambar 4.11. Grafik kalibrasi pengukur pH (SKU SEN0161).....	50
Gambar 4.12. Grafik hubungan konsentrasi larutan uji terhadap tegangan.....	55
Gambar 4.13. Grafik hubungan konsentrasi larutan uji terhadap pH.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Level presisi menurut persentase analit (Riyanto, 2014).....	13
Tabel 2.2. Persentase <i>recovery</i> (Riyanto, 2014).....	14
Tabel 2.3. Komponen sensor pH SKU SEN 0161 (DFRobot, 2023).....	17
Tabel 2.4. Spesifikasi ESP32 (Espressif System, 2023).....	21
Tabel 2.5. Keunggulan ESP32 (Imran et. al., 2020).....	22
Tabel 3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
Tabel 4.1. Data Hasil Kalibrasi Pengukur Tegangan ADS1115.....	45
Tabel 4.2. Data Hasil Kalibrasi Pengukur Suhu DS18B20.....	48
Tabel 4.3. Data Hasil Kalibrasi Pengukur pH SKU SEN0161.....	49
Tabel 4.4. Persentase <i>Recovery</i> dan RSD Pengukuran Tegangan ADS1115.....	51
Tabel 4.5. Data Hasil Pengukuran Tegangan terhadap Konsentrasi Larutan Uji.....	53
Tabel 4.6. Persentase <i>Recovery</i> dan RSD Pengukuran Tegangan terhadap Larutan Uji Konsentrasi Fe(III).....	54
Tabel 4.7. Persentase <i>Recovery</i> dan RSD Pengukuran pH SKU SEN061.....	56
Tabel 4.8. Pengukuran pH terhadap Konsentrasi Larutan Uji Fe(III).....	58
Tabel 4.9. Persentase <i>Recovery</i> dan RSD Pengukuran Suhu DS18B20.....	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Persentase kelayakan air bersih di Indonesia pada 2019 sesuai data dari Badan Pusat Statistik baru mencapai 72,55%. Pencapaian ini masih jauh dari standar baku yang ditetapkan oleh *sustainable development goals* (SDGs), yaitu 100% (Putro et al., 2023). Air bersih untuk kebutuhan konsumsi harus memenuhi standar kelayakan kimia yang diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI (PERMENKES) No. 492/MENKES/PER/2010. Salah satu standar tersebut mencakup tingkat kandungan pencemaran oleh logam besi (Fe) dengan toleransi maksimum sebesar 0,3 mg/L (Fadhilla et al., 2022).

Besi merupakan salah satu logam yang tergolong sebagai logam berat esensial (Sains et al., 2023). Besi dengan bentuk ion Fe^{2+} sebagai zat yang memiliki potensi redoks tinggi akan menjadi Fe^{3+} ketika berada dalam larutan air. Kadar ion Fe ketika dikonsumsi melebihi batas maksimal yang dibutuhkan akan menyebabkan komplikasi di dalam tubuh manusia, berawal dari darah yang mengandung ion Fe dan mengalir ke seluruh tubuh membawa radikal bebas. Radikal bebas sebagai hasil reaksi antara ion dengan darah bersifat reaktif sehingga menimbulkan kerusakan pada protein dan lemak yang ada pada tubuh, bahkan dapat berdampak juga pada DNA (Kartika et al., 2022). Pengukuran tingkat konsentrasi ion Fe^{3+} dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan menerapkan prinsip elektrokimia. Metode ini disebut potensiometri (Suheryanto et al., 2020). Potensiometri berupa metode yang menggunakan elektroda selektif ion (ESI) untuk mengoptimalkan selektivitas dan sensitivitasnya. Melalui penerapan Potensiometri, pengujian larutan tidak hanya dapat memperoleh hasil pengukuran tingkat konsentrasi ion logam dan nonlogam, tetapi juga potensial sel, suhu, dan pH larutan (Novitasari et al., 2016). Metode ini tidak mengubah komposisi bahan yang diuji

ketika dislipkan penggunaan sensor. Kelebihan dari Potensiometri adalah *lower cost* karena pemanfaatan sensor dan instrumen dalam praktiknya membutuhkan biaya yang lebih murah daripada penggunaan alat-alat saintifik mutakhir laboratorium (Bow et al., 2021). Material sensorik pada penerapan potensiometri dapat menggunakan larutan *Ion Imprinted Polymers* (IIPs), salah satunya IIPs Fe(III). Larutan IIPs Fe(III) mengandung polimer dengan selektivitas yang tinggi akibat efek ingatan dari interaksi polimer terhadap ion Fe(III) sehingga mampu menyerap ion tersebut pada campuran material (Harera et al., 2015; Kartika et al., 2022).

Penelitian dengan menerapkan metode potensiometri telah dilakukan melalui perancangan instrumen potensiometri material cerdas selektif adsorpsi ion metal Fe(III) dengan basis mikrokontroler (Edianta, 2021). Akan tetapi, pencatatan yang tertampil pada OLED untuk hasil pengukuran oleh sistem masih dilakukan secara manual sehingga dinilai kurang efektif untuk pendokumentasian data. Penelitian kemudian dikembangkan oleh Afrizal (2022) melalui rekonstruksi sistem potensiometri berbasis *website* menggunakan NodeMCU ESP2866 sehingga keluaran yang dihasilkan dapat terekam otomatis karena terkoneksi melalui WiFi. Namun, sensitivitas pengukuran sistem ini baru sebatas pada konsentrasi ion larutan 1-10 ppm atau belum mencakup tingkat konsentrasi di bawah 1 ppm. Oleh karena itu, penelitian ini mengoptimasi sistem instrumentasi potensiometri tersebut untuk mendapatkan sensitivitas pengukuran konsentrasi ion logam Fe(III) di bawah 1 ppm. Hasil pengukuran akan tetap didokumentasi dan diolah pada *database* di Google Sheet dengan mikrokontroler ESP32 yang tidak harus selalu membutuhkan koneksi WiFi, tetapi dapat menggunakan *bluetooth*.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mengoptimasi sensitivitas ukur konsentrasi sistem instrumentasi potensiometri untuk dapat mengukur konsentrasi ion logam Fe(III) kurang dari 1 ppm?
2. Bagaimana pendokumentasian dan pengolahan data hasil pengukuran sistem instrumentasi potensiometri dengan mikrokontroler ESP32?

1.3. Batasan Masalah

1. Pengujian sensitivitas sistem instrumentasi dilakukan untuk mendeteksi konsentrasi larutan ion Fe(III) di bawah 1 ppm.
2. Rekonstruksi *database* yang sebelumnya memakai mikrokontroler NodeMCU28266 dengan ESP32 agar sistem instrumen dapat terkoneksi melalui WiFi atau *bluetooth*.

1.4. Tujuan

1. Merancang sistem pengukuran konsentrasi ion logam Fe(III) dengan potensiometri berbasis IIPs menggunakan ESP32 agar dapat terkoneksi melalui WiFi atau *bluetooth*.
2. Mengoptimasi sensitivitas ukur konsentrasi kurang dari 1 ppm oleh sistem pengukuran terhadap larutan ion logam Fe(III).
3. Melakukan pengujian kinerja dan analisis terhadap sistem pengukuran yang dioptimasi berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi, suhu, dan pH.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Optimasi sistem pengukuran yang dirancang pada penelitian ini dapat mengukur suhu, pH, dan konsentrasi larutan logam Fe(III) yang sensitivitas ukur konsentrasinya kurang dari 1 ppm.

2. Penggunaan ESP32 pada optimasi dapat membuat penggunaan sistem pengukuran konsentrasi ion logam Fe(III) dengan metode potensiometri menjadi lebih efektif dengan fasilitas koneksi secara nirkabel tanpa jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Konsentrasi Ion Logam Fe(III) Menggunakan Metode Potensiometri Berbasis *Website*. Tidak dipublikasikan [Skripsi]. Universitas Sriwijaya.
- Apriyanti, H., Candra, I. N., & Elvinawati, E. (2018). Karakterisasi Isoterm Adsorpsi Dari Ion Logam Besi (Fe) Pada Tanah Di Kota Bengkulu. *Alotrop*, 2(1), 14–19. <https://doi.org/10.33369/atp.v2i1.4588>
- Aritonang, W., Bangsa, I. A., & Rahmadewi, R. (2021). Implementasi Sensor Suhu DS18B20 dan Sensor Tekanan MPX5700AP menggunakan Mikrokontroler Arduino Pada Alat Pendeteksi Tingkat Stress. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(1), 153–160. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4541278>
- Artanto, D. (2017). *Interface Sensor dan Aktuator Menggunakan Proteus, Arduino, dan Labview*. Sleman: Deepublish.
- Botahala, L. 2019. *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali*. Sleman: Deepublish.
- Bow, Y., Syakdani, A., Purnamasari, I., & Rusdianasari, R. (2021). Uji Kinerja Sensor Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Simazin secara Potensiometri. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(2), 145. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i2.221>
- Demer, D. A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswell, K. M., Chu, D., Domokos, R., Dunford, A., Fassler, S., Gauthier, S., Hufnagle, L. T., Jech, J. M., Bouffant, N., Lebourges-Dhaussy, A., Lurton, X., Macaulay, G. J., Perrot, Y., Ryan, T., Parker-Stetter, S., ... Williamson, N. (2015). Calibration of acoustic instruments. ICES Cooperative Research Report No. 326. In *ICES*

Cooperative Research Report (Vol. 326, Issue 32).

- Edianta, J. (2021). Modifikasi Sintesis *Ion Imprinted Polymers* (IIPs) dan Sistem Instrumentasi Potensiometri: Material Cerdas Selektif Adsorpsi Ion Metal Fe(III). Skripsi. Indralaya: Universitas Sriwijaya. <https://repository.unsri.ac.id/53411/>.
- Damayanti, E. T., & Kurniawati, P. (2017). Perbandingan Metode Penentuan Vitamin C pada Minuman Kemasan Menggunakan Metode Spektrofotometer UV-Vis dan Iodimetri. *Universitas Islam Indonesia Journal*, 4(2), 258–266.
- Fadhilla, A., Khairunnisa, C., & Yuziani. (2022). Analisis Kadar Logam Besi (Fe) Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Kota Lhokseumawe. *Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(12), 1063–1073. <https://doi.org/10.36418/comserva.v1i12.182>
- Fadillah, A. N., Almazazi, A. D., & Pardede, M. (2022). Rancang Bangun Alat Komunikasi Antar *Smartphone* Melalui Jaringan Nirkabel Lora Multi-hop. *Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed*, 3(1), 908-916. <https://doi.org/10.51510/konsep.v3i1.927>
- Hadyanto, T., & Amrullah, M. F. (2022). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Pada Kandang Anak Ayam Broiler Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 3(2), 9-22.
- Harera, L. Z., Sudiarti, T., & Wulandari, M. (2015). Sintesis Cu(II)-*Imprinted Polymers* untuk Ekstraksi Fasa Padat dan Prakonsentrasi Ion Cu(II) dengan Ligan Pengkhelat 4-(2-Pyridylazo)resorcinol. *Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 2(1), 30-39. <https://doi.org/10.15575/ak.v2i1.350>
- Hassanien, A. E., Chatterjee, J. M., & Jain, V. (2022). *Artificial Intelligence and Industry 4.0*. London: Mara Corner. Singapore:

Springer Nature.

- Hiwale, A. S., Chandavale, A. A., Bhalla, S., Satapathy, S. C., & Bhateja, V. (2018). *Intelligent Computing and Information and Communication*.
- Imran, A., Muiadi, & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 73-79.
- Ismail. (2018). Perancangan Website Sebagai Media Promosi Dan Informasi. *Journal Of Informatic Pelita Nusantara*, 3(1), 82–86.
- Kardianto, Kristanti, K. H., Tiswati, K. A., & Dwihapsari, Y. (2019). Analisis Nilai Ketidakpastian dan Faktor Kalibrasi pada Alat Ukur Radiasi di Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan Surabaya. *Jurnal Fisika dan Aplikasi*, 15(2),56-61.
- Kartika, H. D., Jorena, J., Monado, F., & Royani, I. (2022). Analisis Jumlah Rongga Tercetak pada Ion Imprinted Polymer (IIPs)-Fe(III) Yang disintesis menggunakan Metode Cooling-heating. *Jurnal Penelitian Sains*, 24(1), 18. <https://doi.org/10.56064/jps.v24i1.680>
- Khaenury, V. F., Darlis, D., & Mulyana, A. (2020). Rancang Bangun Alat Medical Check Up Berbasis Internet Of Things. *E-Proceeding of Engineering*, 6(2), 2468–2475.
- Khoeri, M. L. (2021). Mengenal Jenis-jenis Sensor dan Pemanfaatannya di Dunia Industri. *Academia. Edu*, 1, 1–29. https://www.academia.edu/download/67621843/JURNAL_Liman_Khoeri_Munandar_11218001_Jenis_Jenis_Sensor_dan_Penerapannya_di_dunia_industri.pdf/
- Komputer, W. 2010. *Tip Jitu Optimasi Jaringan Wi-Fi*. Yogyakarta: Andi.

- Kusumkar, V. V., Galamboš, M., Vignola, E., & Da, M. (2021). Ion-Imprinted Polymers: Synthesis, Characterization, and Adsorption of Radionuclides. *Journal of Materials*, 14, 1083.
- Madjid, A. R., & Suprianto, B. (2019). Prototype Monitoring Arus , Dan Suhu Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things (Iot). *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya*, 111–119.
- Masrullita, M., Wijaya, Y. A., Sylvia, N., & Safriwardy, F. (2021). Efektivitas Karbon Aktif Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Terhadap Adsorpsi Ion Logam Fe²⁺ Dengan Aktivator Naoh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(2), 83. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i2.5550>.
- Mishra, A., Balaganesh, D., Suseendran, G., Anandan, R., & Balamurugan, S. (2021). *Human Communication Technology: Internet-of-Robotic-Things and Ubiquitous Computing*. Hoboken: Wiley.
- Muadifah, A. 2019. *Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Malang: MNC Publishing.
- Notosudjono, D., Fiddiansyah, D. B., Turbidity, S., Studi, P., Elektro, T., & Pakuan, F. T. (2018). Prototipe Sistem Otomatisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Dan Monitoring Secara Realtime. *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1-13.
- Novitasari, E., Anggraeni, A. R., Muhiroh, Dahlah, M. W., & Mulyasuryani A. (2016). Potentiometric Based Lead Sensor To Detect the Levels of Lead. *Jurnal Penelitian Saintek*, 1(21), 47–54.
- Nurazizah, E., Ramdhani, M., & Rizal, A. (2017). Rancang Bangun Termometer Digital Berbasis Sensor Ds18B20 Untuk Penyandang

- Tunanetra (Design Digital Thermometer Based on Sensor Ds18B20 for Blind People). *E- Proceeding of Engineering*, 4(3), 3294–3301.
- Özbek, O., Berkel, C., & Isildak, Ö. (2022). Applications of Potentiometric Sensors for the Determination of Drug Molecules in Biological Samples. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 52(4), 768–779. <https://doi.org/10.1080/10408347.2020.1825065>
- Ponto, H. (2018). *Dasar 7 Teknik Listrik*. Sleman: Deepublish.
- Puad, L., Budiarti, R. L., Zahra, N. (2021). Pembuatan Web Service dengan Google Spreadsheets Sebagai Solusi Integrasi Aplikasi Multiplatform. *Jurnal Informatika Kaputama*, 5(2), 295-300.
- Putro, D. S., Santoso, A. I., & Agustina, S. M. (2023). *Perancangan Sistem Pengolahan Air Gambut untuk Meningkatkan Ketersediaan Air Bersih*. VIII(1), 4659–4664.
- Rahmah, F., Salsabila, F. F., Studi, P., Fisika, T., & Nasional, U. (2022). *Uji kalibrasi alat ukur massa pada neraca analitik menggunakan metode perbandingan langsung*. 7(1), 24–32.
- Riyanto., 2014. *Validasi & Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan IO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Romadhon, N., Ni'matuzahroh, Purnobasuki, H., Rohmayanti, V., Arimurti, A. R. R., Riandi, I., & Juniawan, M. F. 2023. *Fitoremediasi Mangrove dalam Penurunan Kadar Logam Pb, Hg, dan Cu*. Surabaya: UM Publishing.
- Rozaq, I. A., & DS, Y. N. (2017). Uji Karakterisasi Sensor Suhu Ds18B20 Waterproof Berbasis Arduino Uno Sebagai Salah Satu Parameter Kualitas Air. *Prosiding SNATIF Ke-4*, 303–309.
- Rukmana, A., Susilawati, H., Elektro, P. T., Garut, U., & Uno, A.

- (2019). PencatatpH Tanah Otomatis. *Jurnal Vol. 10 No. 1 Januari 2019. 10(1)*.
- Rusdi, M., & Yani, A. (2018). Sistem Kendali Peralatan Elektronik Melalui Media Bluetooth Menggunakan Voice Recognition. *Journal of Electrical Technology*, 3(1), 27-33.
- Sains, J., Ishak, N. I., Ishak, E., Effendy, I. J., & Fekri, L. (2023). Analisis Kandungan Logam Berat Pada Air Sungai Martapura , Provinsi Kalimantan Selatan Tahun 2022 *Analysis of Heavy Metal Content in Martapura River Water , South Kalimantan Province in 2022*. 7(1), 35–41.
- Sakti, S. P. (2017). *Pengantar Teknologi Sensor*. Malang: UB Press.
- Setyawan, D. Y., Nurfiana, Syahputri, R., & Nurjoko. 2022. *Internet of Things ESP8266 ESP32 Web Server*. Yogyakarta: Jejak Pustaka.
- Sinduningrum, E. 2020. *Teori Organisasi Arsitektur Komputer & Praktik Asswmbler untuk Pemula*. Sleman: Deepublish.
- Siregar, M. Z., Adam, M., Azis, A., & Zaharuddin. (2022). Pengenalan Sifat Asam Basa Bahan Makanan dengan Menggunakan pH Indikator dan Kertas Lakmus di Yayasan Layar Dakwah. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 2(4), 1241– 1248.
- Sjofjan, O., Natsir, M. H., Chuzaemi, S., & Hartutik. 2019. *Ilmu Nutrisi Ternak Dasar*. Malang: UB Press.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Eng, M., & Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(3), 13–23. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/11999>
- Suheryanto, S., Fanani, Z., & Meilina, L. (2020). Validasi Metode Potensiometri untuk Penentuan Logam Timbal (Pb) pada Sampel Lindi. *Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah Standardisasi, 2019*, 229–234. <https://doi.org/10.31153/ppis.2019.25>

- Sumardjo, D. 2009. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata 1 Fakultas Bioekstakta*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Wirosaputro, S. & Sumarlina, T. 2018. *Chlorella: Makanan Kesehatan Global Alami*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Yakin, G., Wibawa, I. M. S., & Putra, I. K. (2021). Rancang Bangun Alat Pengukur pH Tanah Menggunakan Sensor pH Meter Modul V1 .1 SEN0161 Berbasis Arduino Uno Design of Soil pH Measuring Instruments Using pH Meter Sensor Module V1 . 1 SEN0161 Based on Arduino Uno. *Buletin Fisika*, 19(22), 105–111.
- Yuhefizard. 2013. *Database Management Menggunakan Microsoft Access 2003*. Jakarta: Media Komputindo.
- Yulianis, Husna, R., Zulva, N. D. I., dan Mahidin. 2022. Adsorpsi Ion Logam Fe³⁺ Dalam Air Asam Tambang Menggunakan Nano Zeolit Alam . *Indonesian Mining Professionals Journal*, 4(1), 12-38. <https://doi.org/10.36986/impj.v4i1.51>
- DFRobot. “PH meter (SKU : SEN0161)”. DFRobot. Diakses pada 13 Juni 2023. <https://www.applicationdatasheet.com/pdf/dfrobot/sen0161.pdf>.
- Espressif. “ESP32 Series Datasheet”. Expressif.com. Diakses pada 13 Juni2023.https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
- Instruments. “Ultra-Small, Low-Power, 16-Bit Analog to Digital Converter with Internal Reference”. Texas Instruments. Diakses pada 13 Juni 2023. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1115.pdf>.
- Semiconductor. “DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer”.Dallas. Diakses pada 13 Juni 2023. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data->

sheets/DS18B20.pdf