



INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 📠 (022)2500940
BANDUNG 40132

Dokumentasi Produk Tugas Akhir

Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: <i>e-Shrimp: Sistem Kontrol Pintar untuk Tambak Udang Vanamei dengan menggunakan Multi Sensor</i>
Jenis Dokumen	PENGUJIAN Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB
Nomor Dokumen	B500-02-TA161701060
Nomor Revisi	Versi 02
Nama File	B500-01-TA161701060.docx
Tanggal Penerbitan	12 May 2017
Unit Penerbit	Prodi Teknik Elektro – ITB
Jumlah Halaman	82 (termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan				
Ditulis Oleh	Nama	Daniel Anugrah Wiranata	Jabatan	Ketua
	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	
	Nama	Edwin Sanjaya	Jabatan	Anggota
	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	
	Nama	Marcel	Jabatan	Anggota
	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	
Diperiksa Oleh	Nama	Elvayandri, S.Si, MT	Jabatan	Koordinator Pembimbing
	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	
	Nama	Ir. Farkhad Ihsan Hariadi, M.Sc.	Jabatan	Pembimbing
	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	

Disetujui	Nama	Elvayandri, S.Si, MT	Jabatan	Koordinator Pembimbing
Oleh	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	
	Nama	Ir. Farkhad Ihsan Hariadi, M.Sc.	Jabatan	Pembimbing
	Tanggal	4 Mei 2017	Tanda Tangan	

DAFTAR ISI

1	PENGANTAR	5
1.1	RINGKASAN ISI DOKUMEN	5
1.2	TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN	5
1.3	REFERENSI	5
1.4	DAFTAR SINGKATAN.....	5
2	TINJAUAN DEFINISI, FUNGSI, SPESIFIKASI, DAN IMPLEMENTASI.....	7
2.1	DEFINISI, FUNGSI DAN SPESIFIKASI.....	7
2.2	PERANCANGAN (DESIGN).....	10
2.2.1	<i>Spesifikasi dan Daya Kerja (Performance) Fungsi</i>	10
2.2.2	<i>Spesifikasi Deskripsi Fisik dan Lingkungan</i>	18
3	PENGUJIAN	23
3.1	PENGUJIAN MODUL REMOTE POND MONITORING (RPM).....	23
3.1.1	<i>Tinjauan Implementasi</i>	23
3.1.2	<i>Parameter Pengujian</i>	25
3.1.3	<i>Lingkungan Pengujian</i>	26
3.1.4	<i>Prosedur Pengujian</i>	28
3.1.5	<i>Hasil Pengujian</i>	32
3.2	PENGUJIAN HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)	61
3.2.1	<i>Tinjauan Implementasi</i>	61
3.2.2	<i>Parameter Pengujian</i>	63
3.2.3	<i>Lingkungan Pengujian</i>	65
3.2.4	<i>Prosedur Pengujian</i>	65
3.2.5	<i>Hasil Pengujian</i>	68
4	LAMPIRAN.....	83

Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

VERSI, TGL, OLEH	PERBAIKAN

e-Shrimp: Sistem Monitoring Cerdas untuk Tambak Udang Vannamei dengan menggunakan Multi Sensor

1 PENGANTAR

1.1 RINGKASAN ISI DOKUMEN

Dokumen ini terdiri dari tiga bagian yaitu bagian pengantar, bagian tinjauan dan bagian utama yaitu bagian pengujian. Bagian pengantar terdiri dari ringkasan dokumen B500 secara keseluruhan, tujuan penulisan dan kegunaan dokumen. Pada bagian ini juga terdapat referensi dan tabel daftar singkatan.

Kemudian pada bagian tinjauan, disini akan dibahas definisi secara umum dari *e-Shrimp*: Sistem Monitoring Cerdas untuk Tambak Udang Vannamei dengan menggunakan Multi-Sensor. Pada bagian ini juga akan dijelaskan fungsi atau fitur yang dimiliki oleh *e-Shrimp*. Spesifikasi dari *e-Shrimp* juga akan dipaparkan dan dijelaskan pada bagian ini. Terakhir, di bagian ini juga akan dijelaskan mengenai deskripsi fisik dan lingkungan dari kedua modul yang dimiliki oleh *e-Shrimp* yaitu modul *Remote Pond Monitoring* (RPM) dan modul *Human Machine Interface* (HMI).

Pada bagian terakhir dari dokumen ini terdapat bagian pengujian yang terdiri dari pengujian untuk modul RPM dan untuk modul HMI. Pada pengujian modul RPM akan dilakukan pengujian terhadap sistem dari modul RPM itu sendiri, sensor – sensor yang terdapat pada modul RPM, modul transmisi dan modul relay untuk otomasi kincir. Pada pengujian modul HMI juga akan dilakukan pengujian terhadap sistem dari modul HMI itu sendiri, modul LCD + keypad, modul transmisi dan modul alarm. Pengujian ini bertujuan untuk menilai apakah *e-Shrimp* sudah dapat bekerja sesuai dengan definisi, fungsi dan spesifikasi yang sudah ditetapkan sebelumnya.

1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Tujuan dari penulisan dokumen ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai dokumen yang menjelaskan hasil pengujian dari keseluruhan modul di dalam *e-Shrimp*.
2. Sebagai catatan dari progress riset dan catatan revisi yang telah dilakukan.

1.3 REFERENSI

Referensi yang digunakan dalam pembuatan dokumen spesifikasi riset ini adalah sebagai berikut :

1. SNI 7772:2013 tentang *Produksi udang vaname (Litopenaeus vannamei) di tambak dengan teknologi semi - intensif*, Badan Standarisasi Nasional, 2013

1.4 DAFTAR SINGKATAN

SINGKATAN	ARTI
MCU	<i>Microcontroller Unit</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>

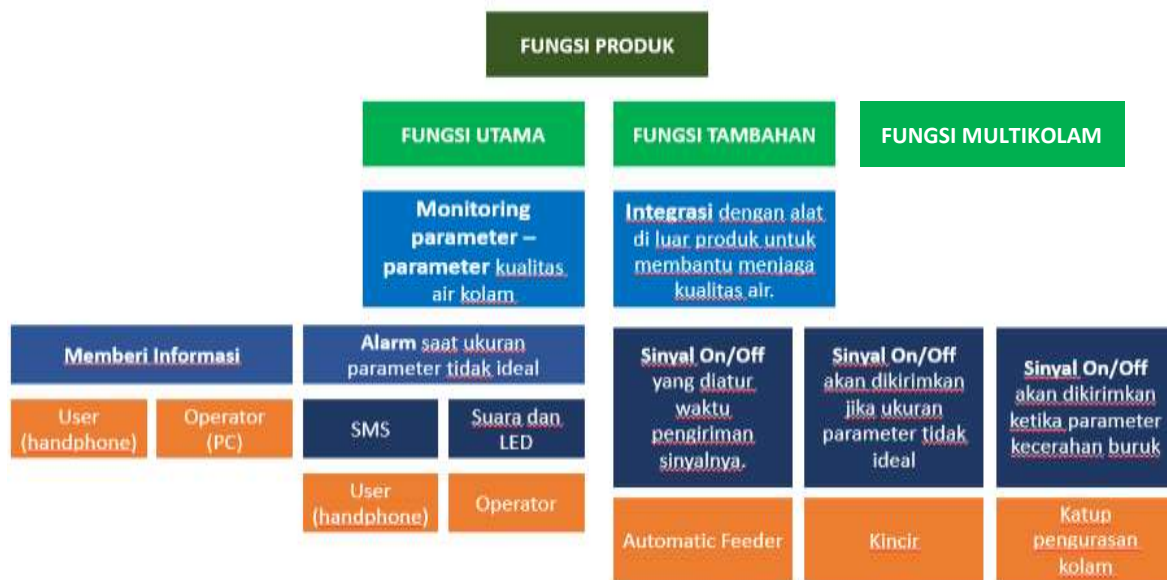
SINGKATAN	ARTI
GSM	<i>Global System for Mobile communication</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
RPM	<i>Remote Pond Monitoring</i>

2 TINJAUAN DEFINISI, FUNGSI, SPESIFIKASI, DAN IMPLEMENTASI

2.1 Definisi, Fungsi dan Spesifikasi

e-Shrimp adalah alat sistem monitoring cerdas untuk tambak udang vannamei dengan multi-sensor. Alat ini memiliki kemampuan untuk melakukan monitoring terhadap parameter kualitas air kolam, mengolah data untuk memperingati penjaga kolam jika ada parameter kualitas air kolam yang berada di luar batas normal dan juga mampu untuk mengaktifkan dan mengnon-aktifkan kincir pada kolam tergantung kondisi parameter kualitas air kolam.

e-Shrimp memiliki beberapa fungsi yang dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



Gambar 1 Fungsi pada e-Shrimp

Keterangan:

User : *Stakeholder* tambak udang yang perlu untuk memantau kondisi kolamnya tanpa harus berada di lokasi.

Operator: Orang yang bertugas untuk mengurus tambak udang.

Fungsi dari produk ini dibagi menjadi fungsi utama dan tambahan. Fungsi utama yaitu untuk melakukan monitoring terhadap parameter – parameter yang menentukan kualitas air kolam udang. Hasil pengukuran parameter – parameter kualitas air tersebut akan dikirimkan ke user (handphone) dan operator yang akan melihat hasil pengukuran lewat PC. Hal ini bertujuan agar operator dan user dapat melakukan pemantauan terhadap kolam udangnya.

Kemudian hasil dari pengukuran parameter – parameter kualitas air ini juga akan memicu alarm ketika nilai pengukurannya tidak ideal. Alarm pada produk ini berupa sms yang akan dikirimkan ke user (handphone) dan dalam bentuk suara dan lampu LED untuk memberi peringatan bagi operator. Tujuannya agar user mengetahui kondisi kolamnya dan agar operator dapat langsung melakukan tindakan yang dapat mengubah parameter – parameter kualitas air menjadi ideal kembali.

Fungsi tambahan produk ini yaitu berupa integrasi dengan alat – alat lain yang akan membantu untuk menjaga kualitas air kolam udang yaitu *automatic feeder*, kincir dan katup

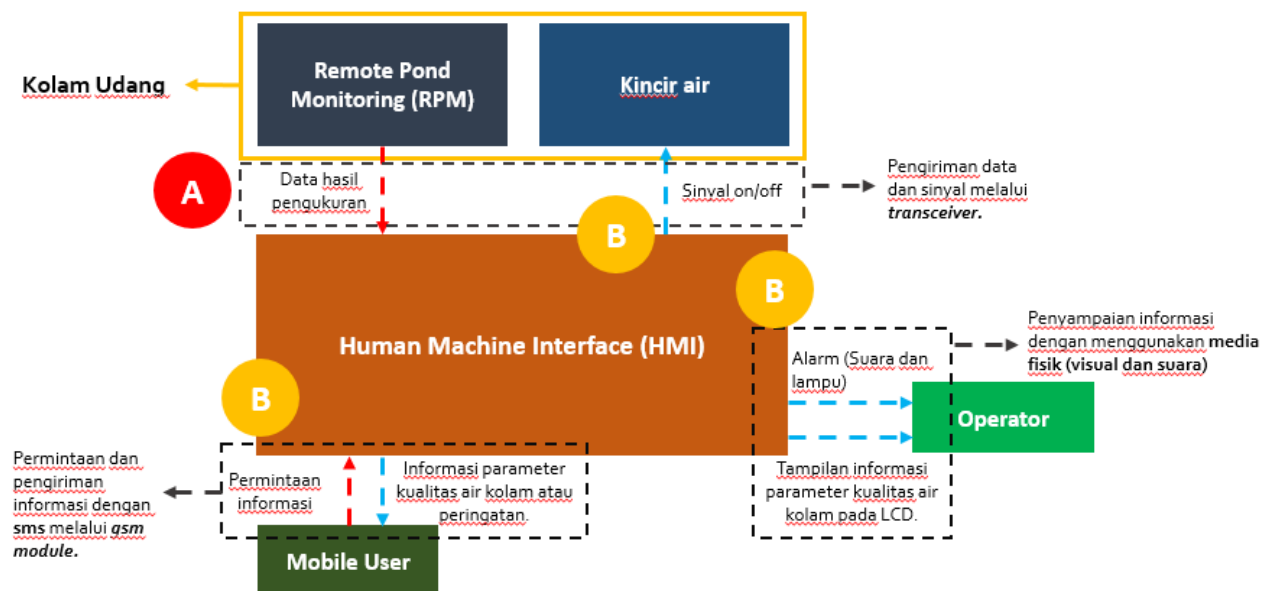
pengurasan kolam. Untuk *automatic feeder* akan dikirimkan sinyal on/off berdasarkan waktu, waktu pengiriman ini akan diatur berdasarkan jam makan udang. Untuk katup pengurasan kolam akan dikirimkan sinyal on/off ketika kecerahan air pada kolam udang sudah memburuk. Untuk kincir, sinyal on/off akan dikirimkan saat parameter – parameter kualitas air dalam keadaan yang tidak ideal. Hal ini dilakukan agar kincir bekerja dan memperbaiki kualitas air pada kolam udang.

Perlu diketahui bahwa fungsi tambahan yang akan diimplementasikan pada *e-Shrimp* saat ini baru satu bagian yaitu bagian otomasi untuk menyalakan kincir. Ada beberapa alasan mengapa hanya satu bagian yang diimplementasikan:

1. Untuk *Automatic Feeder*, pertimbangan harga menjadi salah satu kendala untuk mengimplementasikannya karena biaya sudah terkuras untuk pembelian sensor.
2. Untuk Katup Penguras, mempertimbangkan frekuensi penggunaannya yang hanya sekali dalam periode 1 – 2 minggu sehingga dinilai tidak akan signifikan manfaatnya untuk mengaplikasikan sistem otomasi pada bagian ini.
3. Secara umum, konsep dari pengaplikasian *automatic feeder* dan katup penguras sama dengan pengaplikasian otomasi kincir kolam. Dalam aplikasinya digunakan relay untuk mengontrol aktif dan non-aktifnya kincir kolam tersebut kemudian digunakan juga *transceiver* untuk menerima sinyal yang akan mengontrol aktif dan non-aktifnya relay.

Berdasarkan 3 alasan diatas, fungsi tambahan yang akan diaplikasikan pada *e-Shrimp* versi 2017 hanya pada bagian otomasi untuk kincir kolam.

Untuk memahami lebih jelas bagaimana sistem *e-Shrimp* bekerja, dapat dilihat terlebih dahulu ilustrasi dibawah ini:



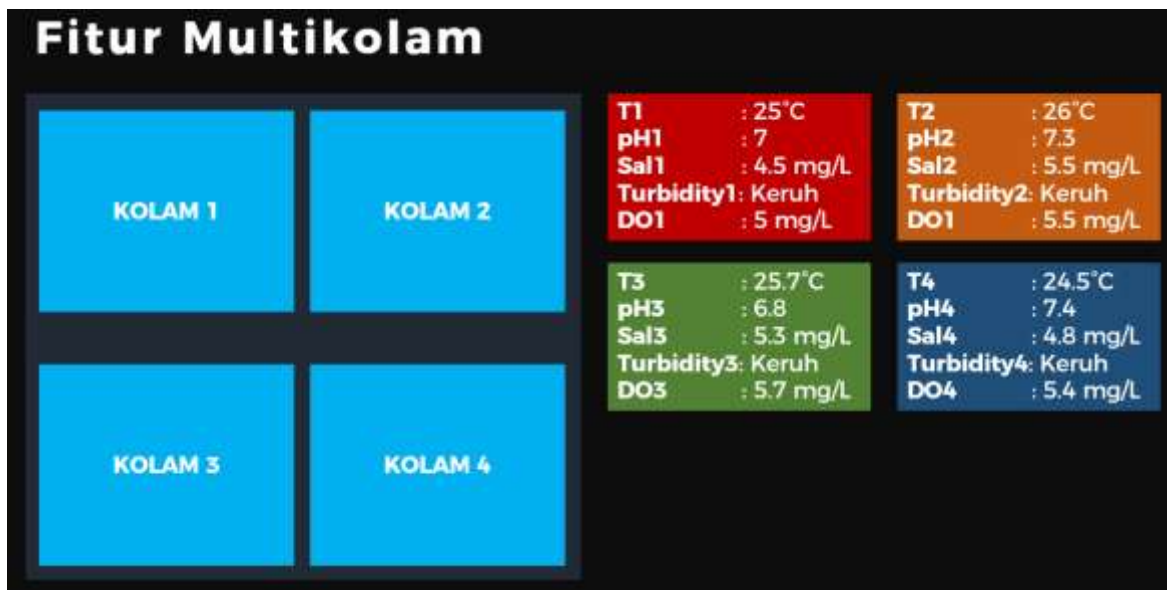
Gambar 2 Sistem Kerja *e-Shrimp*

Secara umum ada 2 proses pada keseluruhan sistem *e-shrimp*, pertama adalah bagian pengambilan data (A) dan yang kedua adalah bagian pengolahan dan tindakan dari hasil pengolahan tersebut (B). Dapat dilihat dari ilustrasi diatas bahwa pada proses A, *e-Shrimp*

akan mengambil data dari kelima sensor yang ada kemudian meng-*compile* data tersebut ke dalam paket *array* untuk kemudian dikirim ke modul HMI menggunakan *transceiver*.

Pada bagian B, seperti yang juga bisa dilihat pada ilustrasi diatas bahwa bagian B terdiri dari pengolahan data yang diterima dari modul RPM berserta tindakan berdasarkan data yang sudah diolah tersebut. Ada 3 tindakan yang dilakukan pada bagian B, pertama pengiriman informasi status parameter kualitas air kolam ke *mobile user*, sebaliknya *mobile user* juga bisa meminta informasi yang lebih detail mengenai nilai parameter kualitas air kolam menggunakan sms ke modul HMI. Kedua yaitu peringatan untuk operator kolam berupa alarm dan lampu yang akan menyala ketika ada parameter kolam yang nilainya tidak ideal. Tindakan atau *action* ketiga yang akan dilakukan adalah pengiriman sinyal untuk mengatur aktif dan non-aktifnya relay kincir. Relay kincir ini akan meneruskan arus ke kincir kolam ketika salah satu dari parameter temperature atau oksigen terlarut berada dalam kondisi tidak ideal.

Pada e-Shrimp juga terdapat fungsi multikolam dimana, e-Shrimp dapat menampilkan data dari maksimal 4 kolam udang. Berikut adalah ilustrasinya:



Gambar 3 Fitur Multikolam e-Shrimp

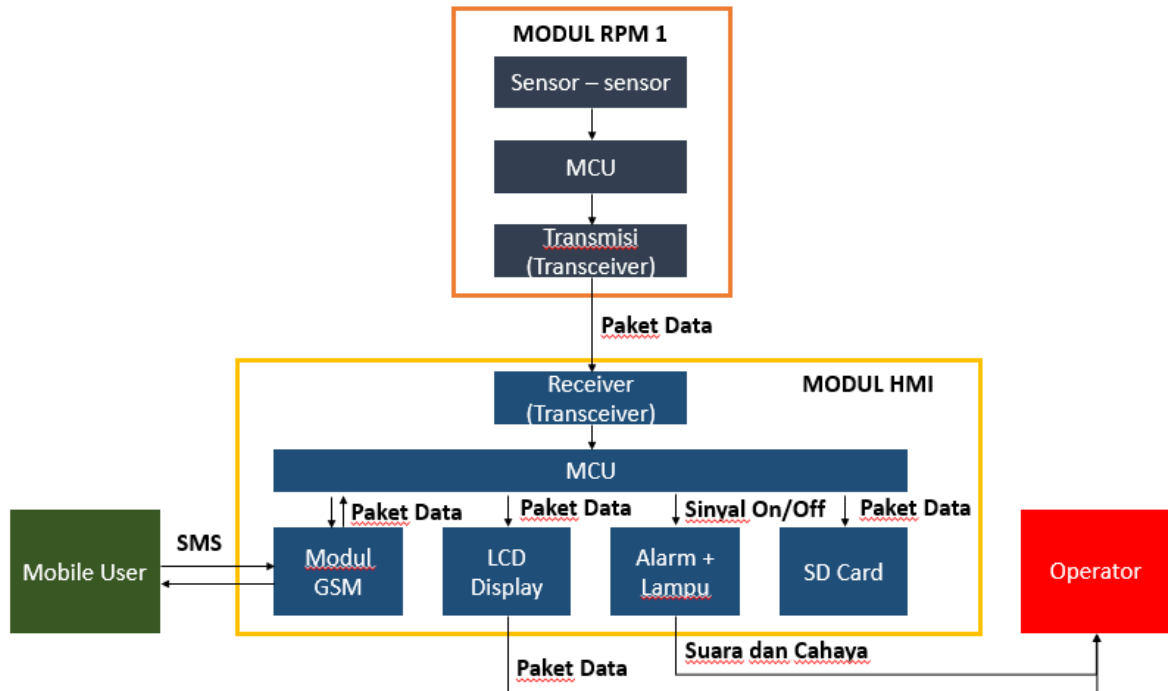
Spesifikasi untuk kelima parameter kualitas air kolam berdasarkan standar SNI 7772:2013 yang akan diukur menggunakan 5 buah sensor adalah sebagai berikut:

Parameter	Nilai Ideal
Salinitas	10 - 35 mg/L
Temperatur	28 – 31.5°C
pH	7.5 – 8.5
Oksigen Terlarut	3.5 mg/L (angka minimal di bagian dasar kolam)
Kecerahan air	30 – 45 cm

2.2 Perancangan (Design)

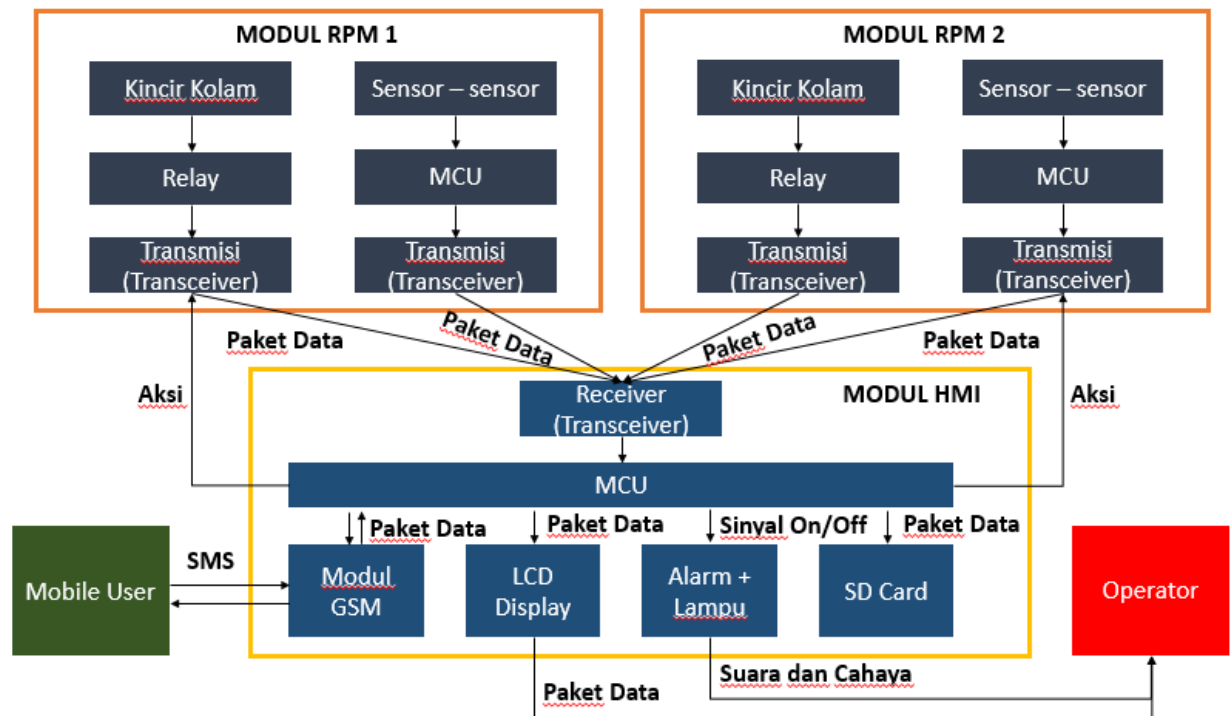
2.2.1 Spesifikasi dan Daya Kerja (Performance) Fungsi

Desain Produk Versi 1



Gambar 4 Desain Produk Versi 1

Desain Produk Versi 2



Gambar 5 Desain Produk Versi 2

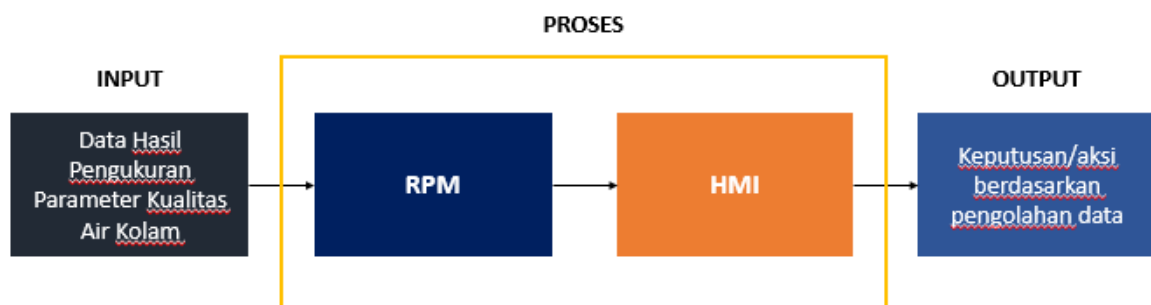
Dilihat dari 2 bagan desain diatas, dapat ditemukan beberapa perbedaan secara umum, yaitu:

1. Pada desain versi 2 ditambah fitur multi-kolan, fitur multikolan ini berarti *e-Shrimp* dapat bekerja sekaligus untuk beberapa kolam. Pada tahap implementasi saat ini, *e-Shrimp* akan diimplementasikan untuk 2 kolam.
2. Implementasi fitur tambahan untuk otomasi kincir.

Perlu diingat bahwa tambahan 2 poin diatas adalah 2 tambahan yang sifatnya *major* namun tentunya perbaikan dan pengembangan juga dilakukan di kedua modul HMI dan RPM. Perbaikan dan pengembangan yang dilakukan akan dibahas secara lebih mendalam pada dokumen desain yaitu B300, kemudian di dokumen implementasi (B400) dan perbaikan/pengembangan tersebut akan dibuktikan dalam pengujian yang akan didokumentasikan di dalam dokumen ini (B500) bagian pengujian.

2.2.1.1 Desain Level 0 Sistem Monitoring

Desain level 0 dari sistem *monitoring* kualitas air kolam adalah sebagai berikut:



Gambar 6 Desain Level 0 Sistem Monitoring

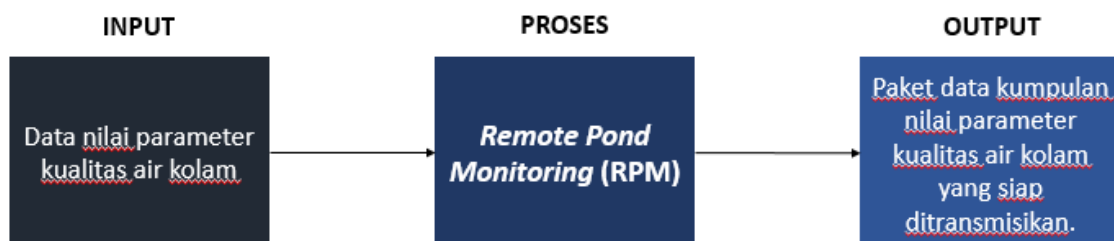
Penjelasan level 0 dapat dilihat pada tabel berikut:

Parameter	Keterangan
Input	Parameter kualitas air yang terukur yang terlihat melalui hasil pengukuran sensor-sensor yang digunakan, yaitu sensor kadar pH, sensor suhu, sensor DO, sensor salinitas, sensor kecerahan air dan sensor ketinggian air.
Output	Keputusan berdasarkan situasi yang terjadi. Misalnya, mengirimkan data atau hasil kepada pemakai melalui SMS
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengumpulkan informasi parameter-parameter kualitas air dan mengolah data-data pada <i>data logger</i> • Menampilkan hasil pengolahan data • Mengirimkan hasil pengolahan data kepada pemakai

2.2.1.2 Desain Level 1 Sistem Monitoring

Berdasarkan desain level 0, sistem *monitoring* dapat dibagi menjadi dua subsistem yaitu modul *Remote Pond Monitoring* (RPM) dan modul *Human Machine Interface* (HMI). Berikut penjelasan dari kedua subsistem tersebut:

1. Modul *Remote Pond Monitoring* (RPM)



Gambar 7 Desain Level 0 Modul RPM

Penjelasan level 0 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Parameter	Keterangan
Input	Data nilai parameter air kolam yang didapatkan dari sensor-sensor
Output	Paket data yang dibawa ke <i>transceiver</i> dan akan dikirimkan ke modul HMI
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Mengumpulkan data parameter kualitas air kolam dari sensor-sensor • Mengirimkan paket data ke modul HMI melalui <i>transceiver</i>

2. Modul *Human Machine Interface* (HMI)



Gambar 8 Desain Level 0 Modul HMI

Penjelasan level 0 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Parameter	Keterangan
Input	Kumpulan data yang diterima dari modul RPM
Output	Keputusan berdasarkan pengolahan data yang diterima dari modul RPM.
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> Mengolah data yang didapat dari RPM Membuat keputusan/aksi berdasarkan hasil pengolahan data.

2.2.1.3 Desain Level 2 Sistem Monitoring

Berdasarkan desain level 1 sistem monitoring yang terdiri dari modul RPM dan HMI, terdapat beberapa sub-sistem lagi yang akan dijelaskan pada desain level 2 ini:

1. Modul Remote Pond Monitoring (RPM)

Modul RPM memiliki beberapa sub-sistem diantaranya lain adalah keenam sensor yang telah dipilih, *microprocessor unit* (MCU), dan *Human Machine Interface* (HMI).



Gambar 9 Desain Level 1 Modul RPM

Sensor Temperatur

Sensor temperatur mengukur keadaan suhu air kolam di sekitar sensor. Keluaran dari sensor ini adalah tegangan yang dikonversi menjadi suhu.



Gambar 10 Desain Level 0 Sensor Temperatur

Sensor pH

Sensor pH mengukur tingkat keasaman air kolam di sekitar sensor. Sensor ini akan mengkonversi tingkat keasaman air kolam ke dalam bentuk tegangan



Gambar 11 Desain Level 0 Sensor pH

Sensor Salinitas

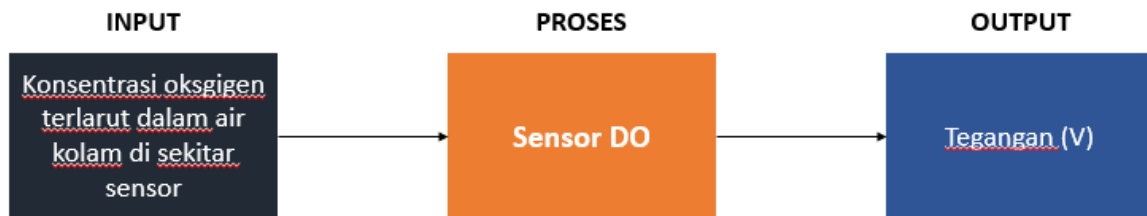
Sensor salinitas mengukur jumlah semua kadar garam terlarut, biasanya dinyatakan dalam *parts per thousand* (1 ppt = 1 mg/L). Sensor ini mengukur konsentrasi larutan dengan konsentrasi ion yang tinggi. Pada larutan, arus mengalir melalui transportasi ion sehingga peningkatan konsentrasi ion di larutan menghasilkan konduktivitas yang tinggi. Arus listrik yang mengalir ini akan dikonversi menjadi tegangan



Gambar 12 Desain Level 0 Sensor Salinitas

Sensor DO

Sensor DO mengukur tingkat saturasi oksigen yang terlarut dalam air. Sensor ini akan mengkonversi tingkat saturasi oksigen ke dalam bentuk tegangan.



Gambar 13 Desain Level 0 Sensor DO

Sensor Kekeruhan Air

Sensor kecerahan akan memeriksa tingkat kecerahan di dalam air. Komponen yang digunakan adalah LED / infra merah dan photodiode. Jumlah intensitas cahaya yang diterima photodiode akan menghasilkan arus. Sensor photo dioda merupakan dioda yang peka terhadap cahaya, sensor photodiode akan mengalami perubahan resistansi pada saat menerima intensitas cahaya dan akan mengalirkan arus listrik secara forward sebagaimana dioda pada umumnya.

Photodiode akan mengalirkan arus yang membentuk fungsi linear terhadap intensitas cahaya yang diterima. Arus ini umumnya teratur terhadap power density (D_p). Perbandingan antara arus keluaran dengan power density disebut sebagai current responsitivity. Arus yang dimaksud adalah arus bocor ketika photodiode tersebut disinari dan dalam keadaan dipanjar mundur. Tanggapan frekuensi sensor photodiode tidak luas. Dari rentang tanggapan itu, sensor photodiode memiliki tanggapan paling baik terhadap cahaya infra merah, tepatnya pada cahaya dengan panjang gelombang sekitar $0,9 \mu\text{m}$. Semakin besar intensitas cahaya yang diterima maka arus yang dialirkan akan semakin besar juga. Arus tersebut kemudian dikonversi ke dalam bentuk tegangan

Saat photodiode terkena cahaya, maka akan bersifat sebagai sumber tegangan dan resistansinya akan menjadi kecil. Sedangkan saat photodiode tidak terkena cahaya, maka nilai resistansinya akan besar atau dapat diasumsikan tak berhingga.



Gambar 14 Desain Level 0 Sensor Temperatur

Transmitter

Transmitter berfungsi sebagai pemancar sinyal digital dari MCU ke receiver modul HMI



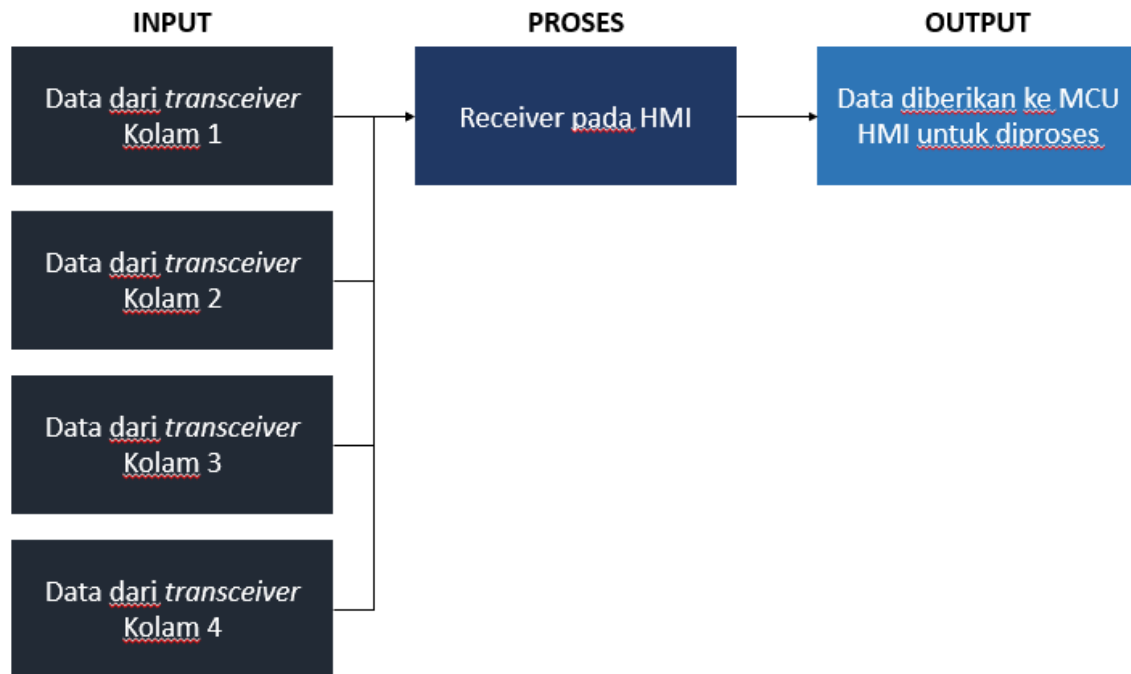
Gambar 15 Desain Level 0 Transmitter

2. Modul *Human Machine Interface* (HMI)

Komponen-komponen penyusun HMI antara lain:

Receiver

Receiver berfungsi sebagai penerima data dari *transceiver* pada modul RPM. Kemudian data tersebut akan diberikan ke MCU pada HMI untuk diolah.

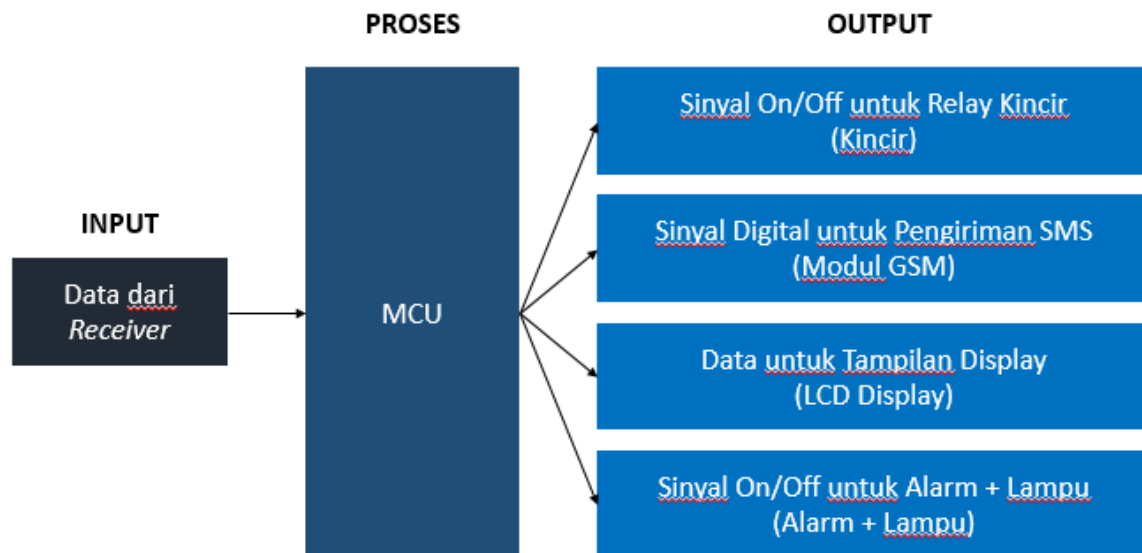


Gambar 16 Desain Level 0 Receiver

MCU

MCU berfungsi sebagai pengolah data pengukuran multisensory dari modul RPM, yang kemudian memberikan keputusan berdasarkan hasil pengolahan data. Beberapa kebutuhan yang perlu dikerjakan MCU adalah sebagai berikut

- Menampilkan data parameter kualitas air pada *display*
- Mengirim data tertentu ke modul GSM berdasarkan instruksi pemakai
- Memberikan sinyal on/off pada alarm ketika terdapat parameter yang tidak sesuai dengan batas normal
- Memberikan data nilai parameter kualitas air yang telah diolah ke PC. Data yang berada di PC bertujuan untuk melihat statistic data nilai parameter kualitas air
- Sebagai pengatur fitur tambahan (kincir air, katup dan automatic feeder)



Gambar 17 Desain Level 0 MCU

Modul GSM

Modul GSM berfungsi sebagai perantara antara MCU dengan *handphone*, yaitu dalam mengirimkan data nilai parameter yang dibutuhkan *mobile user*. Modul GSM merupakan peralatan yang digunakan sebagai mesin dalam suatu aplikasi. Dalam aplikasi yang dibuat harus terdapat mikrokontroler yang akan mengirimkan perintah kepada modul GSM berupa AT command melalui RS232 sebagai komponen penghubung (communication links). Modul ini dapat menerima dan mengirimkan SMS.



Gambar 18 Desain Level 0 Modul GSM

Display

Display berfungsi menampilkan data nilai parameter kualitas air kolam yang telah diolah MCU pada modul HMI



Gambar 19 Desain Level 0 LCD Display

Alarm dan Lampu

Alarm berfungsi sebagai penanda kepada operator jika ada nilai parameter yang tidak sesuai dengan batas normal.



Gambar 20 Desain Level 0 Alarm + Lampu

SD Card

SD Card berfungsi sebagai penyimpanan data hasil pengukuran parameter kualitas air kolam yang sebagai penanda kepada operator jika ada nilai parameter yang tidak sesuai dengan batas normal.



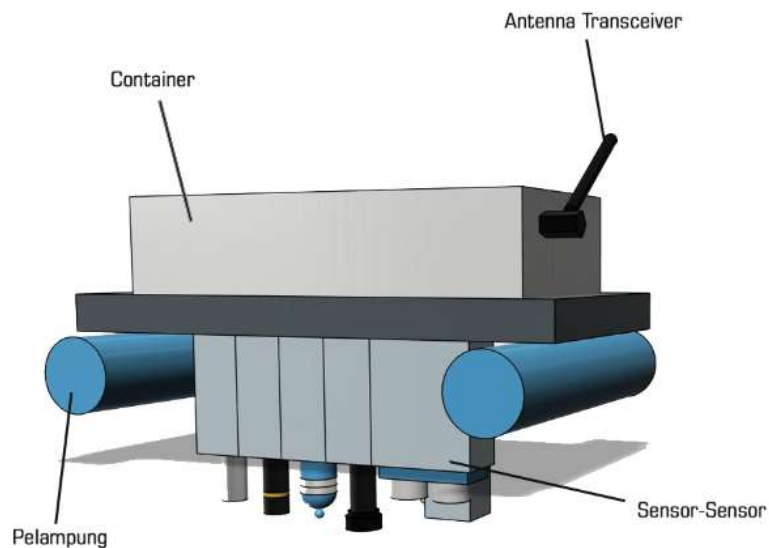
Gambar 21 Desain Level 0 SD Card

2.2.2 Spesifikasi Deskripsi Fisik dan Lingkungan

1. Deskripsi Fisik

Berikut merupakan desain untuk tampilan fisik modul-modul perangkat keras pada **e-Shrimp** : Sistem Kontrol Pintar dengan Multisensor untuk Tambak Udang Vannamei, sebagai spesifikasi dan gambaran fisik untuk alat yang dirancang pada riset ini :

Modul RPM :



Gambar 22 Desain Tampilan Fisik Modul RPM (*Remote Pond Monitoring*)

Container pada modul RPM berisi beberapa perangkat keras yang tidak tahan air seperti board mikroprocessor, receiver, LCD, board-board probe dan lain-lain. Untuk bahan RPM, terutama untuk container digunakan bahan dengan standar *International Protection Marking* atau *Ingress Protection Marking* yang setara dengan barang dengan sertifikasi IP64 (Tidak ada jalan masuk untuk debu dan tahan terhadap cipratan air).

RPM juga memiliki pelampung yang berfungsi untuk membuat RPM dapat mengambang pada tambak udang ketika beroperasi, hal ini juga diperlukan untuk mencegah terendamnya perangkat-perangkat keras yang tidak tahan air pada tambak udang.

Sensor-sensor yang digunakan pada RPM antara lain :

- Sensor temperatur
- Sensor salinitas
- Sensor pH
- Sensor DO (*Dissolved Oxygen*)
- Sensor Kekeruhan Air

Mayoritas sensor yang digunakan memiliki bentuk fisik probe yang *waterproof* sehingga, diletakan pada bagian bawah RPM yang akan terendam oleh air agar setiap sensor dapat melakukan pengukuran parameter kualitas air tambak secara langsung. Untuk sensor kekeruhan air, karena menggunakan LED dan photodiode yang tidak tahan air, maka akan dibuat sebuah lapisan kedap air transparan pada pipa berisi LED dan photodiode untuk mencegah masuknya air.

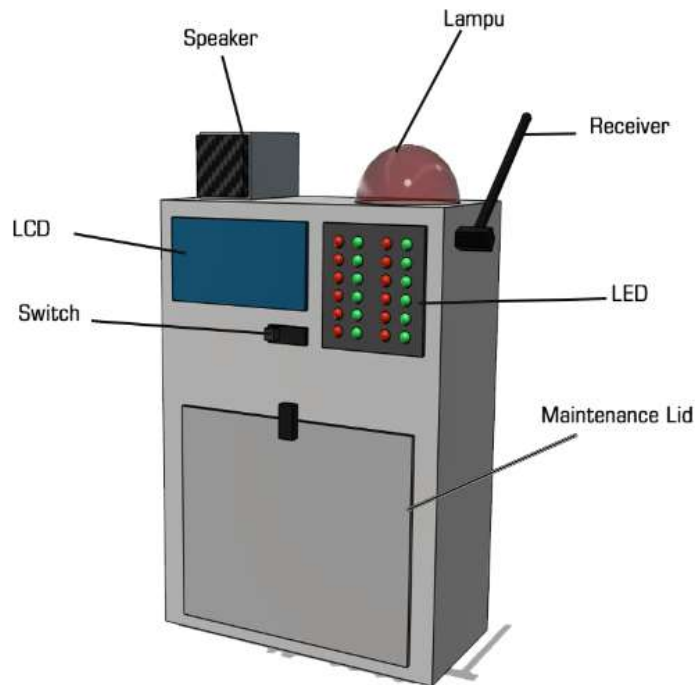
Antenna transceiver berfungsi untuk melakukan penerimaan dan pengiriman data antara modul RPM dengan modul HMI. Diletakan bersebelahan dengan container untuk

mengurangi jarak antara *board transceiver* dengan mikroprosessor sehingga bisa menghemat *space* yang ada

Dimensi : 50cm x 30cm x 50cm (Panjang x Lebar x Tinggi)

Massa : 2.5 kg

Modul HMI :



Gambar 23 Desain Tampilan Fisik Modul HMI (*Human Machine Interface*)

Sama seperti RPM, bahan untuk HMI menggunakan casing dengan bahan yang setara dengan sertifikasi IP64.

Ada beberapa komponen yang diletakan diluar *casing* atau tembus pandang dari luar antara lain :

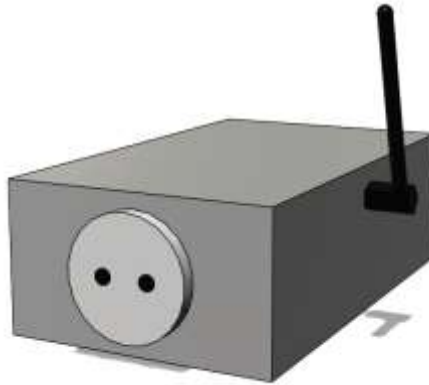
- LCD untuk menampilkan nilai-nilai parameter kualitas air tambak yang sedang dideteksi oleh RPM
- LED sebagai indikator apakah parameter kualitas air pada suatu tambak berada dinilai yang normal atau tidak (hijau untuk nilai normal dan merah untuk nilai yang tidak normal)
- *Speaker* untuk memberitahukan operator dijarak yang cukup jauh ketika ada parameter kualitas air tambak dalam *range* yang tidak normal
- Lampu untuk memberitahukan operator lokasi HMI yang RPMnya mendeteksi parameter kualitas air tambak dalam range yang tidak norma;
- *Switch* : Untuk menyalakan dan mematikan HMI

- *Receiver* : untuk melakukan komunikasi secara wireless antara perangkat HMI dengan perangkat-perangkat RPM lainnya

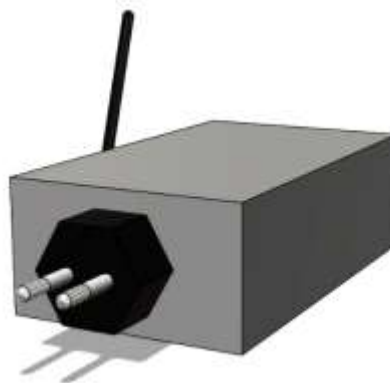
Dimensi : 40cm x 25cm x 100cm (Panjang x Lebar x Tinggi)

Massa : 2 Kg

Modul Kincir Air :



Gambar 24 Desain Tampilan Fisik Modul Kincir Air (1)



Gambar 25 Desain Tampilan Fisik Modul Kincir Air (2)

Modul ini berfungsi sebagai penghubung antara sumber listrik dengan kincir. Modul ini berisi sebuah rangkaian *switching* yang berfungsi sebagai sakelar yang dapat menyalakan dan mematikan kincir secara otomatis. Konsep *switching* ini diperlukan ketika terdapat parameter air kolam yang berada diluar kondisi normal yang dapat dikoreksi dengan menggunakan kincir.

Modul ini juga memiliki *receiver* yang berfungsi untuk menerima sebuah sinyal dari HMI ketika ada parameter kualitas air yang bisa dikoreksi oleh kincir, sinyal ini akan membuat *switch* menjadi terhubung dan membuat kincir berjalan.

Dimensi : 25cm x 10cm x 10cm (Panjang x Lebar x Tinggi)

Massa : 0.25 Kg

2. Deskripsi Lingkungan

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai deskripsi target lingkungan dimana *e-Shrimp* akan beroperasi.

Modul RPM

1. Temperatur Permukaan Air : 10 – 40 °C
2. Temperatur Udara : 10 – 50 °C
3. Kadar Kelembapan : 50 – 95 %
4. Ketahanan terhadap kejut dan getaran (*shock and vibration*) yang disebabkan oleh gelombang permukaan air mengikuti standar IP66.
5. Ketahanan terhadap debu dan benda cair juga mengikuti standar IP66 (1).

Modul HMI

1. Temperatur udara : 10 – 50 °C
2. Tekanan udara : 1 atm
3. Kadar Kelembapan : 50 – 95 %
4. Ketahanan terhadap kejut, getaran, debu dan benda cair mengikuti standar IP66 (1).

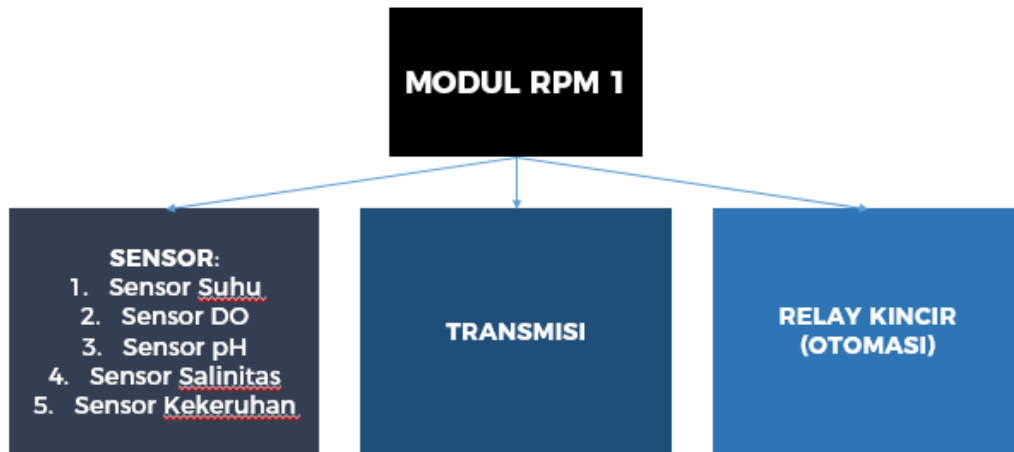
(1) <https://www.nemaenclosures.com/enclosure-ratings/ip-enclosures/ip66-enclosures.html>

3 PENGUJIAN

3.1 Pengujian Modul Remote Pond Monitoring (RPM)

3.1.1 Tinjauan Implementasi

Modul RPM 1 telah berhasil diimplementasikan pada tahap ini, Modul RPM terdiri dari 3 bagian yaitu bagian sensor yang berisi 5 buah sensor, bagian transmisi dan bagian relay



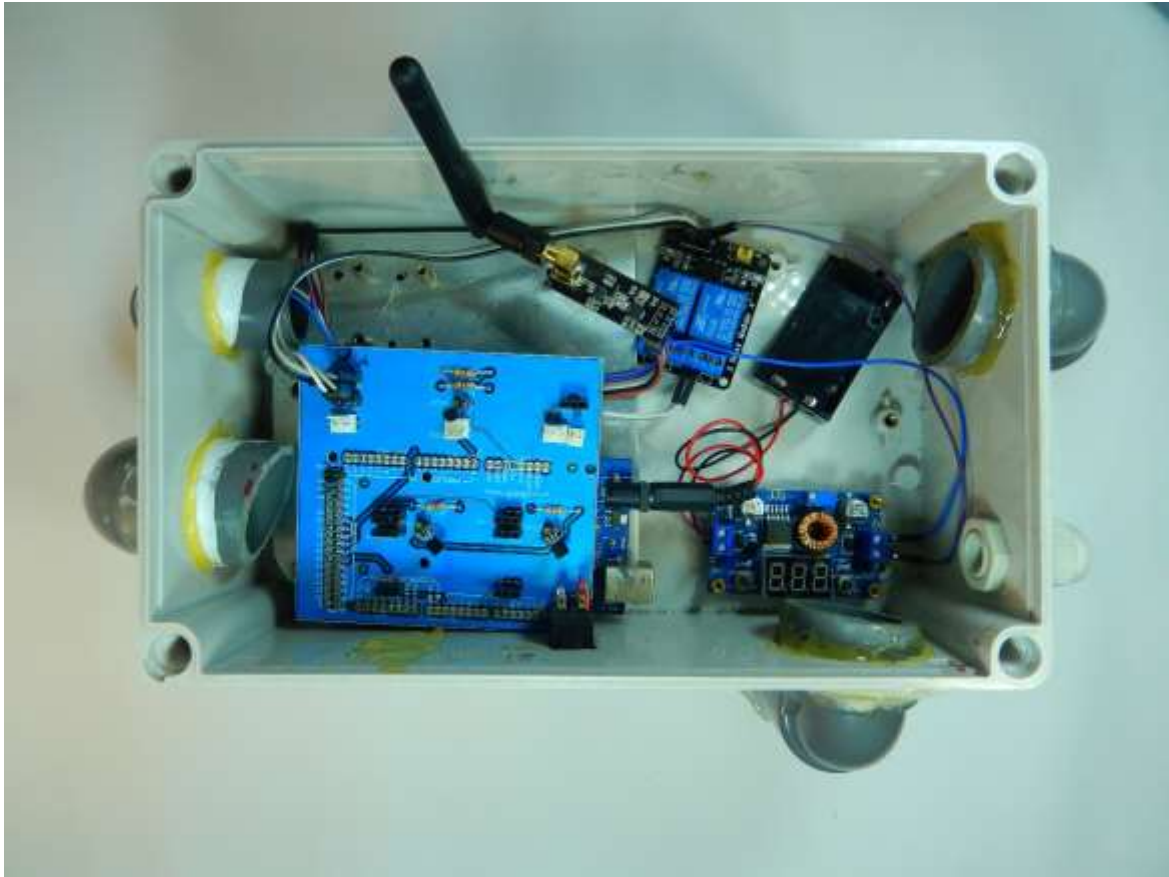
Gambar 26 Tinjauan Implementasi Modul RPM 1

kincir.

Pada implementasi modul RPM 1 ini telah diuji ketiga bagian tersebut dan masing - masing sudah dapat berjalan dengan baik. Kelima sensor sudah dapat mengeluarkan output yang seperti diharapkan. Kemudian modul sensor secara keseluruhan sudah dapat mengatur:

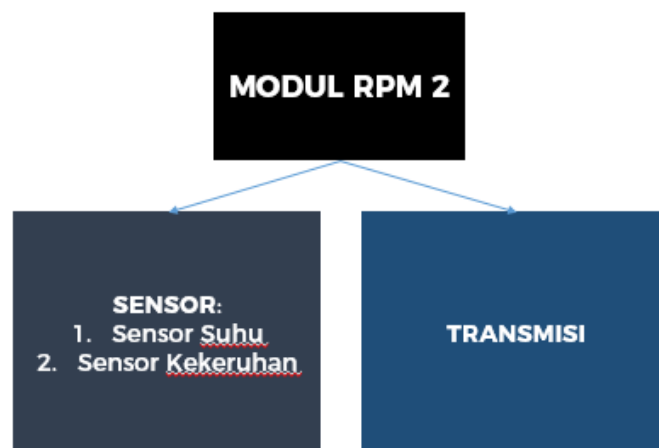
1. Jadwal masing – masing sensor untuk aktif dan kemudian tidak aktif hingga jadwal sensor tersebut untuk aktif datang kembali.
2. Durasi aktif setiap sensor.

Bagian transmisi pada modul RPM ini berfungsi untuk mengirim data/output dari sensor ke modul HMI. Fungsi ini juga sudah dapat berjalan dengan baik. Terakhir untuk relay kincir, fungsinya adalah untuk mengaktifkan dan mengnon-aktifkan kincir berdasarkan nilai output dari sensor suhu dan DO. Sensor suhu dan DO dipilih sebagai parameter yang menentukan aktif dan non-aktifnya sensor karena kedua parameter tersebut yang paling dipengaruhi oleh kincir. Bagian ini telah berhasil diimplementasikan menggunakan kincir untuk akuarium sebagai representasi dari kincir sesungguhnya.



Gambar 27 Hasil Implementasi Modul RPM 1

Hampir sama seperti modul RPM 1, modul RPM 2 juga sudah berhasil diimplementasikan. Modul RPM 2 hanya memiliki 2 bagian yaitu bagian sensor yang meliputi 2 buah sensor dan bagian transmisi. Modul RPM 2 hanya merupakan duplikat dari modul RPM 1 yang disederhanakan. Tujuan dari adanya modul RPM 2 adalah untuk memastikan fitur multikolam yang ada pada *e-shrimp* ini dapat berjalan. Seperti modul RPM 1, bagian sensor dan transmisinya juga sudah dipastikan dapat berjalan sesuai dengan harapan.



Gambar 28 Tinjauan Implementasi Modul RPM 2



Gambar 29 Hasil Implementasi Modul RPM 2

3.1.2 Parameter Pengujian

3.1.2.1 Parameter Pengujian untuk Sistem Modul RPM 1

1. Kesesuaian hasil implementasi jadwal aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan.
2. Kesesuaian hasil implementasi durasi aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan.
3. Keberhasilan sistem untuk mengakuisisi data dari kelima sensor kemudian memasukkannya ke dalam *array float*.

3.1.2.2 Parameter Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 1

1. Akurasi
2. Error
3. Presisi
4. Resolusi
5. Range Pengukuran
6. Sensitivitas

3.1.2.3 Parameter Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 1

1. Kesesuaian hasil pembacaan sensor pada Serial Monitor Arduino RPM 1 dengan tampilan LCD pada HMI.

3.1.2.4 Parameter Pengujian untuk Bagian Relay Kincir

1. Keberhasilan sistem untuk menyalakan relay pada kincir ketika sistem diberikan trigger dari HMI.

3.1.2.5 Parameter Pengujian untuk Sistem Modul RPM 2

1. Kesesuaian hasil implementasi jadwal aktif sensor dengan *setiing* yang telah ditetapkan.
2. Kesesuaian hasil implementasi durasi aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan.
3. Keberhasilan sistem untuk mengakuisisi data dari kelima sensor kemudian memasukkannya ke dalam *array float*.

3.1.2.6 Parameter Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 2

1. Kesesuaian hasil pembacaan sensor pada Serial Monitor Arduino RPM 2 dengan tampilan LCD pada HMI.

3.1.2.7 Parameter Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 2

1. Keberhasilan sistem untuk menyalakan relay pada kincir ketika sistem diberikan trigger dari HMI.

3.1.3 Lingkungan Pengujian

3.1.3.1 Lingkungan Pengujian Sistem Modul RPM 1

Pengujian dilakukan di dalam ruangan 8.302, kemudian sebagai supply power untuk arduino digunakan kabel usb yang dihubungkan ke usb port laptop. *Software* untuk sistem modul RPM 1 dibuat dengan basis Arduino IDE atau bahasa C. Kemudian file *coding* sistem modul RPM 1 dengan format file .ino di-*compile* menggunakan Arduino IDE. Setelah di-upload ke arduino mega 2560, hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan serial monitor pada software Arduino IDE.

3.1.3.2 Lingkungan Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 1

Untuk menguji kelima sensor yang ada digunakan sebuah ember dengan kapasitas 20 liter. Kemudian air yang digunakan adalah air keran yang sumbernya berasal dari keran wastafel Gedung Labtek 8 lantai 3, ITB. Pada saat pengujian, suhu ruangan berada di sekitar 28 °C dengan kelembapan 74% berdasarkan data dari *Accuweather*®.

3.1.3.3 Lingkungan Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 1

Pengujian dilakukan di dalam ruangan 8.302, kemudian sebagai supply power untuk arduino digunakan kabel usb yang dihubungkan ke usb port laptop. *Software* untuk sistem modul RPM 1 dibuat dengan basis Arduino IDE atau bahasa C. Kemudian file *coding* sistem modul RPM 1 dengan format file .ino di-*compile* menggunakan Arduino IDE. Setelah di-upload ke arduino mega 2560, hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan serial monitor pada software Arduino IDE.

3.1.3.4 Lingkungan Pengujian untuk Bagian Relay Kincir RPM 1

Pengujian dilakukan di dalam ruangan 8.302, kemudian sebagai supply power untuk arduino digunakan kabel usb yang dihubungkan ke usb port laptop. *Software* untuk sistem modul RPM 1 dibuat dengan basis Arduino IDE atau bahasa C. Kemudian file *coding* sistem modul RPM 1 dengan format file .ino di-*compile* menggunakan Arduino IDE. Setelah di-upload ke arduino mega 2560, hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan serial monitor pada software Arduino IDE.

3.1.3.5 Lingkungan Pengujian untuk Sistem Modul RPM 2

Pengujian dilakukan di dalam ruangan 8.302, kemudian sebagai supply power untuk arduino digunakan kabel usb yang dihubungkan ke usb port laptop. *Software* untuk sistem modul RPM 1 dibuat dengan basis Arduino IDE atau bahasa C. Kemudian file *coding* sistem modul RPM 1 dengan format file .ino di-*compile* menggunakan Arduino IDE. Setelah di-upload ke arduino mega 2560, hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan serial monitor pada software Arduino IDE.

3.1.3.6 Lingkungan Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 2

Untuk menguji kelima sensor yang ada digunakan sebuah ember dengan kapasitas 20 liter. Kemudian air yang digunakan adalah air keran yang sumbernya berasal dari keran wastafel Gedung Labtek 8 lantai 3, ITB. Pada saat pengujian, suhu ruangan berada di sekitar 28 °C dengan kelembapan 74% berdasarkan data dari *Accuweather®*.

3.1.3.7 Lingkungan Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 2

Pengujian dilakukan di dalam ruangan 8.302, kemudian sebagai supply power untuk arduino digunakan kabel usb yang dihubungkan ke usb port laptop. *Software* untuk sistem modul RPM 1 dibuat dengan basis Arduino IDE atau bahasa C. Kemudian file *coding* sistem modul RPM 1 dengan format file .ino di-*compile* menggunakan Arduino IDE. Setelah di-upload ke arduino mega 2560, hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan serial monitor pada software Arduino IDE.

3.1.3.8 Lingkungan Pengujian untuk Bagian Relay Kincir RPM 2

Pengujian dilakukan di dalam ruangan 8.302, kemudian sebagai supply power untuk arduino digunakan kabel usb yang dihubungkan ke usb port laptop. *Software* untuk sistem modul RPM 1 dibuat dengan basis Arduino IDE atau bahasa C. Kemudian file *coding* sistem modul RPM 1 dengan format file .ino di-*compile* menggunakan Arduino IDE. Setelah di-upload ke arduino mega 2560, hasilnya dapat dilihat dengan menggunakan serial monitor pada software Arduino IDE.

3.1.4 Prosedur Pengujian

3.1.4.1 Prosedur Pengujian untuk Sistem Modul RPM 1

Prosedur pengujian untuk sistem modul RPM 1 adalah sebagai berikut:

1. Pastikan alat yang akan diuji tersedia, dalam hal ini board modul RPM 1, kabel USB sebagai power source dan kelima sensor.
2. Pasang kelima sensor ke board modul RPM 1 di tempat yang sudah disediakan kemudian colokkan usb ke laptop agar mendapatkan *power* yang dibutuhkan.
3. *Compile software* sistem modul RPM 1, kemudian upload software tersebut ke board modul RPM 1 (arduino 2560).
4. Untuk melihat hasilnya, buka serial monitor pada *software* Arduino IDE.

3.1.4.2 Prosedur Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 1

Secara umum, prosedur pengujian untuk sensor RPM 1 juga seperti prosedur pengujian untuk sistem modul RPM 1. Namun untuk tiap sensor juga ada prosedur khusus yang harus dilakukan. Prosedur khusus ini dilakukan setelah prosedur pengujian standar seperti pada sistem modul RPM 1 dilakukan.

3.1.4.2.1 Sensor Suhu

1. Untuk mengukur keakuratan dari pengukuran sensor suhu:
 - Pertama akan dilakukan pengambilan data menggunakan sensor suhu sebanyak 5 kali dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya.
 - Kedua, sebagai perbandingan akan dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan thermometer raksa dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya pada lingkungan yang sama.
 - Ketiga, untuk mendapatkan nilai akurasi, akan dicari terlebih dahulu nilai rata-rata pengukuran menggunakan sensor suhu kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata pengukuran menggunakan thermometer suhu.
2. Untuk mencari nilai sensitivitas akan dilakukan 3 percobaan perubahan pada input. Pertama akan diberikan air mendidih 100mL, kemudian ditambah lagi 200 mL dan terakhir dengan volume 300 mL. Nilai sensitivitas akan dilihat dari perubahan output dibanding perubahan inputnya.

3.1.4.2.2 *Sensor DO*

1. Untuk mengukur keakuratan dari pengukuran sensor DO:
 - Pertama akan dilakukan pengambilan data menggunakan sensor DO sebanyak 5 kali dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya.
 - Kedua, sebagai perbandingan akan dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan DO meter dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya pada lingkungan yang sama.
 - Ketiga, untuk mendapatkan nilai akurasi akan dicari terlebih dahulu nilai rata” pengukuran menggunakan sensor DO kemudian dibandingkan dengan nilai rata” pengukuran menggunakan DO meter.
2. Untuk mencari nilai sensitivitas akan dilakukan 3 percobaan perubahan pada input. Untuk sensitivitas akan digunakan 3 input yang berbeda:
 - Tambahan air 100 ml
 - Tambahan air 200 ml
 - Tambahan air 300 ml

3.1.4.2.3 *Sensor pH*

1. Untuk mengukur keakuratan dari pengukuran sensor pH:
 - Pertama akan dilakukan pengambilan data menggunakan sensor pH sebanyak 5 kali dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya.
 - Kedua, sebagai perbandingan akan dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan pH meter dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya pada lingkungan yang sama.
 - Ketiga, untuk mendapatkan nilai akurasi akan dicari terlebih dahulu nilai rata” pengukuran menggunakan sensor pH kemudian dibandingkan dengan nilai rata” pengukuran menggunakan pH meter.
1. Untuk mencari nilai sensitivitas akan dilakukan 3 percobaan perubahan pada input. Untuk sensitivitas akan digunakan 6 input yang berbeda:
 - Untuk sensitivitas terhadap asam:
 - Tambahan kopi 1 sendok makan
 - Tambahan kopi 2 sendok makan
 - Tambahan kopi 3 sendok makan
 - Untuk sensitivitas terhadap basa:
 - Tambahan Sabun 1 sendok makan
 - Tambahan Sabun 2 sendok makan
 - Tambahan Sabun 3 sendok makan

3.1.4.2.4 *Sensor Salinitas*

1. Untuk mengukur keakuratan dari pengukuran sensor Salinitas:
 - Pertama akan dilakukan pengambilan data menggunakan sensor salinitas sebanyak 5 kali dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya.
 - Kedua, sebagai perbandingan akan dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan *salinity meter* dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya pada lingkungan yang sama.
 - Ketiga, untuk mendapatkan nilai akurasi akan dicari terlebih dahulu nilai rata” pengukuran menggunakan sensor salinitas kemudian dibandingkan dengan nilai rata” pengukuran menggunakan *salinity meter*.
2. Untuk mencari nilai sensitivitas akan dilakukan 3 percobaan perubahan pada input. Untuk sensitivitas akan digunakan 3 input yang berbeda:
 - Tambahan garam 5 gram
 - Tambahan garam 10 gram
 - Tambahan 15 gram

3.1.4.2.5 Sensor Kekeruhan

1. Untuk kalibrasi akan diambil nilai output pada sensor turbidity (mV) di setiap titik ketinggian secchi disk mulai dari 50 cm sampai 5cm dengan pengurangan 5 cm pada setiap titiknya.
2. Untuk sensitivitas akan digunakan 3 input yang berbeda:
 - Bubuk kopi 10 gram
 - Bubuk kopi 20 gram
 - Bubuk kopi 30 gram

3.1.4.3 Prosedur Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 1

Prosedur pengujian untuk transmisi RPM 1 adalah sebagai berikut:

1. Pastikan sumber daya yang akan digunakan tersedia, yaitu baterai 9V.
2. Pastikan semua pin RF24 tersambung pada pin Arduino yang tepat.
3. Pastikan menggunakan sumber tegangan 3,3 V dari DC stepdown pada penggunaan RF24.
4. Pastikan RF24, DC stepdown dan Arduino Mega menggunakan pin Ground yang sama.

3.1.4.4 Prosedur Pengujian untuk Bagian Relay Kincir Modul RPM 1

Prosedur pengujian untuk relay kincir RPM 1 adalah sebagai berikut:

1. Pastikan sumber daya yang akan digunakan tersedia, yaitu baterai 9V.
2. Pastikan semua pin RF24 tersambung pada pin Arduino yang tepat.

3.1.4.5 Prosedur Pengujian untuk Sistem Modul RPM 2

Prosedur pengujian untuk sistem modul RPM 2 adalah sebagai berikut:

1. Pastikan alat yang akan diuji tersedia, dalam hal ini board modul RPM 2, kabel USB sebagai power source dan kedua sensor.

2. Pasang kelima sensor ke board modul RPM 2 di tempat yang sudah disediakan kemudian colokkan usb ke laptop agar mendapatkan *power* yang dibutuhkan.
3. *Compile software* sistem modul RPM 2, kemudian upload software tersebut ke board modul RPM 1 (arduino 2560).
4. Untuk melihat hasilnya, buka serial monitor pada *software* Arduino IDE.

3.1.4.6 Prosedur Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 2

3.1.4.6.1 Sensor Suhu

1. Untuk mengukur keakuratan dari pengukuran sensor suhu:
 - Pertama akan dilakukan pengambilan data menggunakan sensor suhu sebanyak 5 kali dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya.
 - Kedua, sebagai perbandingan akan dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan thermometer raksa dengan interval 2 menit dari pengukuran sebelumnya pada lingkungan yang sama.
 - Ketiga, untuk mendapatkan nilai akurasi, akan dicari terlebih dahulu nilai rata-rata pengukuran menggunakan sensor suhu kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata pengukuran menggunakan thermometer suhu.
2. Untuk mencari nilai sensitivitas akan dilakukan 3 percobaan perubahan pada input. Pertama akan diberikan air mendidih 100mL, kemudian ditambah lagi 200 mL dan terakhir dengan volume 300 mL. Nilai sensitivitas akan dilihat dari perubahan output dibanding perubahan inputnya.

3.1.4.6.2 Sensor Kekeruhan

1. Untuk kalibrasi akan diambil nilai output pada sensor turbidity (mV) di setiap titik ketinggian secchi disk mulai dari 50 cm sampai 5cm dengan pengurangan 5 cm pada setiap titiknya.
2. Untuk sensitivitas akan digunakan 3 input yang berbeda:
 - Bubuk kopi 10 gram
 - Bubuk kopi 20 gram
 - Bubuk kopi 30 gram

3.1.4.7 Prosedur Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 2

Prosedur pengujian untuk transmisi RPM 2 adalah sebagai berikut:

1. Pastikan sumber daya yang akan digunakan tersedia, yaitu baterai 9V.
2. Pastikan semua pin RF24 tersambung pada pin Arduino yang tepat.
3. Pastikan menggunakan sumber tegangan 3,3 V dari DC stepdown pada penggunaan RF24.

4. Pastikan RF24, DC stepdown dan Arduino Uno menggunakan pin Ground yang sama.

3.1.4.8 Prosedur Pengujian untuk Bagian Relay Kincir RPM 2

Prosedur pengujian untuk relay kincir RPM 2 adalah sebagai berikut:

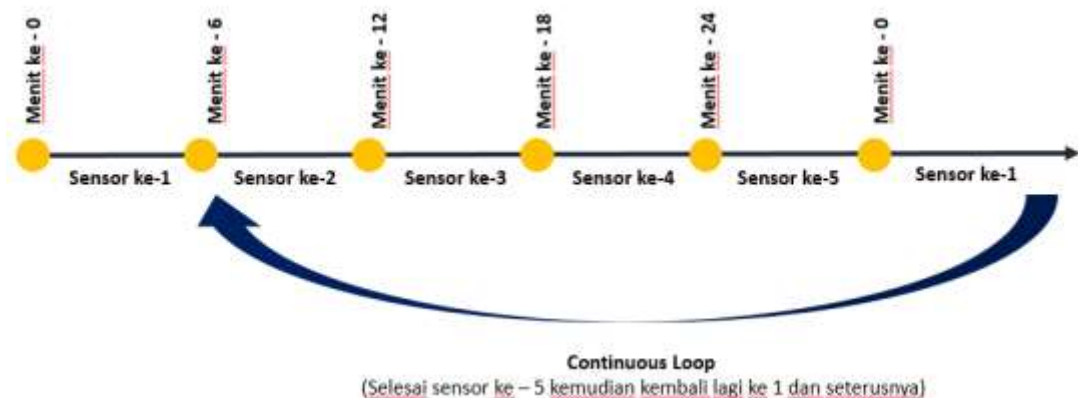
1. Pastikan sumber daya yang akan digunakan tersedia, yaitu baterai 9V.
2. Pastikan semua pin RF24 tersambung pada pin Arduino yang tepat.

3.1.5 Hasil Pengujian

3.1.5.1 Hasil Pengujian Sistem Modul RPM 1

1. Kesesuaian hasil implementasi jadwal aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan.

Pada percobaan digunakan aplikasi *stopwatch* handphone berbasis Android untuk mengukur waktu sensor menyala, kemudian mati dan sensor berikutnya menyala. Durasi dari mulai aktifnya sensor pertama ke sensor kedua adalah 6 menit. Sehingga dibutuhkan waktu selama 30 menit agar semua sensor dapat menyala. Untuk memperjelas hal ini dapat dilihat bagan berikut:



Gambar 30 Ilustrasi Sistem Modul RPM 1

Pada ilustrasi diatas dapat dilihat bahwa sistem modul RPM 1 bekerja untuk memastikan:

- Sensor menyala pada jadwalnya dengan *interval* antara sensor menyala sebesar 6 menit.
- Memastikan bahwa terjadi transisi antara 1 sensor ke sensor berikutnya.

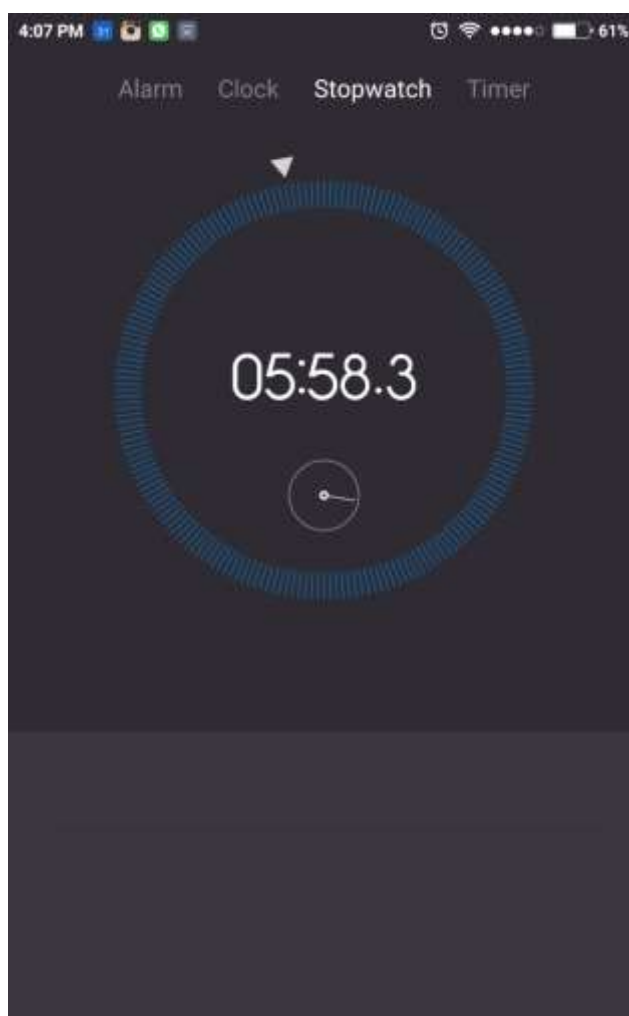
Pada gambar dibawah ini dapat dilihat hasil *screenshoot* dari *stopwatch* yang digunakan pada handphone android. Hasilnya adalah:

- Sensor berhasil menyala di saat waktu yang tepat yaitu sensor 1 pada menit ke-0, sensor 2 pada menit ke-6, sensor 3 pada menit ke-12, sensor ke-4 pada menit ke-18

dan untuk sensor kelima yaitu *turbidity meter* atau sensor kekeruhan air, sensor ini tidak memiliki jadwal menyala. Sensor tersebut tidak bermasalah untuk dinyalakan terus menerus karena tidak akan membocorkan arus listrik kecil seperti sensor lainnya. Selain itu sensor *turbidity meter* merupakan sensor yang pembacaannya paling fluktuatif akibat pergerakan air disekitar sensor. Maka dari itu lebih baik jika sensor tersebut terus dinyalakan.

- Ekspektasi Waktu Interval antar Sensor : 360 detik
- Hasil Uji Coba Waktu Interval antar sensor : 358.4 detik
- Akurasi : 99.556%
- Error : 0.44%
- Presisi

Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 1	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 2	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 3	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 4	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 5	Rata – rata
358	359	358	358	359	358.4

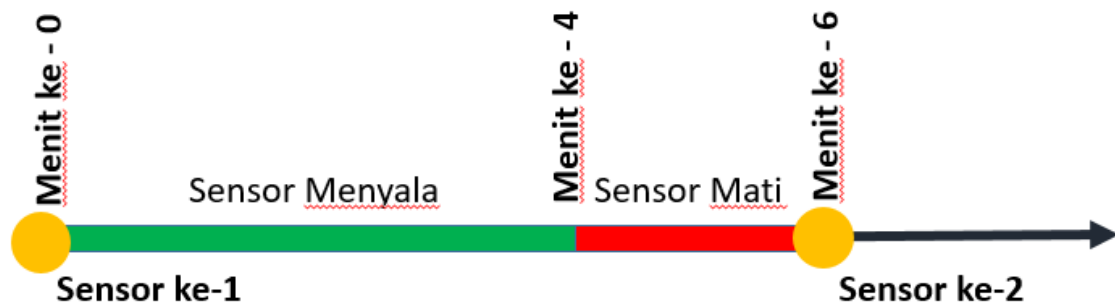


Gambar 31 Screenshoot Stopwatch untuk Waktu Interval antar Sensor

Tingkat Presisi: 100%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.8%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.9%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.9%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.9%	99.9%
-----------------------	---	---	---	---	-------

2. Kesesuaian hasil implementasi durasi aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan

Dalam interval 6 menit yang dimiliki oleh tiap sensor, sensor hanya aktif selama 4 menit, kemudian 2 menit sisanya sensor akan mati. Interval 2 menit ini akan bermanfaat untuk menetralkan kembali lingkungan di sekitar *probe* sensor. Proses penetralan ini harus dilakukan karena *probe sensor* mengeluarkan arus kecil yang dapat memengaruhi hasil pembacaan sensor lainnya. Ilustrasi berikut dapat dengan lebih jelas dipahami:



Gambar 32 Ilustrasi Sistem RPM 1 untuk Implementasi Durasi Aktif Sensor

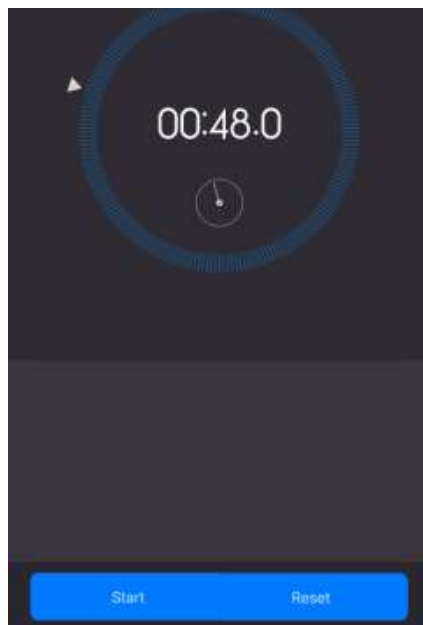
Hasil uji coba menunjukkan bahwa sensor dapat menyala selama 48 detik. Hal ini memang belum sesuai perencanaan namun sesuai yang diperkirakan. Untuk menambah durasi menjadi 240 detik, maka yang dilakukan adalah dengan cara untuk menambah jumlah loop. Untuk 48 detik, jumlah loopnya adalah 500 kali. Artinya dalam 48 detik tersebut, sensor mengambil data sebanyak 500 kali. Meskipun terlihat banyak pengambilan data yang dilakukan, namun sensor memerlukan waktu yang cukup lama (rata-rata 2-3 menit) untuk mendapatkan nilai pengukuran yang stabil sehingga akan lebih akurat.

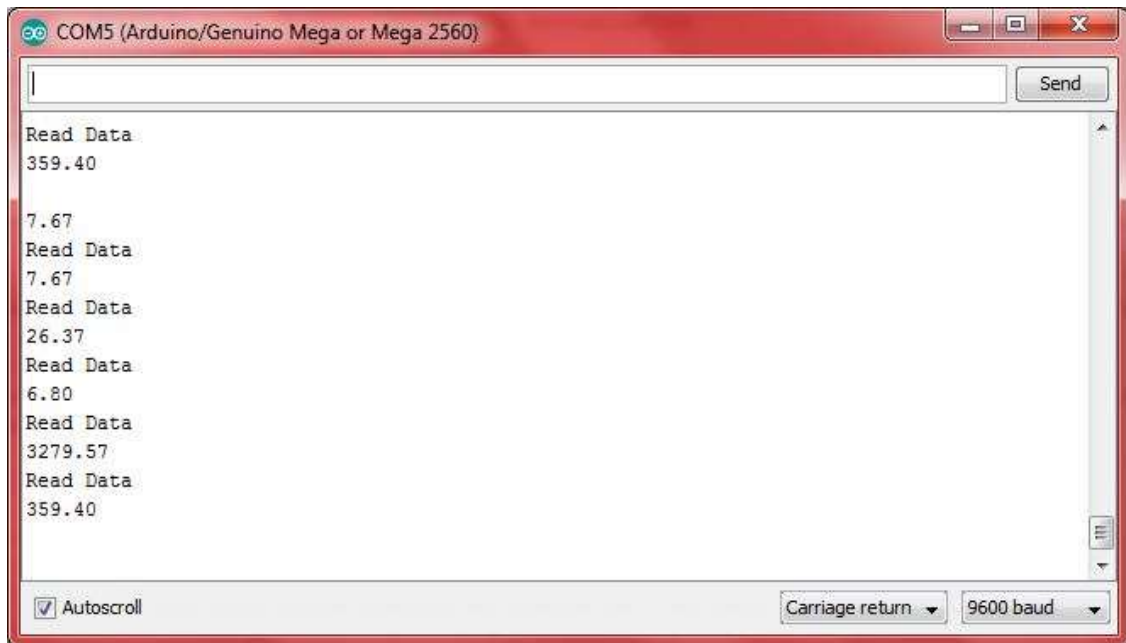
3. Keberhasilan sistem untuk mengakuisisi data dari kelima sensor kemudian memasukkannya ke dalam *array float*.

Untuk poin ketiga ini akan dibahas pada bagian uji transmisi karena keberhasilan sistem untuk mengakuisisi data dan memasukkannya ke dalam *array float* akan terlihat saat uji transmisi. Jika data berhasil ditransmisikan maka sistem telah berhasil. *Array float* ini yang akan menampung data hasil pengukuran tiap sensor menjadi 1 paket *array* untuk selanjutnya dikirim dari modul RPM ke modul HMI.



Gambar 33 Screenshot Stopwatch untuk Durasi Aktif Sensor





Gambar 34 Hasil Implementasi Modul RPM 1 pada Serial Monitor

3.1.5.2 Hasil Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 1

3.1.5.2.1 Sensor Suhu

Sensor suhu diuji dengan melakukan pengukuran pada ember yang berisi air keran gedung Labtek 8 lantai 3. Dalam pengujian sensor baik sensor suhu maupun sensor lainnya, ada beberapa parameter sama yang akan diuji, yaitu sebagai berikut:

No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor suhu	26.56 °C	
2.	Akurasi	97.85%	Akurasi ini diukur relatif terhadap hasil pengukuran thermometer raksa pada medium yang sama (ember berisi air keran).
3.	Error	2.15%	
4.	Presisi	99.46%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.

5.	Sensitivitas	0.000516667 °C/mL	Untuk mendapatkan nilai sensitivitas tersebut, pertama akan dihitung perubahan suhu (°C) per perubahan volume air yang dimasukkan (ml). Perubahan kedua parameter ini dihitung kemudian dibagi sehingga mendapatkan nilai sensitivitas. (°C/mL)
6.	Resolusi	0.01 °C	
7.	Range Pengukuran		

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil uji coba dari sensor suhu sudah cukup memuaskan dengan akurasi yang hampir 100% relatif terhadap thermometer raksa. Data diatas juga sudah menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor suhu sangat konsisten. Hal ini terlihat dari tingkat presisi yang juga hampir mencapai 100% dari lima kali pengukuran. Dalam uji coba ini juga diuji sensitivitas suhu terhadap perubahan volume air. Tambahan air yang dimasukkan ke ember juga berasal dari sumber yang sama. Seperti yang dapat dilihat pada tabel di atas, sensitivitas sensor suhu terhadap perubahan volume sangat tidak signifikan.

Selanjutnya sensitivitas dari sensor suhu ini akan terus diuji dengan kondisi yang berbeda – beda. Ada 2 kondisi yang direncanakan akan diuji untuk uji coba sensor suhu ini yaitu kondisi pertama dengan tambahan air es dan air mendidih. Hasil dari uji coba ini diharapkan bisa lebih melihat sensitivitas dari sensor suhu terhadap perubahan yang ekstrim.



Gambar 35 Hasil Implementasi Sensor Suhu pada Modul RPM 1



Gambar 36 Hasil Implementasi Sensor Suhu pada Serial Monitor

3.1.5.2.2 Sensor DO

Sensor DO diuji dengan melakukan pengukuran pada ember yang berisi air keran gedung Labtek 8 lantai 3. Dalam pengujian sensor baik sensor DO maupun sensor lainnya, ada beberapa parameter sama yang akan diuji, yaitu sebagai berikut:

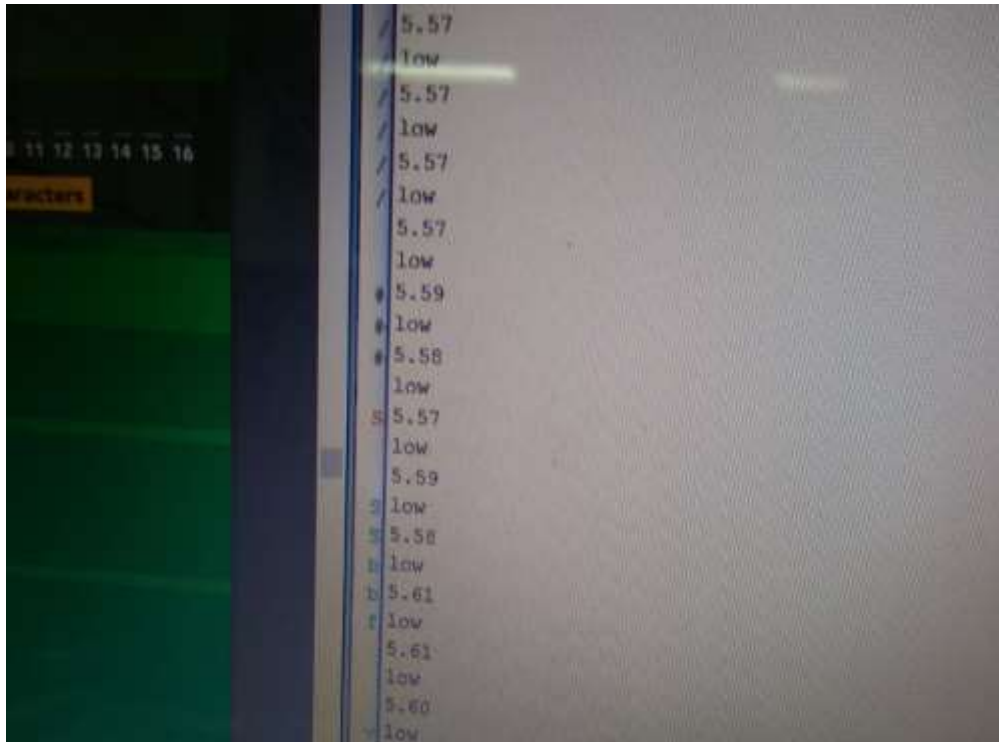
No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor DO	5.578 gram/ml	
2.	Akurasi	98.2%	Diuji dengan larutan referensi DO (0 mg/L)
3.	Error	1.8%	
4.	Presisi	99.71%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Sensitivitas	0.000766667 gram/ml ²	Untuk mendapatkan nilai sensitivitas tersebut, pertama akan dihitung perubahan DO (gram/ml) per perubahan volume air yang dimasukkan (ml). Perubahan kedua parameter ini dihitung kemudian dibagi sehingga mendapatkan nilai sensitivitas. (gram/ml ²)
6.	Resolusi	0.01 gram/ml	
7.	Range Pengukuran		

Pada uji coba sensor DO belum bisa diukur akurasi dan error dari sensor tersebut akibat tidak ada alat penguji DO yang dapat digunakan sebagai referensi. Namun berdasarkan data dari fondriest.com, kandungan DO pada air tawar di suhu 28°C normalnya adalah 6 – 8 gram/ml. Dilihat dari tabel diatas, hasil pengukuran menunjukkan angka sedikit dibawah nilai normal. Meskipun hal ini belum bisa menunjukkan akurasi dari sensor DO namun referensi ini dapat memberikan gambaran bahwa hasil pengukuran DO pada uji coba ini dapat dipercaya.

Kemudian jika dilihat dari tingkat presisi yang sudah hampir 100% bisa dibilang bahwa sensor DO ini sudah memiliki konsistensi yang diinginkan dalam pengukuran. Ketelitian yang didapat dari sensor ini juga sudah mencapai 0.01 gram/ml sesuai dengan spesifikasi awal yang sudah ditetapkan sebelumnya pada dokumen B200.



Gambar 37 Hasil Implementasi Sensor DO pada Modul RPM 1



Gambar 38 Hasil Implementasi Sensor DO pada Serial Monitor

3.1.5.2.3 Sensor pH

Sensor pH diuji dengan melakukan pengukuran pada ember yang berisi air keran gedung Labtek 8 lantai 3. Dalam pengujian sensor baik sensor pH maupun sensor lainnya, ada beberapa parameter sama yang akan diuji, yaitu sebagai berikut:

- Pengukuran di air netral (160 ml)

No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor pH di air netral (160 ml)	6.874 pH	
2.	Akurasi	93.52%	
3.	Error	6.47%	
4.	Presisi	99.95%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian

			yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Resolusi	0.01 pH	
6.	Range Pengukuran		

- Pengukuran di air netral yang ditambah dengan 1 sendok makan sabun

No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor pH di air netral (160 ml) + 1 sendok makan sabun	8.20 pH	
2.	Akurasi	85.74%	
3.	Error	14.26%	
4.	Presisi	99.93%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Resolusi	0.01 pH	
6.	Range Pengukuran		

- Pengukuran di air netral + 1 sendok makan bubuk kopi

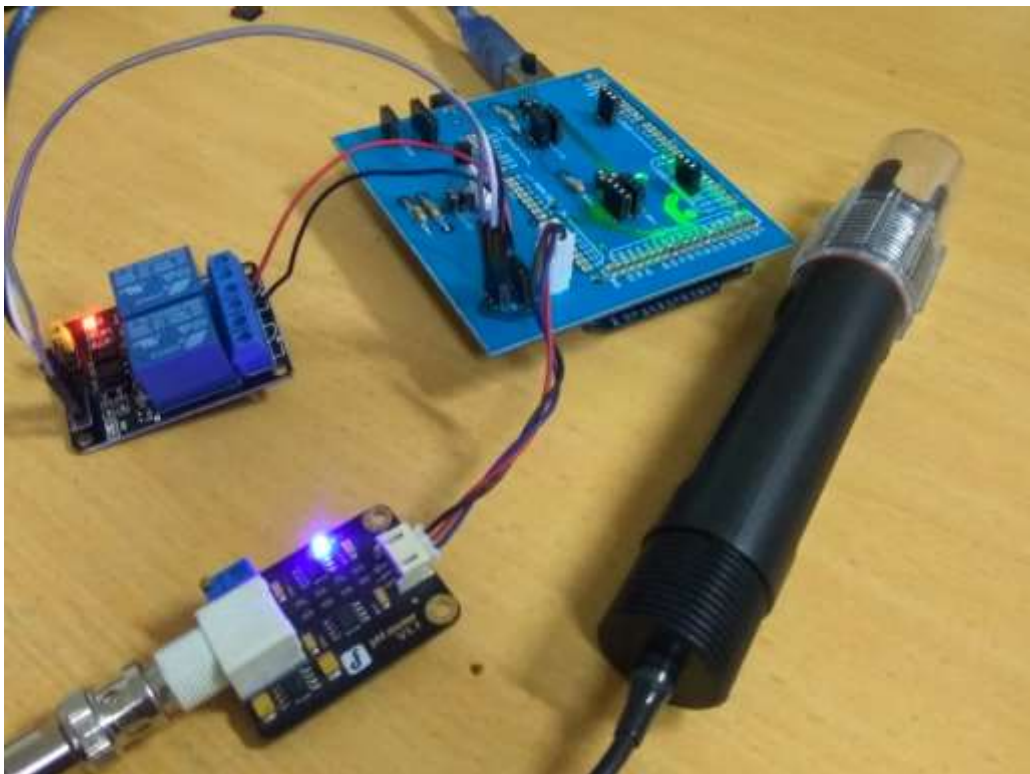
No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor pH di air netral (160 ml) + 1 sendok makan sabun	6.36 pH	
2.	Akurasi	87.25%	
3.	Error	12.75%	
4.	Presisi	99.92%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian

			yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Resolusi	0.01 pH	
6.	Range Pengukuran		

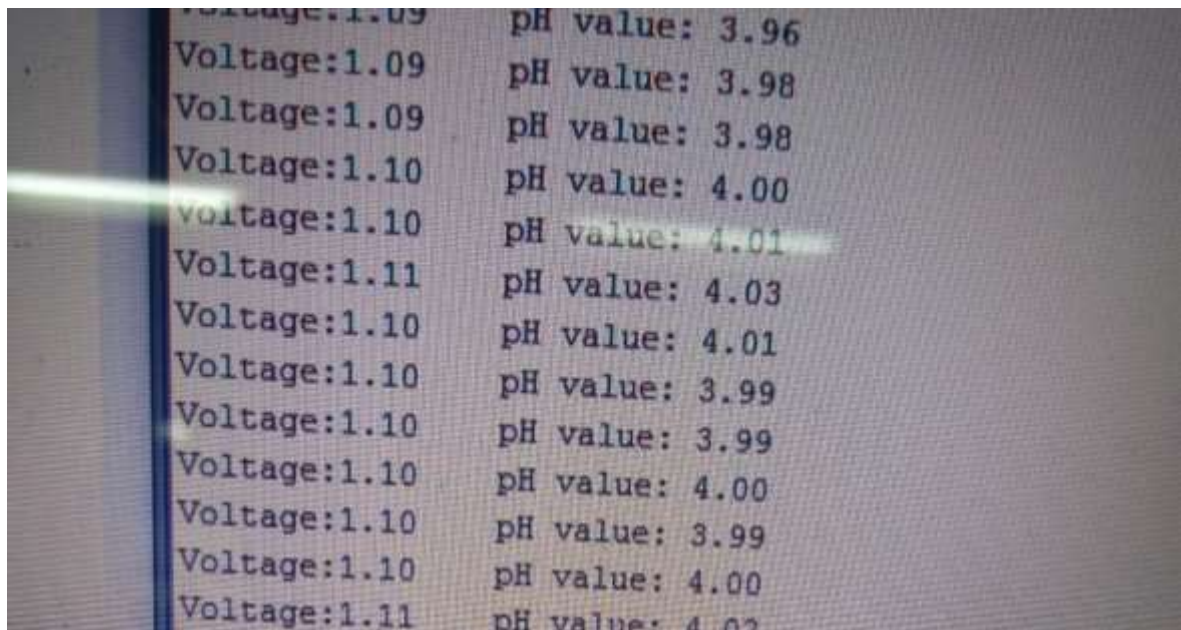
Uji coba untuk sensor pH dibagi ke dalam 3 bagian. Bagian pertama adalah uji coba sensor pH pada air netral sebanyak 160 ml. Pada uji coba bagian pertama ini, hasil pengukuran sudah cukup baik dengan akurasi 93.52% relative terhadap pH meter MI105 (Martini Instruments) yang dipinjam dari laboratorium Teknik Kimia. Kemudian sensor pH ini juga sudah menunjukkan konsistensi hasil pengukuran dengan tingkat presisi sebesar 99.95%.

Pada bagian kedua dimana air netral pada bagian pertama ditambah 1 sendok makan sabun. Nilai akurasi sensor pH mengalami penurunan ke angka 85.74%. Penurunan ini cukup jauh dibanding akurasi pada uji coba bagian pertama. Alasan mengapa akurasinya rendah adalah karena 2 alat yang digunakan pada uji coba ini tidak dikalibrasi menggunakan larutan yang sama. Namun jika dilihat dari kepresisian, sensor pH ini sudah menunjukkan angka yang baik yaitu sebesar 99.93%.

Pada bagian ketiga dimana air netral pada bagian pertama ditambah 1 sendok makan bubuk kopi. Nilai akurasi dari sensor pH juga mengalami penurunan ke angka 87.25% dibanding uji coba pada bagian pertama. Hal yang terjadi pada bagian kedua juga terjadi pada uji coba bagian ketiga ini. Namun sekali lagi sensor pH berhasil menunjukkan tingkat presisi yang sangat baik yaitu di angka 99.92%.



Gambar 39 Hasil Implementasi Sensor pH pada Modul RPM 1



Gambar 40 Hasil Implementasi Sensor pH pada Serial Monitor

3.1.5.2.4 Sensor Salinitas

Sensor salinitas diuji dengan melakukan pengukuran pada ember yang berisi air keran gedung Labtek 8 lantai 3. Dalam pengujian sensor baik sensor salinitas maupun sensor lainnya, ada beberapa parameter sama yang akan diuji, yaitu sebagai berikut:

- Pengujian dengan referensi konduktivitas 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$

No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor salinitas	85.41 $\mu\text{S}/\text{cm}$	
2.	Akurasi	98.32%	Pengukuran akurasi relatif terhadap larutan referensi konduktivitas 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$
3.	Error	1.68%	
4.	Presisi	99.86%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri,

			kelima angka kepresisian yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Sensitivitas	949.86 $\mu\text{s}/\text{gram. cm}$	Untuk mendapatkan nilai sensitivitas tersebut, pertama akan dihitung perubahan salinity ($\mu\text{s}/\text{cm}$) per perubahan jumlah garam yang dimasukkan (gram). Perubahan kedua parameter ini dihitung kemudian dibagi sehingga mendapatkan nilai sensitivitas. ($\mu\text{s}/\text{gram. cm}$)
6.	Resolusi	0.01 $\mu\text{s}/\text{cm}$	
7.	Range Pengukuran		

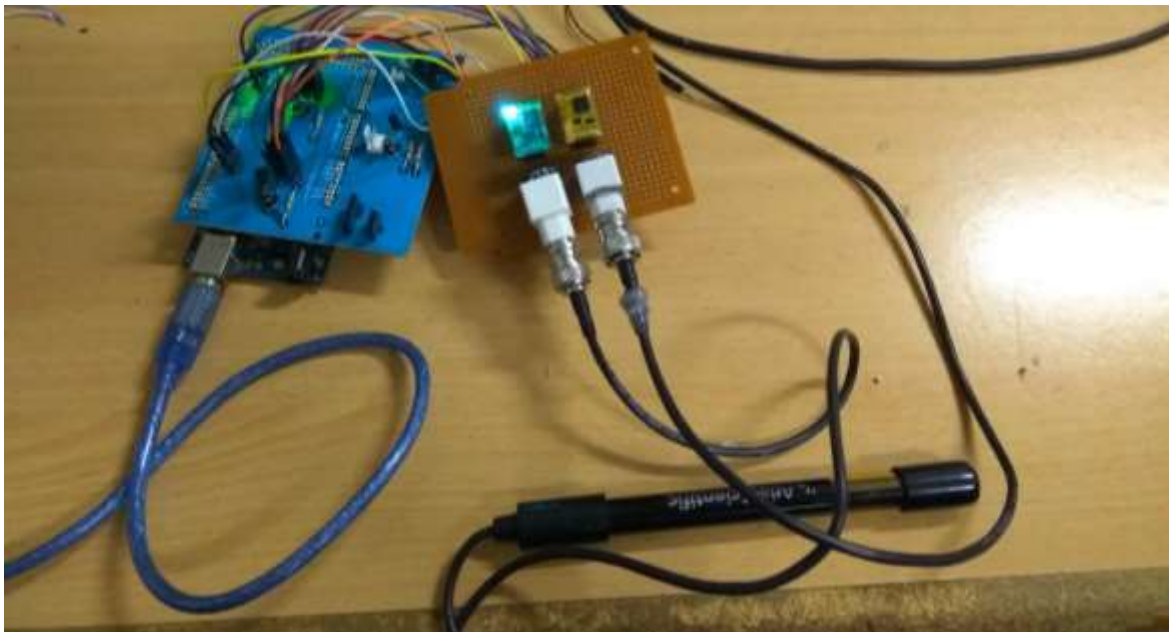
- Pengujian dengan referensi konduktivitas 1413 $\mu\text{s}/\text{cm}$

No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor salinitas	1387.4 $\mu\text{s}/\text{cm}$	
2.	Akurasi	98.18%	Pengukuran akurasi relatif terhadap larutan referensi konduktivitas 1413 $\mu\text{s}/\text{cm}$
3.	Error	1.81%	
4.	Presisi	99.93%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Sensitivitas	949.86 $\mu\text{s}/\text{gram. cm}$	Untuk mendapatkan nilai sensitivitas tersebut, pertama akan dihitung perubahan salinity ($\mu\text{s}/\text{cm}$) per perubahan jumlah garam yang dimasukkan (gram). Perubahan kedua parameter ini dihitung kemudian dibagi sehingga mendapatkan nilai sensitivitas. ($\mu\text{s}/\text{gram. cm}$)
6.	Resolusi	0.01 $\mu\text{s}/\text{cm}$	
7.	Range Pengukuran		

*Perlu diketahui bahwa dalam uji coba, sensor salinitas digunakan untuk mengukur konduktivitas karena larutan referensi yang tersedia hanya larutan dalam ukuran konduktivitas.

Uji coba untuk sensor salinitas dibagi menjadi 2 bagian yaitu uji coba dengan menggunakan larutan referensi yang mempunyai ukuran $84 \mu\text{S/cm}$ dan uji coba kedua menggunakan larutan referensi yang menggunakan larutan dengan konduktivitas $1413 \mu\text{S/cm}$. Pada uji coba pertama dapat dilihat bahwa akurasi yang didapat sudah mencapai 98.32%. Hal ini tentu saja sudah sesuai dengan ekspektasi dimana *range error* tidak lebih dari 5%. Pada tabel diatas juga dapat dilihat bahwa sensor salinitas mempunyai tingkat kepresisian yang sangat tinggi yaitu mencapai 99.86%.

Sama halnya dengan uji coba kedua yang menunjukkan akurasi mencapai angka 99.18%. Tentu saja tingkat akurasi ini sudah sangat tinggi dan tidak melebihi *range error* yaitu sebesar 5%. Begitu juga dengan tingkat kepresisiannya yang mencapai angka 99.92%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor salinitas mampu untuk menghasilkan pengukuran yang konsisten.



Gambar 41 Hasil Implementasi Sensor Salinitas pada Modul RPM 1



Gambar 42 Hasil Implementasi Sensor Salinitas pada Serial Monitor (1)



Gambar 43 Hasil Impelementasi Sensor Salinitas pada Serial Monitor (2)

3.1.5.2.5 *Sensor Sensor Kekeruhan*

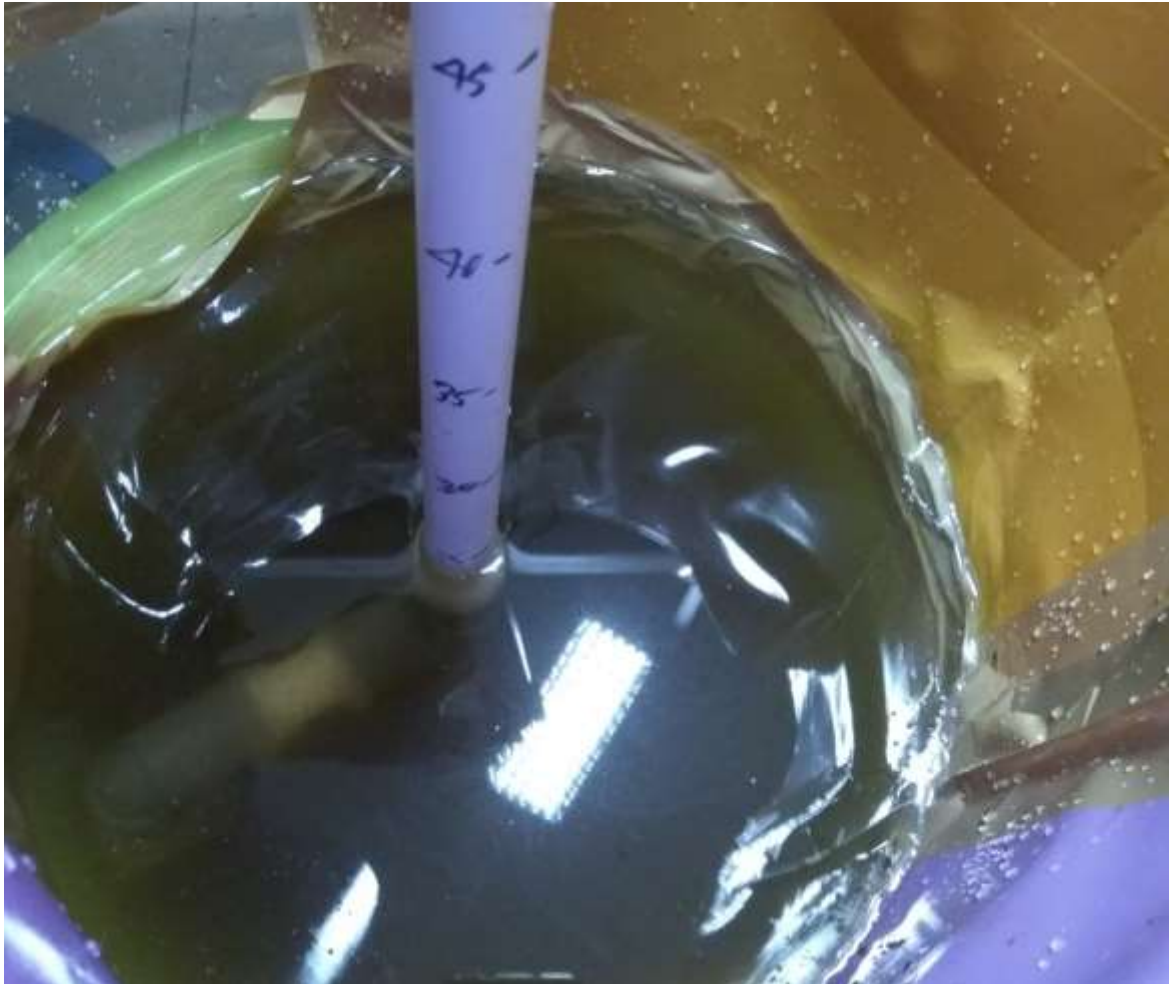
Pada sensor kekeruhan, uji coba dilakukan dengan bantuan secchi disk yang akan dijadikan referensi. Seperti yang sudah dijelaskan pada spesifikasi bahwa suatu kolam tergolong cerah ketika secchi disk masih terlihat saat berada pada jarak 30 – 45 cm dari permukaan air. Agar lebih aman diambil angka 30 cm yang artinya, jika secchi disk dapat terlihat di jarak 30 cm keatas maka kondisi air cerah sebaliknya jika secchi disk hanya dapat terlihat pada jarak dibawah 30 cm dari permukaan air maka kondisi kolam tergolong keruh.

Pada ujicoba kali ini yang baru diukur hanya tingkat presisi dari sensor *turbidity* pada jarak 25 cm dari permukaan air. Berikut hasil percobaan tersebut:

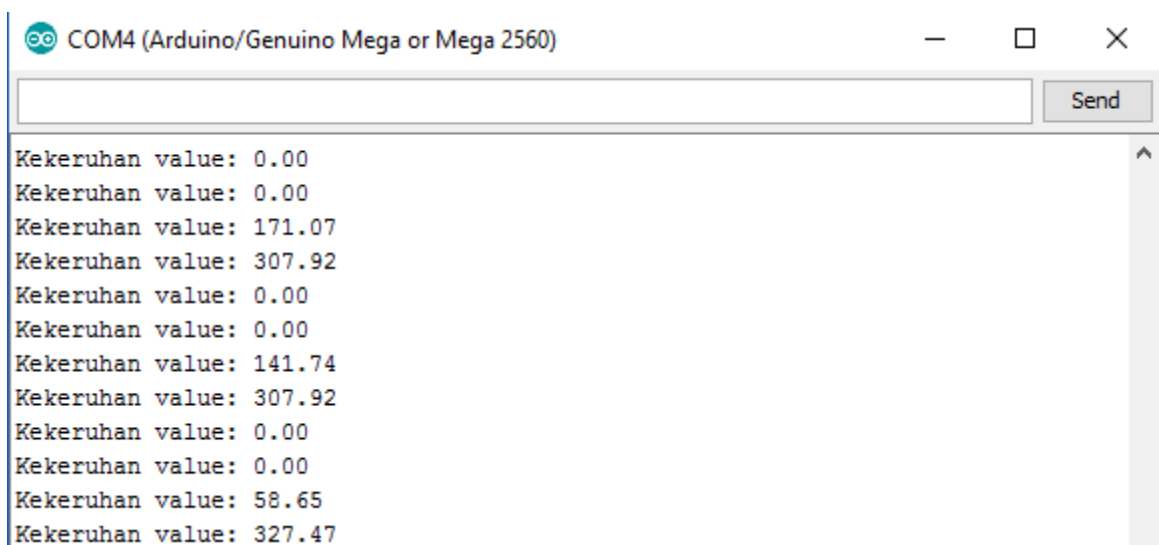
	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Pengukuran 3	Pengukuran 4	Pengukuran 5	Rata - rata
Hasil bacaan sensor <i>turbidity</i> (mV)	307.92	307.92	391.01	356.79	376.34	347. 99
Tingkat presisi (%)	100	100	83.49	95.34	91.85	94.1 4

Pada hasil uji coba ini dapat dilihat bahwa tingkat presisi dari sensor *turbidity meter* cukup baik di angka 94.14%. Namun jika dilihat dari hasil bacaannya cenderung fluktuatif, misal pada pengukuran ketiga errornya lebih dari 15%. Hal ini sangat mencurigakan karena hasil uji awal *range error*-nya tidak pernah lebih dari 5%. Setelah dilakukan pengecekan ulang terhadap rangkaian dan *software* ada kesalahan pada sambungan rangkaian dan proses penyolderan yang tidak sempurna sehingga menyebabkan hasil pengukuran tidak menunjukkan angka yang benar.

Tentu saja sebagai solusi saat ini sudah dibuat *turbidity meter* yang baru dan sudah dapat berhasil di uji coba. Namun mengingat waktu yang sangat sedikit untuk memasukkan hasil uji coba di dokumen ini, diputuskan hasil uji coba sensor *turbidity* secara lengkap dan benar akan dimasukkan ke dokumen B500 versi kedua.



Gambar 44 Hasil Implementasi Sensor Kekeruhan Air saat Testing dengan Secchi Disk



Gambar 45 Hasil Implementasi Sensor Kekeruhan Air pada Serial Monitor

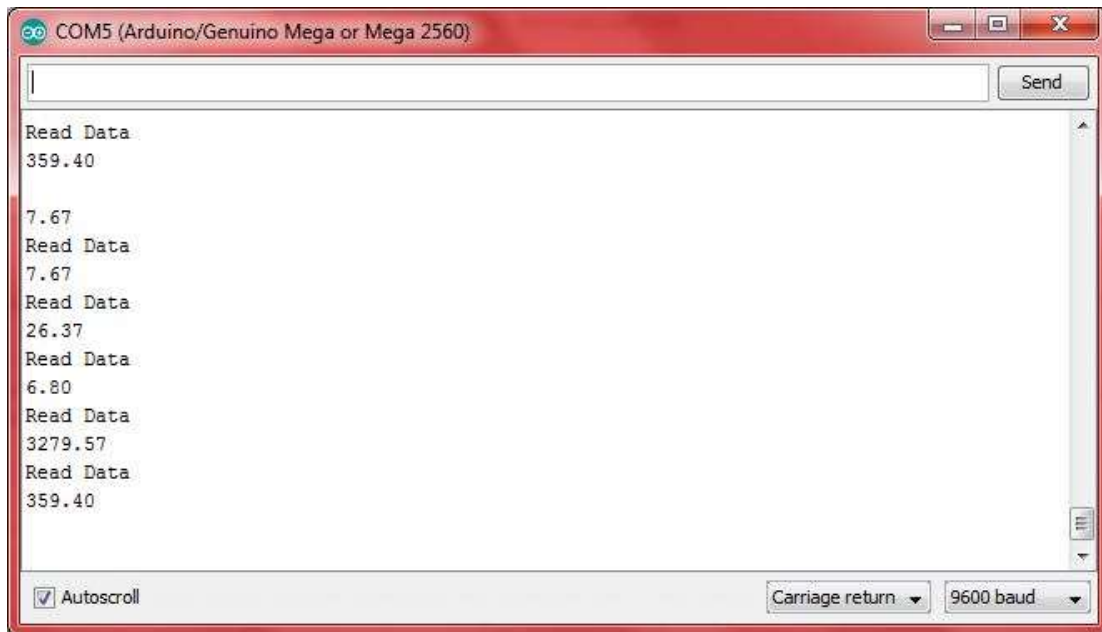
3.1.5.3 Hasil Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 1

Pada pengujian ini, ketika RPM 1 dijalankan dan mengirimkan data, dilakukan pengamatan hasil pada bagian Serial Monitor Arduino. Kemudian dilakukan juga pengamatan pada layar LCD HMI. Pengamatan dilakukan secara real-time dimana tiap sensor memiliki selang waktu selama 6 menit. Sehingga durasi total yang diperlukan untuk mencoba satu proses pembacaan semua sensor adalah 24 menit.

Dapat dilihat pada 2 gambar di bawah ini, nilai parameter kualitas air yang berada di LCD display dan di serial monitor memiliki nilai yang sama. Hal ini membuktikan bahwa uji transmisi telah berhasil dilakukan.



Gambar 46 Hasil Transmisi Modul RPM 1 ke Modul HMI

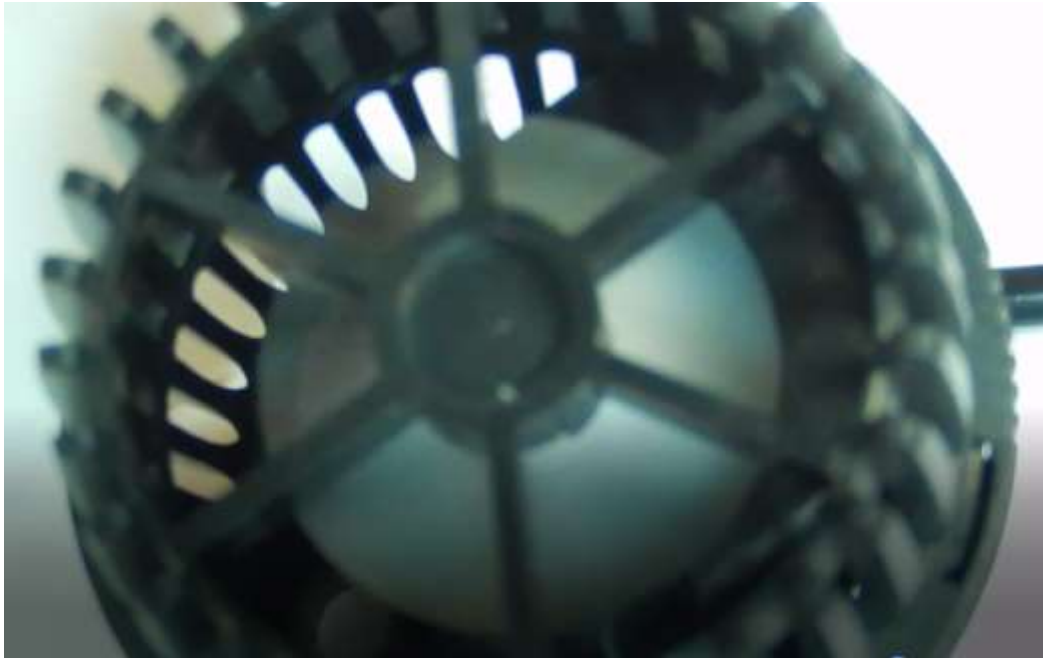


Gambar 47 Hasil Implementasi Modul RPM 1 pada Serial Monitor

3.1.5.4 Hasil Pengujian untuk Bagian Relay Kincir

1. Keberhasilan sistem untuk menyalakan relay pada kincir ketika sistem diberikan trigger dari HMI

Pengujian relay kincir telah berhasil dilakukan. Ketika modul kincir diberi input trigger dari HMI, kincir akan menyala selama 5 detik (sementara diatur untuk nyala 5 detik saja). Tetapi tingkat keberhasilan dalam pengiriman trigger ke modul kincir belum 100%. Masih terdapat kekurangan dalam pengiriman sinyal trigger.

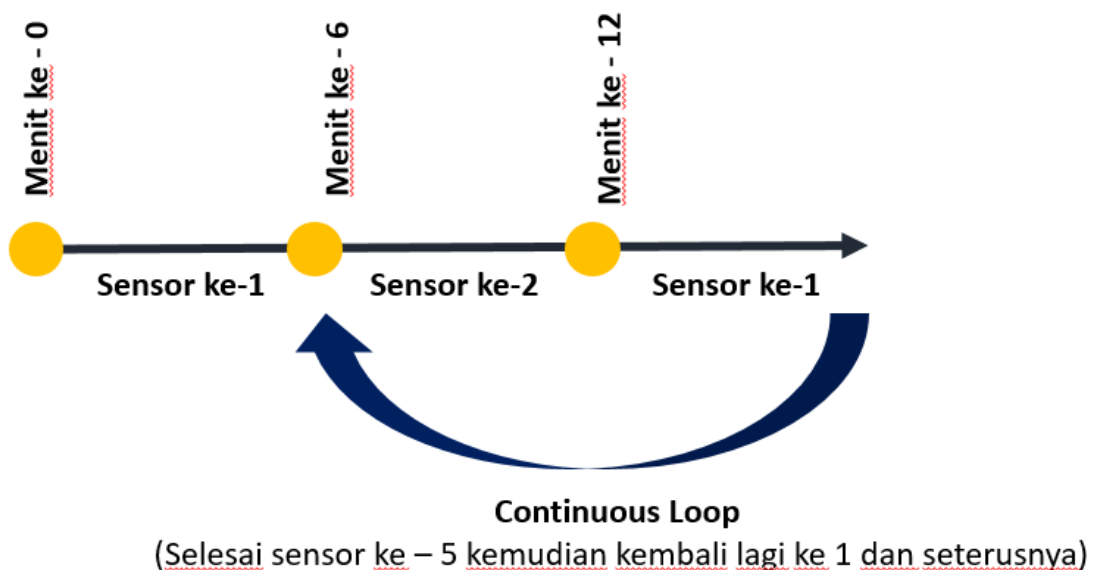


Gambar 48 Kincir Menyala

3.1.5.5 Hasil Pengujian untuk Sistem Modul RPM 2

1. Kesesuaian hasil implementasi jadwal aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan.

Pada percobaan digunakan aplikasi *stopwatch* handphone berbasis Android untuk mengukur waktu sensor menyala, kemudian mati dan sensor berikutnya menyala. Durasi dari mulai aktifnya sensor pertama ke sensor kedua adalah 6 menit. Sehingga dibutuhkan waktu selama 12 menit agar semua sensor dapat menyala. Untuk memperjelas hal ini dapat dilihat bagan berikut:



Gambar 49 Sistem Modul RPM 2

Pada ilustrasi diatas dapat dilihat bahwa sistem modul RPM 1 bekerja untuk memastikan:

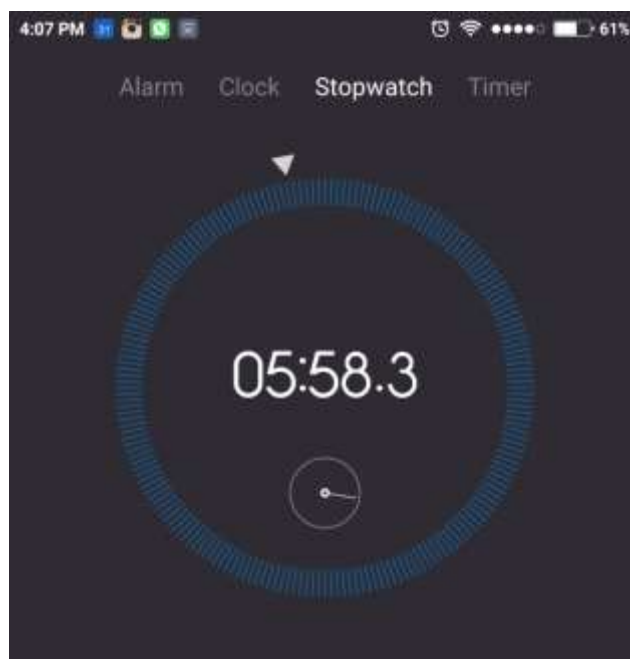
- Sensor menyala pada jadwalnya dengan *interval* antara sensor menyala sebesar 6 menit.
- Memastikan bahwa terjadi transisi antara 1 sensor ke sensor berikutnya.

Pada gambar dibawah ini dapat dilihat hasil *screenshot* dari *stopwatch* yang digunakan pada handphone android. Hasilnya adalah:

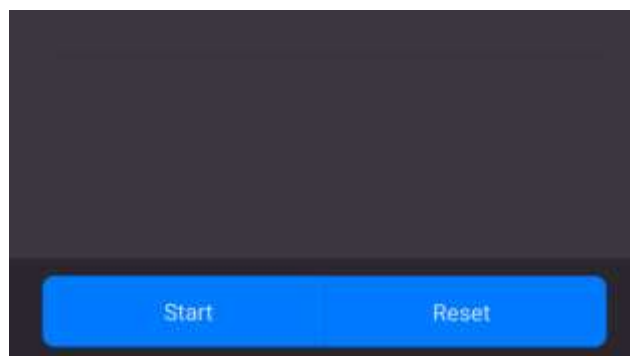
- Sensor berhasil menyala di saat waktu yang tepat yaitu sensor 1 pada menit ke-0, sensor 2 pada menit ke-6, namun pada pengujian sensor kedua menggunakan sensor kekeruhan air dimana sensor ini tidak memiliki jadwal menyala. Sensor tersebut tidak bermasalah untuk dinyalakan terus menerus karena tidak akan membocorkan arus listrik kecil seperti sensor lainnya. Selain itu sensor *turbidity meter* merupakan sensor yang pembacaannya paling fluktuatif akibat pergerakan air disekitar sensor. Maka dari itu lebih baik jika sensor tersebut terus dinyalakan.
- Ekspektasi Waktu Interval antar Sensor : 360 detik
- Hasil Uji Coba Waktu Interval antar sensor : 358.4 detik
- Akurasi : 99.556%
- Error : 0.44%
- Presisi

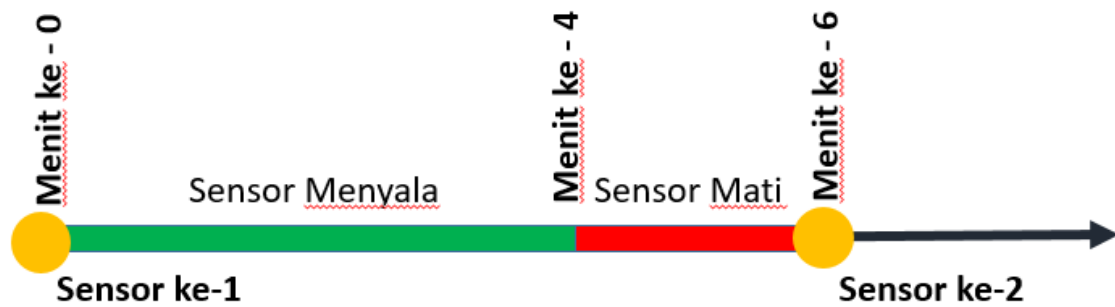
Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 1	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 2	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 3	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 4	Waktu Interval antar Sensor Pengukuran 5	Rata – rata
358	359	358	358	359	358.4
Tingkat Presisi: 100%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.8%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.9%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.9%	Tingkat Presisi Relatif terhadap Pengukuran sebelumnya: 99.9%	99.9%

2. Kesesuaian hasil implementasi durasi aktif sensor dengan *setting* yang telah ditetapkan dalam interval 6 menit yang dimiliki oleh tiap sensor, sensor hanya aktif selama 4 menit, kemudian 2 menit sisanya sensor akan mati. Interval 2 menit ini akan bermanfaat untuk menetralkan kembali lingkungan di sekitar *probe sensor*. Proses penetralan ini harus dilakukan karena *probe sensor* mengeluarkan arus kecil yang dapat memengaruhi hasil pembacaan sensor lainnya. Ilustrasi berikut dapat dengan lebih jelas dipahami:



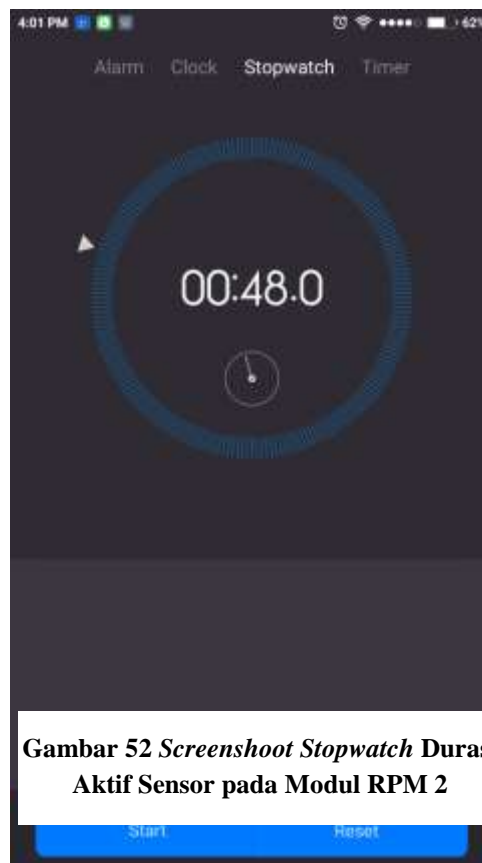
Gambar 50 Screenshot Stopwatch Waktu Interval antar Sensor pada Modul RPM 2





Gambar 51 Sistem Modul RPM 2 untuk Durasi Aktif tiap Sensor

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sensor dapat menyala selama 48 detik. Hal ini memang belum sesuai perencanaan namun sesuai yang diperkirakan. Untuk menambah durasi menjadi 240 detik, maka yang dilakukan adalah dengan cara untuk menambah jumlah loop. Untuk 48 detik, jumlah loopnya adalah 500 kali. Artinya dalam 48 detik tersebut,

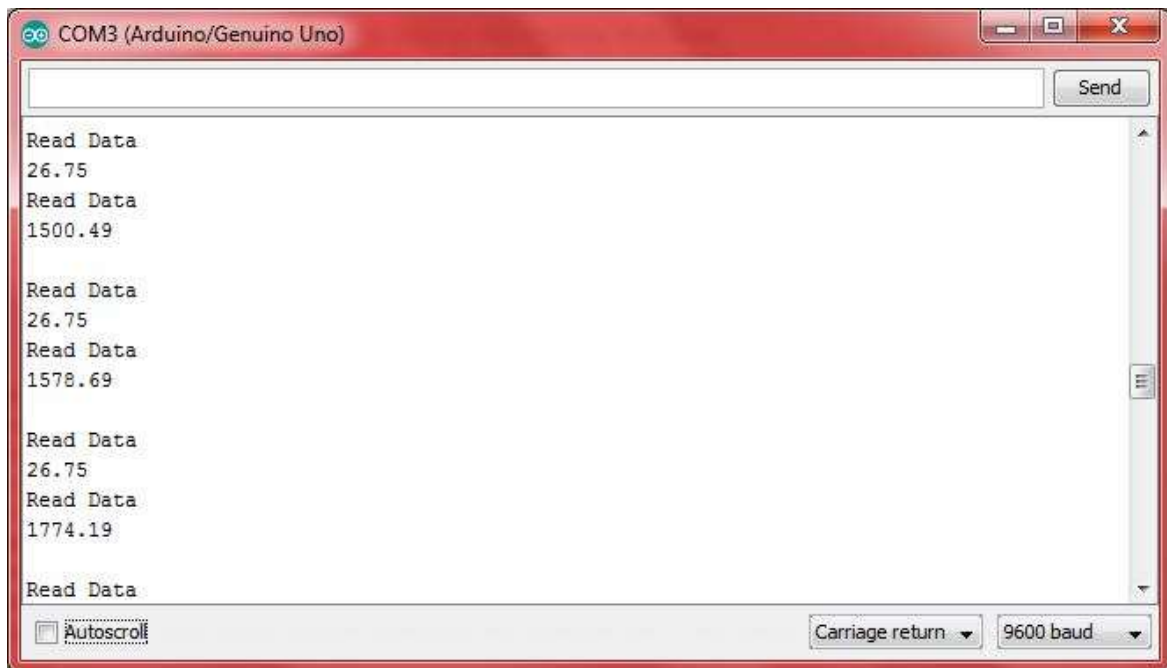


Gambar 52 Screenshoot Stopwatch Durasi Aktif Sensor pada Modul RPM 2

sensor mengambil data sebanyak 500 kali. Meskipun terlihat banyak pengambilan data yang dilakukan, namun sensor memerlukan waktu yang cukup lama (rata-rata 2-3 menit) untuk mendapatkan nilai pengukuran yang stabil sehingga akan lebih akurat.

3. Keberhasilan sistem untuk mengakuisisi data dari kelima sensor kemudian memasukkannya ke dalam *array float*.

Untuk poin ketiga ini akan dibahas pada bagian uji transmisi karena keberhasilan sistem untuk mengakuisisi data dan memasukkannya ke dalam *array float* akan terlihat saat uji transmisi. Jika data berhasil ditransmisikan maka sistem telah berhasil. *Array float* ini yang akan menampung data hasil pengukuran tiap sensor menjadi 1 paket *array* untuk selanjutnya dikirim dari modul RPM ke modul HMI.



Gambar 53 Hasil Implementasi Modul RPM 2 pada Serial Monitor

3.1.5.6 Hasil Pengujian untuk Bagian Sensor RPM 2

3.1.5.6.1 Sensor Suhu

Sensor suhu diuji dengan melakukan pengukuran pada ember yang berisi air keran gedung Labtek 8 lantai 3. Dalam pengujian sensor baik sensor suhu maupun sensor lainnya, ada beberapa parameter sama yang akan diuji, yaitu sebagai berikut:

No.	Parameter	Hasil Uji Coba	Keterangan
1.	Rata – rata pengukuran dengan sensor suhu	26.56 °C	
2.	Akurasi	97.85%	Akurasi ini diukur relatif terhadap hasil pengukuran thermometer raksa pada medium yang sama (ember berisi air keran).
3.	Error	2.15%	
4.	Presisi	99.46%	Untuk mendapatkan angka ini, pertama akan dihitung tingkat kepresisian setiap

			pengukuran yang dilakukan. Karena ada lima kali pengukuran maka ada lima nilai tingkat kepresisian juga. Kemudian untuk mendapatkan angka di kolom sebelah kiri, kelima angka kepresisian yang tadi sudah didapatkan dirata – rata.
5.	Sensitivitas	0.000516667 °C/mL	Untuk mendapatkan nilai sensitivitas tersebut, pertama akan dihitung perubahan suhu (°C) per perubahan volume air yang dimasukkan (ml). Perubahan kedua parameter ini dihitung kemudian dibagi sehingga mendapatkan nilai sensitivitas. (°C/mL)
6.	Resolusi	0.01 °C	
7.	Range Pengukuran		

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil uji coba dari sensor suhu sudah cukup memuaskan dengan akurasi yang hampir 100% relatif terhadap thermometer raksa. Data diatas juga sudah menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor suhu sangat konsisten. Hal ini terlihat dari tingkat presisi yang juga hampir mencapai 100% dari lima kali pengukuran. Dalam uji coba ini juga diuji sensitivitas suhu terhadap perubahan volume air. Tambahan air yang dimasukkan ke ember juga berasal dari sumber yang sama. Seperti yang dapat dilihat pada tabel di atas, sensitivitas sensor suhu terhadap perubahan volume sangat tidak signifikan.

Selanjutnya sensitivitas dari sensor suhu ini akan terus diuji dengan kondisi yang berbeda – beda. Ada 2 kondisi yang direncanakan akan diuji untuk uji coba sensor suhu ini yaitu kondisi pertama dengan tambahan air es dan air mendidih. Hasil dari uji coba ini diharapkan bisa lebih melihat sensitivitas dari sensor suhu terhadap perubahan yang ekstrim.



Gambar 54 Hasil Implementasi Sensor Suhu pada Modul RPM 2



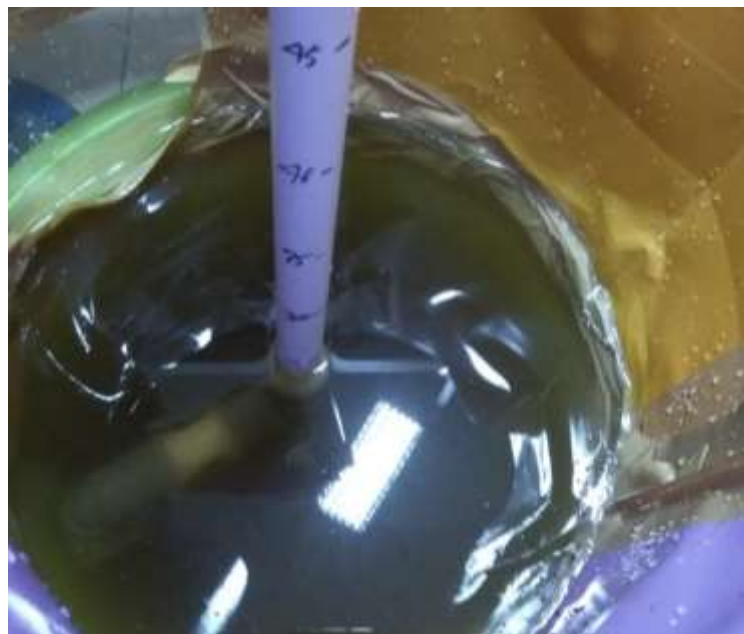
Gambar 55 Hasil Implementasi Sensor Suhu pada Serial Monitor

3.1.5.6.2 Sensor Kekeruhan

Pada sensor kekeruhan, uji coba dilakukan dengan bantuan secchi disk yang akan dijadikan referensi. Seperti yang sudah dijelaskan pada spesifikasi bahwa suatu kolam tergolong cerah ketika secchi disk masih terlihat saat berada pada jarak 30 – 45 cm dari permukaan air. Agar lebih aman diambil angka 30 cm yang artinya, jika secchi disk dapat terlihat di jarak 30 cm keatas maka kondisi air cerah sebaliknya jika secchi disk hanya dapat terlihat pada jarak dibawah 30 cm dari permukaan air maka kondisi kolam tergolong keruh. Berikut adalah contoh hasil bacaan kekeruhan :

Kedalaman Secchi Disk (cm)	Bacaan kekeruhan (mV)
25	4950
19	4910
15	4870
10	4865

Pada hasil uji coba ini dapat dilihat ketika tingkat kedalaman secchi disk semakin rendah maka nilai kekeruhan yang dibaca semakin turun. Ketika secchi disk terlihat semakin dalam berarti keadaan kolam semakin jernih sehingga partikel yang dapat memantulkan sinar akan semakin sedikit. Sehingga cahaya yang ditangkap photodiode akan semakin kecil (angka mendekati nilai 5000).



Gambar 56 Hasil Implementasi Sensor Kekeruhan pada Modul RPM 2



Gambar 57 Hasil Implementasi Sensor Kekeruhan pada Serial Monitor

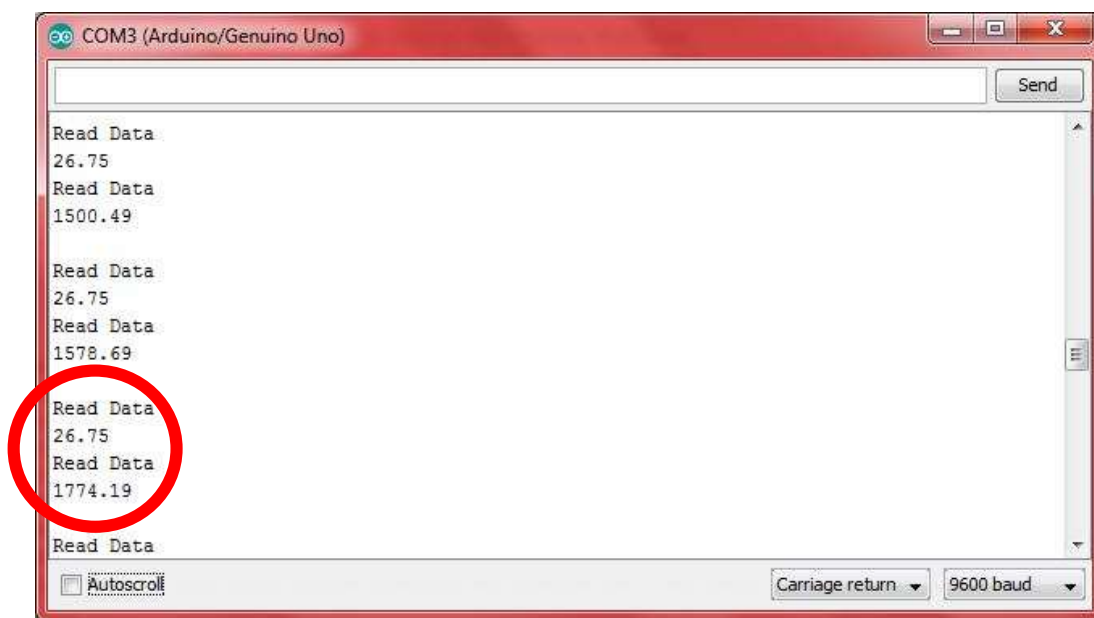
3.1.5.7 Hasil Pengujian untuk Bagian Transmisi RPM 2

1. Keberhasilan Transmisi Data dari Modul RPM ke Modul HMI

Pada pengujian ini, ketika RPM 2 dijalankan dan mengirimkan data, dilakukan pengamatan hasil pada bagian Serial Monitor Arduino. Kemudian dilakukan juga pengamatan pada layar LCD HMI, dapat dilihat bahwa data terakhir pada serial monitor sama dengan data pada LCD modul HMI sehingga dapat disimpulkan bahwa uji transmisi berhasil.



Gambar 58 Hasil Implementasi Transmisi pada Modul RPM 2



Gambar 59 Hasil Implementasi Modul RPM 2 pada Serial Monitor

3.2 Pengujian Human Machine Interface (HMI)

3.2.1 Tinjauan Implementasi

Berikut merupakan hasil implementasi dari modul *Human Machine Interface* yang akan diuji pada riset ini :



Gambar 60 Hasil Implementasi Modul HMI (1)



Gambar 61 Hasil Implementasi Modul HMI (2)

Pengujian *Human Machine Interface* (HMI) sebagai salah satu modul utama dari e-Shrimp pada riset ini dilakukan per sub-modul yang telah diimplementasikan untuk memverifikasi setiap fungsi dan fitur yang dapat dijalankan HMI oleh setiap modulnya. Berdasarkan dokumen B400 implementasi, HMI dibagi menjadi beberapa sub-modul antara lain :

1. Mikrokontroller Arduino Mega 2560

Perangkat ini berfungsi sebagai sistem komputer untuk melakukan pemrosesan aliran data dan mengendalikan perangkat keras lain yang terdapat pada HMI. Perangkat ini juga dilengkapi dengan *Shield* yang diletakan pada bagian atas *board*. *Shield* ini berfungsi untuk mempermudah pemasangan pin-pin yang menghubungkan mikrokontroler dengan perangkat keras lainnya.

2. Transceiver 2,4 GHz

Perangkat ini berfungsi untuk melakukan penerimaan data dari modul RPM secara wireless dengan frekuensi komunikasi 2,4GHz dengan modulasi GFSK. Selain itu ketika parameter kualitas air kolam berada diluar kondisi normal yang bisa diperbaiki oleh kincir, maka akan dilakukan transmisi ke modul kincir untuk mengaktifkan kincir

3. GSM 900 MHz

Modul ini berfungsi untuk memberikan pesan SMS ke *handphone* pengguna ketika ada parameter air kolam yang ada diluar keadaan normal. Selain itu user dapat

mengirimkan pesan ke HMI untuk melakukan beberapa aksi seperti pengaktifan kincir dan mendapatkan data kuantitatif dari kualitas air kolam yang diukur oleh modul RPM

4. Keypad 4x4

Perangkat ini berfungsi untuk menerima input yang diberikan pengguna terhadap HMI, fungsi-fungsi yang bisa dijalankan oleh *keypad* antara lain melihat tampilan kondisi kolam, mengedit nomor telepon yang teregistrasi didalam HMI, mengganti waktu RTC, dan lain-lain

5. Real Time Clock (RTC)

Perangkat ini berfungsi untuk menyimpan data waktu walaupun HMI dalam keadaan mati, kemudian menampilkan pada layar LCD ketika HMI dalam keadaan beroperasi.

6. LCD 20x4

Perangkat ini berfungsi sebagai display utama HMI untuk memberikan informasi kepada *user* berupa waktu yang direkam HMI, nilai data-data yang diperoleh sensor dan navigasi menu.

7. Modul SD Card

Perangkat ini berfungsi untuk melakukan penyimpanan data yang telah diterima dari RPM dalam waktu interval tertentu. Data yang disimpan dapat digunakan pengguna untuk melihat *trend* perubahan parameter air kolam.

8. LED

Perangkat ini berfungsi sebagai indikator warna yang menunjukkan apakah setiap parameter kualitas air kolam yang dideteksi oleh RPM berada di kondisi normal atau tidak. LED hijau akan menyala ketika parameter berada di *range* normal, sedangkan LED merah akan menyala ketika parameter berada di *range* tidak normal.

9. Relay & Speaker

Perangkat ini berfungsi sebagai alat notifikasi dalam bentuk suara terhadap orang yang ada berada disekitar tambak ketika ada salah satu parameter air kolam berada di *range* tidak normal.

3.2.2 Parameter Pengujian

Parameter-parameter pengujian HMI berdasarkan sub-modul yang diimplementasikan pada riset ini antara lain :

- Fungsionalitas mikrokontroller dalam :
 - Menerima sumber daya dari adapter yang terhubung dengan jala-jala
 - Beroperasi ketika dipasang dengan *Shield*
- Fungsionalitas transceiver dalam :
 - Melakukan penerimaan data dari modul RPM

- Melakukan pengiriman data ke modul kincir ketika ada parameter dibawah keadaan normal
- Tambahan : mendapatkan jarak transmisi dan penerimaan data maksimal yang dapat dilakukan oleh modul HMI
- Fungsionalitas modul GSM dalam :
 - Melakukan pengiriman SMS baik secara manual dan otomatis terhadap nomor yang teregistrasi pada HMI
 - Melakukan penerimaan SMS dan melakukan aksi sesuai dengan input isi SMS yang diberikan
- Fungsionalitas keypad dalam :
 - Mengubah tampilan LCD sesuai masukan menu dari keypad
 - Melakukan pengubahan / penghapusan data nomor *handphone* yang akan mencari target modul GSM
 - Melakukan pengubahan waktu pada RTC
 - Mematikan speaker yang dalam keadaan menyala
 - Melakukan penulisan data ke SD Card secara manual
 - Melakukan pengiriman SMS ke nomor teregistrasi secara manual
- Fungsionalitas RTC dalam :
 - Menampilkan waktu pada layar LCD
 - Merespon perubahan nilai waktu dari input keypad
- Fungsionalitas LCD dalam :
 - Menampilkan waktu dan data-data yang diukur oleh sensor-sensor RPM
 - Merespon perubahan menu dari keypad
- Fungsionalitas SD Card dalam menampilkan data text sesuai dengan informasi yang diberikan oleh RTC dan RPM (waktu dan data sensor)
- Fungsionalitas setiap LED dalam menyala sesuai dengan kondisi parameter kualitas air kolam
- Fungsionalitas Relay untuk :
 - Menyalakan speaker ketika ada parameter kualitas air kolam yang berada didalam keadaan tidak normal
 - Berhenti menyala ketika diberikan input melalui keypad
- Fungsionalitas komponen HMI lainnya :
 - Fungsionalitas tombol button untuk memutus dan mengalirkan listrik ke perangkat keras HMI
 - Fungsionalitas LED pada tombol button yang menyala ketika HMI dalam keadaan menyala
 - Fungsionalitas XL4015 DC Step-Down untuk menurunkan tegangan 12V menjadi tegangan 5V

3.2.3 Lingkungan Pengujian

Lingkungan pengujian untuk testing modul HMI dibagi menjadi 2 bagian antara lain :

1. Hardware

Hardware modul HMI yang akan diuji fungsionalitasnya antara lain :

- Mikrokontroller Arduino Mega 2560 & Shield
- Transceiver 2,4 GHz
- GSM 900 MHz
- Keypad 4x4
- LCD 20x4
- Modul SD Card
- LED
- Relay & Speaker

2. Software

Pemrograman Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroller HMI dilakukan dengan menggunakan program IDE Arduino 1.6.7

3.2.4 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian mikrokontroller dan *Shield* :

- 1) Menghubungkan melalui *female jack adapter* di permukaan kiri HMI dengan sumber daya dari jala-jala (220 V) dengan menggunakan *adapter* 12V (minimal 2A).
- 2) Menekan *switch button* di permukaan kiri HMI untuk memberi sumber daya pada seluruh perangkat keras pada HMI.
- 3) Menunggu HMI sampai menampilkan menu penampilan data RPM 1 pada layar LCD dan lampu indikator LED menyala.
- 4) Melakukan pengujian pada setiap sub-modul pada HMI untuk melakukan verifikasi kinerja mikrokontroller dalam mengendalikan perangkat di sub-modul tersebut.

Prosedur pengujian transceiver :

- 1) Ketika HMI berada didalam kondisi awal menyala, memeriksa apakah kondisi koneksi RPM1 dalam keadaan tidak terhubung (NC).
- 2) Setelah memastikan RPM1 dalam keadaan tidak terhubung, menjalankan mikrokontroller *dummy* yang bertindak sebagai transmitter RPM1.

- 3) Memverifikasi apakah kondisi koneksi RPM1 dalam keadaan terhubung (OK) dan melihat apakah data-data yang dikirimkan mikrokontroller *dummy* diterima dengan baik.
- 4) Menggunakan RPM 1 untuk melihat apakah transmisi data parameter kualitas air dapat diterima dan ditampilkan oleh HMI
- 5) Bersamaan dengan RPM 1 yang menyala, mengaktifkan RPM2 untuk melihat apakah transmisi data parameter kualitas air dapat diterima secara parallel dengan melihat menu RPM 1 dan RPM 2
- 6) Melakukan verifikasi terhadap kemampuan HMI untuk mengirimkan data *trigger* ke modul kincir untuk menggerakkan kincir

Prosedur pengujian modul GSM :

- 1) Ketika HMI berada didalam kondisi awal menyala, melakukan pengiriman SMS manual dengan menekan :
 - Tombol D : untuk masuk ke menu lain-lain
 - Tombol 3 : untuk melakukan pengiriman SMS manual
- 2) Melihat apakah display pada LCD berubah menjadi “Mengirim SMS”, kemudian menunggu sampai layar kembali menunjukkan kondisi menu RPM1
- 3) Memverifikasi apakah SMS telah berhasil diterima di nomor pengguna yang menunjukkan informasi waktu dan kondisi parameter kualitas air yang terukur
- 4) Melakukan pengujian penerimaan SMS pada HMI dengan cara mengirimkan pesan “HMI GETVALUE” pada nomor SIM Card HMI.
- 5) Melihat apakah display pada LCD berubah menjadi “Mengirim SMS” dan kemudian memverifikasi apakah diterima SMS yang menunjukkan informasi waktu dan nilai parameter kualitas air yang terukur

Prosedur pengujian keypad :

- 1) Ketika HMI berada didalam kondisi awal menyala, menekan tombol B dan memverifikasi apakah layar LCD menunjukkan kondisi menu RPM 2.
- 2) Menekan tombol A, untuk memverifikasi apakah layar LCD menunjukkan kondisi menu RPM 1.
- 3) Menekan tombol C, untuk memverifikasi apakah layar LCD menunjukkan menu SMS. Kemudian menekan tombol * untuk verifikasi apakah layar LCD kembali menunjukkan kondisi menu RPM 1.
- 4) Pada menu SMS, menekan tombol 1 untuk verifikasi apakah layar LCD menampilkan daftar nomor *handphone* yang teregistrasi. Kemudian menekan tombol * untuk kembali ke menu SMS.
- 5) Kemudian, menekan tombol 2 dan 3 untuk verifikasi apakah layar LCD menampilkan list nomor *handphone* yang bisa diubah atau dihapus.

- 6) Pada menu pengubahan nomor *handphone*, memilih salah satu list yang ingin diubah kemudian memasukan nomor *handphone* baru dan verifikasi apakah daftar nomor *handphone* sudah sesuai dengan pengubahan.
- 7) Pada menu penghapusan nomor *handphone*, memilih salah satu list yang ingin dihapus kemudian verifikasi apakah nomor tersebut sudah dihapus dari daftar nomor *handphone*.
- 8) Membuat daftar nomor *handphone* minimal menampung 2 nomor *handphone* yang berbeda, kemudian melakukan pengiriman SMS manual untuk verifikasi apakah SMS tersebut telah diterima oleh *handphone* yang terdaftar.
- 9) Menghapus salah satu atau semua daftar nomor *handphone* yang terdaftar, kemudian dilakukan pengiriman SMS manual dan verifikasi dimana seharusnya nomor yang sudah terhapus tidak menerima SMS lagi.
- 10) Menekan tombol D, untuk memverifikasi fungsional keypad untuk menjalankan aksi tambahan seperti pergantian waktu, mematikan speaker, pengiriman SMS dan data SD card secara manual, melakukan transmisi ke kincir.

Prosedur pengujian RTC :

- 1) Ketika HMI berada didalam kondisi awal menyala, melihat perbandingan waktu yang ditunjukan oleh Google dengan waktu yang ditunjukan HMI sekarang
- 2) Mengubah waktu yang ada pada HMI agar sesuai dengan waktu Google dengan menekan :
 - Tombol D : untuk masuk ke menu lain-lain
 - Tombol 1 : untuk masuk ke menu rubah waktu
- 3) Melakukan verifikasi apakah waktu pada HMI telah berhasil diubah
- 4) Menjalankan HMI selama 6 jam dan melihat selisih waktu antara HMI dengan waktu yang ditunjukan oleh Google untuk mendapatkan error dari RTC yang diimplementasikan.

Prosedur pengujian LCD :

- 1) Melakukan pengamatan pada LCD ketika melakukan pengujian terhadap beberapa modul yang dapat merubah tampilan LED seperti *transceiver*, *keypad*, GSM dan lain-lain.
- 2) Melakukan verifikasi apakah tampilan LCD sesuai dengan desain yang diharapkan, dilakukan bersamaan dengan pengujian *keypad*.

Prosedur pengujian SD Card :

- 1) Setelah HMI berada didalam kondisi awal menyala, melakukan *writing* data pada SD Card secara manual dengan menekan :
 - Tombol D : untuk masuk ke menu lain-lain
 - Tombol 4 : untuk melakukan penulisan data ke SD Card

- 2) Melakukan verifikasi apakah data pengukuran sensor yang ditarik secara manual telah tertulis kedalam file di SD Card
- 3) Menjalankan HMI selama beberapa jam, menunggu penulisan SD Card secara otomatis yang terjadi setiap menit ke 0 dan menit ke 30.
- 4) Melakukan verifikasi data-data pengukuran sensor yang ditulis kedalam file SD Card secara otomatis

Prosedur pengujian LED :

- 1) Ketika HMI berada didalam kondisi awal menyala, memverifikasi apakah semua lampu LED merah menyala.
- 2) Menyalakan data *dummy* yang menyedaiakan beberapa data dengan parameter keadaan normal dan memverifikasi apakah indikator LED untuk parameter tersebut menjadi warna hijau.

Prosedur pengujian Relay dan Speaker :

- 1) Setelah HMI berada didalam kondisi awal menyala, menyalakan speaker secara manual dengan menekan :
 - Tombol D : untuk masuk ke menu lain-lain
 - Tombol 2 : untuk mematikan speaker
- 2) Melakukan verifikasi apakah speaker telah berjalan dengan baik
- 3) Melakukan verifikasi proses speaker yang menyala ketika ada parameter air kolam yang berada didalam keadaan tidak normal

3.2.5 Hasil Pengujian

3.2.5.1 Hasil Pengujian Mikrokontroller dan Shield

Berdasarkan pengujian untuk pemberian sumber daya terhadap HMI telah berhasil dengan baik, dimana ketika sumber jala-jala 220V dihubungkan dengan *female jack* HMI melalui adapter 12V/2A maka semua komponen hardware pada HMI telah berjalan dengan baik.



Gambar 62 Power Button pada Modul HMI



Gambar 63 Testing Power ON dari Modul HMI

Selain itu rangkaian *switch button* yang telah dibuat sesuai dengan rancangan yang diharapkan dimana LED pada *switch button* akan menyala ketika ditekan dan memberi sumber daya kepada semua komponen *hardware* HMI.

Pada keadaan awal LCD akan menampilkan data RPM 1 dan semua lampu LED akan menyala dengan warna merah. Untuk melakukan pengujian fungsionalitas mikrokontroller dan *Shield* dalam melakukan pengaturan pada komponen HMI, maka diperlukan pengujian langsung pada komponen-komponen HMI yang dikendalikan.

3.2.5.2 Hasil Pengujian Transceiver

Pengujian *transceiver* dilakukan dengan melihat keadaan layar HMI ketika baru dinyalakan tanpa ada perangkat yang melakukan transmisi ke HMI. Dapat terlihat bahwa tidak ditemukan koneksi dari RPM 1, hal ini dilihat dari text “RPM1 NC” yang artinya RPM1 *Not Connected*.



Gambar 64 Hasil Testing Transceiver pada LCD Display

Pada pengetesan awal yang menggunakan sebuah mikrokontroller yang menyimpan data *dummy*. Salah satu data *dummy* ini memiliki peningkatan interval yang berfungsi untuk memastikan apakah pengiriman data berjalan dengan baik. Hasil yang didapatkan adalah HMI mampu menerima data yang dikirim oleh data *dummy* setiap peningkatan interval data selain itu pada LCD dapat terlihat bahwa text “RPM1 NC” berubah menjadi “RPM1 OK” hal ini menandakan bahwa HMI telah menerima data yang dikirim oleh RPM1.



Gambar 65 Hasil Testing Transceiver pada LCD Display saat Menerima Data dari RPM 1

Kemudian pada pengetesan selanjutnya, RPM2 diaktifkan dengan sensor temperatur dalam keadaan aktif dan sensor *turbidity* dalam keadaan tidak aktif. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat terlihat bahwa HMI dapat menerima dan menampilkan data yang terukur oleh RPM2 bersamaan dengan RPM1 :



Gambar 66 Hasil Testing Transceiver pada LCD Display saat Menerima Data dari RPM 2

Setelah verifikasi fungsional penerimaan data, dilakukan pengujian untuk melakukan pengiriman data *trigger* dari modul HMI ke modul kincir. Dari hasil yang diperoleh dapat diverifikasi bahwa pengiriman data ke modul kincir telah berhasil dengan baik dan kincir dapat dinyalakan dengan menggunakan transmisi *wireless*. Namun, dari beberapa pengujian masih terdapat transmisi data yang gagal diterima oleh modul kincir.

Sebagai pengujian tambahan dengan menggunakan mikrokontroller *dummy*, telah didapatkan bahwa jarak transmisi *transmitter* ke HMI dapat mencapai jarak sebesar 70m. Pengujian ini dilakukan di Labtek VIII Lt.3 dimana HMI diletakan di TU Elektronika sedangkan mikrokontroller *dummy* diletakan di TU LSS.

3.2.5.3 Hasil Pengujian Modul GSM

Pada pengujian penerimaan SMS secara manual, nomor +628111700373 sebagai nomor yang teregistrasi telah menerima SMS dari HMI dengan baik. Berikut merupakan SMS yang telah diterima :



Gambar 67 Hasil Testing Modul GSM

Kemudian pengujian dilakukan dengan melakukan registrasi nomor *handphone* yang baru yaitu +62818800139 dan dengan nomor tersebut dilakukan pengiriman SMS dengan isi “HMI REGVALUE” untuk mendapatkan nilai kuantitatif dari parameter kualitas air, hasil pengujian yang diperoleh adalah HMI mampu menerima dan merespon dengan SMS data kuantitatif parameter air kolam kepada dua nomor yang teregistrasi (+628111700373 dan +62818800139). Berikut merupakan bentuk percakapan SMS yang telah dilakukan :



Gambar 68 Hasil Implementasi Modul HMI pada SMS (1)



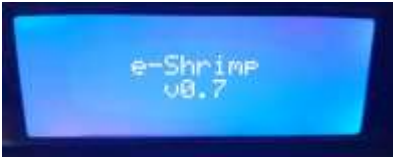



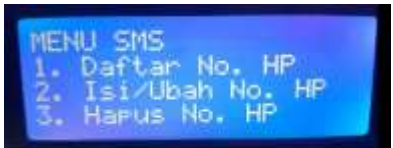
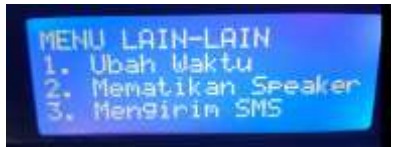

Gambar 69 Hasil Testing Modul HMI pada SMS (2)



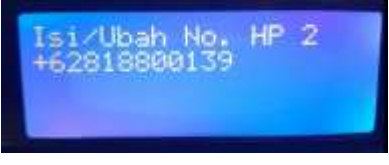




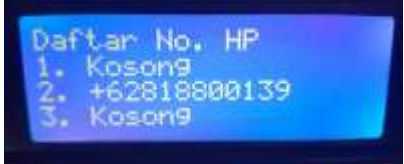

Dari hasil yang telah didapat dapat disimpulkan bahwa fitur untuk pemberian input ke HMI melalui SMS dan SMS *broadcasting* sudah dapat berjalan dengan baik.

3.2.5.4 Hasil Pengujian Keypad dan LCD

Pengujian keypad dilakukan dengan mengubah-ubah tampilan menu dan melihat perubahan display pada LCD dan melakukan input nomor *handphone* baik untuk mengisi / mengubah nomor yang ingin diregisterasi.

Berikut merupakan hasil pengujian yang telah diperoleh :

Menu / Kondisi	Keypad yang ditekan	Display / Hasil
Startup	-	 
RPM1	A	
RPM2	B	
SMS	C	
Lain-Lain	D	 

Daftar No. HP	C - 1	
Ubah No. HP	C - 2	   
Hapus No. HP	C - 3	  
Ubah Waktu	D - 1	

		
ON / OFF Speaker	D - 2	Speaker akan menyala sedangkan LCD kembali ke menu RPM1
Mengirim SMS	D - 3	
Kirim Data ke SD Card	D - 4	
Menggerakan Kincir 1	D - 5	

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat terlihat bahwa kinerja LCD dan keypad telah dapat berjalan sesuai dengan perancangan yang diinginkan.

3.2.5.5 Hasil Pengujian RTC

Pengujian RTC dilakukan dengan melakukan perbandingan waktu yang ditampilkan oleh HMI dengan referensi waktu yang terpercaya yaitu Google. Pengesetan waktu RTC pertama kali dilakukan pada saat implementasi dengan mengisi waktu RTC dengan waktu kompilasi program ke mikrokontroller.

Berikut merupakan perbandingan waktu RTC dengan Google :



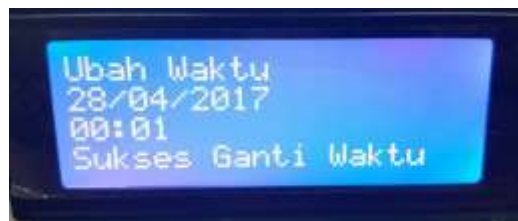
Gambar 70 Waktu Google sebagai Referensi



Gambar 71 Waktu pada RTC Modul HMI

Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa terjadi sedikit error pada waktu dari RTC dimana, interval waktu terukur lebih cepat sehingga menyebabkan waktu yang ditampilkan HMI lebih besar daripada waktu di Google. Untuk mengantisipasi hal ini, telah disiapkan fitur untuk mengubah waktu RTC pada menu HMI.

Kemudian pengujian dilakukan dengan melakukan perubahan waktu dengan menggunakan *keypad* untuk menyesuaikan waktu RTC dengan Google. Hasil pengujian adalah pengubahan waktu pada RTC berhasil dilakukan dan menghasilkan tampilan sebagai berikut :



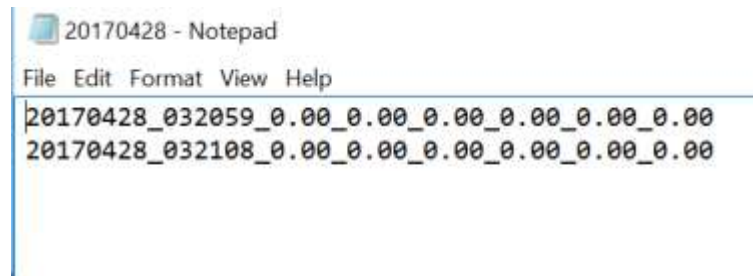
Gambar 72 Hasil Kalibrasi Waktu RTC



Gambar 73 Waktu RTC setelah Kalibrasi

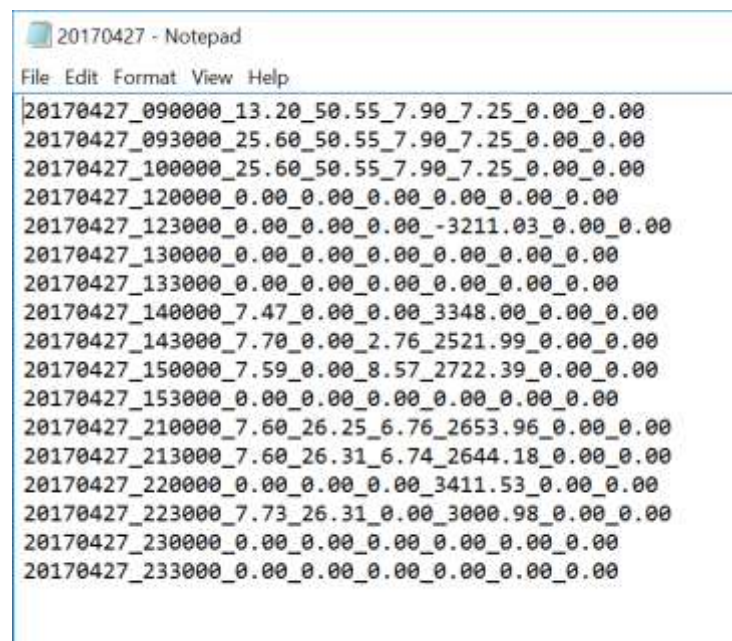
3.2.5.6 Hasil Pengujian Modul SD Card

Pengujian SD Card dilakukan dengan melakukan pengiriman data ke SD Card secara manual dengan menekan tombol D-4. Hasil pengujian yang diperoleh adalah data telah berhasil masuk ke SD Card sesuai dengan data dan tanggal yang terdapat pada HMI (8 digit pertama merupakan tanggal data, sedangkan 6 digit kedua merupakan data waktu, data selanjutnya merupakan data-data dari setiap sensor secara berurutan mulai dari DO, suhu, pH, kekeruhan dan salinitas), pada pengujian ini tidak dilakukan aktivasi sensor. Hasil file text yang diisi adalah sebagai berikut :



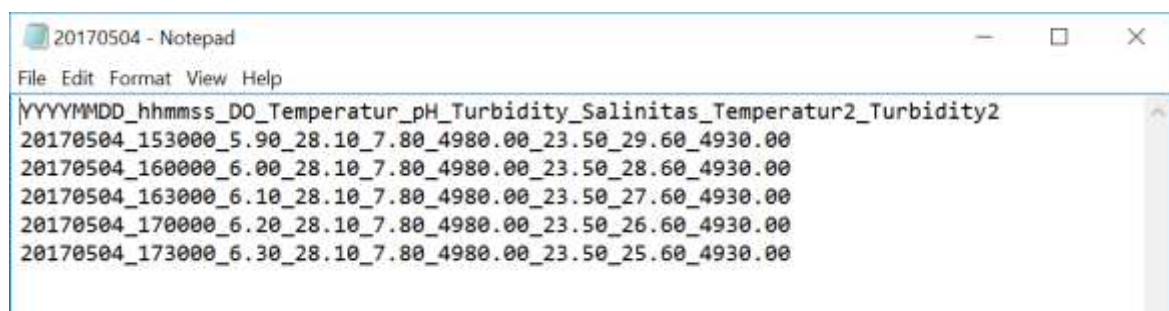
Gambar 74 Hasil Pengujian Modul SD Card

Selain itu selama melaksanakan proses testing pada setiap modul HMI yang lain, setiap menit ke-0 dan menit ke-30 HMI akan melakukan penyimpanan data yang terukur kedalam modul SD Card. Berikut merupakan isi dari file text yang telah diperoleh :



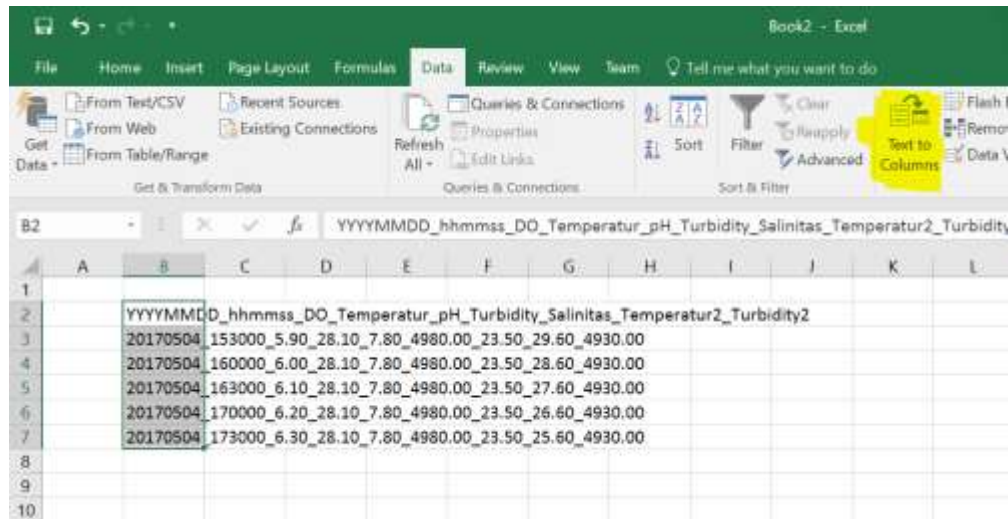
Gambar 75 Hasil Pengujian Modul SD Card (2)

Hasil output file text yang dihasilkan data dapat digunakan untuk melakukan pembentukan data pada Microsoft Excel dengan melakukan pemisahan text menjadi beberapa text dikolom yang berbeda. Berikut merupakan data *dummy* dalam file text yang disimpan kedalam SD Card untuk dikonversi menjadi data Excel :



Gambar 76 Konversi Data Text pada SD Card menjadi Data Excel (1)

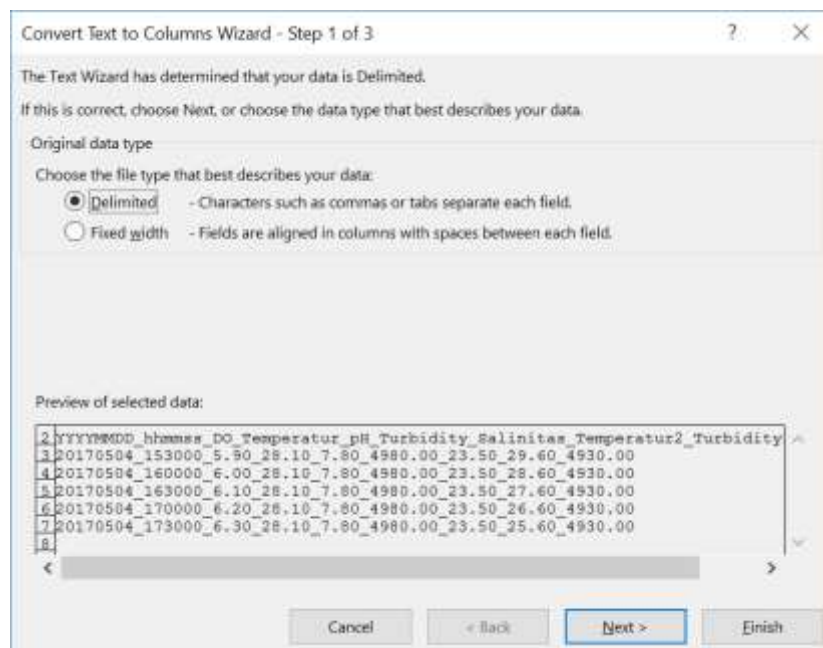
Data ini kemudian di-copy dan di-paste pada Microsoft Excel sehingga menjadi tampilan sebagai berikut :



Gambar 77 Konversi Data Text pada SD Card menjadi Data Excel (2)

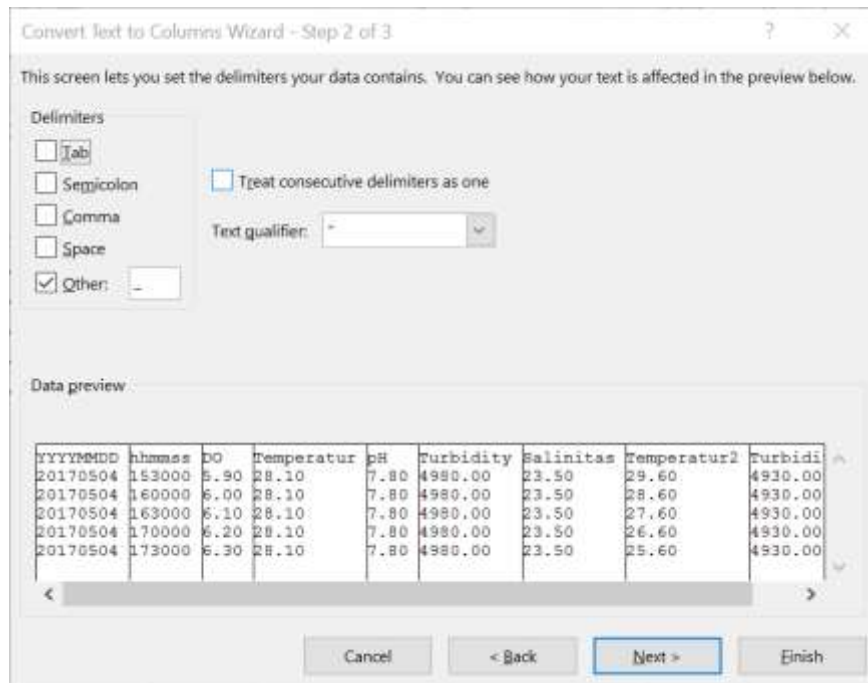
Kolom data text ini kemudian diblok dan dilanjutkan dengan menjalankan fitur **Text to Columns** pada menu **Data** di Microsoft Excel. Kemudian dilanjutkan dengan beberapa tahap sebagai berikut :

1. Memilih opsi *Delimited* untuk pemisahan text berdasarkan karakter



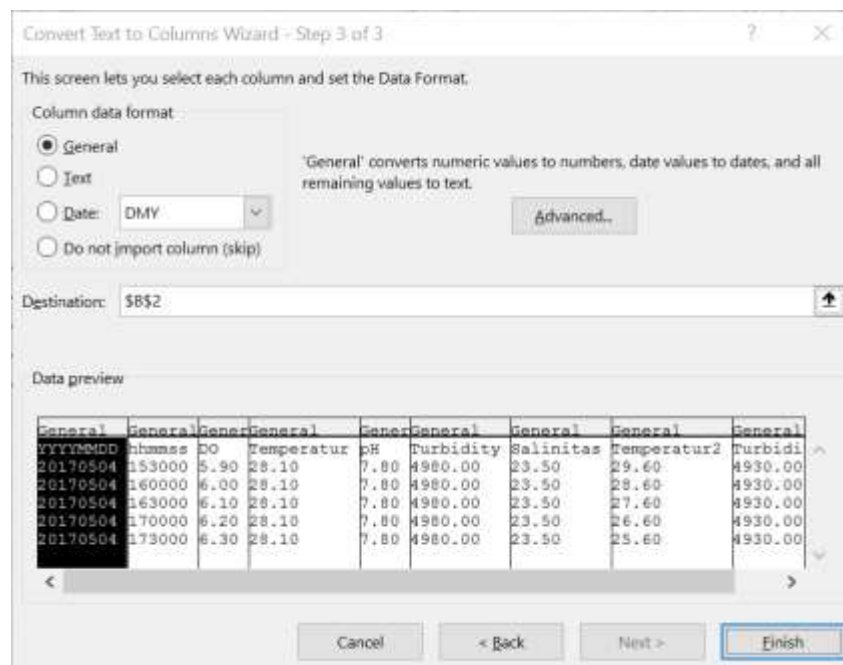
Gambar 78 Konversi Data Text pada SD Card menjadi Data Excel (3)

2. Memilih simbol “_” sebagai *Delimiter* dengan memilih *Other* dan memasukan karakter “_”



Gambar 79 Konversi Data Text pada SD Card menjadi Data Excel (4)

3. Memilih “Finish” untuk menyelesaikan proses pemisahan text ke kolom



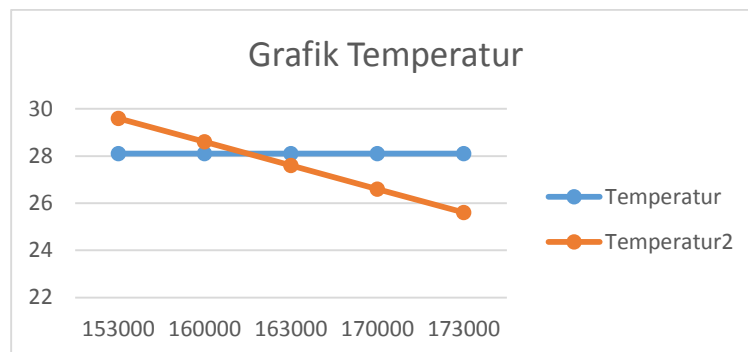
Gambar 80 Konversi Data Text pada SD Card menjadi Data Excel (5)

Setelah itu data yang terdapat pada file text telah terpisah menjadi beberapa kolom di-Excel untuk bisa diolah lebih lanjut seperti pembentukan grafik parameter air kolam, penghitungan nilai rata-rata dan lain-lain :

	YYYYMMDD	hhmmss	DO	Temperatur	pH	Turbidity	Salinitas	Temperatur2	Turbidity2
2	20170504	153000	5.90	28.10	7.80	4980.00	23.50	29.60	4930.00
3	20170504	160000	6.00	28.10	7.80	4980.00	23.50	28.60	4930.00
4	20170504	163000	6.10	28.10	7.80	4980.00	23.50	27.60	4930.00
5	20170504	170000	6.20	28.10	7.80	4980.00	23.50	26.60	4930.00
6	20170504	173000	6.30	28.10	7.80	4980.00	23.50	25.60	4930.00

Gambar 81 Konversi Data Text pada SD Card menjadi Data Excel (6)

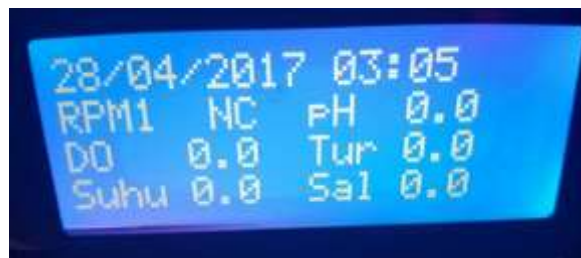
Catatan : Beberapa Excel menggunakan tanda “,” sebagai pemisah bilangan desimal sehingga karakter “.” perlu di *Replace All* menjadi “,” terlebih dahulu sebelum melakukan pengolahan data.



Gambar 82 Contoh Grafik Temperatur dari Data Text SD Card

3.2.5.7 Hasil Pengujian LED

Pengujian LED diawali dengan memastikan apakah semua LED yang menyala adalah warna merah pada setiap kondisi parameter air kolam. Hal ini disebabkan karena semua nilai data RPM diinisialisasi dengan nilai 0 (dibawah batas normal). Berikut merupakan hasil yang telah diperoleh :

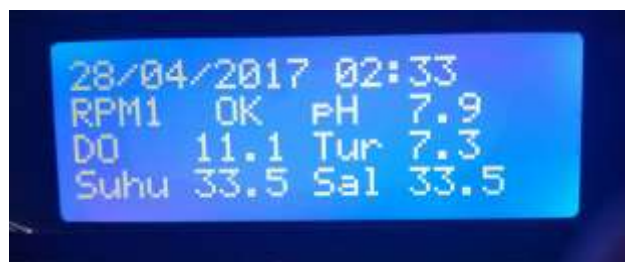


Gambar 83 Hasil Pengujian LED (1)



Gambar 84 Hasil Pengujian LED (2)

Setelah itu pengujian LED dilanjutkan dengan melakukan transmisi data baik berupa mikrokontroller *dummy* maupun RPM. Kemudian dilakukan verifikasi apakah indikator LED sudah mewakili kondisi parameter kolam. Berikut merupakan hasil pengujian yang diperoleh :



Gambar 85 Hasil Pengujian LED (3)



Gambar 86 Hasil Pengujian LED (4)

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dapat dilihat bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan spesifikasi dimana untuk parameter dalam keadaan normal akan diberi indikator berupa LED berwarna hijau, sedangkan keadaan diluar *range* normal akan diberi indikator berupa LED berwarna merah

3.2.5.8 Hasil Pengujian Relay dan Speaker

Pengujian awal untuk modul relay dan speaker diawali dengan melakukan verifikasi apakah relay dan speaker dapat menyala dan mati dengan menggunakan *trigger* berupa data digital. *Trigger* data digital ini dilakukan dengan menggunakan menu lain-lain untuk mematikan dan menyalakan speaker secara manual.

Hasil yang telah didapatkan adalah menu untuk menyalakan dan mematikan speaker telah berfungsi dengan baik, sehingga fungsionalitas speaker juga telah diverifikasi dengan baik. Salah satu kejanggalan yang diperoleh adalah lampu yang terdapat pada modul speaker ini tidak menyala, hal ini kemungkinan disebabkan karena kemungkinan besar *undervoltage* merusak komponen lampu di modul speaker akibat penggunaan baterai 9V untuk memberikan daya pada speaker dengan *rating* 12V.

4 LAMPIRAN