

Pengembangan *Water Quality Checker* untuk Tambak Budidaya Pesisir (Studi Kasus: Tambak Budidaya Pesisir Pangandaran)

Anas Noor Firdaus¹, Muhammad Romdonul Haki², Tiara Ilham³

^{1,2,3}Teknologi Kelautan, Politeknik KP Pangandaran, Pangandaran, Indonesia

Email: anasnoorfirdaus@gmail.com

Abstract

Water Quality Checker is a water quality measuring device designed to use a microcontroller system and sensors as parameters for measuring the water quality. The aim is to facilitate the implementation of water quality monitoring from previously traditionally to using aids. The test method directly measures pH and salinity and experiments in collecting data. System workflow in tool design, Arduino orders sensors and sensor detection results are processed back to Arduino. The work results of the tool are calibrated with other standardized tools for pH and salinity values. The software used is limited to Arduino Uno and supporting devices and design applications for casing manufacturing, namely Solidwork. Using a pHE4502C sensor, a salinity sensor as a measuring tool, Arduino Uno as a microcontroller, and a LCD as a monitor that displays the value and status of the detected pH and traffic. By using the provisions that the pH value of coastal pond water is less than 6.5 which is acidic, more than 7.5 is alkaline, and the pH value is more than 6.5 and less than 7.5 which is neutral, at the time of testing it was obtained a pH value of 7.1 – 8.04 so that the solution is neutral and base. The results of the salinity sensor test for coastal pond water are 23.64 – 24.20 which indicates that this value is the normal value for brackish water salinity.

Keywords: Arduino, Microcontroller, pH, Salinity, Sensors.

Abstrak

Water Quality Checker merupakan suatu alat pengukur kualitas air yang dirancang menggunakan sistem mikrokontroller dan sensor-sensor sebagai parameter dari pengukuran kualitas air tersebut. Tujuannya adalah mempermudah pelaksanaan monitoring kualitas air dari sebelumnya secara tradisional menjadi lebih menggunakan alat bantu. Metode pengujian secara langsung mengukur pH dan salinitas dan eksperimen dalam pengumpulan data. Alur kerja sistem dalam perancangan alat, arduino memerintahkan sensor-sensor dan hasil pendektsian sensor diproses kembali pada arduino. Hasil kerja alat dikalibrasi dengan alat lain yang sudah terstandar untuk nilai pH maupun salinitas. Perangkat lunak yang digunakan sebatas *arduino uno* dan perangkat pendukung serta aplikasi desain untuk pembuatan casing yaitu *solidwork*. Penggunaan sensor pHE4502C, sensor salinitas sebagai alat ukur, Arduino Uno sebagai mikrokontroller, dan LCD sebagai monitor yang menampilkan nilai serta status dari pH dan salintas yang terdeteksi. Dengan menggunakan ketentuan nilai kadar pH air tambak pesisir kurang dari 6.5 bersifat asam, lebih dari 7.5 bersifat basa, serta nilai pH lebih dari 6.5 dan kurang dari 7.5 bersifat netral, pada saat dilakukan pengujian didapatkan nilai pH sebesar 7.1 – 8.04 sehingga pada larutan bersifat netral dan basa. Hasil tes sensor salinitas terhadap air tambak pesisir yaitu 23.64 – 24.20 yang menunjukkan nilai tersebut merupakan nilai normal salinitas perairan payau.

Kata Kunci: Arduino, Mikrokontroller, pH, Salinitas, Sensor.

1. PENDAHULUAN

Saat ini mayoritas monitoring kualitas air khususnya di pesisir dilakukan secara manual/tradisional, terutama budidaya skala kecil (Pramana, 2018). Hal ini tentunya

sangat risikan dari salah pendugaan kualitas air kecuali dilakukan oleh orang yang berpengalaman, alat ini dibuat guna membantu/mempermudah salah satu pekerjaan pembudidaya pesisir yang tergolong penting, seperti budidaya vaname dan bandeng, maka alternatif alat bantu berupa pemonitor kualitas air dengan menggunakan sensor pH dan salinitas seharusnya sudah menjadi standar dalam pembudidayaan saat ini (Wantura, 2021).

Tambak budidaya merupakan habitat buatan untuk kegiatan komersil, untuk budidaya payau habitatnya terletak di area-area pesisir. Kegiatan budidaya yang dilakukan ditambak secara berkelanjutan menjadikan degradasi kualitas lingkungan perairan, ditandai dengan menurunya kualitas air. Kualitas air yang baik merupakan hal pokok yang harus dipenuhi agar tidak terjadi kegagalan panen (Suparjo, 2008). Budidaya di pesisir (Muzahar, 2020) harus mewaspadai parameter derajat keasaman (power of Hydrogen / pH) dan kadar garam/salinitas. Besarnya salinitas dan pH air yang optimal untuk kehidupan udang maupun ikan budidaya pesisir adalah 6 s/d 29 ppt (salinitas) dan 6,5 s/d 7,5 (pH netral). Kisaran tersebut menunjukkanimbangan yang optimal antara oksigen dan karbondioksida serta berbagai mikroorganisme yang merugikan sulit untuk berkembang (Santoso, 2022).

Alat uji kualitas air akan dibuat untuk kegiatan budidaya di tambak pesisir (payau) yaitu alat ukur pH dan salinitas, kemudian untuk mendapatkan hasil maka dilakukan pengujian efektivitas alat dan pembanding hasil uji dengan alat uji yang ada di pasaran. Pengujian menggunakan sensor pH-E4502C untuk pH dan sensor salinitas/konduktivitas-*Do It Yourself* (DIY).

Water Quality Checker merupakan suatu alat pengukur kualitas air yang dirancang menggunakan sistem mikrokontroller dan sensor-sensor sebagai parameter pengukuran dari air tersebut (Noor et al., 2019), dengan menggunakan sensor pHE4502C dan sensor salinitas sebagai alat ukur, Arduino Uno sebagai mikrokontroller dan LCD 16x2 I2C sebagai monitor yang menampilkan nilai dan status dari pH dan salintas yang terdeteksi.

Mikrokontroller adalah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah *Integrated Circuit* (IC). Dimana didalam IC terdapat komponen-komponen penting yang ada pada komputer pada umumnya seperti *Computer Central Processing* (CPU) unit, RAM, ROM, Port IO (Suradi et al., 2023). Fungsi dari mikrokontroler (Udayana, 2020) diantaranya, yaitu:

- (1) Sebagai Tier / Pewaktu
- (2) Sebagai pemabangkit Osilasi
- (3) Sebagai Flip – Flop
- (4) Sebagai ADC (Analog Digital Converter)
- (5) Sebagai Counter
- (6) Sebagai Decoder dan Ecoder

Adapun jenis-jenis mikrokontroler (Batubara, 2022) yaitu sebagai berikut:

- Mikrokontroler AVR (Vegard's Risc Processor)
Mikrokontroler AVR merupakan mikrokontroler Risc 8 bit yang merupakan jenis mikrokontroler yang paling banyak digunakan dalam bidang elektronika dan instrumentasi. Adapun jenis mikrokontroler AVR dibagi menjadi 4 kelas yaitu ATmega, AT90Sxx, ATTiny dan AT86RFxx. Pengelompokan ini didasarkan pada penggunaan atau fungsinya, memori dan peripheral.

- **PIC**

PIC adalah bagian dari mikrokontroler tipe RISC, awalnya PIC dibuat menggunakan teknologi General Instrumen 16 bit CPR yaitu CP1600 dengan tujuan untuk meningkatkan performa sistem I/O.

- **Mikrokontroler AT89S52**

Mikrokontroler ini merupakan versi pengembangan dari mikrokontroler AT89C5. Kelebihan dari mikrokontroler ini yakni adanya flash memori 8K bytes, kapasitas RAM 56 byte dengan 2 data pinter 16 bit.

- **Mikrokontroler Atmel91Series**

Jenis kelompok Mikrokontroler Atmel lain yang umumnya terdapat dipasaran yaitu AT90, Tiny dan Mega series – AVR, Atmel AVR32, Atmel AT89 series dan MARC4:

- **MCS51 Series**

Terdapat beberapa tipe Mikrokontroler MCS51 series yaitu:

- 8031- tidak memiliki ROM internal
- 8051- 4K ROM internal
- 8751- 4K EPROM/OTP
- 8741- 4K EPROM/MTP dengan ukuran ROM; '51(4K), '52(8K), '54(16K), '58(32K)
- 80C51 – In System Programmable (ISP)
- 89C2051 – Kemasan20 – pin

Arduino terdiri dari mikrokontroler megaAVR seperti ATmega8, ATmega168, dan Atmega 2560 dengan menggunakan Kristal Osilator16 MHz. Sebagai platform yang menggunakan mikrokontroler, Arduino sangat bersifat open source. Arduino dapat diprogram menggunakan komputer dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan si pengguna, seperti dalam hal monitoring, pengontrolan gerak hingga otomatisasi (Saputra, 2020).

Parameter kualitas air yang digunakan pada *Water Quality Checker*: (1) Ph Sensor merupakan suatu alat pengukur kualitas air yang dirancang menggunakan sistem mikrokontroller dan sensor-sensor sebagai parameter dari air tersebut. Sensor pH adalah instrumen untuk mengukur konsentrasi hidrogen dalam sebuah larutan atau alat bantu yang memungkinkan pengguna mendeteksi Ph air bernutrisi. (2) Salinitas Sensor merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi suatu besaran fisis. Sensor salinitas terdiri dari dua elektroda yang dicelupkan pada suatu larutan (yang mengandung kadar garam) (Kirana & Suryono, 2016).

2. METODOLOGI PENELITIAN

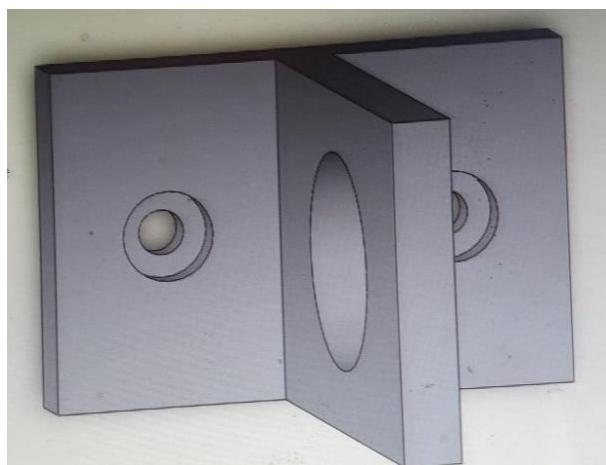
Metode penelitian untuk analisis data menggunakan dua pengujian yaitu pengujian pertama dengan alat *Water Quality Checker* yang dibuat serta pengujian kedua dengan alat pengukur salinitas dan pH sensor air digital pabrikan (refraktometer). Metode eksperimen juga digunakan untuk pengumpulan data dan tercapainya tujuan penelitian, Metode eksperimen merupakan metode penelitian yang memanipulasi atau mengontrol situasi alamiah dengan cara menciptakan kondisi buatan (*artificial condition*) (Surya, 2018), pada dasarnya metode eksperimen merupakan bagian dari metode kuantitatif yang memiliki ciri khas tersendiri, desain eksperimentif tersebut dilakukan karena variabel dapat ditentukan dan variabel lain yang tidak digunakan dapat dikontrol dengan ketat (Prasetyo, 2014).

Metode pengumpulan data yang digunakan yaitu observasi langsung dengan mengambil data sampel (Arianti, 2015) untuk kalibrasi sensor pH dan salinitas serta digunakan pada budidaya pesisir. Metode tersebut didukung oleh alat dan bahan (Tabel 1).

Tabel. Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
A. Alat		
	Gerinda	Memberi lubang kotak untuk <i>switch</i>
	Bor	Memberi lubang bulat untuk <i>switch, adaptor</i> , dan <i>sensor</i>
	Lem tembak	Memperkuat setiap bagian komponen
	3D Printer	<i>Print</i> desain dudukan alat
	Solder	Menyolder rangkaian kabel
B. Bahan		
	Sensor pH	Mengambil data pH air
	Sensor Salinitas	Mengambil data salinitas air
	Lcd i2c	<i>Display</i> suhu air
	Adaptor 5v + Jack female	Konduktor daya alat
	Kabel Jumper	Konektor komponen dengan pin digital dan analog
	Resistor 5v	Hambatan atau pembagi tegangan
	Protoboard	<i>Board project</i>
	Timah solder	Menyolder
	Esp8266 NodeMcu	Komunikasi data ke Internet
	Arduino Uno	Mikrokontroller
	Level Shifter	Koneksi Arduino to NodeMcu

Perangkat lunak yang digunakan antara lain (1) Arduino Uno dengan aplikasi IDE (*Integrated Development Environment*) bawaan dari Arduino, untuk membuka, membuat, mengedit *source code* pada arduino dengan sebutan *"sketches"* untuk diupload ke dalam IC mikrokontroller (Hardianto, R., & Kusuma, 2019); (2) Solidworks sebagai aplikasi desain, simulasi permesinan dan analisis untuk pembuatan rangka (Gambar 1.).



Gambar 1. Desain Dudukan Sensor pada alat kualitas air

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain prinsipal tersebut awalnya terdiri dari 6 langkah penggerjaan (Gambar 2.) yaitu:

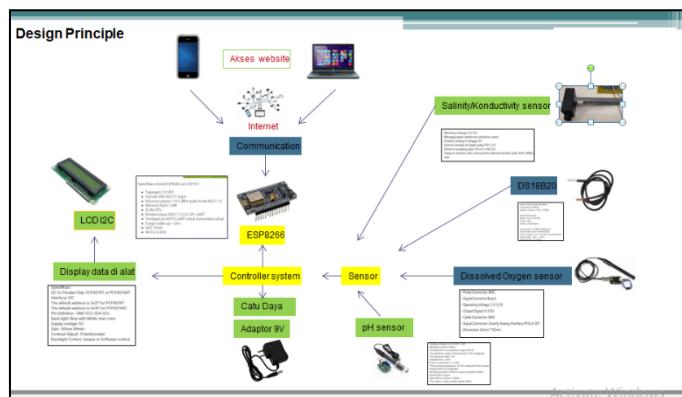
- (1) ESP8266 NodeMcu;
- (2) Salinitas/Konduktivitas Sensor DIY;
- (3) DS18B20;
- (4) Dissolved Oxygen Sensor;
- (5) LCD 12C, dan

(6) Adaptor 9V.

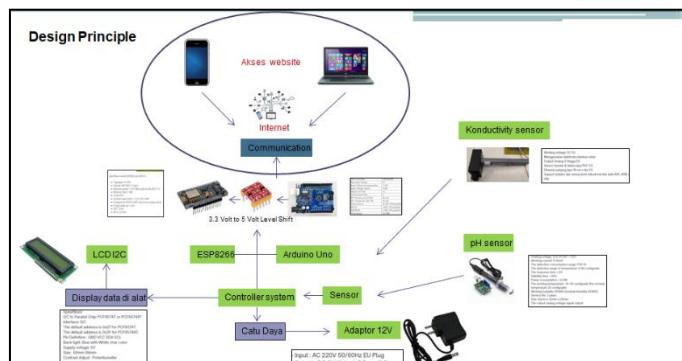
Kemudian terdapat penyesuaian pada spesifikasi dan kebutuhan di lapangan, sehingga pada desain prinsip akhir dengan langkah pengerjaan, yaitu:

- (1) Controller system: Arduino Uno, NodeMcu shifter;
- (2) Communication: Internet/Website;
- (3) Display data pada alat LCD i2C;
- (4) Catu daya: Adaptor 12V, dan
- (5) Sensor-sensor: pH, dan Salinitas/Konduktivitas.

Alat pengukur kualitas (Gambar 3.). Pengembangan alat tersebut secara bertahap menuju remote area berbasis IoT (*Internet of Things*) pada project selanjutnya.



Gambar 2. Desain Prinsipal Awal



Gambar 3. Desain Prinsipal Akhir

Pembuatan alat pengukur kualitas air ini mengacu pada perencanaan desain (*design principal*) untuk dapat mencapai visualisasi desain yang dibutuhkan dengan preferensi dari diri sendiri maupun adopsi dari desain lain yang sudah ada (Hermann et al., 2015).

Komponen alat dan bahan dalam perancangan dipersiapkan sesuai spesifikasi yang direncanakan, seperti: sensor pH E-4502C (Tabel 2); LCD 16x2 12C (Tabel 3); dan Sensor Salinitas DIY (Tabel 4).

Tabel 2. Spesifikasi Sensor pH

Sensor pH	Arduino
pO/pH Output	Pin A2
G/Ground	Gnd
V+/VCC	Pin 5V

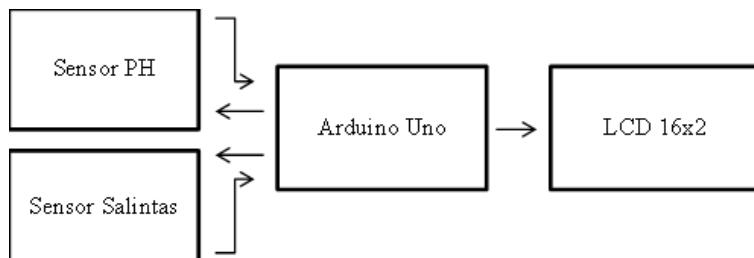
Tabel 3. Spesifikasi LCD

LCD 16x2 I2C	Arduino
GND	Gnd
VCC	Pin 5V
SDA	Pin D2
SCL	Pin D1

Tabel 4. Spesifikasi Sensor Salinitas DIY

Sensor Salinitas	Arduino
GND	Gnd
Output	Pin A0
VCC	Pin 5V

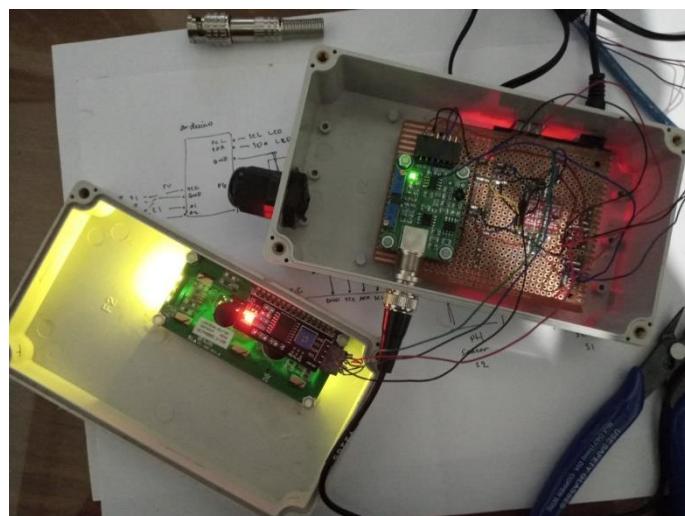
Alur kerja sistem (Gambar 4.) dalam perancangan alat terdapat alur kerja utama yaitu arduino memberikan perintah kepada sensor pH dan salinitas, dimana sensor pH dan salinitas berfungsi untuk membaca nilai larutan yang diuji. Hasil nilai dari pembacaan sensor diproses kembali pada Arduino dengan memberikan ketentuan status dari nilai yang terbaca. Selanjutnya hasil dan status nilai pH serta salinitas yang telah di proses oleh Arduino ditampilkan pada LCD (Endra, et al., 2021).



Gambar 4. Alur Kerja Sistem

Tahapan proses kerja utama dari spesifikasi alat, perlu dilakukan pengujian cara kerja alat satu per satu baik pada sensor pH, salinitas maupun LCD 16x2 agar pada rangkaian utama alat dapat membaca dan menampilkan status/nilai pH larutan dan salinitas yang diuji (Saputra, 2020).

Uji alat (Gambar 5.) dilaksanakan pada lokasi tambak budidaya area pesisir, jenis air digunakan untuk melakukan pengujian alat yaitu air payau/tambak dan air laut. Alat perbandingan untuk kalibrasi sensor salinitas yaitu Refraktometer sedangkan sensor pH menggunakan bubuk buffer.



Gambar 5. Rangkaian alat siap uji (*casing* terbuka)

Proses kalibrasi adalah proses pengecekan dan pengaturan akurasi dari alat ukur dengan cara membandingkannya pada sebuah alat ukur standar lainnya untuk tolak ukur. Kalibrasi diperlukan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan akurat dan konsisten dengan instrumen lainnya (Gunoto & Kamil, 2021).

Kalibrasi sensor pH, pada proses ini menggunakan rumus konversi besaran nilai analog yang terbaca untuk mendapatkan nilai tegangan pH dengan menggunakan larutan pH bernilai 4,01 sebagai asam dan 6,86 sebagai netral. Rentang nilai analog yang dihasilkan sensor pH E-4502C sebesar 0 – 1024 dan rentang nilai tegangan yang dicari antara 0 – 5 volt. Rumus konversi perhitungan rumus konversi yang digunakan adalah :

Rumus Konversi Perhitungan

$$\text{Tegangan pH} = \text{Analog} * (5.0/1024) \quad (1)$$

Keterangan :

- 1) Analog: nilai yang dibaca oleh sensor PH;
- 2) 5.0: nilai tegangan maksimal yang digunakan pada arduino;
- 3) 1024: nilai analog maksimal yang dibaca oleh sensor.

```
//pH sensor
float calibration_value = 21.34 - 0.7; //21.34
int phval = 0;
unsigned long int avgval;
int buffer_arr[10],temp;
float ph_act;
```

Gambar 6. Pengkodingan kalibrasi sensor pH

Kalibrasi sensor salinitas dengan jenis air yang digunakan yaitu air laut menggunakan refraktometer dan sensor salinitas DIY.

Tabel 5. Pengambilan data salinitas dengan refraktometer dan sensor salinitas DIY

Jenis Air	Refraktometer	Sensor Salinitas DIY
Air laut	20	31.72

Dengan perhitungan sebagai berikut (Tabel 6):

Tabel 6. Interpolasi data salinitas

20	20.7
X ?	31.72

Didapatkan nilai **32.8509** , nilai ini kemudian dimasukkan kedalam code kalibrasi salinitas (Gambar 7) pada Arduino IDE

```
sensorValue = analogRead(analogInPin);
outputValueConductivity = (10.05*sensorValue)-2769.2;
salinity = sensorValue/32.8509;
```

Gambar 7. Pengkodingan kalibrasi sensor salinitas

Hasil Tes setelah melakukan proses kalibrasi selanjutnya yaitu uji coba alat untuk mendapatkan nilai hasil test dari sensor pH dan salinitas. Hasil nilai uji alat yang dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Hasil tes sensor pH dan Salinitas

pH	Salinitas
7.74	23.64
8.04	23.69
7.69	23.70
7.1	24.20
7.3	24.15

Nilai kadar pH air tambak kurang dari 6.5 bersifat asam, lebih dari 7.5 bersifat basa, serta nilai pH lebih dari 6.5 dan kurang dari 7.5 bersifat netral. Akan tetapi saat dilakukan pengujian didapatkan nilai pH sebesar 7.1-8.04 sehingga pada larutan bersifat netral ke arah basa.

Nilai salinitas air untuk perairan tawar berkisar antara 0–5 ppt, perairan payau biasanya berkisar antara 6–29 ppt, dan perairan laut berkisar antara 30–40 ppt (Sukuryadi dan Ali, 2015). Hasil tes sensor salinitas terhadap air tambak yaitu 23.64 – 24.20 yang menunjukkan nilai tersebut merupakan nilai normal salinitas perairan payau / tambak.

4. KESIMPULAN

Rancang bangun alat didesain dengan mengedepankan desain perencanaan awal (prinsipal desain awal) dan hasil dari pelaksanaan desain (prinsipal desain akhir). Alur kerja sistem dalam perancangan alat, arduino memerintahkan sensor-sensor dan hasil pendektsian sensor diproses kembali pada arduino. Hasil kerja alat dikalibrasi dengan alat lain yang sudah terstandar dan ditampilkan pada layar LCD untuk nilai pH maupun salinitas. Nilai perairan payau / tambak, untuk pH berkisar di 7.1-8.04 (netral dan basa), untuk salinitas berkisar antara 23.64-24.20, yang merupakan nilai normal payau / tambak pesisir (terkalibrasi). Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengaplikasikan sistem pengukuran jarak jauh berbasis IoT (*Internet of Things*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Politeknik Kelautan dan Perikanan Pangandaran, Pangandaran;
2. PT. OC Enviro, Cimahi, Bandung.

5. REFERENCES

- Arianti, R. (2015). Implementasi Kebijakan Pemungutan Pajak Restoran di Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Governance*, 4(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418%2Fgov.v4i3.732>
- Batubara, J. (2022). Perancangan Alat Monitoring Kualitas Udara dengan menggunakan Sensor MQ135 berbasis Mikro Kontroller Arduino Uno. In *Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Vol. September* (Issue 03).
- Endra, Robby Yuli; Ramadhan, Wahyu; Rozi, F. F. (2021). Design Aplikasi E-Health untuk Monitoring Kesehatan dan penyakit Covid-19. *ResearchGate*, January, 38–56. <https://www.researchgate.net/publication/348498906%0ADesign>
- Gunoto, P., & Kamil, I. (2021). Analisa Proses Kalibrasi Transmitter Ketinggian Air WTP pada Pembangkit Listrik Di PT. Mitra Energi Batam. *Sigma Teknika*, 4(2), 187–198.
- Hardianto, R., & Kusuma, C. (2019). Rancang Bangun Smart Lamp Menggunakan Micro Controller Arduino UNO. *ZONAsi: Jurnal Sistem Informasi*, 1(1), 28–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/zn.v1i1.2353>
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature

- Review. In *Technische Universitat Dortmund* (Vol. 01, Issue January). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248>
- Kirana, F. T., & Suryono. (2016). Rancang Bangun Sistemmonitoring Kadar Salinitas Air menggunakan Wireless Sensor Systems (WSS). *Youngster Physics Journal*, 5(4), 227–234.
- Muzahar. (2020). *Teknologi dan Manajemen Budidaya Udang*. UMRAH PRESS.
- Noor, A., Supriyanto, A., & Rhomadhona, H. (2019). Aplikasi Pendekripsi Kualitas Air menggunakan Turbidity Sensor dan Arduino Berbasis Web Mobile. *Corel IT*, 5(1), 13–18.
- Pramana, R. (2018). Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air dan Suhu Air Pada Kolam Budidaya Ikan. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, 07(01), 13–23.
- Prasetyo, I. (2014). Teknik Analisis Data Dalam Research and Development. *UNY: Fakultas Ilmu Pendidikan*, 6, 11. <http://staffnew.uny.ac.id/upload/132310875/pengabdian/teknik-analisis-data-dalam-research-and-development.pdf>
- Priyo Santoso, A. A. (2022). Kajian Potensi Lahan untuk Pengembangan Akuakultur di Daerah Aliran Sungai (DAS) Talau-Loes, Lintas Batas RDTL-Indonesia. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan (Jvip)*, 3(1), 44–51.
- Saputra, G. A. (2020). *Analisis Cara Kerja Sensor pH-E4502C Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Merancang Alat Pengendalian pH Air Pada Tambak* (Issue Oktober). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32110.84809>
- Sukuryadi; Ali, I. (2015). Pemetaan Potensi Sumberdaya Wilayah Pesisir Selatan Kabupaten Lombok Timur dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis. *Jurnal Kajian Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan*, 6(1), 37–48.
- Suparjo, M. N. (2008). Daya Dukung Lingkungan Perairan Tambak Desa Mororejo Kabupaten Kendal. *Daya Dukung Lingkungan Perairan Tambak Desa Mororejo Kabupaten Kendal*, 4(1), 50–55.
- Suradi, A., Yusuf, M., & Wuryandari, A. (2023). Workshop Penggunaan Mikrokontroler bagi Guru di SMK Negeri 1 Klaten. *Adhimaswidya Dharma*, 02(01), 8 hal. <https://doi.org/10.54840/widharma.v2i01.76>
- Surya, D. P. (2018). *Sistem Penentuan Lokasi Parkir Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Teknologi Internet Of Things*. <http://scholar.unand.ac.id/36531/>
- Udayana, I. K. B. F. (2020). Otomatisasi Penyiraman Tanaman dengan Menghitung Tingkat Kelembaban Tanah Berbasis Arduino. *Jurnal Bisnis & Teknologi Politeknik NSC Surabaya*, 7(1), 9–11.
- Vickyarnoldo Wantura. (2021). Implementasi Aerator Otomatis Berbasis IoT pada Tambak Udang Vaname Di Takalar. In *Departemen Teknik Elektro, UNHAS: Vol. X*.