

SISTEM MONITORING AIR LAYAK KONSUMSI BERBASIS  
MIKROKONTROLER ESP32 DAN PROTOKOL MQTT

**Joni Welman Simatupang, Kemal Rizky Wahyudi, Ibadurrahman  
Hanif, dan Siti Hamidah**

Program Studi Teknik Elektro President University, Cikarang,  
Jawa Barat

Email: joniwsmt@president.ac.id

### **A. Pendahuluan**

Semakin bertambahnya populasi makhluk hidup dan adanya faktor kegiatan dari berbagai sektor mengakibatkan kebutuhan akan air bersih juga semakin tinggi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik per tahun 2020, jumlah produksi air bersih di Indonesia dapat mencapai 5262,1 Juta m<sup>3</sup>. Penggunaanya dikategorikan ke dalam pengguna sosial, pengguna khusus, pengguna niaga dan industri, pengguna non niaga, dan lain-lain (BPS, 2015-2020).

Peningkatan jenis dan jumlah perusahaan yang mengelola air bersih di Indonesia juga signifikan. Jenis perusahaan yang tercakup adalah Perusahaan Air Minum (PAM), Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), dan Badan Pengelola Air Minum (BPAM), serta beberapa perusahaan swasta. Peningkatan jumlah perusahaan dapat dilihat dari tahun ke tahun: tahun 2015 jumlah perusahaan air bersih sebanyak 539, tahun 2017 sebanyak 534, tahun 2018 sebanyak 536, tahun 2019 meningkat sebanyak 541, dan tahun 2020 menjadi sebanyak 543 perusahaan (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah Perusahaan Air Bersih Menurut Provinsi,  
2015-2020 (BPS, 2015-2020)

No	Provinsi	2015	2017	2018	2019	2020
1	Aceh	17	17	17	18	19
2	Sumatera Utara	42	43	42	42	41
3	Sumatera Barat	18	18	18	18	18
4	Riau	27	26	26	26	26
5	Jambi	10	10	10	11	11
6	Sumatera Selatan	18	18	19	19	18
7	Bengkulu	8	8	9	9	9
8	Lampung	48	41	42	43	44
9	Kepulauan Bangka Belitung	7	7	7	7	7

10	Kepulauan Riau	14	14	14	14	14
11	DKI Jakarta	7	8	8	8	8
12	Jawa Barat	22	22	22	22	22
13	Jawa Tengah	41	41	42	42	42
14	D.I. Yogyakarta	6	6	6	6	6
15	Jawa Timur	38	38	38	38	38
16	Banten	8	9	8	8	8
17	Bali	20	20	20	20	20
	Nusa Tenggara					
18	Barat	8	8	8	8	8
	Nusa Tenggara					
19	Timur	16	16	16	16	16
20	Kalimantan Barat	28	29	28	28	28
	Kalimantan					
21	Tengah	14	14	14	14	14
22	Kalimantan Selatan	12	12	12	12	12
23	Kalimantan Timur	9	9	9	9	9
24	Kalimantan Utara	5	5	5	5	5
25	Sulawesi Utara	14	14	14	14	14
26	Sulawesi Tengah	10	10	11	11	12
27	Sulawesi Selatan	24	24	24	24	24
28	Sulawesi Tenggara	10	10	10	10	11
29	Gorontalo	6	6	6	6	6
30	Sulawesi Barat	4	4	4	5	5
31	Maluku	8	7	7	8	8
32	Maluku Utara	8	8	8	8	8
33	Papua Barat	5	5	5	5	5
34	Papua Barat	7	7	7	7	7
	<b>Total</b>	<b>539</b>	<b>534</b>	<b>536</b>	<b>541</b>	<b>543</b>

Air bersih ditentukan berdasarkan hasil pengukuran berbagai parameter sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Di Indonesia, parameter-parameter pengukuran air bersih telah ditetapkan melalui Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 tahun 2010 dan No 2 tahun 2023 tentang kesehatan lingkungan. Di antara parameter yang wajib dipenuhi adalah parameter fisik dan parameter kimiawi (Menkes, 2010). Dalam parameter fisik terdapat nilai bau, warna, total zat padat terlarut, kekeruhan, rasa, dan suhu. Sedangkan dalam parameter kimiawi terdapat nilai kandungan aluminium, besi, kesadahan, khlorida, mangan, dan nilai pH. Adapun standar nilai yang wajib dipenuhi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum  
(Menkes, 2010)

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia anorganik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO <sub>2</sub> )	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO <sub>3</sub> )	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat pada terlarut	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	oC	suhu udara ± 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Aluminium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250

5) Mangan	mg/l	0,4
6) pH		6,5 - 8,5

Pengukuran air bersih harus dilakukan oleh perusahaan air bersih secara terus menerus supaya air yang didistribusikan ke masyarakat tidak menimbulkan gangguan kesehatan. Pengukuran yang dilakukan terus menerus dengan metode manual tentunya kurang efektif dan memiliki potensi error yang cukup tinggi. Oleh sebab itu, sangat dibutuhkan sistem monitoring online (Simatupang, dkk, 2022) bersifat praktis dan otomatis sehingga air yang terdistribusikan ke masyarakat dapat selalu terjamin kualitasnya.

Oleh karena itu, tujuan kami dalam penelitian ini adalah mengimplementasikan rancangan sistem monitoring air layak konsumsi berbasis ESP32 (ESP32 adalah mikrokontroler penerus dari ESP8266 yang sudah memiliki modul Wi-Fi dan Bluetooth) dengan protokol MQTT (Message Queue Telemetry Transport) cloud server. Pada penelitian ini, parameter yang akan dijadikan tolok ukur adalah parameter kekeruhan (turbiditas) air dan parameter keasaman (pH) air. Sistem yang kami gunakan mengacu kepada rancangan sistem yang dipublikasikan oleh repository Universitas Negeri Alauddin Makassar (Ardiansyah, 2016), namun dengan beberapa peningkatan. Peningkatan yang kami lakukan terletak pada penggunaan mikrokontroler ESP32 dengan komunikasi nirkabel (Aisyah, dkk, 2021) menggunakan protokol MQTT, penggunaan turbidity sensor untuk mendeteksi kekeruhan air (Noor, dkk, 2019), dan penggunaan cloud server sebagai media penyimpanan data (Iskandar, dkk, 2019), serta penampil dashboard berbasis situs web menggunakan aplikasi Grafana.

Kami berharap rancangan sistem ini nanti bisa diterapkan di berbagai perusahaan/instansi penyedia air minum layak konsumsi sehingga dapat meningkatkan baku mutu air minum yang akan didistribusikan kepada masyarakat luas secara berkala/teratur.

## **B. Studi Pustaka**

### **Mikrokontroler ESP32**

Mikrokontroler atau pengendali mikro adalah sistem mikroprosesor yang terkandung dalam sebuah chip. Sebuah mikrokontroler umumnya berisi kumpulan komponen pendukung mikroprosesor

atau biasa disebut sistem minimum, sistem minimum ini terdiri dari memori dan I/O (Input Output). Mikrokontroler berfungsi sebagai perangkat pengendali input dan output pada suatu sistem. Biasanya mikrokontroler digunakan dalam sistem-sistem otomatis, seperti sistem kontrol di dalam kendaraan, mesin-mesin di pabrik, peralatan kelistrikan, dan sistem benam (embedded system).

Atas dasar fungsi yang telah dijelaskan diatas, dalam sistem monitoring air layak konsumsi ini kami menggunakan mikrokontroler sebagai perangkat akuisisi data. Alasannya adalah karena mikrokontroler dapat digunakan sebagai perangkat akuisisi data dari sensor keasaman dan sensor kekeruhan secara real-time. Selain itu, pada perancangan sistem ini mikrokontroler ESP32 juga berfungsi sebagai perangkat transmisi data ke server melalui jaringan internet dengan memanfaatkan IC ESP32 itu sendiri yang di dalamnya telah terintegrasi dengan modul Wi-Fi (Simatupang, dkk, 2022).

### **PC (Personal Computer)**

PC adalah perangkat serbaguna yang di dalamnya terdapat CPU (Central Processing Unit) sebagai pusat pemrosesan data. PC berfungsi sebagai perangkat manipulasi sekaligus penyimpanan data. Biasanya PC digunakan untuk melakukan pekerjaan kantor dan pekerjaan yang membutuhkan proses penghitungan yang cepat dan akurat. Saat ini PC memiliki banyak tipe dan jenisnya ada yang berjenis mobile (laptop), dan ada juga yang fix (desktop). Dalam penelitian sistem monitoring air layak konsumsi ini, kami menggunakan laptop dengan dukungan sistem operasi Windows 10 versi 64-bit sebagai media pemrograman mikrokontroler, penyimpanan data, dan sebagai perangkat user-interface.

### **Power Supply**

Power supply atau catu daya adalah bagian terpenting pada rangkaian ini karena catu daya merupakan sumber utama yang akan mensuplai daya ke seluruh rangkaian. Catu daya yang digunakan dalam rangkaian adalah trafo dengan tegangan 5V. Karena untuk pengoperasian rangkaian mikrokontroller dan sensor menggunakan tegangan 5V.

### **Sensor Keasaman (pH Sensor)**

Sensor pH digunakan untuk mengukur derajat keasaman dan kebasaan dari larutan yang akan diuji (Pratama, dkk, 2022) (Sibiya dan Sumbwanyambe, 2020). Sensor pH yang kami gunakan adalah termasuk jenis sensor pH kaca. Konstruksi dari sensor pH kaca yaitu disusun dari 2 tabung, tabung 1 yaitu tabung yang berisi cairan buffer yang memiliki pH = 7 yang dilengkapi dengan elektroda berbahan perak yang disebut sebagai elektroda pengukur dan tabung 2 yang disebut dengan elektroda referensi.

Cara kerja dari sensor pH ini adalah dengan mengukur beda potensial dari kedua elektroda. Ketika sensor pH dimasukkan kedalam air yang akan diuji, maka bagian bawah dari sensor tersebut (bulb/membran kaca) akan dapat mendeteksi banyak atau tidaknya ion hidrogen dalam air. Apabila kadar ion hidrogen dalam air lebih banyak dari ion hidrogen dalam sensor (cairan buffer), maka air tersebut bersifat asam, dan apabila ion hidrogen dalam air lebih sedikit maka air tersebut bersifat basa. Kemudian data keasaman tersebut diubah menjadi sinyal analog untuk dapat diolah datanya.

### **Sensor Kekeruhan Air (Turbidity Sensor)**

Sensor kekeruhan air (turbiditas) digunakan untuk mengukur kualitas air dengan mendeteksi tingkat kekeruhan air tersebut (Noor, dkk, 2019) (Faisal, dkk, 2016). Sensor ini mendeteksi partikel tersuspensi dalam air dengan cara mengukur transmitansi dan hamburan cahaya yang berbanding lurus dengan kadar Total Suspended Solids (TSS). Semakin tinggi kadar TSS, maka semakin tinggi pula tingkat kekeruhan air tersebut. Kadar TSS ini yang nanti diubah menjadi sinyal analog untuk dapat dilakukan pengolahan data.

### **Arduino IDE**

Arduino IDE (Integrated Development Environment) adalah aplikasi komputer yang diperlukan dalam melakukan pemrograman mikrokontroler. Arduino IDE bersifat open-source yang artinya perangkat lunak ini dipublikasikan secara umum sehingga bisa digunakan, diperbaiki, dimodifikasi, atau disebarluaskan untuk keperluan pribadi, perusahaan, ataupun komersil.

Arduino IDE menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya. Untuk menghubungkan mikrokontroler ESP32 yang akan diprogram ke Arduino IDE, dibutuhkan arduino driver sebagai aplikasi yang menerjemahkan bahasa C ke bahasa mesin yang nantinya akan diterima oleh mikrokontroler. Arduino driver diinstal dan akan otomatis berjalan di balik layar pada Windows OS. Pada tulisan ini, Arduino IDE yang kami gunakan adalah versi 1.8.19. Kami menggunakan aplikasi ini sebagai aplikasi pemrograman mikrokontroler ESP32. Program yang dibuat diantaranya adalah untuk menerima data dari sensor keasaman dan sensor kekeruhan air, serta mentransmisikan data ke server melalui internet menggunakan protokol MQTT.

### **DBMS (Database Management System)**

DBMS adalah suatu sistem atau perangkat lunak yang dirancang khusus untuk mengelola suatu basis data sekaligus berfungsi sebagai perantara antara pengguna dan basis data. Untuk dapat berinteraksi dengan DBMS pengguna harus menggunakan bahasa yang sudah ditentukan oleh perusahaan penyedia DBMS. Bahasa basis data umumnya terdiri dari berbagai macam instruksi yang diformulasikan sehingga instruksi tersebut dapat diproses oleh DBMS. DBMS digunakan untuk membantu memelihara dan mengelola data dalam jumlah yang banyak sehingga dapat mencegah terjadinya kekacauan.

DBMS biasanya terdapat pada sisi server sebagai sistem penyimpanan data. Pada penelitian ini kami menggunakan XAMPP sebagai aplikasi web server dimana didalamnya sudah terdapat berbagai aplikasi lainnya yang mendukung pengembangan aplikasi berbasis web server. Di dalam XAMPP terdapat aplikasi MySQL yang berfungsi sebagai DBMS dimana nantinya akan menyimpan data hasil pembacaan sensor yang ditransmisikan oleh mikrokontroler melalui jaringan internet. Di dalam DBMS data disimpan dalam bentuk tabel-tabel yang dirancang sedemikian rupa sehingga tabel satu dengan tabel lainnya dapat saling terhubung dan terkelola dengan baik. Rancangan tabel pada DBMS biasa disebut dengan schema.

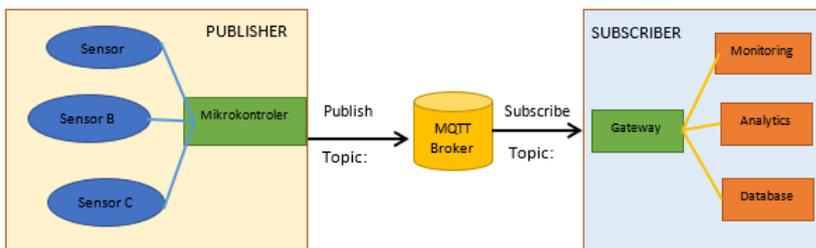
## Data Integrator

Data integrator adalah perangkat lunak pengintegrasian data, aplikasi ini merupakan salah satu tools yang dapat mempermudah pengembangan sistem yang menggunakan lebih dari satu perangkat keras dan dibutuhkan komunikasi antar perangkat-perangkat tersebut secara real-time. Aplikasi data integrator yang digunakan pada penelitian ini adalah Node-red. Node-red adalah aplikasi data integrator yang bersifat open-source. Node-red menghubungkan perangkat-perangkat keras, API (Application Programming Interface), dan layanan komunikasi lainnya yang bersifat online.

Node-red digunakan sebagai aplikasi yang menjembatani transmisi data dari mikrokontroler ke server. Pada kasus ini, Node-red akan menerima data hasil pembacaan sensor yang dikirim melalui protokol MQTT dari mikrokontroler. Kemudian, Node-red akan mengirimkan kembali data ke database server dalam bentuk perintah-perintah bahasa DBMS sehingga data disimpan sesuai format schema yang telah dibuat di DBMS.

## Protokol Komunikasi MQTT

MQTT adalah protokol komunikasi yang berjalan atas dasar komunikasi TCP/IP, dirancang untuk komunikasi machine-to-machine tanpa menggunakan alamat khusus. Protokol ini digunakan pada perangkat IoT dan mikrokontroler sebagai perangkat akuisisi dan transmisi data ke server (Iskandar, dkk, 2019). Sistem kerja MQTT menerapkan Publish dan Subscribe data. Pada penerapannya, perangkat akan terhubung pada sebuah broker dan mempunyai topic tertentu. Sistem kerja dari protokol ini dapat dilihat pada topologi sederhana protokol MQTT pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Topologi protokol komunikasi MQTT.

Publish merupakan cara suatu perangkat untuk mengirimkan data ke subscriber. Biasanya publisher ini adalah sebuah perangkat yang terhubung dengan sensor tertentu. Subscribe merupakan cara suatu perangkat untuk menerima berbagai macam data dari publisher. Subscriber dapat berupa aplikasi monitoring sensor dan sebagainya, subscriber ini yang nantinya akan meminta data dari publisher. Broker pada MQTT berfungsi untuk menangani data publish dan subscribe dari berbagai perangkat, broker biasanya berupa perangkat lunak yang terletak di server sehingga memiliki alamat IP khusus. Topic adalah identitas pengelompokan data di suatu kategori tertentu. Pada sistem MQTT protokol ini, topic bersifat wajib hukumnya. Pada setiap transaksi data antara publisher dan subscriber harus memiliki topic tertentu.

### **Aplikasi Tampilan**

Aplikasi tampilan adalah aplikasi penyedia tampilan (dashboard) yang berfungsi sebagai tatap muka pengguna. Aplikasi ini akan menampilkan data monitoring yang telah diletakan di DBMS ke dalam format grafik dan tampilan lainnya sehingga data dapat dengan mudah diterjemahkan dan dianalisa oleh penggunanya.

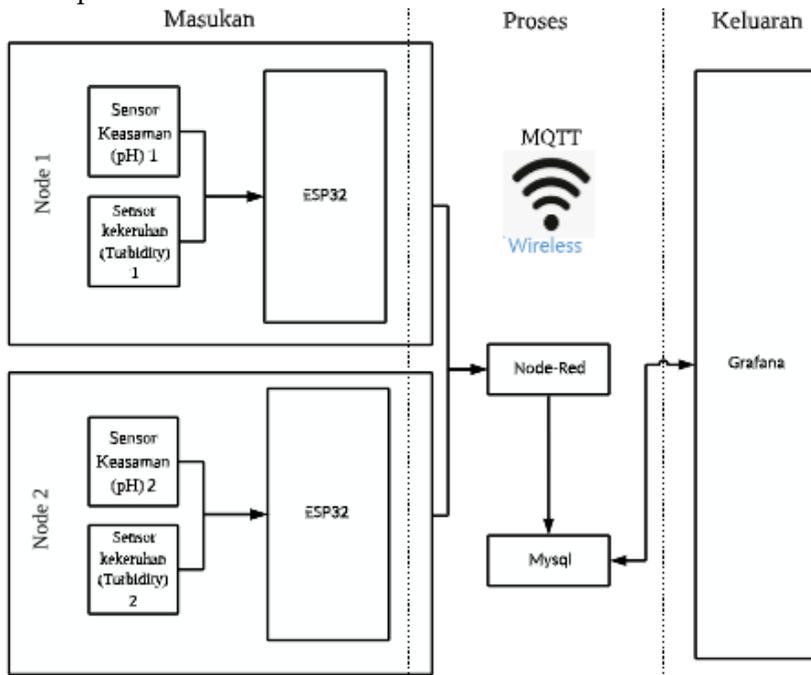
Aplikasi tampilan yang kami gunakan pada penelitian ini adalah Grafana. Grafana adalah aplikasi berbasis web bersifat open-source yang berfungsi sebagai pembuat dashboard. Aplikasi ini berjalan di sisi server dan akan menampilkan tampilan sesuai dengan design yang kita buat di sisi client. Grafana banyak digunakan oleh para pengembang aplikasi karna penggunaannya yang mudah serta komponen tampilan yang lengkap.

### **C. Metode Penelitian**

Dalam rangka menyelesaikan rencana pembangunan sistem monitoring air layak konsumsi berbasis ESP32 maka para penulis telah melakukan penelitian berdasarkan metode yang dijalankan secara bertahap dan terencana. Pada bagian ini akan dijelaskan tentang cara kerja sistem secara keseluruhan dan metode-metode yang digunakan.

## Diagram Alir

Langkah pertama yang dilakukan dalam merancang sistem monitoring air layak konsumsi berbasis ESP32 adalah membuat diagram alir sistem. Diagram alir pada rancangan sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Diagram alir sistem monitoring air layak konsumsi berbasis mikrokontroler ESP32.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir sistem monitoring yang memiliki tiga komponen di dalamnya, yakni: masukan, proses, dan keluaran. Di bagian masukan, terdapat node-node atau subsistem yang akan diletakan pada setiap titik pengukuran dan di dalam setiap satu node terdapat satu buah sensor keasaman, satu buah sensor kekeruhan, dan satu buah mikrokontroler ESP32. Setiap node akan mengirimkan paket data secara berkala yang berisi data keasaman air dan data kekeruhan air ke server.

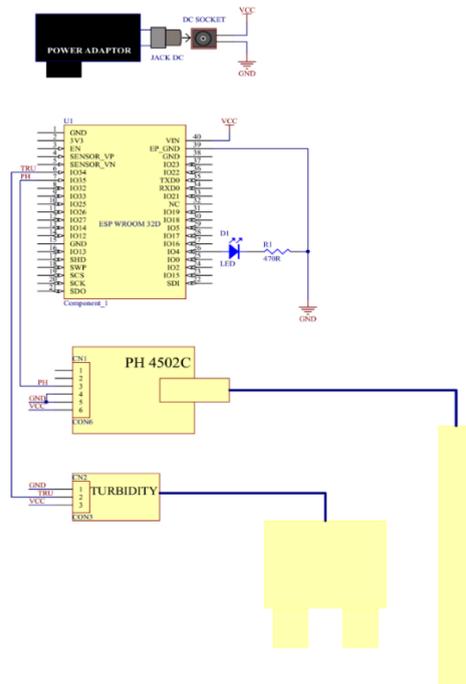
Kemudian di bagian proses, terdapat aplikasi data integrator (node-red), dan DBMS (MySQL). Pada bagian ini, data akan diterima dari setiap node oleh node-red melalui jaringan internet dengan protokol MQTT. Setelah data diterima oleh node-red, data akan

dikelompokkan berdasarkan sumber nodenya untuk kemudian dikirimkan dan disimpan di MySQL.

Setelah data tersimpan di MySQL, data-data tersebut akan ditampilkan di keluaran oleh aplikasi tampilan (grafana) berupa grafik. Grafana juga berfungsi sebagai pemberi tahu (notifier), fungsinya adalah memberikan notifikasi kepada pengguna ketika nilai keasaman air dan kekeruhan air melewati nilai batas standar. Notifikasi dapat dikirimkan melalui e-mail atau indikator pada dashboard yang dibuat.

### Pembacaan Nilai Pengukuran Menggunakan Mikrokontroler

Setiap node atau titik pengukuran terdiri dari satu buah sensor keasaman, satu buah sensor kekeruhan, dan satu buah mikrokontroler ESP32. Sensor keasaman dan sensor kekeruhan dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 dengan media kabel. Skema pengkabelan sensor-sensor dan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema pengkabelan sensor-sensor ke mikrokontroler ESP32.

Sensor turbidity dan PH memiliki sedikit kesamaan dalam pengambilan datanya dengan cara sensor merubah listrik dan keadaan lingkungan menjadi sinyal analog sehingga hasilnya dapat disimpulkan dan dijadikan data untuk studi kami. Perbedaan utamanya adalah bahwa untuk turbidity menggunakan sensor cahaya untuk penggunaannya dan PH sensor menggunakan sensor bio keasaman untuk penggunaannya.

### **Transmisi Data Menggunakan Protokol MQTT**

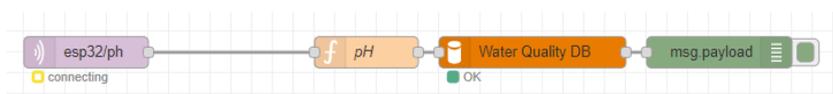
Setelah sensor-sensor dan mikrokontroler telah terhubung dan nilai pembacaan sensor telah diterima oleh mikrokontroler, data-data dari sensor akan ditransmisikan melalui jaringan internet dengan menggunakan protokol MQTT. Untuk mentransmisikan data dari mikrokontroler menggunakan protokol MQTT, program pada mikrokontroler dapat ditulis seperti berikut:

```
client.publish("esp32A/PH", pHString);  
client.publish("esp32A/turbidity", msg);
```

Pengambilan data beserta pengiriman data tersebut dilakukan setiap 5 detik untuk memastikan data yang terkirim mendekati nilai terbaru sesuai dengan keadaan sebenarnya.

### **Penerimaan Data pada Data Integrator dan Perintah Penyimpanan Data ke DBMS**

Setelah data ditransmisikan oleh setiap node menggunakan protokol MQTT sebagaimana telah dijelaskan di atas, data kemudian akan diterima oleh data integrator. Pada penelitian ini data integrator yang kami gunakan adalah Node-Red. Program flow Node-Red untuk sistem monitoring air layak konsumsi berbasis ESP32 dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Program flow Node-Red sistem monitoring air layak konsumsi berbasis ESP32.

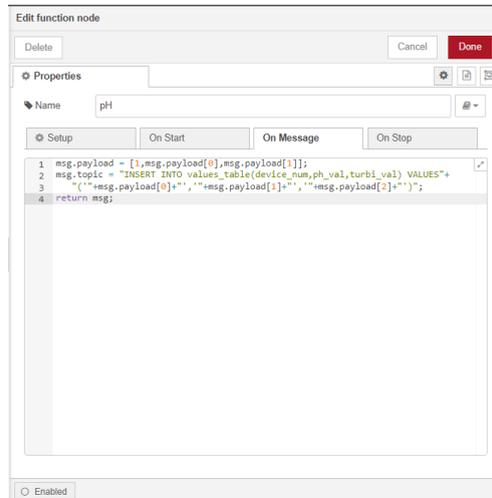
Pada program flow Node-Red diatas, terdapat empat node utama yang digunakan untuk menerjemahkan data yang berasal dari MQTT ke DBMS. Node yang pertama adalah MQTT node, MQTT node berfungsi sebagai program penerimaan data MQTT yang dikirim dari ESP32. MQTT node diidentifikasi dengan node warna ungu pada Gambar 4. MQTT node sendiri dijalankan dengan pengaturan seperti pada Gambar 5.

The image shows a configuration window titled "Edit mqtt in node". At the top, there are three buttons: "Delete", "Cancel", and "Done". Below the buttons is a "Properties" section with several fields:

- Server:** A dropdown menu showing "localhost:1883" with a pencil icon to its right.
- Action:** A dropdown menu showing "Subscribe to single topic".
- Topic:** A text input field containing "esp32/ph".
- QoS:** A dropdown menu showing "2".
- Output:** A dropdown menu showing "auto-detect (string or buffer)".
- Name:** A text input field containing "Name".

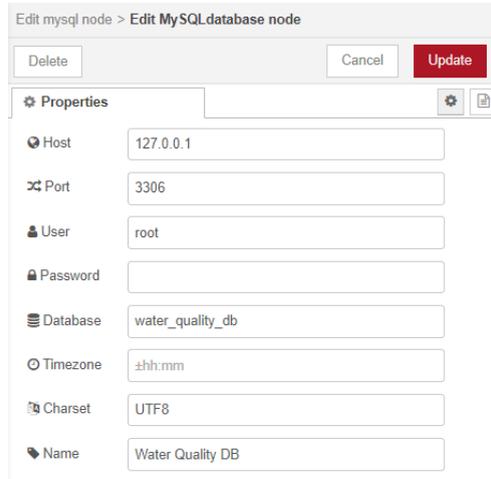
**Gambar 5.** Pengaturan MQTT node pada Node-Red.

Pada Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa dalam MQTT node terdapat parameter topic yang harus diisi, pada node ini topic yang diisi adalah "esp32/ph". Nilai topic sendiri harus sama persis dengan nilai topic yang telah di-publish oleh ESP32. Nilai topic bebas diisi dengan nama sesuai dengan yang kita inginkan, namun dengan syarat bahwa nama tersebut dapat mendefinisikan isi data pada jalur tersebut. Semisal "esp32/ph" seperti contoh diatas artinya data tersebut berasal dari esp32 yang berisikan data nilai ph dan kekeruhan air. Kemudian pada node berikutnya adalah node function, node ini berfungsi sebagai node yang memiliki fungsi custom atau fungsi khusus. Maksud dari fungsi custom atau fungsi khusus ini adalah fungsi yang bisa diprogram sesuai dengan apa yang kita inginkan. Isi dari node function dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Node function pada Node-Red.

Pada node function terdapat baris-baris kode program dengan bahasa pemrograman javascript. Node function diidentifikasi dengan node berwarna cream. Seperti terlihat pada Gambar 6 pada baris pertama, berisi `msg.payload = [1,msg.payload[0],msg.payload[1]]` baris ini berfungsi untuk merubah data payload sebelumnya yang berasal dari node MQTT menjadi format baru `[device_num,nilai_ph,nilai_turbidity]`. Kemudian pada baris kedua dan ketiga adalah baris yang berisi perintah DBMS yang ditulis dengan bahasa pemrograman khusus SQL. Baris ini akan mengirim data nilai pH ke DBMS dengan perintah "INSERT" ke dalam kolom `device_num`, kolom `ph_val`, dan kolom `turbi_val` pada tabel `values_table`. Yang terakhir pada baris ke empat berisi nilai balikan atau return baris ini akan mengembalikan nilai respon dari DBMS. Nilai return ini berguna untuk mengetahui apakah perintah input ke DBMS berhasil dieksekusi atau tidak. Node berikutnya adalah node `mysql`. Node `mysql` diidentifikasi dengan node berwarna jingga. Node ini berfungsi untuk melakukan koneksi dengan perangkat lunak DBMS `mysql`. Isi dari node `mysql` dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Pengaturan node mysql pada Node-Red.

Pengaturan node mysql diisi dengan parameter-parameter informasi DBMS yang dituju. Diantaranya adalah host dan port yang berisi alamat IP dari DBMS, user dan password DBMS, database yang berisi water\_quality\_db sesuai dengan nama database yang digunakan, dan parameter lain seperti pada Gambar 7.

Node terakhir adalah node debug yang diidentifikasi dengan node berwarna hijau pada Gambar 4. Node ini adalah node tambahan yang digunakan untuk melakukan proses debugging. Node ini akan menampilkan status dari flow saat program dijalankan, hal ini sangat berguna untuk melakukan troubleshooting.

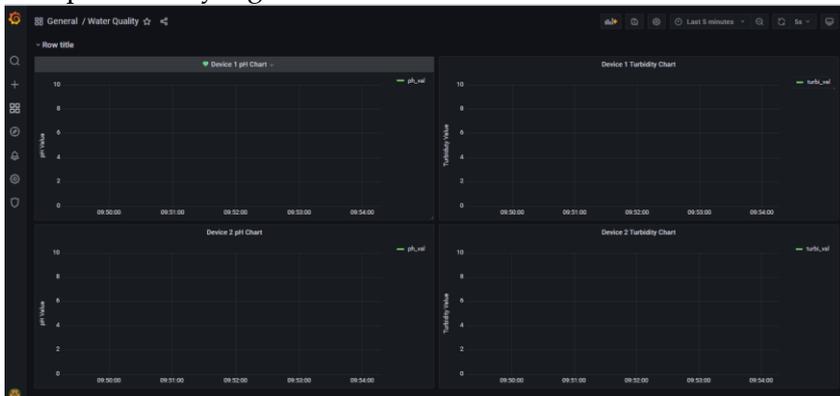
Node-red akan menjalankan program yang telah ditulis dan dirangkai dalam flow secara otomatis dan real-time. Ketika flow dijalankan dan tidak ada nilai error, artinya data dari esp32 melalui protokol komunikasi MQTT telah tersimpan pada DBMS.

### **Aplikasi Tampilan Data**

Setelah data tersimpan di DBMS seperti yang telah dijelaskan, selanjutnya data akan ditampilkan dalam bentuk grafik dengan menggunakan Grafana. Untuk membuat tampilan di grafana cukup dengan melakukan drag and drop komponen-komponen tampilan yang diinginkan. Kemudian, lakukan pengaturan konektivitas ke DBMS sesuai dengan alamat dan port IP, nama database yang

digunakan, dan nama tabel yang digunakan. Setelah pengaturan telah dilakukan, grafana akan secara otomatis menghubungkan tampilan yang telah dibuat dengan DBMS. Grafana akan secara otomatis mendeteksi apabila terdapat data yang baru dimasukkan ke DBMS dan data tersebut akan langsung ditampilkan pada grafik time-series (Gambar 3.5.1).

Gambar 8 menunjukkan bahwa aplikasi Grafana secara otomatis menampilkan data yang masuk ke DBMS secara real-time, dan data yang ditampilkan bersifat time-series. Time-series artinya data ditampilkan berdasarkan waktu data tersebut diterima oleh DBMS. Artinya komponen grafik pada sumbu X adalah parameter waktu saat data tersebut terekam oleh sensor, dan pada sumbu Y adalah nilai parameter yang ditentukan.



**Gambar 8.** Tampilan time-series data pada Grafana.

Ruang sebelah kiri bagian atas akan diisi dengan grafik nilai keasaman air pada device test 1, sedangkan grafik sebelah kiri bawah akan diisi dengan grafik nilai keasaman air pada device test 2. Lalu ruang kanan atas akan diisi dengan grafik kekeruhan air pada device test 1, dan bagian kanan bawah akan diisi dengan grafik kekeruhan air pada device test 2. Diharapkan bahwa seluruh nilai yang akan ditampilkan oleh aplikasi Grafana berjalan secara otomatis dan bersifat real-time.

### **Perancangan Tabel Uji**

Setelah melakukan perancangan sistem, selanjutnya adalah perancangan tabel uji untuk melakukan pengujian secara langsung pada beberapa jenis air. Dengan adanya tabel uji ini diharapkan

dapat membuktikan bahwa rancangan sistem mampu mendeteksi air layak konsumsi sesuai standar dan air yang tidak layak konsumsi. Perancangan tabel uji dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Tabel 3 akan menguji 3 jenis air yang berbeda yaitu air biasa, air dengan sifat basa, dan air dengan sifat asam. Pada setiap percobaan, diharapkan alat dapat menunjukkan nilai sesuai dengan yang diharapkan (Kemenkes, 2023). Standar ini adalah penyempurnaan dari standar yang diberikan di pendahuluan bahwa nilai maksimum kekeruhan air = 5 NTU. Pada Tabel 4, air dibedakan menjadi dua jenis: air jernih dan air keruh. Air yang layak konsumsi harus memiliki nilai maksimal 3 NTU; yang tidak layak konsumsi memiliki nilai diatas 3 NTU.

**Tabel 3.** Tabel Uji Sensor Keasaman Air

Percobaan	Jenis Pengujian	Yang Diharapkan	Nilai Pembacaan	Kesimpulan
1	Air Biasa	Alat dapat membaca kadar pH air 6,5-8,5		
2	Air ditambahkan larutan basa	Alat dapat membaca kadar pH air > 8,5		
3	Air ditambahkan larutan asam	Alat dapat membaca kadar pH air < 6,5		

**Tabel 4.** Tabel Uji Sensor Kekeruhan Air

Percobaan	Jenis Pengujian	Yang Diharapkan	Nilai Pembacaan	Kesimpulan
1	Air Jernih	Alat dapat membaca nilai NTU < 3		
2	Air Kotor	Alat dapat membaca nilai NTU > = 3		

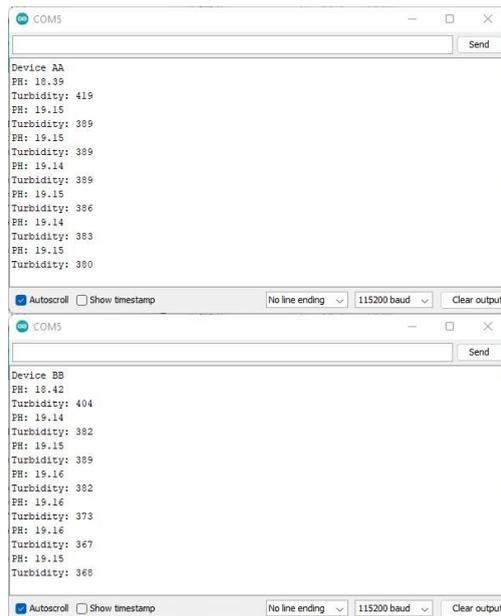
#### **D. Hasil Pembahasan dan Analisis**

##### **Hasil Pembacaan Sensor Keasaman dan Kekeruhan Air pada ESP32**

Sesuai dengan rancangan sistem pada Bagian 3.2, sensor keasaman dan kekeruhan air telah dirangkai pada mikrokontroler ESP32. Hasil rangkaian dapat dilihat pada Gambar 9, sedangkan hasil pembacaan Node1 dan Node2 ditunjukkan pada Gambar 10.



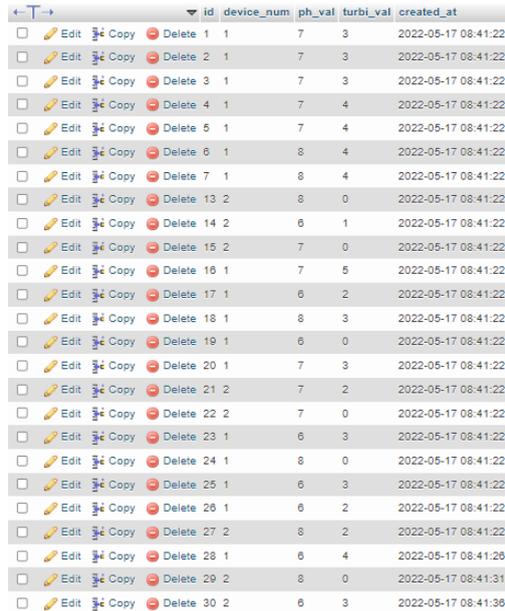
**Gambar 9.** Sensor keasaman (kiri) dan sensor kekeruhan (kanan) yang terangkai pada Mikrokontroler ESP32.



**Gambar 10.** Hasil pembacaan pada Node1 dan Node2.

## Hasil Pengiriman Data ke DBMS

Kemudian, data yang telah dibaca oleh kedua sensor akan dikirim ke DBMS melalui Node-Red. Gambar 11 merupakan data hasil pengiriman data dari sensor ke DBMS.



			id	device_num	ph_val	turbi_val	created_at	
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	1	1	7	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	2	1	7	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	3	1	7	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	4	1	7	4	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	5	1	7	4	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	6	1	8	4	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	7	1	8	4	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	13	2	8	0	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	14	2	6	1	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	15	2	7	0	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	16	1	7	5	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	17	1	6	2	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	18	1	8	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	19	1	6	0	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	20	1	7	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	21	2	7	2	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	22	2	7	0	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	23	1	6	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	24	1	8	0	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	25	1	6	3	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	26	1	6	2	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	27	2	8	2	2022-05-17 08:41:22
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	28	1	6	4	2022-05-17 08:41:28
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	29	2	8	0	2022-05-17 08:41:31
<input type="checkbox"/>	Edit	Copy	Delete	30	2	6	3	2022-05-17 08:41:36

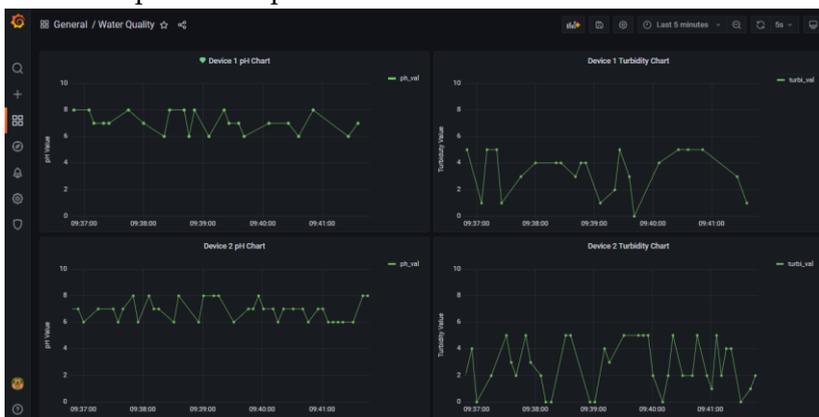
**Gambar 11.** Data yang terisi pada DBMS.

Pada Gambar 11 diatas ditunjukkan bahwa tabel telah terisi secara otomatis yang artinya pengiriman data dari Node-Red telah berhasil disimpan. Data yang disimpan diantaranya adalah data device\_num yang menunjukkan perangkat mana baris data tersebut berasal, kemudian ada kolom ph\_val dan turbi\_val yang berisi nilai data pengukuran, dan ada kolom created\_at yang menunjukkan waktu data tersebut diterima oleh DBMS. Kolom created\_at akan menjadi parameter utama waktu diterimanya data yang nantinya akan berguna untuk ditampilkan pada tampilan grafik di Grafana.

## Hasil Tampilan Pada Grafana

Ketika data telah berhasil disimpan pada DBMS, di saat yang bersamaan data akan secara otomatis ditampilkan pada tampilan antarmuka aplikasi Grafana. Tampilan yang ditampilkan berupa grafik yang bergerak secara continuous dan real-time. Hasil

tampilan monitoring air layak konsumsi pada tampilan aplikasi Grafana dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12.** Tampilan monitoring air layak konsumsi pada Grafana Terdapat empat grafik time-series yang ditampilkan pada grafana, yaitu grafik nilai keasaman air pada perangkat satu, grafik nilai kekeruhan air pada perangkat satu, grafik nilai kekeruhan air pada perangkat dua, dan grafik nilai kekeruhan air pada perangkat dua. Grafik-grafik ini akan secara otomatis berjalan sesuai dengan nilai yang terbaca oleh setiap sensor.

### Hasil Pengujian Kualitas Air

Setelah keseluruhan sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan, selanjutnya adalah hasil pengujian pembacaan nilai keasaman air dan kekeruhan air berdasarkan tabel uji yang telah dirancang pada Bagian 3.6 diatas. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Pengukuran Nilai Keasaman Air

Percobaan	Jenis Pengujian	Yang Diharapkan	Nilai Pembacaan	Kesimpulan
1	Air Biasa	Alat dapat membaca kadar pH air 6,5-8,5	6,85	√
2	Air ditambahkan larutan basa	Alat dapat membaca kadar pH air > 8,5	9,10	√
3	Air ditambahkan larutan asam	Alat dapat membaca kadar pH air < 6,5	2,56	√

Tabel 6. Hasil Pengujian Pengukuran Nilai Kekeruhan Air

Percobaan	Jenis Pengujian	Yang Diharapkan	Nilai Pembacaan	Kesimpulan
1	Air minum kemasan	Alat dapat membaca nilai NTU < 3	0	Air Jernih
2	Air sungai (kali)	Alat dapat membaca nilai NTU > = 3	1,35	Air kotor

Kedua hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah mampu membaca kualitas air berdasarkan tingkat keasamannya dan tingkat kekeruhannya dengan baik. Untuk pengukuran nilai keasamannya, sensor pH sudah dapat membaca sesuai dengan kadar yang diharapkan. Namun untuk nilai kekeruhan air, sistem ini masih memiliki kelemahan (keterbatasan) karena nilai pembacaan sensor turbiditas untuk jenis pengujian air sungai (kali) masih belum sesuai dengan standar yang diharapkan.

### E. Kesimpulan

Sesuai dengan hasil analisis yang telah dijabarkan, dapat disimpulkan bahwa rangkaian sensor dan mikrokontroler ESP32 dapat membaca nilai kekeruhan dan keasaman air secara real-time sekaligus mengirimkan data tersebut ke Node-Red melalui protokol MQTT. Data dari ESP32 berhasil diterima oleh Node-Red dan dikirim kembali untuk disimpan ke DBMS di sisi server. Data pada DBMS berhasil ditampilkan dalam bentuk time-series chart secara real-time pada tampilan antarmuka Grafana. Hasil pengukuran sistem berhasil menampilkan nilai yang sesuai dengan tabel uji nilai keasaman air dan tabel uji nilai kekeruhan air, meskipun ada kelemahan dari sisi akurasi sensor turbiditasnya. Namun walaupun demikian, kami berharap kiranya rancangan sistem ini dapat bermanfaat dan diimplementasikan di perusahaan-perusahaan penyedia air minum layak konsumsi untuk meningkatkan mutu air yang didistribusikan ke masyarakat sehingga dapat menghindari penyebaran penyakit yang dapat disebabkan oleh air minum berkualitas rendah.

## **F. Daftar Pustaka**

Aisyah, T., Setiawan, M. A., Setiawan, A., "Prototipe Sistem Monitoring Nirkabel Kualitas Air Minum di Tempat Layanan Galon Isi Ulang," SENTER VI 2021, 18 November 2021, pp. 357-368, ISBN: 978-602-60581-7-1

Ardiansyah, "Sistem Monitoring Air Layak Konsumsi Berbasis Arduino (Studi Kasus PDAM Patalassang)," Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alaudin, Makassar, 2016.

Badan Pusat Statistik. Tim Direktorat Statistik Industri. Statistik Air Bersih 2015-2020. Jakarta. 2020.

Faisal M., Harmadi, Puryanti, D., "Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara RealTime Menggunakan Sensor TSD-10," Jurnal Ilmu Fisika, Universitas Andalas, March 2016.

Iskandar, H. R., Hermadani, Saputra, D. I., Yuliana, H. "Eksperimental Uji Kekeruhan Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor DFRobot SEN0189 dan MQTT Cloud Server," Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2019, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 16 Oktober 2019.

KEMENKES. Kesehatan Lingkungan. Pencabutan. BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA, No. 55, 2023, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023, Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.

Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Kualitas Air Minum.

Noor, A., Supriyanto, A., Rhomadhona, H., "Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan Turbidity Sensor dan Arduino Berbasis Web Mobile," Jurnal CoreIT, Vol. 5, No. 1, Juni 2019.

Pratama, I. P. Y. P., Wibawa, K. S., Suarjaya, I. M. A. D., "Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino," JITTER-Jurnal Ilmiah Teknologi dan Komputer, Vol. 3, No. 2, Agustus 2022.

Sibiya, M., Sumbwanyambe, M., "PH sensor using Fuzzy logic on Arduino for the monitoring and control of acidity or alkalinity in reservoir's irrigation water," Proceeding of International Conference on Artificial Intelligence, Big Data, Computing & Data Communication Systems (ICABD), August 2020, DOI: 10.1109/icABCD49160.2020.9183824.

Simatupang, J.W., Lubis, A.M., Vincent, "IoT-Based Smart Parking Management System Using ESP32 Microcontroller," Proceeding, 2022 9th International Conference on Electrical Engineering, Computer Science and Informatics (EECSI), 06-07 October 2022, Jakarta, Indonesia.

Simatupang, J.W., Hamidah, S., Raditya, B., Hadinegara, F., "Sistem Monitoring Online Jaringan Sensor Nirkabel: Survei Kualitas Air dan Udara di Daerah Karawang," Serambi Engineering, Volume VII, No.2, April 2022 Hal 3191 - 3204.

Sulistyo, M. T., Somawirata, K., dan Sotyohadi, "Sistem Pengukuran Kadar Ph, Suhu, Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO", Skripsi-Elektronika, Program Studi Teknik Elektro S-1, ITN Malang, Jawa Timur, September 2019.



**Ir. Joni Welman Simatupang, ST, M.Sc.Eng, Ph.D,** (IEEE Senior Member, OSA Member, and IAENG Member) received S.T. in Electrical Engineering from University of Indonesia (UI) 2003, Master (2009) and Doctoral (2014) degrees both from Electronic and Computer Engineering Department of National Taiwan University of Science and Technology (NTUST) – Taiwan Tech, Taipei. Currently, he is a Director of Center for Applied Science and Engineering (CASE) and an Associate Professor of Electrical Engineering Study Program of President University. Formerly, he served as Director of Research Institute and Community Service (2016-2017) and Head of Electrical Engineering Study Program (2017-2018) at the same university. His research interests are Photonics Communications, Optical Sensors, and

Power Electronics. He has been serving as reviewer for some respective worldwide and national journals such as Optica, Optics Express (OE), Applied Optics (AO), Journal of Biomedical Optics, Optik – International Journal for Light and Electron Optics, Optical Fiber Technology (OFT), Photonics Research, Microsystem Technologies, Silicon, Biomedical Signal Processing and Control (BSPC), ELKOMIKA – ITENAS, ELTIKOM – Politeknik Negeri Banjarmasin (Poliban), Serambi Engineering – Universitas Serambi Mekkah, TESLA – UNTAR, dan Journal of Electrical and Electronics Engineering (JEEE) – President University. In addition, he is also reviewer for many respective international IEEE conferences such as APCCAS, BEST, IAICT, ICRAMET, IC3INA, ICAIBDA, ICSECC, ISFAP, IoTAIS, SOFTT, GECOST, ISRITI and many more.



**Kemal Rizky Wahyudi** – Mahasiswa Reguler Malam Program Studi Teknik Elektro Angkatan 2019.



**Ibadurrahman Hanif** - Mahasiswa Reguler Malam Program Studi Teknik Elektro Angkatan 2019.



**Siti Hamidah** - Mahasiswa Reguler Malam Program Studi Teknik Elektro Angkatan 2019.