



BAPPELITBANG
KABUPATEN TAPIN

LAPORAN AKHIR SISTEM MONITORING KUALITAS AIR BERBASIS IoT PEMERINTAH KABUPATEN TAPIN



LAPORAN
PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PROGRAM STUDI
MAGISTER TERAPAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI



SISTEM MONITORING INDEKS KUALITAS AIR (SIMONKA) BERBASIS
INTERNET OF THINGS DI KABUPATEN TAPIN, KALIMANTAN SELATAN

TIM PENELITI:

- | | |
|---|------------|
| 1. Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T. | 0028097402 |
| 2. Sindung HW Sasono, B.S.E.E, M.Eng.Sc. | 0025016302 |
| 3. Anis Roihatin, S.T., M.T. | 0025018702 |
| 4. Roni Aprianoro, S.Tr.T., M.Tr.T. | 0009049602 |

POLITEKNIK NEGERI SEMARANG
JULI 2023

IDENTITAS DAN URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Sistem Monitoring Indeks Kualitas Air (SIMONKA) Berbasis *Internet Of Things* di Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan

2. Tim Peneliti:

No	Nama	Status	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin, M.T.	Dosen	Ketua	Hidrologi / Kebencanaan	Politeknik Negeri Semarang	8
2	Sindung HW Sasono, B.S.E.E, M.Eng.Sc.	Dosen	Anggota 1	Teknik Komunikasi Data	Politeknik Negeri Semarang	8
3	Anis Roihatin, S.T., M.T.	Dosen	Anggota 2	Teknik Kimia	Politeknik Negeri Semarang	8
4	Roni Aprianoro, S.Tr.T., M.Tr.T.	Dosen	Anggota 3	Jaringan Sensor Nirkabel, IoT	Politeknik Negeri Semarang	8

Keterlibatan Mahasiswa

No	Nama	Status	NIM	Tugas	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Laurensius Liquori Igridfian	Mahasiswa	4.31.20.0.13	Membantu Membuat Perangkat Keras	8
2	Rindang Ayu Oktaviani	Mahasiswa	4.31.20.0.22	Membantu Membuat Website	8

3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian):

Objek penelitian adalah air sungai baku mutu kelas dua yang dijual PDAM untuk keperluan rumah tangga. Air tersebut dipantau secara *real time* menggunakan perangkat sensor terintegrasi dengan *website monitoring*.

4. Masa Pelaksanaan

Mulai : bulan : Mei tahun: 2023

Berakhir : bulan : Juli tahun: 2023

5. Biaya Penelitian : **Rp 80.085.000 (Delapan Puluh Juta Delapan Puluh Lima Ribu Rupiah)**

6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan) **Lab. IoT**

7. Instansi lain yang terlibat (jika ada, dan uraikan apa kontribusinya) : Pemerintah Kabupaten Tapin dengan kontribusi pendanaan riset dan pengembangan alat SIMONKAT.

8. Temuan yang ditargetkan (produk atau masukan untuk kebijakan)

Purwarupa sistem *monitoring* kualitas air baku mutu kelas dua terintegrasi dengan *website monitoring*.

9. Kontribusi mendasar pada satu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang akan mendukung pengembangan iptek)

Menghasilkan rekacipta sistem pemantauan kualitas air baku mutu kelas dua secara *real time* pada *website monitoring*.

10. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah internasional bereputasi, nasional terakreditasi, atau nasional tidak terakreditasi dan tahun rencana publikasi)

Jurnal Nasional Terakreditasi SINTA 2

11. Rencana luaran (buku, purwarupa atau luaran lainnya) yang ditargetkan, tahun rencana perolehan atau penyelesaiannya

Purwarupa sistem pemantauan kualitas air dengan *website monitoring*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
RINGKASAN.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan	5
2.2 Sensor dan Transduser	5
2.2.1 Sensor TDS	6
2.2.2 Sensor Kekeruhan Air (<i>turbidity</i>).....	6
2.2.3 Sensor Suhu PT100.....	7
2.3 RTU.....	9
4.4 IoT (<i>Internet of Things</i>).....	11
2.5 Panel Surya	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Studi literatur	14
3.2 Perancangan sistem.....	14
3.3 Implementasi Sistem.....	15
3.4 Pengujian Sistem.....	15
3.5 Pengumpulan Data	16
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Perakitan perangkat keras	17
4.1.1 Perakitan Unit Sensor.....	18
4.1.2 Perakitan Unit Catu Daya	18
4.1.3 Perakitan Unit Pusat Kendali	19
4.2 Perangkat lunak.....	20
4.3 Perakitan <i>monopole</i>	23
4.4 Kalibrasi.....	24
4.5 Hasil penelitian	24

4.6	Pembahasan.....	25
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		26
5.1	Kesimpulan	26
5.2	Saran	26
DAFTAR PUSTAKA.....		27
LAMPIRAN-LAMPIRAN		Error! Bookmark not defined.

RINGKASAN

Indeks kualitas air di Kabupaten Tapin menunjukkan nilai sebesar 52,80 pada tahun 2021 atau menurun dari tahun 2020 dengan nilai 57,78. Selanjutnya, dalam perencanaan RKPD Tahun 2023, prioritas pembangunan lingkungan hidup berfokus pada peningkatan indeks kualitas lingkungan hidup dengan sasaran meningkatkan indeks kualitas air salah satunya adalah intervensi dalam pemantauan sungai.. Salah satu strategi yang dilakukan adalah menjalin kerja sama penelitian dengan Politeknik Negeri Semarang untuk membuat sistem yang dapat mendeteksi dan memonitor kualitas air secara otomatis, kontinu dan dalam waktu nyata. Sistem monitoring kualitas air (SIMONKA) ini terdiri dari tiga bagian utama, yakni aplikasi server, aplikasi klien dan perangkat akhir. Aplikasi server berbasis web berada di komputasi awan dan digunakan untuk menyimpan dan memproses data. Aplikasi klien berjalan di RTU (*Remote Terminal Unit*) digunakan untuk mengambil data sensor dari lingkungan berupa TDS (*Total Dissolved Solid*), kekeruhan air (*turbidity*) dan suhu di lokasi target. Sedangkan perangkat akhir berupa SIMONKA-client yang mengendalikan semua sistem dan mengirimkan data ke server menggunakan koneksi internet dalam periode waktu tertentu. Hasil penelitian menunjukkan kinerja waktu nyata dengan selisih waktu rata-rata 1.25 detik (pengiriman kontinu tiap 5 menit) dan persentase galat absolut rata-rata (MAPE) sensor TDS sebesar 1,53%, dan MAPE sensor suhu adalah 2,1%. Data yang dikirim ke server dapat digunakan sebagai bahan analisis kualitas air di lokasi tersebut sekaligus untuk menentukan langkah mitigasi strategis oleh pihak yang berkepentingan.

Kata kunci: *kualitas air, sensor, kekeruhan air, RTU, suhu, server, TDS.*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor TDS	6
Gambar 2.2 Sensor kekeruhan air (turbidity)	7
Gambar 2.3 Sensor suhu PT100.....	8
Gambar 2.4 Orange Pi PC.....	10
Gambar 2.5 Arsitektur teknologi IoT	11
Gambar 2.6 Cara kerja sel surya	12
Gambar 2.7 Panel surya monokristalin.....	13
Gambar 2.8 Panel surya polikristalin.....	13
Gambar 3.1 Arsitektur Teknologi IoT	14
Gambar 4.1 Ilustrasi unit kerja dalam SIMONKA-client.....	17
Gambar 4.2 Perancangan unit sensor.....	18
Gambar 4.3 Pengkabelan unit catu daya.....	18
Gambar 4.4 Perakitan unit catu daya	19
Gambar 4.5 Perakitan unit pusat kendali	20
Gambar 4.6 Tangkapan layar web monitoring SIMONKA	23
Gambar 4.7 Perakitan SIMONKA-client di monopole.....	23
Gambar 4.8 TDS meter dan termometer (2 in 1).....	24

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air	5
Tabel 2. Hasil penelitian SIMONKA	24
Tabel 3. Laporan penggunaan dana penelitian.....	Error! Bookmark not defined.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan esensial yang diperlukan manusia untuk hidup seperti untuk konsumsi, memasak, mencuci, mandi, dan membersihkan kotoran yang ada di sekitar rumah. Air juga digunakan untuk keperluan industri, pertanian, pemadam kebakaran, tempat rekreasi. Air dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu air bersih dan air kotor yang keduanya memiliki karakteristik masing-masing. Air bersih adalah salah satu jenis sumber daya berbasis air yang bermutu baik dan biasa dimanfaatkan oleh manusia untuk dikonsumsi atau dalam melakukan aktivitas mereka sehari-hari.

Konsumsi air minum menurut 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, dan pemandian umum. Sifat fisik air minum adalah tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna, dan tidak mengandung logam berat, dan TDS (Kemenkes, 2017). Sedangkan sifat kimianya dapat dilihat dari pH dan besi, mangan, dll. Walaupun air dari sumber alam dapat diminum oleh manusia, terdapat risiko bahwa air ini telah tercemar oleh bakteri. Mengingat betapa pentingnya air bagi kehidupan manusia maka kualitas air harus tetap terjaga. Monitoring kualitas air sangat penting dilakukan untuk mengetahui baik buruknya kualitas air.

Indeks kualitas air di Kabupaten Tapin menunjukkan nilai sebesar 52,80 pada tahun 2021 atau menurun dari tahun 2020 dengan nilai 57,78 (data.kalselprov.go.id, 2022). Menurut hasil kajian pemetaan jasa ekosistem air menunjukkan bahwa daya dukung lingkungan penyedia air di Kabupaten Tapin didominasi oleh kelas sedang dengan luasan sebesar 57,61% dari wilayah kabupaten, dan disusul dengan kelas rendah sebesar 34,59%. Wilayah dengan daya dukung lingkungan penyedia air dengan kelas tinggi dan sangat tinggi hanya menduduki wilayah masing-masing seluas 5,11% dan 2,32% dari luasan kabupaten (Bappelitbang Tapin, 2022). Wilayah dengan jasa lingkungan penyedia air dengan kelas tinggi dan sangat tinggi tersebar di Kecamatan Piani dan Kecamatan Hatungun dengan penggunaan/tutupan lahan berupa hutan.

Rekomendasi dari hasil kajian yang telah dilakukan oleh Bappelitbang Kabupaten Tapin diarahkan pada konservasi tanah dan air pada daerah bagian hulu sungai yang menjadi sumber air karena masih belum memenuhi kaidah dan belum optimal. Selanjutnya, dalam perencanaan RKPD Tahun 2023, prioritas pembangunan lingkungan hidup berfokus pada peningkatan

indeks kualitas lingkungan hidup dengan sasaran meningkatkan indeks kualitas air salah satunya adalah intervensi dalam pemantauan sungai.

Pembangunan jangka pendek dalam dimensi *smart environment* untuk mewujudkan *smart city* di Kabupaten Tapin dilakukan dengan proteksi lingkungan melalui hasil pemantauan kualitas air dapat diketahui oleh masyarakat serta tata kelola energi dengan meningkatkan pengawasan dan pengendalian pengelolaan air tanah dan pertambangan yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menciptakan inovasi tepat guna melalui penyediaan sistem monitoring kualitas air yang berbasis IoT (*Internet of Things*) dengan pemantau secara waktu nyata (*real time*). Dengan demikian dibutuhkan alat atau sistem yang dapat mendeteksi dan memonitor kualitas air secara otomatis, kontinu dan waktu nyata. Sistem monitoring kualitas air ini terdiri dari tiga bagian utama, yakni aplikasi server, aplikasi klien dan perangkat akhir (*end device*). Aplikasi server berbasis web dan berada di komputasi awan. Aplikasi server digunakan untuk menyimpan dan memproses data yang dikirim dari aplikasi klien. Aplikasi klien berupa aplikasi di RTU untuk mengambil data kualitas air dari lingkungan. Sedangkan perangkat akhir berupa RTU (*Remote Terminal Unit*) yang mengukur parameter kualitas yakni TDS (*Total Dissolved Solid*), kekeruhan (*turbidity*), dan suhu air di lokasi target (sungai, kolam, dll.). RTU mengirimkan datanya ke server menggunakan koneksi internet dalam periode waktu tertentu. Data yang dikirim ke server dapat digunakan sebagai bahan analisa kualitas air di lokasi tersebut sekaligus untuk menentukan langkah mitigasi strategis oleh pihak yang berkepentingan.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana agar kualitas air di sungai Tapin dapat dimonitor dari jarak jauh secara otomatis, kontinu dan dalam waktu nyata?
2. Bagaimana merancang sistem dan perangkat pemantauan kualitas air?
3. Teknologi apa yang digunakan untuk pemantauan kualitas air jarak jauh?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan pada penelitian ini didasarkan pada Perjanjian Kerja Sama (*Memorandum of Agreement*) antara Badan Perencanaan Pembangunan Penelitian dan Pengembangan Kabupaten Tapin beserta Politeknik Negeri Semarang dan Nomor. 050/166-

Litbang/Bappelitbang/2022- Nomor:3340/PL4.4/HK/2022 tentang penguatan kapasitas kelembagaan melalui penelitian, pengembangan dan inovasi daerah. Salah satu inovasi daerah yang dibuat adalah penyediaan sarana peningkatan indeks kualitas air melalui program pengendalian pencemaran air berupa alat pemantau kualitas air secara otomatis, kontinu, dan dalam waktu nyata di sungai tapin, sebagai bagian dari program Smart City di Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan. Secara khusus, tujuan diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat sistem monitoring kualitas air di kabupaten Tapin
2. Mengetahui kinerja dan kinerja SIMONKA selama monitoring kualitas air berbasis IoT yang akan diterapkan di Kabupaten Tapin

Sedangkan manfaat yang diperoleh dari penelitian sistem monitoring kualitas air (SIMONKA) ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memantau kualitas air sungai dalam waktu nyata secara langsung dikirim dari lokasi pengukuran, cepat, otomatis dan kontinu selama 24 jam
2. Dapat mengukur kualitas air sungai secara bersamaan jika sensor dipasang di beberapa titik pengukuran
3. Penampilan data interaktif melalui web dan mudah dianalisis
4. Meningkatkan kesehatan masyarakat melalui pengendalian kualitas air
5. Menghindarkan masyarakat dari penyakit seperti diare, kolera, disentri, tifus, cacingan, penyakit kulit hingga keracunan.

Dari sisi pemerintah daerah manfaat sistem pemantauan kualitas air secara daring ini adalah sebagai berikut:

1. dapat memenuhi kebutuhan penyampaian informasi lingkungan kepada masyarakat secara terbuka dan akuntabel.
2. dapat menetapkan dan menyampaikan status mutu air secara daring.
3. dapat mengukur kinerja pengendalian pencemaran air melalui parameter-parameter standar.
4. dapat menetapkan kebijakan pengendalian pencemaran air dan peningkatan indeks kualitas air berdasarkan data yang valid.

Sedangkan bagi Perguruan Tinggi, penelitian tentang sistem pemantauan kualitas air dengan teknologi IoT ini dapat memberi manfaat dan dampak sebagai berikut:

1. Dapat melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat sesuai amanat Tri Dharma Perguruan Tinggi.
2. Dapat memenuhi MoU kerja sama dengan mitra DUDI dalam hal ini adalah pemerintah Kab. Tapin, Kalimantan Selatan.
3. Dapat meningkatkan Indikator Kinerja Utama (IKU) Perguruan Tinggi Negeri khususnya pada indeks: kegiatan di dunia industri, penelitian dan pengabdian masyarakat yang mendapat rekognisi internasional, dan pemecahan kasus berbasis solusi untuk permasalahan dunia industri (*project-based learning*).
4. Dapat melibatkan mahasiswa dalam menerapkan ilmu pengetahuan dalam lingkungan sebenarnya.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Keperluan Higiene Sanitasi pada media air meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan (Tabel 1). 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. Air untuk keperluan higiene sanitasi tersebut digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perorangan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Tabel 1. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (Kadar maksimum)
	Wajib		
1	Kekeruhan	NTU	25
2	Warna	TCY	50
3	Zat padat terlarut (TDS)	ppm	1000
4	Suhu	°C	Suhu udara ± 3
5	Rasa		Tidak berasa
6	Bau		Tidak berbau
	Tambahan		
7	Air raksa	mg/l	0,001
8	Arsen	mg/l	0,05
9	Kadmium	mg/l	0,005
10	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
11	Selenium	mg/l	0,01
12	Seng	mg/l	15
13	Sulfat	mg/l	400
14	Timbal	mg/l	0,05

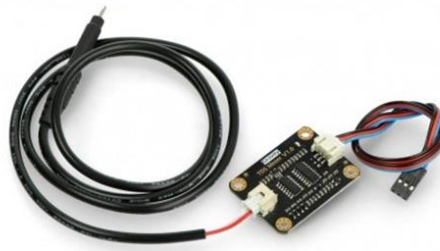
(Sumber: Kemenkes, 2017)

2.2 Sensor dan Transduser

Sensor adalah alat untuk mendeteksi/mengukur suatu besaran fisik berupa variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia dengan diubah menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor terdiri dari transduser dengan atau tanpa penguat/pengolah sinyal yang terbentuk dalam satu sistem pengindra. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh sistem kendali sebagai otaknya (Teh dkk., 2020).

2.2.1 Sensor TDS

Sensor TDS yang ditunjukkan Gambar 2.1 adalah alat elektronika yang digunakan untuk mengukur jumlah zat terlarut dalam air. Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri (Wang, 2021). Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium, raksa, timbal dan klorida. Bahan kimia dapat berupa kation, anion dan molekul. Kandungan TDS yang berbahaya adalah pestisida yang timbul dari aliran permukaan. TDS atau jumlah total larutan padat yang terkandung di dalam air. Setiap air selalu mengandung partikel yang terlarut yang tidak tampak oleh mata, bisa berupa partikel padatan. Beberapa padatan total terlarut alami berasal dari pelapukan dan pelarutan batu dan tanah. Sumber utama untuk TDS dalam perairan adalah limbah dari pertanian, limbah rumah tangga, dan industri. Unsur kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium, Raksa, Timbal dan klorida. Bahan kimia dapat berupa kation, anion dan molekul. Kandungan TDS yang berbahaya adalah pestisida yang timbul dari aliran permukaan.



Gambar 2.1 Sensor TDS

2.2.2 Sensor Kekeruhan Air (*turbidity*)

Sensor kekeruhan air adalah salah satu perangkat yang biasa digunakan untuk keperluan analisa kekeruhan air atau larutan. *Turbidity meter* merupakan alat pengujian kekeruhan dengan sifat optik akibat dispersi sinar dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan cahaya yang dipantulkan terhadap cahaya yang datang. Intensitas cahaya yang dipantulkan oleh suatu suspensi padatan adalah fungsi konsentrasi jika kondisi-kondisi lainnya konstan. Alat ini banyak digunakan dalam pengolahan air bersih untuk memastikan bahwa air yang akan digunakan memiliki kualitas yang baik dilihat dari tingkat kekeruhannya.

Dalam proses pengolahan kualitas air pada peternakan ikan, nilai kekeruhan dapat dijadikan sebagai indikator keberadaan bakteri patogen, atau partikel yang dapat melindungi organisme berbahaya dari proses desinfeksi. Oleh sebab itu, pengukuran tingkat kekeruhan

sangat berguna untuk instalasi pengolahan air untuk memastikan kebersihannya. Pada proses industri, kekeruhan dapat menjadi bagian dari *Quality Control* untuk memastikan efisiensi dalam pengolahan atau proses industri terkait (Noor dkk., 2019)



Gambar 2.2 Sensor kekeruhan air (*turbidity*)

Salah satu sensor kekeruhan air yang beredar di pasaran adalah tipe SKU:SEN0189. Tipe ini digunakan pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai kekeruhan pada air. Sensor ini dilengkapi dengan satu adapter, satu probe yang ditunjukkan pada angka 1 pada Gambar 2.2, dan satu kabel sensor. Adapun spesifikasi sensor adalah sebagai berikut :

- Tegangan operasi : 5V DC
- Operasi saat ini : 40 mA (max)
- Waktu respons : < 500ms
- Ketahanan : 100M (min)
- Metode luaran : analog
- Analog luaran : 0-4.5V
- Digital luaran : High/Low level signal
- Operasi suhu : 5°C ~ 90°C
- Penyimpanan suhu : -10°C ~ 90°C
- Berat : 30 gram
- Ukuran adapter : 38mm*28mm*10mm

2.2.3 Sensor Suhu PT100

PT100 adalah salah satu jenis sensor suhu yang pengukurannya menggunakan prinsip perubahan resistansi atau hambatan listrik logam yang dipengaruhi oleh perubahan suhu. PT100 adalah salah satu sensor suhu yang paling banyak digunakan dalam otomatisasi dan proses kontrol di dunia industri (Qawaqzeh dkk., 2023). Penamaan PT100, menampilkan informasi tentang karakteristik dari sensor PT100 ini sendiri. “PT” yang berarti bahan yang

digunakan, yaitu platina. Sedangkan “100” adalah nilai resistansi sensor ini sebesar $100\ \Omega$ pada saat suhu yang dibaca oleh sensor adalah sebesar 0°C . PT100 termasuk jenis sensor suhu resistansi atau biasa disebut *Resistance Thermal Detector* (RTD). Ada beberapa jenis RTD berdasarkan bahan pembuatannya, yaitu: Platina (Pt), Tembaga (Cu) dan Nikel (Ni). Gambar bentuk sensor PT100 dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Metode matematik linier sensor RTD adalah,

$$RT = R_0(1 + \alpha_0 T)$$

dimana:

RT = Resistansi bahan pada suhu T (Ohm)

R_0 = Resistansi bahan pada suhu 0 (Ohm)

α_0 = Koefisien suhu bahan pada 0°C

T = Suhu aktual terukur ($^{\circ}\text{C}$)



Gambar 2.3 Sensor suhu PT100

Untuk pengukuran suhu menggunakan sensor suhu PT100, maka kita harus mengeksitasinya dengan arus yang tidak boleh melebihi nilai 1mA . Jika nilainya melebihi 1mA , maka akan menimbulkan efek *self-heating*. Seperti layaknya komponen resistor, kelebihan arus akan diubah menjadi panas mengakibatkan kesalahan terhadap hasil pengukuran. Sensor RTD PT100 memiliki tiga macam konfigurasi koneksi kabel yaitu:

- Sensor RTD dengan 2 kabel lebih praktis karena tidak memiliki perhitungan resistansi yang terkait dengan kabel tembaga, sehingga mengurangi keakuratan hasil pengukuran sensor RTD. Maka umumnya RTD 2 kabel hanya digunakan untuk pengukuran perkiraan saja.
- Sensor RTD dengan 3 kabel sensor jenis ini yang paling umum digunakan dalam dunia industri. RTD 3 kabel diukur dengan jembatan *wheastone* untuk mengkompensasi konduktor (kabel).

- Sensor RTD dengan 4 kabel adalah bentuk yang paling akurat dari yang lainnya. Karna sensor dengan 4 kabel ini dapat sepenuhnya mengkompensasi resistansi dari kabel

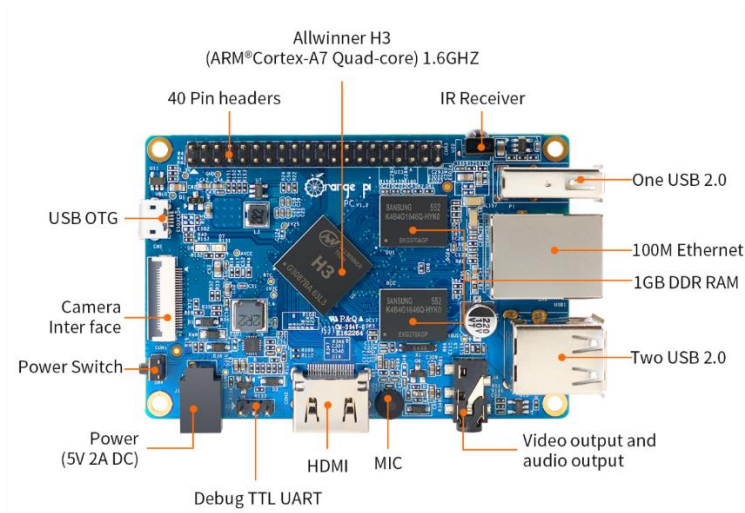
2.3 RTU

RTU (*Remote Terminal Unit*) adalah perangkat akhir (*end device*) yang terhubung dengan sensor, mengambil data lingkungan dari sensor, kemudian mengirim data ke server melalui teknologi IoT. RTU ini berbasis mikro komputer Orange Pi PC yang sudah teruji kehandalannya.

Orange Pi PC adalah sebuah SBC (*Single Board Computer*) seukuran kartu kredit yang dikembangkan oleh perusahaan Xunlong dari China dengan maksud untuk menandingi popularitas Raspberry Pi dalam dunia SBC (Love & Tomlinson, 2016). Nama Orange Pi diambil dari nama buah, yaitu buah 'Orange' (jeruk), sedangkan 'Pi' diambil dari kata 'Python', yaitu nama dari salah satu bahasa pemrograman. Python dijadikan bahasa pemrograman utama dari Orange Pi, namun tidak tertutup kemungkinan untuk menggunakan bahasa pemrograman lain pada Raspberry Pi.

Orange Pi PC (Gambar 2.4) memiliki komponen yang hampir serupa dengan PC pada umumnya. Seperti CPU, GPU, RAM, Port USB, Audio Jack, HDMI, Ethernet, dan GPIO. Untuk tempat penyimpanan data dan sistem operasi Raspberry Pi tidak menggunakan harddisk drive (HDD) melainkan menggunakan Micro SD dengan kapasitas paling tidak 4GB, sedangkan untuk sumber tenaga berasal dari micro USB power dengan sumber daya yang direkomendasikan yaitu sebesar 5V dan minimal arus 3A.

Orange Pi PC dapat digunakan layaknya PC konvensional, seperti untuk mengetik dokumen atau sekedar berselancar di internet, namun Orange Pi dapat juga digunakan untuk membuat ide-ide inovatif seperti membuat robot yang dilengkapi dengan kamera, atau project kecerdasan buatan.



Gambar 2.4 Orange Pi PC

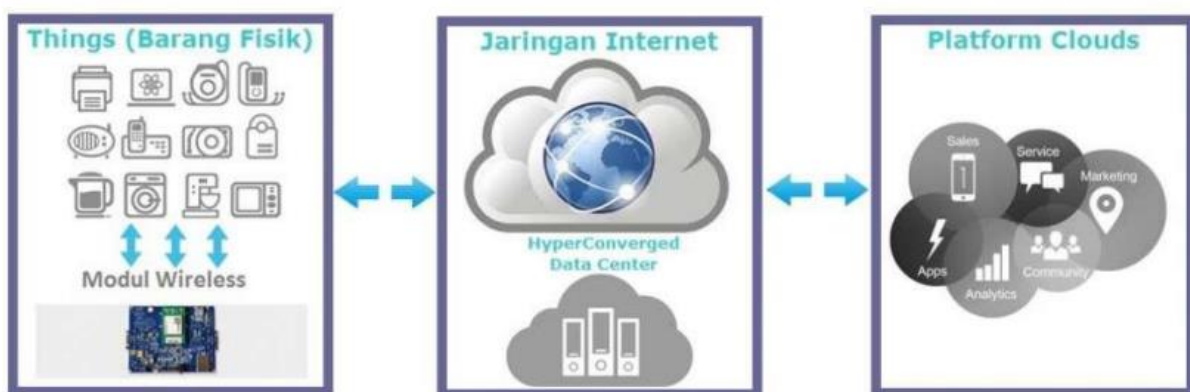
Spesifikasi teknis Orange Pi PC adalah sebagai berikut.

CPU	: H3 Quad-core Cortex-A7 H.265/HEVC 4K
GPU	: Mali400MP2 GPU @600MHz
Memory (SDRAM)	: 1GB DDR3 (shared with GPU)
Onboard Storage	: TF card (Max. 32GB)
Onboard Network	: 10/100M Ethernet RJ45
Video Input	: A CSI input connector Camera: Supports 8-bit YUV422 CMOS sensor interface Supports CCIR656 protocol for NTSC and PAL Supports SM pixel camera sensor Supports video capture solution up to 1080p@30fps
Audio Input	: MIC
Video Outputs	: Supports HDMI output with HDCP Supports HDMI CEC Supports HDMI 3D function
Audio Output	: 3.5 mm Jack and HDMI
Low-level peripherals	: 40 Pins Header
GPIO(1x3) pin	: UART, Ground.
LED	: Power led & Status led
Key	: IR input, Power
Supported OS	: Android, Ubuntu, Debian Image

4.4 IoT (*Internet of Things*)

IoT menjadi sebuah bidang penelitian tersendiri semenjak berkembangnya teknologi internet. Semakin berkembang keperluan manusia tentang teknologi, maka semakin banyak penelitian yang akan hadir. Teknologi IoT adalah salah satu hasil pemikiran para peneliti yang mengoptimasi beberapa alat seperti media sensor, *Radio Frequency Identification* (RFID), *Wireless Sensor Network* (WSN) serta *smart object* yang memungkinkan manusia mudah berinteraksi dengan semua peralatan yang terhubung dengan jaringan internet.

IoT muncul sebagai isu besar di Internet diharapkan bahwa miliaran hal fisik atau benda akan dilengkapi dengan berbagai jenis sensor terhubung ke internet melalui jaringan serta dukungan teknologi seperti tertanam sensor dan aktualisasi, frekuensi radio Identifikasi (RFID), jaringan sensor nirkabel dan layanan web. Dengan ‘*things*’ (benda, sensor, aktuator) dalam jumlah besar yang terhubung ke internet, maka akan dihasilkan aliran data waktu nyata besar pula sehingga melahirkan ‘*big data*’. IoT mengumpulkan data mentah yang benar dengan cara yang efisien tapi lebih penting adalah untuk menganalisis dan mengolah data mentah menjadi informasi lebih berharga (Sgora & Chatzimisios, 2022). Sebagai gambaran, arsitektur teknologi IoT dapat diilustrasikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Arsitektur teknologi IoT

2.5 Panel Surya

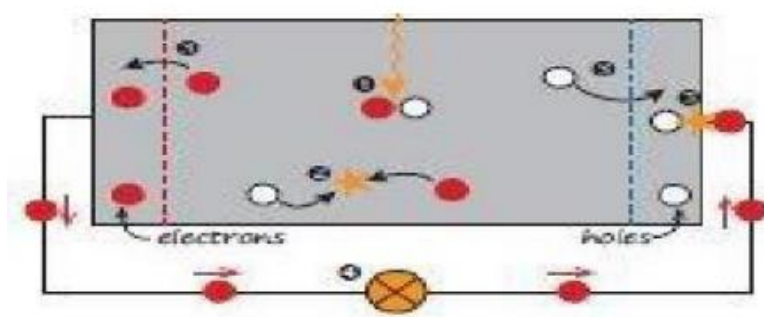
Panel surya adalah kumpulan sel *photovoltaic* yang dapat mengonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antar satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan (Dahliya dkk., 2021)

Secara sederhana, proses pembentukan energi listrik pada sebuah sel surya adalah sebagai berikut ini.

1. Foton dari cahaya matahari menyinari panel surya kemudian di serap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
3. Susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik DC, yang nantinya akan disimpan dalam suatu tempat yang dinamakan baterai.
4. Daya listrik DC tidak dapat langsung digunakan pada rangkaian listrik rumah atau bangunan sehingga harus mengubah daya listriknya menjadi daya listrik AC. Dengan menggunakan konverter maka daya listrik DC dapat berubah menjadi daya listrik AC sehingga dapat dimanfaatkan untuk memenuhi keperluan listrik.

Pada perubahan atau konversi cahaya matahari terjadi saat cahaya matahari mengenai permukaan sel surya yang disebut *photoelectric*. Proses *photoelectric* terjadi karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semi konduktor yang terdiri dari dua jenis semikonduktor yaitu lapisan tipe negatif (n) dan lapisan positif (p) yang tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik karena foton yang terkandung dalam energi matahari pada permukaan sel surya.

Prayogi (2023) menambahkan bahwa biasanya pasangan elektron lubang akan berkombinasi ulang. Energi kemudian akan dilepaskan baik sebagai foton atau berpindah ke elektron lain atau lubang atau getaran kisi. Jika suatu energi yang tersimpan pada pasangan elektron-lubang ingin digunakan untuk melakukan pekerjaan pada sebuah sirkuit eksternal, membran *semi permeable* harus hadir pada kedua sisi dari penyerap, sehingga elektron hanya dapat mengalir melalui satu membran dan lubang hanya dapat mengalir membran yang lainnya. Membran ini terbentuk oleh tegangan n-type material yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Cara kerja sel surya

Beberapa panel surya yang memiliki ukuran bentuk dan kapasitas penggunaan yang berbeda, panel surya memiliki ukuran tertentu yang mempengaruhi kapasitasnya, sehingga pada ukuran yang berbeda tentu mampu menghasilkan arus listrik (DC) dan daya per jam yang berbeda juga. Jenis panel pada sel surya ada dua, yakni:

- a) Jenis pertama, yaitu tipe monokristalin. Panel ini mempunyai tingkat efisiensi paling tinggi dibandingkan jenis panel yang lain, karena menghasilkan daya listrik yang paling tinggi. Mempunyai nilai efisiensi sebesar 15%, akan tetapi pada jenis ini memiliki kelemahan ketika berada pada tempat yang memiliki cahaya matahari yang kurang lalu akan mengakibatkan kestabilan dayanya menurun pada saat cuaca berawan. Bentuk dari panel ini ialah kotak – kotak disertai garis serta mempunyai sel berjumlah 3 sampai dengan 6 dalam satu baris (Gambar 2.7)



Gambar 2.7 Panel surya monokristalin

- b) Jenis yang selanjutnya adalah polikristalin atau bisa disebut multikristalin. Tipe ini tersusun atas bahan kristal silikon serta memiliki nilai efisiensi sampai dengan 12%. Pada jenis panel surya yang terbuat dari bahan yang sedang, berada pada tingkat dibawahnya dari tipe monokristalin dengan tingkat efisiensi yang sedang. Pada panel jenis polikristal membutuhkan permukaan yang luas dan lebih besar dari pada jenis monokristalin serta dapat menghasilkan listrik pada saat cuaca berawan, keunggulannya ialah mampu menghasilkan listrik meskipun cuaca sedang dalam keadaan berawan. Ciri khas dari panel ini ialah bergaris - garis panjang serta warnanya yang berwarna biru (Gambar 2.8)



Gambar 2.8 Panel surya polikristalin

BAB 3

METODE PENELITIAN

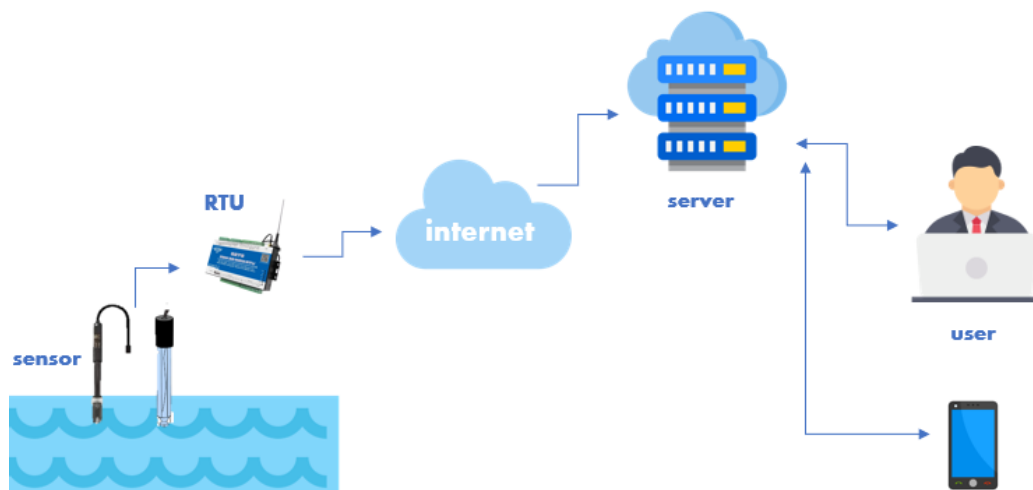
3.1 Studi literatur

Metode penelitian yang pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah studi literatur, yaitu dengan cara meneliti dan memahami buku-buku, dokumen atau sumber tertulis lainnya yang relevan dan mendukung penelitian.

3.2 Perancangan sistem

Berdasar studi literatur yang telah dilakukan kemudian dirancang sistem sesuai dengan tujuan penelitian, yakni membuat sebuah sistem monitoring kualitas air di sungai Tapin, Kalimantan Selatan secara jarak jauh, otomatis, kontinyu dan waktu nyata.

Berdasarkan tujuan penelitian tersebut dirancang sebuah sistem monitoring yang terdiri dari perangkat monitoring di lokasi dan aplikasi di server untuk menerima data-data dari lokasi pengukuran. Perangkat monitoring di lokasi pengukuran untuk selanjutnya disebut SIMONKA-client, sedangkan aplikasi server yang berbasis web disebut dengan SIMONKA-server. Perancangan sistem monitoring kualitas air secara waktu nyata ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Topologi sistem monitoring kualitas air

Perangkat SIMONKA-client terdiri dari tiga sensor utama yakni sensor TDS, sensor kekeruhan air dan sensor air yang mewakili kualitas air di sungai. Sensor-sensor tersebut diambil datanya oleh RTU (*Remote Terminal Unit*) melalui driver sensor yang mengubah sinyal analog sensor menjadi besaran digital yang dapat dibaca RTU. Data kemudian dikonversi

sesuai formula masing-masing sensor untuk mendapatkan data lingkungan (TDS, kekeruhan air, suhu) oleh RTU. Data ini kemudian dikirim ke server menggunakan koneksi internet melalui modem 4G/LTE menggunakan teknologi IoT dengan protokol data REST (*Representational State Transfer*). Pengambilan data sensor dan pengiriman data ke server dapat disetting sesuai dengan periode waktu tertentu yang diinginkan. Data diterima server melalui API (*Application Programming Interface*) dan disimpan dalam database MariaDB. Data diolah dan ditampilkan dalam sebuah web interface dan dilengkapi dengan statistik dan grafik yang relevan.

User yang ingin mengakses web monitoring menggunakan laptop. User kemudian login menggunakan username dan password yang diberikan dan dapat mengakses data-data kualitas sesuai lokasi yang dipilih. Data dapat disortir berdasar lokasi dan waktu yang diinginkan, dapat dilihat grafiknya dan diunduh datanya untuk keperluan analisa lebih lanjut.

3.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan dengan merakit semua perangkat keras dalam boks outdoor. Aki 12V/20A dan solar controller dirakit dalam boks 'Unit Catu Daya', sedangkan RTU, papan driver sensor dan modem 4G dirakit dalam boks 'Unit Pusat Kendali'. Bersamaan dengan panel surya, kedua boks tersebut dipasang pada monopole 1,6m yang dirancang agar dapat menampung semua perangkat SIMONKA-client dengan kokoh dan handal.

Semua perangkat SIMONKA-client ini kemudian diletakkan di luar ruangan dan dihidupkan untuk mengetahui kinerjanya. Aplikasi web di webhosting juga dibuka melalui browser laptop agar data yang dikirim perangkat SIMONKA-client dapat diketahui dan dianalisis. Seluruh percobaan implementasi sistem SIMONKA ini dilakukan di laboratorium Gedung MST Politeknik Negeri Semarang

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan setelah perangkat SIMONKA-client dihidupkan. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor-sensor ke tiga jenis air yang berbeda yakni, air bersih, air kotor dan air $\frac{1}{2}$ kotor. Pembacaan data kemudian dilihat pada web SIMONKA yang beralamat di <http://tapin.ewspolines.com>.

Data kemudian dicatat dan dibandingkan dengan pembacaan alat TDS meter dan termometer yang dibeli dari pasaran. Data kemudian dimasukkan ke MS. Excel untuk dicari galatnya. Waktu pengiriman data dan saat data sudah sampai di server juga dicatat untuk membuktikan kinerja waktu nyata sistem SIMONKA.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengunduh data yang ada di web monitoring SIMONKA (<http://tapin.ewspolines.com>), karena semua data yang di lokasi pengukuran semua diambil dan dikirim ke server. Data-data kemudian dibuka aplikasi Ms. Excel untuk pengolahan statistika lebih lanjut.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

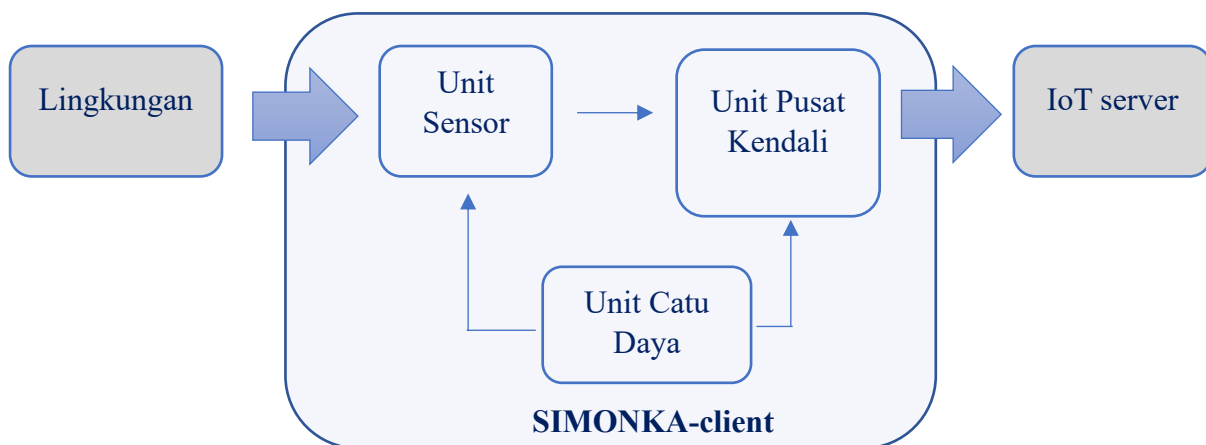
Untuk membuat perangkat SIMONKA-client, perlu dibuat perangkat keras, perangkat lunak di sisi client dan server, serta boks (*housing*) untuk menempatkan perangkat di lingkungan outdoor. Setelah perangkat selesai dibuat, dilakukan proses kalibrasi pengambilan data sensor dan pengujian alat secara keseluruhan. Berikut ini adalah hasil penelitian pembuatan sistem monitoring kualitas air (SIMONKA):

4.1 Perakitan perangkat keras

Perangkat keras SIMONKA client dibagi menjadi 3 unit, yakni:

- Unit Sensor (*Sensor Unit*)
- Unit Catu Daya (*Power Unit*)
- Unit Pusat Kendali (*Controller Unit*)

Tiap unit bekerja sesuai fungsi masing-masing namun saling terkait membentuk satu entitas perangkat SIMONKA-client. Secara umum Unit Sensor berfungsi untuk mengambil data lingkungan, Unit Catu Daya menyediakan sumber daya listrik untuk semua perangkat elektronik SIMONKA-client, sedangkan Unit Pusat Kendali berfungsi sebagai pusat sistem yang mengendalikan seluruh fungsionalitas SIMONKA-client. Ilustrasi cara kerja unit ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Ilustrasi unit kerja dalam SIMONKA-client

4.1.1 Perakitan Unit Sensor

Sensor kualitas air yang digunakan dalam penelitian ini adalah sensor TDS, sensor kekeruhan air dan sensor suhu PT100. Ketiga sensor ini diletakkan dalam papan yang dilengkapi dengan pelampung di pojok empat sisi agar sensor dapat terus bekerja dan menyentuh air walaupun permukaan air sungai naik turun. Perakitan unit sensor ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 4.2 Perancangan unit sensor

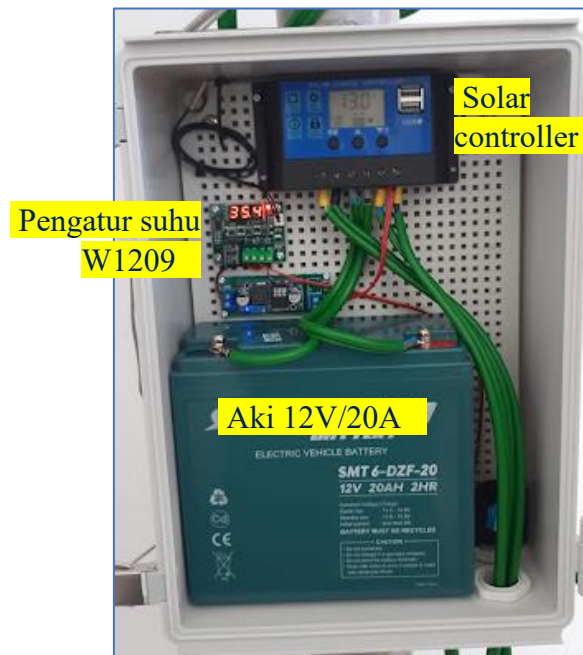
4.1.2 Perakitan Unit Catu Daya

Karena perangkat SIMONKA-client adalah perangkat outdoor yang direncanakan dapat bekerja mandiri tanpa ada pasokan listrik dari PLN, perangkat ini dirancang dengan memiliki sumber tenaga baterai/aki 12V 20A dilengkapi dengan panel surya dan perangkat pengendali panel surya (*solar controller*). Fungsi perangkat ini adalah untuk mengatur distribusi energi ke sistem dan *charging* terhadap aki. Berikut ini adalah pengkabelan Unit Catu Daya SIMONKA-client (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Pengkabelan unit catu daya

Unit perakitan Unit Catu Daya, aki 12V/20A, solar controller dan modul pengatur suhu W1209 diletakkan dalam sebuah boks ABS ukuran 250x350x150 mm dengan proteksi IP66 (spesifikasi outdoor). Modul pengatur suhu ditambahkan pada Unit Catu Daya agar suhu di dalam boks tetap terjaga sehingga dapat meningkatkan daya tahan perangkat elektronik dan aki. Hasil perakitan Unit Catu Daya ditunjukkan pada Gambar 4.4.



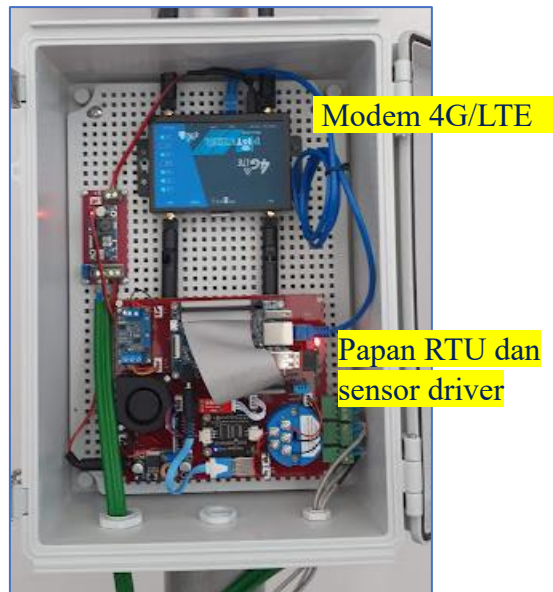
Gambar 4.4 Perakitan unit catu daya

4.1.3 Perakitan Unit Pusat Kendali

Pada Unit Pusat Kendali terdapat tiga bagian utama, yaitu:

- RTU (Remote Terminal Unit)
- Sensor driver
- Modem 4G/LTE

RTU digunakan sebagai pengendali utama sistem. RTU mengambil data sensor-sensor secara berkala untuk kemudian dikirimkan ke server IoT. Sementara itu, sensor driver digunakan untuk mengondisikan sinyal analog dari sensor agar dapat dibaca RTU yang berbasis digital sesuai dengan karakteristik masing-masing sensor. Sedangkan modem 4G/LTE digunakan sebagai media komunikasi berbasis internet dari operator 2G/3G/4G di Indonesia, untuk mengirim data dari lokasi SIMONKA-client ke cloud server IoT. Semua perangkat unit pengendali kemudian dipasang di boks ABS IP66 dengan ukuran 250x350x150 mm. Perakitan Unit Pusat Kendali ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perakitan unit pusat kendali

4.2 Perangkat lunak

Secara umum ada kategori perangkat lunak dalam sistem monitoring kualitas air (SIMONKA) ini, yaitu aplikasi client dan aplikasi server. Aplikasi client berjalan di RTU SIMONKA-client. Aplikasi client berbasis pemrograman Python yang berjalan di *Operating System* (OS) Linux. Ada dua macam aplikasi yang berjalan di RTU, yakni aplikasi untuk mengambil data sensor, dan aplikasi untuk mengirim data sensor ke server IoT. Masing-masing aplikasi dijalankan sebagai *daemon* menggunakan *cron job* agar dapat secara berkala dalam menjalankan tugasnya.

Aplikasi server berjalan di cloud server IoT. Aplikasi ini berbasis pemrograman PHP, Javascript, JQuery, dan HTML5 yang berjalan di lingkungan OS Linux server. Sebagai web server adalah platform Nginx dan sebagai penyimpanan data (*database*) adalah MariaDB. Sebagai *user interface* digunakan platform Bootstrap dengan theme 'Tabler'. Platform ini memiliki kelebihan fleksibel dan mudah diprogram selain responsif untuk hasil tampilannya di desktop dan mobile. Hasil pembuatan perangkat lunak server dapat dilihat pada alamat <http://tapin.ewspolines.com> dengan username: admin dan password: tapin. Berikut ini adalah tangkapan layar web monitoring SIMONKA-server (Gambar 4.6).



Login to your account

Username **Halaman login**

admin

Password [I forgot password](#)

.....

☐ Remember me on this device

Sign in

tapin.ewspolines.com/index.php **Alamat web monitoring SIMONKA**

Dashboard **Tampilan dashboard**

STATUS PERANGKAT Last 7 days

Level 1
(Normal)

Statistik: 7% 

TDS Last 7 days

6.44 ppm 0% 

(Fresh)



TURBIDITY Last 7 days

26.91 NTU 8% 

(Moderate)



TEMPERATURE Last 7 days

25.44 °C 4% 

(Warm)



Pilih Lokasi : Pilih

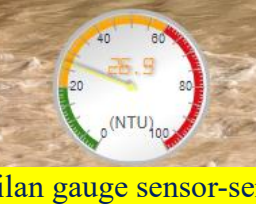


Pemilihan lokasi SIMONKA-client

TDS



Turbidity



Temperature



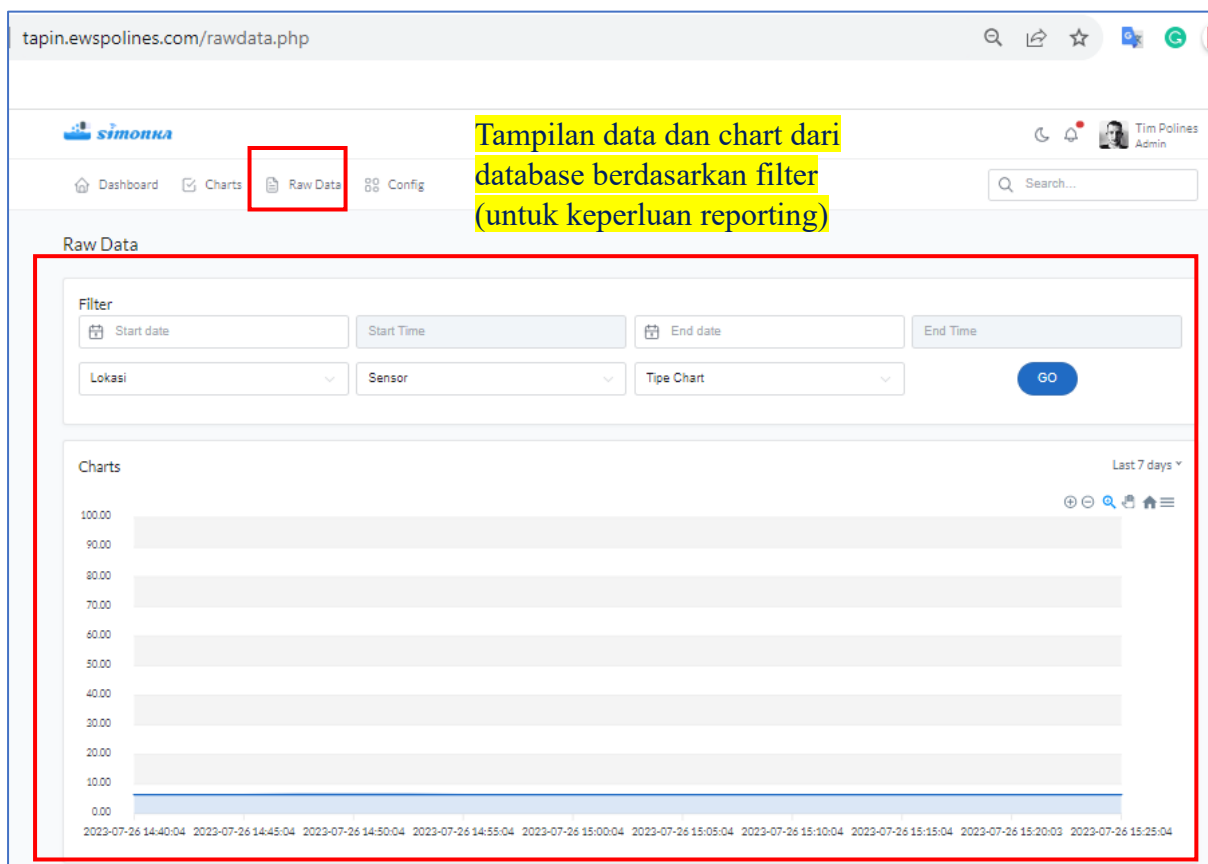
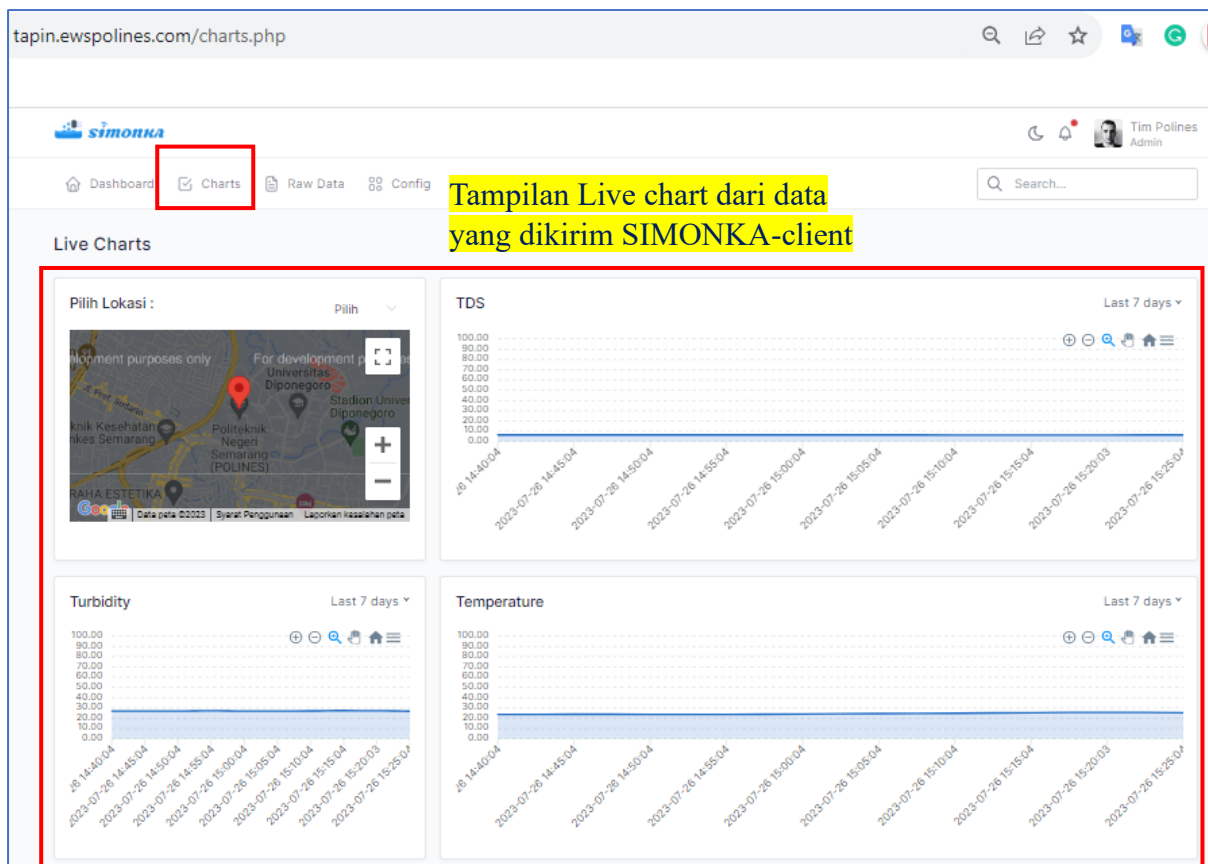
Tampilan gauge sensor-sensor

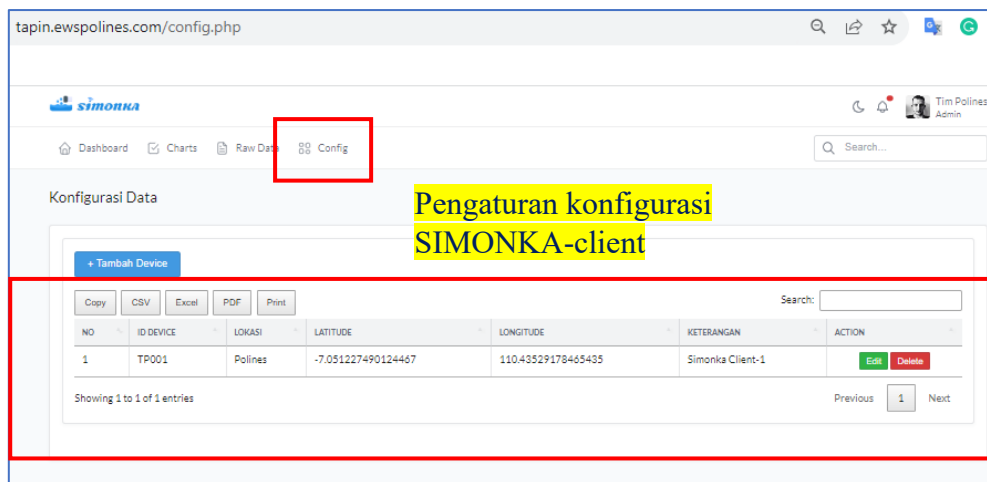
Data Stream

NO	ID DEVICE	LOKASI	TDS	TURBIDITY	Suhu (C)	BATT (V)	WAKTU
250	TP001	Polines	6.44	26.91	25.44	11.62	2023-07-26 15:25:04
249	TP001	Polines	6.41	27.39	25.8	11.60	2023-07-26 15:20:03
248	TP001	Polines	6.41	27.53	25.45	11.64	2023-07-26 15:15:04
247	TP001	Polines	6.41	27.14	24.89	11.64	2023-07-26 15:10:04
246	TP001	Polines	6.44	27.12	24.55	11.63	2023-07-26 15:05:04

Live stream data dari SIMONKA-client



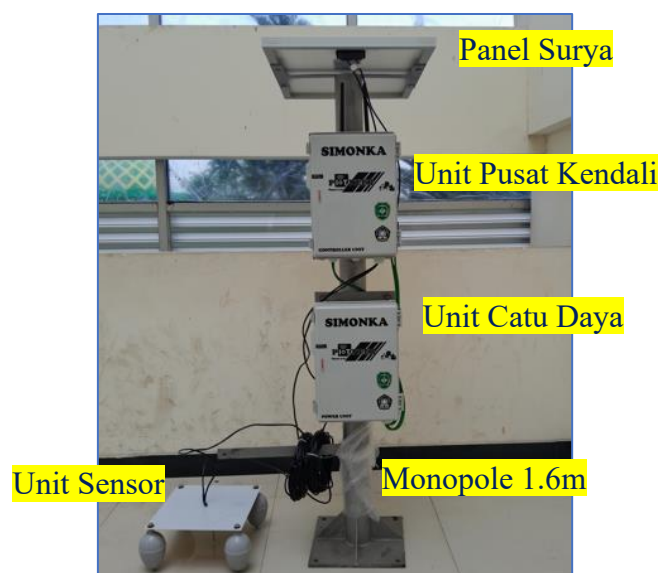





Gambar 4.6 Tangkapan layar web monitoring SIMONKA

4.3 Perakitan *monopole*

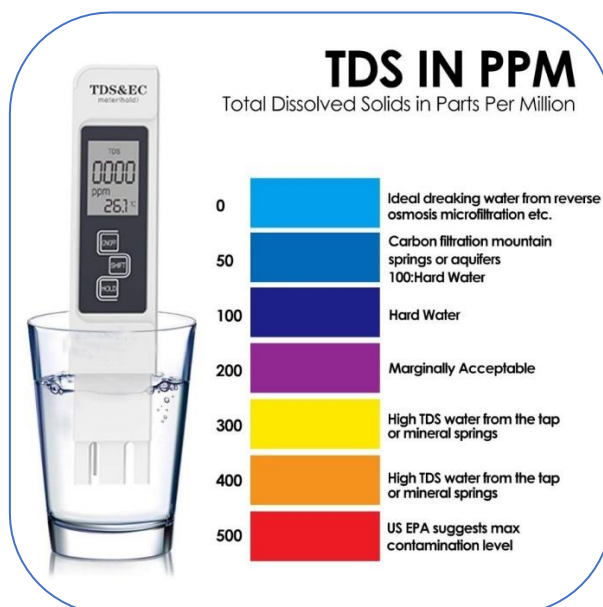
Seluruh perangkat keras SIMONKA-client (Unit Catu Daya dan Unit Pusat Kendali) masing-masing diletakkan dalam box outdoor dengan standar IP66. Boks ini dipilih karena memiliki standar spesifikasi outdoor untuk pemakaian dalam jangka waktu yang lama. Masing-masing unit diletakkan dalam boks yang berbeda agar mudah dalam identifikasi dan pemeliharannya. Kedua boks dan panel surya kemudian dipasang (*mounted*) dalam sebuah monopole setinggi 1,6m. Perakitan seluruh perangkat SIMONKA-client ke monopole ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perakitan SIMONKA-client di *monopole*

4.4 Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan agar pembacaan sensor sesuai dengan kondisi lingkungan sebenarnya. Kalibrasi sensor dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dengan SIMONKA-client yang terbaca di web dengan TDS meter dan termometer yang dibeli di pasaran (Gambar 4.8). Pengubahan konstanta kalibrasi dilakukan di level server (API).



Gambar 4.8 TDS meter dan termometer (2 in 1)

4.5 Hasil penelitian

Data pembacaan sensor di server (setelah kalibrasi) dan hasil pembacaan TDS meter dan termometer kemudian dicatat dalam file Excel. Tabel 2 berikut ini menunjukkan hasil penelitian sistem monitoring kualitas air (SIMONKA).

Tabel 2. Hasil penelitian SIMONKA

No	TDS SIMONKA	TDS meter	Galat (%)	Suhu SIMONKA	Termometer	Galat (%)	Waktu client	Waktu server	Galat (dtk)
1	243.76	243	0.31	26.8	27	0.74	2023-07-24 14:15:03	2023-07-24 14:15:04	1.00
2	243.99	243.00	0.41	27.06	27	0.22	2023-07-24 14:20:03	2023-07-24 14:20:03	0.00
3	244.37	243.00	0.56	27.38	27	1.41	2023-07-24 14:25:02	2023-07-24 14:25:04	2.00
4	243.67	243.00	0.28	27.78	27	2.89	2023-07-24 14:30:01	2023-07-24 14:30:03	2.00
5	223.70	224.00	0.13	31.98	32.2	0.68	2023-07-24 14:32:50	2023-07-24 14:32:51	1.00
6	222.81	215	3.63	36.9	32.6	13.19	2023-07-24 14:35:03	2023-07-24 14:35:04	1.00
7	54.74	54.00	1.37	29.19	29.2	0.03	2023-07-24 14:40:03	2023-07-24 14:40:04	1.00
8	54.04	54	0.07	30.4	29.3	3.75	2023-07-24 14:45:03	2023-07-24 14:45:04	1.00
9	51.48	51.00	0.94	30.13	29.8	1.11	2023-07-24 14:50:01	2023-07-24 14:50:04	3.00
10	11.55	11.00	5.00	29.64	29.6	0.14	2023-07-24 14:55:03	2023-07-24 14:55:04	1.00
11	6.25	6.00	4.17	32.13	32.2	0.22	2023-07-24 15:00:03	2023-07-24 15:00:04	1.00
12	6.09	6	1.50	35.3	35	0.86	2023-07-24 15:05:02	2023-07-24 15:05:03	1.00
		MAPE	1.53		MAPE	2.10		MAPE	1.25

4.6 Pembahasan

MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) adalah alat statistik yang digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model statistik dalam melakukan prediksi atau peramalan (Nabillah & Ranggadara, 2020). Rumus MAPE adalah sebagai berikut,

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{A_i - F_i}{A_i} \right| \times 100\%$$

dimana:

n adalah ukuran sampel, A_i adalah nilai data aktual (pembacaan tools/meter), F_i adalah nilai data peramalan/prediksi (pembacaan sensor). Berdasarkan rumus tersebut, selisih data aktual dengan peramalan dibagi dengan data aktual, kemudian nilainya dimutlakkan (absolut). Artinya MAPE akan selalu bernilai positif.

Pada Tabel 2, penghitungan MAPE atau persentase rata-rata galat absolut untuk parameter TDS adalah sebesar 1,53%, parameter suhu adalah 2,1% dan untuk selisih kinerja waktu nyata adalah 1.25 detik. Untuk kinerja waktu nyata selisih waktu antara pengiriman data di lokasi dengan waktu data diterima di server didapatkan data dengan selisih antara 1-3 detik. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor antara lain waktu propagasi dalam jaringan operator, kinerja perangkat atau faktor cuaca. Sedangkan MAPE 1,53% (TDS) dan 2,1% (suhu) dapat disebabkan karena kinerja perangkat atau karena panjang kabel sensor yang mencapai 10m. Panjang kabel sensor dibuat 10m karena disesuaikan dengan rencana pemasangan sensor di tebing sungai Tapin yang mencapai 10m.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan pengujian kinerja SIMONKA yang didasarkan pada penghitungan MAPE atau persentase rata-rata galat absolut untuk parameter TDS adalah sebesar 1,53%, parameter suhu adalah 2,1% dan untuk selisih waktu nyata adalah 1.25 detik. Nilai MAPE <10 menunjukkan prediksi (dalam hal ini adalah pembacaan sensor) sangat akurat dan menunjukkan kinerja waktu nyata yang bagus.
2. SIMONKA-client dirancang menggunakan monopole dan tiga bagian utama (boks Unit Catu Daya, boks Unit Pusat Kendali dan satu set Unit Sensor), sedangkan SIMONKA-server berupa aplikasi server berbasis web di komputasi awan. Elemen-elemen SIMONKA berjalan dengan baik ditunjukkan dengan hasil penelitian poin pertama.
3. Teknologi IoT (*Internet of Things*) khususnya protokol REST (*Representational State Transfer*) sangat berperan dalam uji kinerja waktu nyata. Hal ini dibuktikan dalam hasil pengujian yang membutuhkan waktu 1-3 detik dalam pengiriman data.

5.2 Saran

1. Panjang kabel sensor mempengaruhi hasil pengukuran data lingkungan. Sebaiknya menggunakan kabel sensor sependek mungkin jika memungkinkan
2. Sebagaimana perangkat elektronik pada umumnya, perangkat SIMONKA juga perlu dilakukan langkah-langkah pemeliharaan rutin.
3. Data yang dikirim ke server dapat digunakan sebagai bahan analisis kualitas air di lokasi tersebut sekaligus untuk menentukan langkah mitigasi strategis oleh pihak yang berkepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappelitbang Tapin. (2022). *Expose Preliminary Report Pemetaan Daya Dukung Lingkungan Berbasis Jasa Ekosistem Pangan dan Air di Kabupaten Tapin*. <https://e-starlitbang.tapinkab.go.id/blog/expose-preliminary-report-pemetaan-daya-dukung-lingkungan-berbasis-jasa-ekosistem-pangan-dan-air-di-kabupaten-tapin>
- Dahliya, D., Samsurizal, S., & Pasra, N. (2021). Efisiensi Panel Surya Kapasitas 100 Wp Akibat Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin. *Sutet*, 11(2), 71–80. <https://doi.org/10.33322/sutet.v11i2.1551>
- data.kalselprov.go.id. (2022). *Indeks Kualitas Air*. <https://data.kalselprov.go.id/dataset/data/1393>
- Kemenkes. (2017). 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. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 1–20.
- Love, T. S., & Tomlinson, J. (2016). *The Orange Pi: : Integrating Programming through Electronic Technology*. October 2016.
- Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(2), 250–255. <https://doi.org/10.33633/joins.v5i2.3900>
- Noor, A., Supriyanto, A., & Rhomadhona, H. (2019). Aplikasi Pendeteksi Kualitas Air Menggunakan. *Corel IT*, 5(1), 13–18.
- Prayogi, S. (2023). *Sel surya dalam konsep fisika*. May.
- Qawaqzeh, M., Al-Taweel, F. M., Stecuła, K., Markowska, K., Khawaldah, M. Al, Younes, T. M., Alrifai, B., Miroshnyk, O., & Shchur, T. (2023). A Simple Approach to Connecting Pt100 by Utilizing an Electroacoustic Resonance Tube. *Sensors*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/s23052775>
- Sgora, A., & Chatzimisios, P. (2022). Defining and Assessing Quality in IoT Environments: A Survey. *Internet of Things*, 3(4), 493–506. <https://doi.org/10.3390/iot3040026>
- Teh, H. Y., Kempa-Liehr, A. W., & Wang, K. I. K. (2020). Sensor data quality: a systematic review. *Journal of Big Data*, 7(1), 1–50. <https://doi.org/10.1186/s40537-020-0285-1>
- Wang, B. B. (2021). Research on drinking water purification technologies for household use by reducing total dissolved solids (TDS). *PLoS ONE*, 16(9 September), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257865>

