

Pengukuran dan *Monitoring* Kualitas Air Baku Olahan di WTP Berbasis *IoT*

Fahrul Akbari¹, Mayda Waruni Kasrani², Diah Patriana Setianingsih³

^{1,2,3} Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan

Jln. Pupuk Raya Gn. Bahagia Balikpapan 76114 INDONESIA

Email: ¹fahrulakbari27@gmail.com

Abstract—A Water Treatment Plant (WTP) is a facility that enhances the quality of water for specific end uses, such as drinking water, industrial water supply, and other purposes, including the safe return of treated wastewater to the environment or nature. This research aims to develop a measurement and monitoring system for the raw processed water quality at the WTP based on the Internet of Things (IoT). The system is designed to assist the WTP in real-time monitoring of the processed raw water quality. The selected research location is the WTP in the Balikpapan region, specifically WTP Manggar Baru and WTP Latif Sepinggian. Water samples are collected from both WTPs for subsequent comparison of results. The research methodology involves a literature review and field methods to implement the design outcomes and collect monitoring data at the aforementioned WTPs. In the testing of WTP 1 samples, the average pH values range from 7 to 7.21 mg/l, turbidity from 3.28 to 5.84 NTU, and dissolved solids from 256 to 359 mg/l. WTP 2 sample testing results in average pH values ranging from 7.21 to 7.35 mg/l, turbidity from 2.64 to 6.48 NTU, and dissolved solids from 145 to 151 mg/l. These values comply with the water quality standards set by the Ministry of Health Regulation No. 32 of 2017. The conclusion drawn from the research is that the monitoring system functions as intended. The output, presented in the form of graphs and measurement values from sensor readings, is successfully transmitted and received by the website. The information can be displayed through the website system effectively.

Abstrak--Water Treatment Plant (WTP) atau tempat pengolahan air merupakan fasilitas yang melakukan proses peningkatan kualitas air untuk penggunaan akhir tertentu. Penggunaan akhir tersebut misalnya untuk kebutuhan air minum, pasokan air industri, serta kebutuhan lain termasuk diantaranya pengembalian air limbah dengan aman ke lingkungan atau alam. Penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu sistem pengukuran dan monitoring kualitas air baku olahan di WTP berbasis IoT. Sistem ini akan membantu WTP untuk memantau kualitas air baku olahan secara *real-time*. Adapun lokasi yang dipilih sebagai tempat penelitiannya adalah WTP di wilayah Balikpapan, yaitu WTP Manggar Baru dan WTP Latif Sepinggian. Sampel air diambil dari kedua WTP tersebut untuk kemudian dibandingkan hasilnya. Metode penelitian berupa metode studi literatur dan metode lapangan untuk menerapkan hasil rancangan dan mengumpulkan data *monitoring* pada kedua WTP tersebut di atas. Pada pengujian sampel WTP 1 menghasilkan nilai rata-rata pH sekitar 7 – 7.21mg/l, kekeruhan 3.28 – 5.84 NTU, dan zat padat terlarut 256 – 359 mg/l dan pengujian sampel WTP 2 menghasilkan nilai rata-rata pH 7.21 – 7.35 mg/l, kekeruhan 2.64 – 6.48 NTU, dan zat padat terlarut 145 – 151 mg/l. Nilai tersebut sesuai dengan standar mutu kesehatan air menurut Permenkes no 32 tahun 2017. Kesimpulan dari penelitian adalah sistem *monitoring* berfungsi dengan semestinya, dimana output berupa grafik dan nilai pengukuran hasil pembacaan data dari sensor dikirim dan diterima *website* dengan baik dan dapat ditampilkan melalui sistem *website*.

Kata kunci: *Water Treatment Plant, IoT, Website, Monitoring.*

I. PENDAHULUAN

Water Treatment Plant atau tempat pengolahan air merupakan fasilitas yang melakukan proses peningkatan kualitas air untuk penggunaan akhir tertentu [1]. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Pemantauan kualitas air hanya dilakukan secara fisik dengan memeriksa parameter seperti warna, bau, rasa, dan kekeruhan [2]. Akibat pemantauan fisik tersebut menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi dan merespons perubahan kualitas air secara cepat. Frekuensi pencatatan yang tidak menentu dapat menciptakan ketidakpastian terkait kualitas air. Oleh karena itu, diusulkan pembuatan *prototype* sistem pengukuran dan *monitoring* kualitas air baku secara *real-time* dengan menggunakan teknologi *Internet of Things*. Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu sistem pengukuran dan *monitoring* kualitas air baku olahan di WTP berbasis *IoT*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Water Treatment Plant

Water Treatment Plant atau Tempat pengolahan air yang meningkatkan kualitas air agar lebih bisa digunakan untuk penggunaan akhir tertentu [1].

B. Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* adalah suatu proses yang mengumpulkan data dari berbagai sumber daya secara *real time*. Antara tahap-tahap tersebut, terdapat suatu aksi berupa servis yang berjalan terus-menerus pada interval waktu tertentu [3].

C. Internet of Things (IoT)

Istilah "*Internet of Things*" diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada presentasi kepada Proctor & Gamble pada tahun 1999. *IoT* adalah konsep yang menghubungkan semua perangkat ke internet dan memungkinkan perangkat *IoT* untuk berkomunikasi satu sama lain melalui internet. *IoT* adalah jaringan besar perangkat yang terhubung, yang mengumpulkan dan membagikan data tentang cara penggunaan perangkat dan lingkungan tempat perangkat tersebut beroperasi. Setiap hal yang unik diidentifikasi melalui sistem komputasi tertanam, tetapi mampu beroperasi dalam infrastruktur internet yang ada. *IoT* sangat berguna bagi manusia karena dapat membantu pekerjaan atau masalah yang dihadapi dalam kesehariannya, serta digunakan sebagai alat produksi di pabrik-pabrik modern yang tidak boros tenaga [4].

D. Kualitas dan Standar Mutu Kesehatan Air

PP No. 22/2021 tentang Pelaksanaan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang memuat standar kualitas air sungai dan lainnya [5]. Standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan hanya diwajibkan untuk diperiksa jika kondisi geohidrologi mengindikasikan adanya potensi pencemaran berkaitan dengan parameter tambahan. Tabel 2.1, Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 berisi daftar parameter wajib untuk parameter fisik, parameter biologi dan parameter kimia yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi [6].

Tabel 1 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padat terlarut (Total Dissolved Solid)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	suhu udara ± 3
5.	Rasa		tidak berasa
6.	Bau		tidak berbau

Sumber: Permenkes Nomor 32 Tahun 2017

Tabel 2 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	<i>E. coli</i>	CFU/100ml	0

Sumber: Permenkes Nomor 32 Tahun 2017

Tabel 3 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib			
1.	pH		6,5-8,5
2.	Besi	mg/L	1
3.	Fluorida	mg/L	1,5
4.	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500
5.	Mangan	mg/L	0.5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/L	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/L	1
8.	Sianida	mg/L	0,1
9.	Deterjen	mg/L	0,05
10.	Pestisida tota	mg/L	0,1
Tambahan			
1.	Air raksa	mg/L	0,001
2.	Arsen	mg/L	0,05
3.	Kadmium	mg/L	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/L	0,05
5.	Selenium	mg/L	0,01
6.	Seng	mg/L	15
7.	Sulfat	mg/L	400
8.	Timbal	mg/L	0,05
9.	Benzene	mg/L	0,01
10.	Zat organik (KMNO ₄)	mg/L	10

Sumber: Permenkes Nomor 32 Tahun 2017

E. Arduino Uno

Arduino merupakan sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam memori mikrokontroler Arduino. Board pada Arduino Uno mikrokontroler berbasis ATmega328 dan bersifat *open source* [7].

F. NodeMCU

NodeMCU ESP8266 adalah mikrokontroler yang sudah dilengkapi dengan modul WIFI ESP8266 didalamnya, jadi NodeMCU sama seperti Arduino, namun memiliki kelebihan yang sudah memiliki wifi di dalamnya, namun memiliki port

yang lebih sedikit dibandingkan Arduino. Untuk memasukan program ke dalam NodeMCU digunakanlah aplikasi Arduino, bahasa pemrograman pada NodeMCU adalah C++. Pada NodeMCU versi 3.0 ini ESP8266 yang digunakan yaitu tipe ESP-12E yang lebih stabil dari ESP-12 [8].

G. Sensor pH

pH digunakan untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaaan larutan, yang ditentukan oleh konsentrasi ion hidrogen (H⁺) dalam pelarut air. Skala pH berkisar dari 0 hingga 14, di mana larutan netral memiliki pH antara 6,0 sampai 8,0. Nilai pH di atas 8,0 menunjukkan sifat basa, sedangkan nilai pH di bawah 6,0 menunjukkan sifat keasaman. Sensor pH terdiri dari elektroda kaca yang sensitif terhadap pH pada ujungnya, berisi larutan klorida dengan pH yang diketahui dan sebuah elektroda [8].

H. Sensor Kekeruhan

Sumber cahaya yang digunakan adalah dioda laser yang mengenai air. Intensitas cahaya yang diterima oleh fotodioda TSL 250 mencerminkan tingkat kekeruhan air. Intensitas cahaya yang diterima akan dikonversi menjadi sinyal tegangan. Keluaran sinyal tegangan dari alat ini menunjukkan nilai tegangan yang sebanding dengan tingkat kekeruhan air [9].

I. Sensor TDS

Sensor TDS memiliki prinsip kerja yang sesuai dengan sifat konduktivitas listrik. Terdapat dua elektroda yang dapat mengukur konduktivitas pada cairan [10].

J. Arduino IDE

Android Studio merupakan paket lengkap yang sudah dapat menulis, mengedit, menyimpan source code dan dapat juga untuk testing project. Arduino IDE merupakan aplikasi yang berbasis open source untuk membuat source code pada board Arduino atau mikrokontroler lain yang didukung. Cc, yang utamanyadigunakan untuk mengedit, menyusun dan mengunggah kode dalam perangkat Arduino. Hampir semua modul Arduino kompatibel dengan perangkat lunak ini yang merupakan open source dan sudah tersedia untuk menginstal dan mulai mengkompilasi kode Arduino IDE [11].

K. Visual Studio Code

Visual Studio Code bersifat open source. Hal ini juga yang membuat VS Code menjadi favorit para pengembang aplikasi, karena mereka dapat ikut serta dalam proses pengembangan Visual Studio Code. Lightweight tidak perlu menunggu lama untuk memulai, mengontrol sepenuhnya bahasa, tema, debugger, commands dan lain-lainnya sesuai keinginan. Code debugging merupakan salah satu fitur terkeren yang ditawarkan visual studio code adalah membantu melakukan debug pada kode dengan cara mengawasi kode, variabel, call stack dan expression yang mana saja. Source control visual studio code memiliki integrated source control termasuk Git support in-the-box dan penyedia source code control lainnya di pasaran. Integrated terminal Tidak ada lagi multiple windows dan alt-tabs. Dapat melakukan command-line task sekejap dan membuat banyak terminal di dalam editor [12].

L. PHP

PHP Adalah bahasa *scripting server-side*, Bahasa pemrograman yang digunakan untuk mengembangkan situs web statis atau situs web dinamis atau aplikasi Web. PHP singkatan dari *Hypertext Pre-processor*, yang sebelumnya disebut *Personal Home Pages*, script sendiri merupakan sekumpulan instruksi pemrograman yang ditafsirkan pada saat runtime. Sedangkan Bahasa *scripting* adalah bahasa yang menafsirkan skrip saat runtime. Dan biasanya tertanam ke dalam lingkungan perangkat lunak lain. Bahasa pemrograman umum yang berarti php dapat disematkan ke dalam kode HTML, atau dapat digunakan dalam kombinasi dengan berbagai sistem, sistem manajemen konten web, dan kerangka kerja web [13].

M. MySQL Database

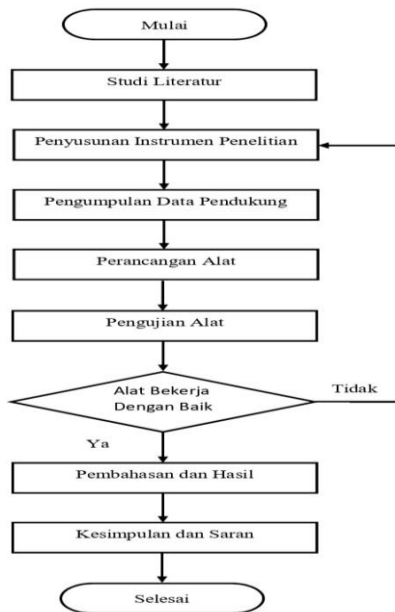
MySQL Database merupakan sebuah program yang dipakai untuk menyimpan data-data yang akan dipakai oleh sebuah situs web atau data-data yang lain yang akan dipakai oleh sebuah program pada computer [14].

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, penulis melakukan penelitian di WTP AL Amin Manggar dan WTP Latif Sepinggan, yang akan dilakukan pengamatan dan pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 15 Juli sampai dengan tanggal 15 Oktober 2023.

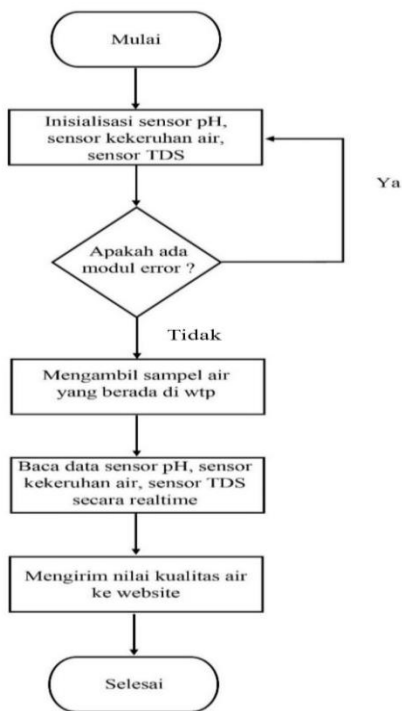
A. Diagram Alir Penelitian

Diagram penelitian disusun berdasarkan proses jalannya penelitian mulai dari persiapan penelitian, kajian literature, instrument penelitian, pengumpulan data hingga pada penyusunan laporan termasuk persiapan perancangan alat. Dengan studi literatur yang telah dikumpulkan maka penulis selanjutnya mempelajari konsep dasar dari penelitian yang akan dilakukan dan dilakukan juga dengan instrument data pendukung termasuk alat dan peralatan. Setelah komponen yang digunakan telah siap, penulis masuk kedalam sesi perancangan hardware dimana alat akan di rangkai sedemikian rupa sesuai dengan perancangan alat yang sesuai dan diinginkan, dan tidak lupa untuk melakukan pemrograman dalam sebuah software yang sudah terinstal didalam komputer yang selanjutnya di masukkan kedalam sebuah Arduino Uno untuk mengeksekusi perintah program. Diagram alir penelitian dapat ditunjukkan dalam gambar 1 agar memudahkan pemahaman penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

B. Diagram Alir Perancangan Alat



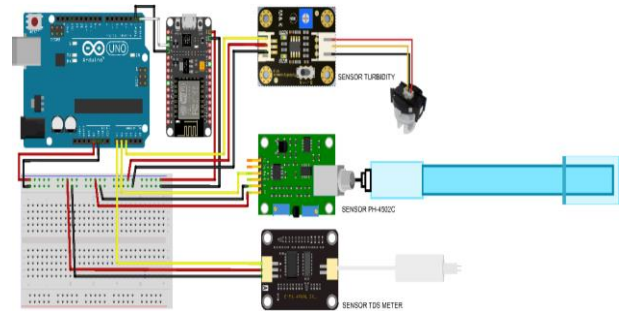
Gambar 2 Diagram Alir Perancangan Alat

Pada diagram diatas menjelaskan sistem dimulai dengan mendeteksi atau inisialisasi sensor tds, pH dan kekeruhan air, setelah data terbaca, apabila ada modul yang *error* maka akan kembali pada proses inisialisasi sensor pH, kekeruhan air dan tds. apabila tidak terjadi *error* maka dilanjutkan pengambilan sampel data, kemudian sensor akan membaca data dan data diperoleh akan di kirimkan ke website dan ditampilkan pada website yang terdapat pada laptop atau *smartphone*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

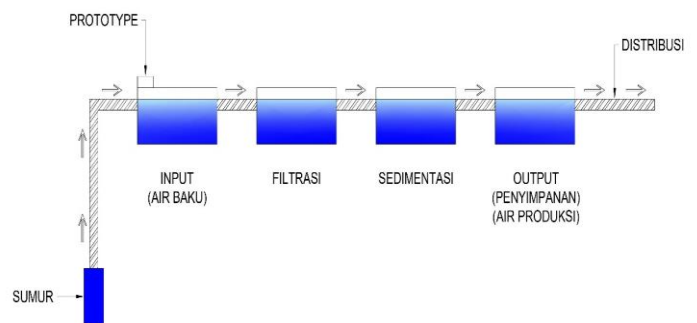
Perangkat keras yang digunakan pada sistem monitoring kualitas air baku adalah sensor pH, sensor TDS (Zat padat terlarut) dan sensor kekeruhan (*turbidity*) yang diletakkan dalam penampungan air WTP. Sensor-sensor tersebut mengirimkan data ke Arduino Uno sebagai controller, yang kemudian akan berkomunikasi dengan NodeMCU Esp8266 untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke *website* sebagai output.



Gambar 3 Wiring diagram

Pertimbangan dalam pemilihan penempatan alat monitoring di penampungan input (seperti ditunjukkan pada Gambar 4) daripada penampungan output pada WTP adalah

- Deteksi dini masalah: Penempatan di penampungan input memungkinkan deteksi dini terhadap masalah kualitas air baku sejak awal proses pengolahan. ini memungkinkan respons cepat dan tindakan korektif pada tahap awal, dan mengambil tindakan untuk proses lanjutan.
- Evaluasi kondisi air baku: Informasi awal tentang kualitas air baku memberikan pandangan menyeluruh tentang kondisi sumber air, yang dapat membantu dalam perencanaan dan pengelolaan jangka panjang.



Gambar 4 Desain penempatan alat

B. Perancangan Perangkat Lunak

Setelah menyelesaikan perancangan dan perakitan komponen, tahap selanjutnya adalah mengimplementasikan perangkat lunak dengan membuat program menggunakan *software* Arduino IDE dan membuat sebuah *website* untuk melakukan *monitoring* kualitas air.

```

ArduinoUnoMonitoring
#include <SoftwareSerial.h>
#include <EEPROM.h>
#include "GravityTDS.h"

/////Sensor TDS
#define TdsSensorPin A0
GravityTDS gravityTds;
float temperature = 25,tdsValue = 0;

/////Sensor pH
int ph_Pin = A1;
float pHValue = 0;
float PH_step;
int nilai_analog_PH;
double TeganganPh;
//// kalibrasi pH
float PHA = 3.43;//PH: 4.01
float PHB = 3.07;//PH: 6.86

/////Sensor Kekeruhan (Turbidity)
const int sensorTurbidity = A2;
unsigned int i;
unsigned int z;
unsigned long ADC_NTU[1];
float turbidity;

SoftwareSerial DataSerial(2, 3);// RX, TX
    
```

Gambar 5 Inisialisasi pada Arduino Uno

Gambar 5 berisi program inisialisasi Arduino Uno yang menggunakan beberapa sensor, termasuk sensor TDS (zat pada terlarut), sensor pH, dan sensor kekeruhan (turbidity), serta untuk berkomunikasi dengan perangkat NodeMCU ESP8266 melalui koneksi serial (SoftwareSerial).

```

NodeMCU8266
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266HTTPClient.h>

SoftwareSerial DataSerial(D9, D10); // RX, TX

//millis sebagai pengganti delay
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 60000;

float tds, ph, turbidity;

const char* ssid = "Fahrul"; // Nama SSID jaringan WiFi
const char* password = "12345678"; // Kata sandi jaringan WiFi

//variabel array untuk data parsing
String arrData[3];

/////
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  DataSerial.begin(115200);

  // Menghubungkan ke jaringan WiFi
  Serial.println();
  Serial.print("Menghubungkan ke ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password); // Memulai koneksi WiFi

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("Koneksi WiFi berhasil!");
  Serial.print("Alamat IP: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println("tds, ph, turbidity");
}
    
```

Gambar 6 Inisialisasi pada nodemcu esp8266

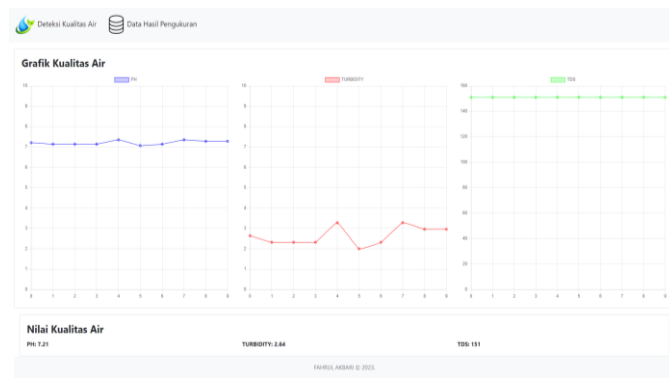
Gambar 6 berisi inisialisasi NodeMCU ESP8266 untuk menghubungkan ke jaringan WiFi dan menerima data dari Arduino Uno melalui komunikasi serial SoftwareSerial. Program ini mengirim data sensor TDS (zat pada terlarut), pH, dan turbiditas ke sebuah server HTTP melalui metode POST.

```

1 <?php
2 $mysqli=mysqli_connect("localhost","fah7226_sutargo","fah7226_sutargo","fah7226_sutargo");
3
4 <DOCTYPE html>
5 <html>
6
7 <head>
8 <title>kualitas air tds, ph dan turbidity</title>
9 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
10 <meta http-equiv="refresh" content="30">
11 <link rel="stylesheet" href="https://stackpath.bootstrapcdn.com/bootstrap/4.1.3/css/bootstrap.min.css">
12 <script src="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"></script>
13 <script src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
14 </style>
15 </head>
16
17 <body>
18 <div class="container">
19 <div class="row">
20 <div class="col-md-6">
21 <div class="card">
22 <div class="card-body">
23 <div class="text-align: center">
24 <h3>Deteksi Kualitas Air</h3>
25 </div>
26 <div class="row">
27 <div class="col-md-4">
28 <div class="card">
29 <div class="card-body">
30 <div class="text-align: center">
31 <h4>Data Hasil Pengukuran</h4>
32 </div>
33 </div>
34 </div>
35 </div>
36 </div>
37 </div>
38 </div>
39 </div>
40 </div>
41 </div>
42 </div>
43 </div>
44 </div>
45 </div>
46 </div>
47 </div>
48 </div>
49 </div>
50 </div>
51 </div>
52 </div>
53 </div>
54 </div>
55 </div>
56 </div>
57 </div>
58 </div>
59 </div>
60 </div>
61 </div>
62 </div>
63 </div>
64 </div>
65 </div>
66 </div>
67 </div>
68 </div>
69 </div>
70 </div>
71 </div>
72 </div>
73 </div>
74 </div>
75 </div>
76 </div>
77 </div>
78 </div>
79 </div>
80 </div>
81 </div>
82 </div>
83 </div>
84 </div>
85 </div>
86 </div>
87 </div>
88 </div>
89 </div>
90 </div>
91 </div>
92 </div>
93 </div>
94 </div>
95 </div>
96 </div>
97 </div>
98 </div>
99 </div>
100 </div>
    
```

Gambar 7 Inisialisasi pada halaman utama website

Gambar 7 merupakan program inisialisasi halaman web HTML utama dengan PHP dan JavaScript yang digunakan untuk menampilkan data kualitas air dalam bentuk grafik dan memberikan informasi tingkat kualitas air berdasarkan data sensor.



Gambar 8 Lay out tampilan grafik pengukuran pH, turbidity dan TDS pada halaman utama

Data Hasil Pengukuran

Data

No	Waktu	TDS	pH	Turbidity
1	2023-10-29 15:38:31	260.00	7.14	5.84
2	2023-10-29 15:39:31	260.00	7.21	5.52
3	2023-10-29 15:40:31	260.00	7.07	5.52
4	2023-10-29 15:41:31	260.00	7.00	5.20

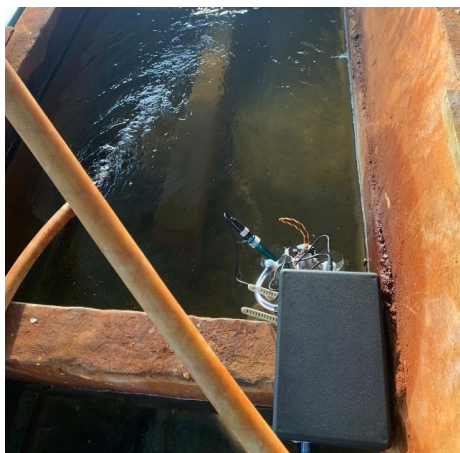
Gambar 9 Lay out tampilan pada data hasil pengukuran

C. Tahap Pengujian

1. Sampel air diambil sebanyak 6 (enam) sampel, dari 2 (dua) tempat yang berbeda. Tiga sampel per lokasi diambil pada hari yang berbeda-beda. Sampel-sampel tersebut kemudian dibawa ke mini laboratorium IPA

PDAM Gn. Sari untuk diukur nilai kualitas airnya sebagai pembanding.

2. Pengujian prototipe dengan melakukan pengukuran dan pengambilan data selama 1 (satu) jam per hari dan dilakukan selama 3 (tiga) hari di WTP.
3. Pengujian Kualitas Air baku olahan
 Pengujian ini meliputi pengukuran kualitas sampel air baku olahan dari di WTP, pada pengujian ini prototipe ditelakkan di bagian input WTP, dan lama pengukuran dan monitoring dilakukan selama kurang lebih 1 jam.



Gambar 10 Proses pengambilan sampel air di WTP 1



Gambar 11 Proses pengambilan sampel air di WTP 2

Pemasangan prototipe pada Gambar 10 dan 11 proses pengukuran air baku olahan selama satu jam dapat dijelaskan sebagai pengumpulan data pada berbagai parameter kualitas air di WTP selama periode satu jam. Hasil pengukuran tersebut kemudian diolah dengan menghitung rata-rata dari semua nilai pengukuran yang diperoleh selama waktu tersebut. Proses ini mencakup pengamatan dan pencatatan terhadap parameter-parameter tertentu seperti pH, kekeruhan (turbidity), dan TDS (zat padat terlarut) selama satu jam di WTP. Setiap nilai pengukuran dijumlahkan (contoh data 1 sampai 60 ditambahkan), dan hasilnya kemudian dibagi dengan total jumlah pengukuran (contoh 60 data) untuk mendapatkan nilai rata-rata. Langkah ini membantu dalam memahami tren dan variasi kualitas air baku olahan selama satu jam, yang merupakan informasi penting dalam memantau dan mengelola sistem pengolahan air.

$$\text{nilai rata - rata pengukuran} = \frac{\text{total nilai pengukuran}}{\text{total jumlah pengukuran}}$$

Tabel 4 Nilai rata-rata pengukuran air baku olahan menggunakan prototipe di WTP

Pengujian sampel WTP 1				
No	Tanggal	Parameter		
		pH	Kekeruhan / Turbidity (NTU)	Zat padat terlarut / TDS (mg/l)
1	29 Oktober 2023	7.14	5.84	260
2	30 Oktober 2023	7.00	3.28	359
3	31 Oktober 2023	7.21	5.84	256
Pengujian sampel WTP 2				
No	Tanggal	Parameter		
		pH	Kekeruhan / Turbidity (NTU)	Zat padat terlarut / TDS (mg/l)
1	1 November 2023	7.35	6.48	149
2	2 November 2023	7.28	2.96	145
3	3 November 2023	7.21	2.64	151

Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian selama 3 (tiga) hari yaitu nilai rata-rata pengukuran sensor air baku dari sampel air pada WTP 1 dan WTP 2. Masing-masing hasil menunjukkan nilai parameter yang diukur yaitu Ph, kekeruhan (turbidity), dan zat padat terlarut (TDS). Pada pengujian sampel WTP 1 menghasilkan nilai rata-rata pH sekitar 7 – 7.21, kekeruhan 3.28 – 5.84 NTU, dan zat padat terlarut 256 – 359 mg/l dan pengujian sampel WTP 2 menghasilkan nilai rata-rata pH 7.21 – 7.35, kekeruhan 2.64 – 6.48 NTU, dan zat padat terlarut 145 – 151 mg/l.

Tabel 5 Nilai rata-rata pengukuran air baku olahan di Laboratorium

Pengujian sampel WTP 1				
No	Tanggal	Parameter		
		pH	Kekeruhan / Turbidity (NTU)	Zat padat terlarut / TDS (mg/l)
1	29 Oktober 2023	7.13	5.85	263
2	30 Oktober 2023	7.01	3.35	362
3	31 Oktober 2023	7.18	5.72	258

Pengujian sampel WTP 2				
No	Tanggal	Parameter		
		pH	Kekeruhan / Turbidity (NTU)	Zat padat terlarut / TDS (mg/l)
1	1 November 2023	7.32	6.52	151

Penguujian sampel WTP 2				
2	2 November 2023	7.28	2.96	147
3	3 November 2023	7.21	2.64	154

Pada Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran di Laboratorium IPA PDAM Gn. Sari terhadap masing-masing 3 (tiga) sampel air baku dari setiap WTP. Masing-masing hasil menunjukkan nilai parameter yang diukur yaitu Ph, kekeruhan (*turbidity*), dan zat padat terlarut (TDS). Hasil dari Laboratorium ii dapat dijadikan acuan untuk menghitung Tingkat akurasi dari sesnsor yang digunakan.

Analisis dari hasil pengujian

Tabel 6 Rata-rata bacaan hasil *prototype* dan selisih bacaan laboratorium

PERBANDINGAN BACAAN SENSOR DAN HASIL LABORATORIUM				
WTP 1	Prototipe	Laboratorium	Selisih	Persen
pH rata-rata	7.12	7.11	0.01	0.14%
Kekeruhan rata-rata	4.99	4.97	0.02	0.40%
TDS rata-rata	291.67	294.33	2.67	0.91%
Total kesalahan persentase				0.48%
PERBANDINGAN BACAAN SENSOR DAN HASIL LABORATORIUM				
WTP 2	Prototipe	Laboratorium	Selisih	Persen
pH rata-rata	7.28	7.27	0.01	0.14%
Kekeruhan rata-rata	4.03	4.04	0.01	0.33%
TDS rata-rata	148.33	150.67	2.33	1.55%
Total kesalahan persentase				0.67%

Tabel 6 menunjukkan selisih bacaan sensor (*prototipe*) dan nilai laboratorium (Lab) yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Nilai\ prototype = \frac{total\ nilai\ pengukuran\ prototype}{total\ jumlah\ pengukuran\ prototype}$$

$$Nilai\ laboratorium = \frac{total\ nilai\ pengukuran\ laboratorium}{total\ jumlah\ pengukuran\ laboratorium}$$

Untuk menunjukkan selisih bacaan sensor (*prototipe*) dan nilai laboratorium yang dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Nilai\ Selisih = Bacaan\ prototype - Bacaan\ Laboratorium$$

Dalam konteks analisis ini, rumus ini memungkinkan untuk menilai sejauh mana pembacaan sensor mendekati atau berbeda dari nilai laboratorium.

Selanjutnya tabel 4.4 juga menunjukkan persentase kesalahan yang dihitung dengan membandingkan selisih antara pembacaan sensor (*prototype*) terhadap nilai laboratorium, kemudian dikalikan dengan 100%.

Rumus persentase kesalahan per parameter :

$$persen\ nilai\ kesalahan = \left(\frac{Selisih}{Nilai\ laboratorium} \right) \times 100\%$$

Rumus total nilai keseluruhan persentase :

$$total\ nilai\ keseluruhan\ persentase = \frac{total\ nilai\ persentase}{total\ jumlah\ pengukuran}$$

Tingkat kesalahan yang dapat diterima bervariasi tergantung pada standar kualitas atau aplikasi tertentu. Namun, secara umum, tingkat kesalahan kurang dari 5% sering dianggap baik untuk akurasi pengukuran menurut standard IEC no.13B-23 [15].

Dari hasil pengujian sistem *monitoring* kualitas air baku olahan di WTP, menunjukkan sistem *monitoring* berfungsi dengan semestinya, dimana output berupa grafik dan nilai pengukuran hasil pembacaan data dari sensor dikirim dan diterima *website* dengan baik dan dapat ditampilkan melalui *website*

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Setelah melewati tahapan perancangan, pembuatan, pengujian dan pemaparan hasil pengujian alat untuk monitoring air baku olahan di WTP dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari segi perangkat keras, integrasi perangkat IoT, termasuk sensor kekeruhan, sensor pH, sensor TDS, mikrokontroler, dan NodeMCU ESP8266 sebagai bagian dari sistem pemantauan kualitas air baku olahan di WTP, terhubung dengan baik dan bekerja sebagaimana diharapkan dengan total kesalahan persentase sebesar 0.48% pada WTP 1 dan total kesalahan persentase sebesar 0.67% pada WTP 2. Dari segi perangkat lunak, data yang dihasilkan oleh sensor-sensor tersebut dapat dikirimkan dan ditampilkan ke website melalui NodeMCU ESP8266. Website akan digunakan untuk menyimpan dan mengelola data kualitas air baku olahan. Program memungkinkan akses dari laptop atau smartphone ke website.
2. Website dapat diakses untuk mengelola dan menyajikan data dengan cara yang mudah dimengerti. Dengan demikian, penelitian ini merupakan solusi berbasis IoT yang memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler untuk pemantauan kualitas air baku olahan ditampilkan secara visual. Akses informasi *real-time* setiap satu menit tentang kualitas air baku olahan.

B. Saran

Hasil dari penelitian ini masih jauh dari kata sempurna. Adapun saran yang disampaikan penulis agar *prototipe* ini dapat dikembangkan dan menjadi lebih baik adalah :

1. Penelitian berikutnya dapat menambahkan sensor-sensor untuk pemantauan parameter kualitas air lainnya.
2. Menggunakan komponen-komponen yang memiliki kualitas yang lebih baik agar proses pembuatan prototipe berjalan dengan baik dan memiliki hasil yang stabil.
3. Menerapkan prototipe pada WTP yang memiliki kualitas air baku yang kritis atau yang memiliki fluktuasi nilai kandungan air yang besar.
4. Menggunakan bahasa program yang lain agar dapat dibuat dalam bentuk aplikasi *smartphone*.

REFERENSI

- [1] M. P. E. W. Elsa Verma Veber, Nanang Yulistio, Qoriatul Fitriyah, "Water Treatment," *Electr. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–37, 2021.
- [2] Permenkes RI, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum," *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. p. MENKES, 2010.
- [3] I. P. Ramayasa and I. B. K. S. Arnawa, "Perancangan Sistem Monitoring Pengerjaan Skripsi Pada Stmik Stikom Bali Berbasis Web," *Konf. Nas. Sist. dan Inform.*, pp. 760–765, 2015.
- [4] R. N. Hidayat, "Perancangan Sistem Deteksi Kekeruhan Air Pada Akuarium Ikan Arwana Berbasis IoT," *KONSTELASI Konvergensi Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 391–401, 2021, doi: 10.24002/konstelasi.v1i2.4260.
- [5] U. Atikah, R. Purnaini, and G. C. Asbanu, "Analisis Kualitas Air Baku dan Kualitas Air Hasil Produksi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) Unit Mukok PDAM Tirta Pancur Aji Kota Sanggau," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 2, p. 297, 2023, doi: 10.26418/jtlb.v11i2.64525.
- [6] Menteri Kesehatan Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum," *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones.*, pp. 1–20, 2017.
- [7] M. W. Kasrani, A. A. B, and A. S. Putra, "Perancangan Sistem Pengendalian Kecerahan Lampu Utama Pada Mobil Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 5, no. 1, pp. 104–108, 2020, doi: 10.36277/jteuniba.v5i1.88.
- [8] D. Ramdani, F. M. Wibowo, and Y. A. Setyoko, "Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring pH Air Aquascape Berbasis IoT (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram," *J. Informatics, Inf. Syst. Softw. Eng. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 59–68, 2020, doi: 10.20895/INISTA.V2I2.
- [9] H. R. dan A. R. D.Sasmoko, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kekeruhan Air Berbasis IoT pada Tandon Air Warga," vol. 5, no. 1, pp. 25–34, 2019.
- [10] F. Chuzaini, D. Wedi, S. Mata, A. Grogolan, D. Ngunut, and S. Tirta, "IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS)," *J. Inov. Fis. Indones.*, vol. 11, no. 3, pp. 46–56, 2022.
- [11] A. F. S. Rahman, M. S. Nugraha, and M. W. Kasrani, "Media Pembelajaran Arduino Melalui Augmented Reality Berbasis Android dengan Metode Marker-Based," *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 7, no. 1, pp. 276–283, 2022, doi: 10.36277/jteuniba.v7i1.196.
- [12] R. D. Heriyantoro, M. I. Dzulhaq, and L. S. M. Silitonga, "Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Guru Berprestasi dengan Metode AHP dan SAW pada SMA Markus Tangerang," *Acad. J. Comput. Sci. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 2–9, 2020, doi: 10.38101/ajcsr.v2i2.284.
- [13] K. Sirait, M. Kom, J. Franky, R. Panggabean, and S. Kom, "Belajar Dasar Php (Studi Kasus Merancang Halaman Website Akademik) Penerbit Cv.Eureka Media Aksara," 2021.
- [14] Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, "Instalasi Apache Web Server, MySQL Database, dan PHP pada Sistem Operasi Fedora Core 5," *J. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 23–35, 2006.
- [15] H. R. Fajrin, U. Zakiyyah, and K. Supriyadi, "Alat Pengukur Ph Berbasis Arduino," *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, vol. 1, no. 2, 2020, doi: 10.18196/mt.010207.