



TUGAS AKHIR - RE141599

**SISTEM KONTROL TINGKAT KEKERUHAN PADA AQUARIUM
MENGUNAKAN ARDUINO UNO**

**Muhammad Syaif Ramadhan
NRP 07111140000112**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**



TUGAS AKHIR - TE141599

**SISTEM KONTROL TINGKAT KEKERUHAN PADA
AQUARIUM MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**

**Muhammad Syaif Ramadhan
NRP 0711114000112**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TE141599

**AQUARIUM TURBIDITY CONTROL SYSTEM USING
ARDUINO UNO**

Muhammad Syaif Ramadhan
NRP 07111140000112

Advisor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan tugas akhir saya dengan judul “SISTEM KONTROL TINGKAT KEKERUHAN PADA AQUARIUM MENGGUNAKAN ARDUINO UNO” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 15 Januari 2018

Muhammad Syaif Ramadhan
NRP. 07111140000112

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

**SISTEM KONTROL TINGKAT KEKERUHAN PADA
AQUARIUM MENGGUNAKAN ARDUINO UNO**

TUGAS AKHIR

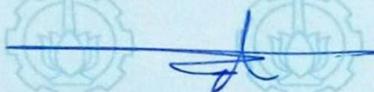
**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

NIP. 196904261994031003



[Halaman ini sengaja dikosongkan]

SISTEM KONTROL KEKERUHAN PADA AQUARIUM MENGUNAKAN ARDUINO UNO

Nama : Muhammad Syaif Ramadhan
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

ABSTRAK

Ikan berisiko terkena dampak buruk apabila menetap pada air keruh yang terekspos partikel halus. Peningkatan kandungan partikel halus penyebab kekeruhan dapat berdampak pada penurunan tingkat harapan hidup embrio telur ikan. Batas kekeruhan yang dapat memungkinkan kehidupan ikan di habitat air dingin (dibawah 20°C) adalah 10 *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Pada habitat air hangat (diatas 20°C) batas kekeruhan yang dapat diterima oleh ikan adalah 25 NTU. Pada penelitian ini telah dibuat suatu sistem yang dapat mengatur kekeruhan aquarium dengan memanfaatkan *Turbidity Sensor*. Sensor ini mempunyai ukuran kecil, dan praktis, serta kompatibel dengan mikrokontroler Arduino Uno. Output data analog dari sensor dikonversi oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) pada Arduino Uno menjadi data digital yang merepresentasikan tingkat kekeruhan. Kekeruhan akan dikendalikan oleh sistem dengan metode kontrol proporsional. Ketika kekeruhan diatas titik yang dikehendaki, maka motor pompa akan diberikan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mempercepat proses penyaringan. Pada pengujian yang dilakukan di aquarium menunjukkan bahwa pompa memiliki rentang debit antara 96,48 mL/sec dan 120,96 mL/sec yang mewakili rentang kekeruhan antara 0 % dan 25 %. Hasil pengujian sistem keseluruhan menunjukkan bahwa kenaikan tegangan sensor dari 3,97 volt (kekeruhan 5,76 %) menjadi 4,83 volt (kekeruhan 2,14 %) memerlukan waktu 15,8 jam.

Kata kunci: Arduino Uno, Kekeruhan Air, *Turbidity Sensor*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

AQUARIUM TURBIDITY CONTROL SYSTEM USING ARDUINO UNO

Name : **Muhammad Syaif Ramadhan**
Advisor : **Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.**

ABSTRACT

Fish are at risk of adverse effects if settled in turbid waters exposed to fine particles. Increase of turbid fine particles concentration can cause an impact which decreases the life expectancy of fish egg embryo. The turbidity limit that is allowed to fish living in cold water habitat (below 20 ° C) is 10 Nephelometric Turbidity Unit (NTU). While the acceptable turbidity limit of fish living in warm water habitat (above 20 ° C) are 25 NTU. In this research, a system has been made which able to control turbidity by utilizing Turbidity Sensor. This sensor has a small size, practical, and compatible with Arduino Uno microcontroller. The analog data output from the sensor is converted by Analog to Digital Converter (ADC) in Arduino Uno into digital data that represents turbidity value. Turbidity will be controlled by implementing proportional control method. When the turbidity is above the desired point, the pump motor will be given Pulse Width Modulation (PWM) signal to hasten the filtering process. The results of experiments conducted on the aquarium with the size of 27 cm long, 16 cm wide and 17 cm high, showed that the filter pump has discharge rate ranging between 96.48 mL/sec and 120.96 mL/sec, mapped on turbidity value between 0% and 25 %. Experiment on the whole system showed an increase of sensor voltage value from 3.97 volt (turbidity level 5.76 %) to 4.83 volt (turbidity 2.14 %) needed 15.8 hours.

Key words: Arduino Uno, Turbidity, Turbidity Sensor

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul :

Sistem Kontrol Tingkat Kekeuhan Pada Aquarium Menggunakan Arduino Uno

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-Satu di Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin berterima kasih kepada pihak-pihak yang membantu pembuatan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahan selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. Hendra Kusuma, M.Eng.Sc., Ir. Harris Pirngadi, MT., Dr.Eng. Ir. Totok Mujiono, M.IKom., Dr. Astria Nur Irfansyah, ST., M.Eng., Muhammad Attamimi, B.Eng., M.Eng., PhD., selaku dosen penguji yang memberikan banyak masukan dan pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan buku tugas akhir ini dengan baik
3. Seluruh dosen bidang studi Elektronika.
4. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS Surabaya.
5. Teman-teman laboratorium Elektronika Industri yang telah banyak memberikan masukan dalam pengerjaan penelitian ini.
6. Ibu, dan adik-adik saya, keluarga terdekat, serta teman-teman yang telah member dukungan moril dan materiil.

Penulis sadar bahwa penelitian ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak akan sangat diterima penulis

Surabaya, 15 Januari 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Metodologi.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
1.7. Relevansi dan Manfaat.....	5
BAB II.....	7
2.1. Faktor Kekeruhan Kolam Air Tawar.....	7
2.2. Standar Tingkat Kekeruhan Air.....	8
2.3. Metode Kontrol Proporsional.....	10
2.4. Arduino Uno.....	11
2.4.1 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	14
2.4.2 Protokol Komunikasi I2C.....	14
2.5. Penguat Operasional (<i>Operational Amplifier</i>).....	15
2.5.1 <i>Differential Amplifier</i> Sebagai Rangkaian Pengurang....	16
2.5.2 <i>Non Inverting Amplifier</i> atau Penguat Tak Membalik....	18
2.6. Sensor.....	19
2.7. <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	20
2.7.1 Kecepatan <i>Sampling</i> ADC.....	20
2.7.2 Resolusi ADC.....	21
2.7.3 Prinsip Kerja ADC.....	21
2.8. SSR (<i>Solid State Relay</i>).....	21
2.9. Filter Aquarium Tipe Filter Atas.....	25
BAB III.....	27
3.1. Desain Sistem Keseluruhan.....	27
3.2. Sensor Kekeruhan SKU SEN0189.....	29
3.3. Perancangan Rangkaian <i>Signal Conditioner</i>	31
3.4. Kontrol Proporsional.....	31
3.5.1 Pomba Filter Air.....	32

3.5.2	<i>Solid State Relay (SSR)</i>	34
BAB IV	.....	35
4.1.	Realisasi Desain Sistem.....	35
4.2.	Pengujian ADC	36
4.3.	Pengujian Sensor, dan Kalibrasi	38
4.3.1	Pengujian Sensor Secara Statis Untuk Kalibrasi	38
4.3.2	Pengukuran Sensor Secara Dinamis	40
4.4.	Pengujian Rangkaian <i>Signal Conditioner</i>	40
4.5.	Pengujian Pompa	42
4.5.1	Pengujian Nilai PWM Terhadap Debit Air Pompa	42
4.5.2	Pengujian Sampel Terhadap Debit Air Pompa.....	43
4.6.	Percobaan Pengujian Sistem	45
4.6.1	Pengujian Sistem Setelah Sampel Bercampur 10 Menit. ..	45
4.6.2	Pengujian Sistem Setelah Sampel Bercampur 12 Jam.....	46
4.6.3	Pengujian Sistem Setelah Sampel Bercampur 24 Jam.....	46
BAB V	.....	49
5.1.	Kesimpulan	49
5.2.	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	.....	51
LAMPIRAN	.....	55
BIODATA PENULIS	.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Blok Kontrol Proportional	10
Gambar 2.2	Board Arduino Uno tampak atas	12
Gambar 2.3	Atmega 168/328 Pin Mapping.....	12
Gambar 2.4	Arsitektur Atmega328	13
Gambar 2.5	Modulasi PWM	14
Gambar 2.6	Timing Diagram I2C	15
Gambar 2.7	Rangkaian dasar operational amplifier	16
Gambar 2.8	Differential Amplifier	17
Gambar 2.9	Non Inverting Amplifier	18
Gambar 2.10	Karakteristik Perubahan Suhu SEN0189	19
Gambar 2.11	Hubungan tegangan dan kekeruhan SEN0189	19
Gambar 2.12	Sampling ADC	20
Gambar 2.13	Contoh Relay Optotriac Built-in Zero Crossing	22
Gambar 2.14	Sinyal zero crossing detector beban resistif	23
Gambar 2.15	Rangkaian Snubber komponen switching	24
Gambar 2.16	Filter tipe atas	25
Gambar 3.1	Diagram blok sistem.....	27
Gambar 3.2	Diagram blok perangkat keras.....	28
Gambar 3.3	Gambar alur kerja sistem.....	29
Gambar 3.4	Sensor Kekeruhan SKU SEN0189	30
Gambar 3.5	Rangkaian signal conditioner.....	31
Gambar 3.6	Pompa air filter.....	33
Gambar 3.7	Mekanisme filter atas.....	33
Gambar 3.8	OMRON G3MB-202P.....	34
Gambar 4.1	Tampak atas sistem	35
Gambar 4.2	Pembacaan error ADC	37
Gambar 4.3	Grafik Kalibrasi Sensor.....	39
Gambar 4.4	Grafik Percobaan Sensor Secara Dinamis.....	40
Gambar 4.5	Pengujian error Signal Conditioner	42
Gambar 4.6	Hubungan Duty Cycle dan Debit Air Pompa	43
Gambar 4.7	Hubungan Kadar Pakan Ikan dan Debit Air Pompa	44
Gambar 4.8	Pengujian Sistem Setelah 10 Menti	45
Gambar 4.9	Pengujian Sistem Setelah 12 Jam	46
Gambar 4.10	Pengujian Sistem Setelah 24 Jam	47

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tingkat Kekerusuhan Air Pada Berbagai Kebutuhan	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis Arduino Uno	11
Tabel 3.1 Spesifikasi Sensor	30
Tabel 3.2 Spesifikasi SSR OMRON G3MB-202P	34
Tabel 4.1 Pengujian ADC	36
Tabel 4.2 Pengujian Statis Sensor, dan Kalibrasi	39
Tabel 4.3 Hasil Pengujian rangkaian signal conditioner	41
Tabel 4.4 Pengujian Duty Cycle terhadap debit pompa	43
Tabel 4.5 Pengujian Sampel Pakan ikan terhadap Debit air (Q)	44

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penelitian di laboratorium dan di lapangan menunjukkan penurunan *survival rate* embrio telur ikan ketika terjadi kenaikan partikel halus penyebab kekeruhan (ukuran kurang dari 6 mm) sebesar 5-10% pada tempat bertelur ikan (*spawning nest*). Hasil penelitian tersebut menyimpulkan, partikel halus penyebab kekeruhan pada *spawning nest* menyebabkan kematian telur ikan karena menghalangi pertukaran gas, dan pembuangan sisa metabolisme [1].

Penelitian juga menunjukkan bahwa ikan berisiko terkena dampak buruk apabila menetap pada air keruh yang terekspos partikel halus. Pada umumnya ikan dewasa dapat mentoleransi kekeruhan tinggi. Kematian hanya ditemukan pada kekeruhan yang sangat tinggi dan umumnya tidak ditemukan di sungai (di atas 100000 mg/L). Tetapi untuk ikan yang baru menetas akan mati pada kekeruhan yang jauh lebih rendah (100-1500 mg/L) [1].

EIFAAC (*European Inland Fisheries Advisory Commission*) menerangkan akibat dari partikel halus penyebab kekeruhan pada ikan air tawar yaitu: menyebabkan kematian pada ikan, mengurangi tingkat pertumbuhan, mengurangi ketahanan terhadap penyakit, mencegah keberhasilan pengembangan telur dan larva ikan; serta mempengaruhi pergerakan dan migrasi alami ikan [2].

Penelitian serupa pernah dilakukan dimana digunakan kontrol PID untuk mengatur kadar campuran etanol dengan air. Campuran etanol diukur oleh *oscillator* sinyal kotak pada sensor kapasitif berbentuk tabung aluminium yang dikendalikan dengan metode PID. Output dari kontrol PID tersebut diteruskan ke aktuator berupa dua pompa peristaltik untuk mengatur campuran air jernih dan etanol. Sistem berhasil menjaga konsentrasi etanol dengan set point rentang 0,0-0,5 m³/m³ [3]. Berdasarkan fakta dari penelitian tersebut, pada penelitian ini penulis melakukan pengontrolan untuk mengatur kadar suatu zat terlarut berupa partikel halus dari pakan ikan pada zat peralut berupa air keran PDAM. Perbedaannya yaitu pada penelitian ini hanya digunakan kontrol proporsional yang masih setipe dengan kontrol PID. Karena kontrol proporsional lebih mudah, dan praktis

digunakan serta sudah cukup handal untuk melakukan pengendalian kekeruhan aquarium pada penelitian ini.

Masalah diatas melatarbelakangi penulis untuk melakukan penelitian ini. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat mengatur tingkat kekeruhan pada aquarium sehingga dapat menaikkan tingkat harapan hidup ikan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain :

1. Bagaimana pengambilan dan proses akuisisi data nilai kekeruhan dari air aquarium yang diuji.
2. Metode apa yang digunakan untuk mengendalikan tingkat kekeruhan air aquarium yang diuji.
3. Bagaimana cara mengimplementasikan metode ini agar lebih ringkas.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah

1. Penelitian ini dibatasi pada aquarium dengan panjang 27cm, lebar 16cm, dan tinggi 17cm.
2. Objek pengujian adalah air PDAM.
3. Kontrol Proporsional dilakukan oleh mikrokontroller.
4. Sistem ini hanya diaplikasikan untuk wadah aquarium.

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam perancangan ini adalah:

1. Mampu mengambil data kekeruhan air dengan menggunakan sensor Gravity Arduino Uno Turbidity Sensor SKU SEN0189.
2. Mampu mengendalikan kekeruhan air berdasarkan data sensor menggunakan aktuator motor pompa filter yang diberi sunyal PWM.
3. Mampu menggunakan Arduino Uno sebagai pemroses utama dari sistem dan pengendali menggunakan kontrol proporsional.

1.5. Metodologi

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dasar teori yang menunjang penelitian ini. Dasar teori ini dapat diambil dari buku-buku, jurnal, dan artikel-artikel di internet dan forum-forum diskusi internet.

2. Perancangan *Hardware*

Pada tahap ini dilakukan perancangan perangkat keras yang akan digunakan pada penelitian ini. Perangkat keras yang diperlukan antara lain rangkaian *power supply*, rangkaian *signal conditioner*, rangkaian *driver* motor filter, rangkaian *voltage divider*, serta tempat untuk pemasangan seluruh sistem pada aquarium.

3. Perancangan *Software*

Pada tahap ini dilakukan penulisan *source code* dari Arduino Uno sebagai pemroses utama dari sistem, dan sebagai pengeksekusi metode kontrol proporsional.

4. Pengujian Sistem

Pengujian alat dilakukan untuk menentukan kelebihan dan kekurangan dari sistem yang telah dirancang. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah *software* dan *hardware* dapat bekerja secara baik.

Untuk pengujian dapat dilakukan secara bertahap. Pertama adalah pengambilan dan pengolahan data input dari sensor kekeruhan SKU SEN_0189 yang dikondisikan oleh rangkaian *Signal Conditioner*, dan diolah oleh Arduino Uno dengan menggunakan kontrol proporsional. Output dari kontrol proporsional tersebut digunakan untuk mengatur kecepatan pompa dalam bentuk bit PWM. Kemudian pengambilan data debit air motor pompa filter mekanik terhadap nilai PWM yang ditentukan nilai bit PWM dari arduino, dengan menggunakan modul *Solid State Relay*. Terakhir yaitu pengujian sistem secara keseluruhan, untuk melihat apakah telah dapat bekerja dalam hal mengatur kekeruhan.

5. Analisa

Analisa dilakukan terhadap hasil dari pengujian sehingga dapat ditentukan karakteristik dari *software* dan *hardware* yang telah dibuat. Penarikan kesimpulan dapat diambil setelah diketahui seperti apa kinerja dari sistem dalam mengatur kadar kekeruhan di dalam air dengan kontrol metode proporsional.

6. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahap penulisan laporan tugas akhir dilakukan pada saat perancangan sistem dimulai serta setelahnya. Laporan tugas akhir berisi seluruh hal yang berkaitan dengan tugas akhir yang telah dikerjakan yaitu meliputi pendahuluan, tinjauan pustaka, teori penunjang, perancangan sistem, pengujian, dan penutup.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang dibuat terbagi menjadi lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

➤ BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

➤ BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI PENUNJANG

Bab ini menjelaskan tentang teori penunjang dan *literature* yang dibutuhkan dalam mengerjakan tugas akhir ini. Dasar teori yang menunjang meliputi faktor kualitas air yang baik untuk ikan, mikrokontroller arduino (meliputi fitur PWM, dan ADC), metode kontrol proporsional, rangkaian op amp *signal conditioner*, *solid state relay*, dan pompa filter aquarium . Bagian ini memberikan penjelasan untuk setiap modul yang digunakan pada sistem, dan teori penunjang yang berkaitan dengan kondisi pengoperasian sistem.

➤ **BAB III : PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini menjelaskan secara rinci tentang perencanaan sistem baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) untuk kontrol tingkat kekeruhan di dalam air.

➤ **BAB IV : PENGUJIAN**

Pada bab ini akan menjelaskan hasil uji coba yang berkaitan dengan tiap *subsystem* serta sistem secara keseluruhan beserta analisisnya.

➤ **BAB V : PENUTUP**

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini, hasil analisa, serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.7. Relevansi dan Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat menghasilkan alat pengendali tingkat kekeruhan pada aquarium. Diharapkan metode yang digunakan kedepannya dapat dikembangkan untuk aplikasi dunia industri perikanan yang menggunakan kolam atau waduk skala besar..
2. Hasil analisa data dari pengerjaan penelitian ini dapat digunakan untuk mendukung penelitian pada bidang studi elektronika khususnya tentang sensor tingkat kekeruhan air untuk aplikasi pengukuran dan penelitian berikutnya

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN TEORI PENUNJANG

Teori penunjang dalam bab ini menjelaskan tentang hal yang berhubungan dengan keseluruhan sistem yang akan dibuat pada tugas akhir ini. Sedangkan tinjauan pustaka dalam bab ini menjelaskan tentang sistem-sistem yang berhubungan dengan tugas akhir ini dan pernah diimplementasikan oleh penulis-penulis sebelumnya.

2.1. Faktor Kekeuhan Kolam Air Tawar

Beberapa faktor penting yang mempengaruhi kualitas air pada pembudidayaan ikan air tawar diantaranya temperatur, oksigen terlarut, derajat keasaman, salinitas, dan kekeruhan. Suhu yang terlalu dingin dapat menyebabkan penurunan nafsu makan ikan, dan penurunan reproduksi. Habitat ikan juga memerlukan kondisi tercukupinya oksigen, derajat keasaman mendekati 7 yaitu 6,5-7,5. Salinitas, dan derajat keasaman juga tidak boleh menimbulkan perbedaan tekanan osmotik yang besar antar lingkungan dan tubuh ikan [4].

Penelitian ini hanya akan memfokuskan pada faktor kekeruhan sebagai penentu kualitas air tawar. Terdapat berbagai ukuran dan bentuk partikel yang berbeda dalam air yang dikenal sebagai zat padat terlarut (*suspended solid*). Beberapa dari partikel tersebut ringan dan mudah mengambang, sementara partikel yang berat akan mengendap. Partikel-partikel tersebut menyebabkan air menjadi keruh terutama zat padat transparan seperti kaca dan plastik. Zat padat terlarut juga berasal dari makhluk hidup seperti *zooplankton*, *fitoplankton*, dan partikel organik lainnya. Ukuran partikel bersifat penting, dimana ukuran partikel yang kurang dari 0,45 μm tidak berbahaya, namun partikelnya akan menipis, menyebar dan memantulkan cahaya. Akibatnya, kekeruhan mengindikasikan berbagai situasi seperti epidemi dan polusi. Endapan yang terlarut juga menyebabkan iritasi insang ikan dan menyebarkan kontaminan yang dapat terserap. Endapan ini juga mempengaruhi proses fotosintesis dengan cara memblokir sumber cahaya [5]. Berdasarkan penelitian batas dari tingkat kekeruhan air untuk berbagai kebutuhan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tingkat Keekeruhan Air Pada Berbagai Kebutuhan [2]

No	Deskripsi Penggunaan Air	Tingkat Keekeruhan (NTU)
1	Air Minum	10
2	Ikan Hias (habitat suhu air dibawah 20°C)	10
3	Ikan Hias (habitat suhu air diatas 20°C)	25
4	Ikan (dalam hal ini, sebagian besar ikan hias) pada habitat asli	25

2.2. Standar Tingkat Keekeruhan Air

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa teknologi pengukur keekeruhan saat ini mampu mengukur secara akurat hingga 0,3 NTU, dengan catatan semua aspek pengukuran keekeruhan dipertimbangkan (pengaturan instrumen, kalibrasi, sampling dan analisis instrumentasi yang tepat). Karena kualitas air menjadi lebih penting bagi populasi kita yang terus meningkat, permintaan terus meningkat untuk menurunkan batas atas regulasi sampai di bawah 0,3 NTU. Dorongan ini membawa banyak pertanyaan jika teknologi saat ini memang mampu mengukur keekeruhan secara efektif pada tingkat yang lebih rendah [6].

Baru-baru ini, pemantauan keekeruhan air menjadi isu yang bersifat genting. Air minum bersih tidak hanya penting bagi kesehatan manusia, tapi juga untuk organisme di dalam air. Secara tradisional, ada dua metode untuk mengukur keekeruhan. Salah satunya didasarkan pada teknik *spectrophotometer* dan *colorimeter*. Metode lainnya diikuti oleh prinsip transmisi optik atau hamburan cahaya [7].

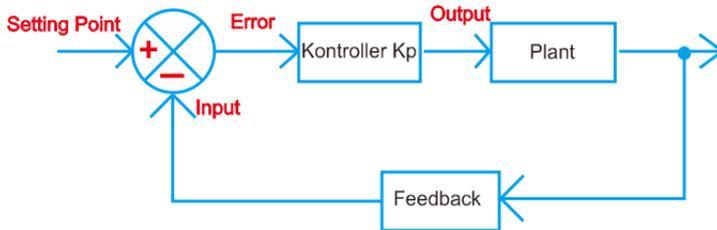
Tingkat keekeruhan diukur dengan menentukan kejernihan air berdasarkan jumlah cahaya yang melewati kotoran penghalang di dalam air yang berupa kotoran termasuk partikel (tanah liat, endapan lumpur dan pasir), alga, plankton, mikroba dan zat lainnya. Ukuran partikel berkisar antara 0,004 mm (tanah liat) sampai 1,0 mm (pasir). Namun, untuk memastikan keefektifan dari proses disinfeksi, tingkat keekeruhan sebaiknya kurang dari 1 NTU. Dalam proses pemurnian air, keekeruhan menyebabkan kotoran mengental (*coagulating*) menjadi partikel yang lebih besar dan perlu disaring dengan

penambahan koagulan. Proses ini disebut koagulasi atau flokulasi. Kekeruhan diukur dengan menggunakan satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) dan dapat diobservasi dengan pengamatan secara visual hingga 20 NTU. Kekeruhan adalah sifat optik dalam air, dan termasuk sulit untuk dilakukan pengukuran. Air dikatakan berkeruh adalah suatu pernyataan yang sebenarnya bersifat subjektif. Karena sering berdasarkan metode pengukuran yang berbeda, didefinisikan pula satuan berbeda untuk menstandarisasi tingkat kekeruhan dan memungkinkan perbandingan. Perbandingan ini dapat diukur relatif terhadap kejernihan air atau secara langsung oleh instrumen menggunakan *turbidity meter* atau *turbidity sensor* [5].

Mengukur kekeruhan sejauh ini paling sering dilakukan dengan menggunakan prinsip hamburan cahaya, di mana sumber cahaya dan detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang disebarkan oleh partikel di dalam air. Ketika posisi photodetektor berada pada sudut 90 derajat terhadap sumber cahaya, prinsip pengukuran disebut *nephelometry* [8]. Mengukur transparansi air dan *Total Suspended Solids* (TSS) juga dapat digunakan untuk memprediksi nilai kekeruhan. *Secchi disk* di danau dan tabung transparansi di sungai memberikan metode sederhana dan murah untuk mengukur kejernihan air. Metode Ini digunakan secara luas dalam kegiatan pemantauan danau dan sungai dalam kota. Analisis laboratorium diperlukan untuk mengukur TSS dalam satuan miligram per liter [2].

Kekeruhan yang disebabkan oleh tanah liat (*clay*) dalam kedalaman 30 cm atau kurang dapat mencegah kelangsungan proses berkembang biak *plankton*. Untuk kekeruhan pada kedalaman 60 cm atau kurang umumnya cukup untuk produksi ikan yang baik. Selanjutnya akan terjadi peningkatan masalah oksigen terlarut saat kedalaman di atas 60 cm, karena cahaya menembus ke kedalaman yang lebih dalam mendorong pertumbuhan tanaman air yang tumbuh di bawah permukaan air, sehingga *plankton* tidak lagi berfungsi sebagai makanan untuk ikan [9].

2.3. Metode Kontrol Proporsional



Gambar 2.1 Diagram Blok Kontrol Proporsional

Kontrol PID adalah sebuah kontroller pada sebuah sistem instrumentasi dimana terdapat elemen *feedback* didalamnya. Komponen PID terdiri dari tiga yaitu *proportional* (P), *derivative* (D) dan *integral* (I). Ketiganya dapat digunakan secara bersamaan ataupun sendiri-sendiri tergantung pada respon yang diinginkan dalam sebuah plant. Untuk merancang sistem kontrol PID, kebanyakan dilakukan dengan metode coba-coba (*trial & error*). Hal ini disebabkan karena parameter K_p , K_i dan K_d tidak *independent*. Untuk mendapatkan aksi kontrol yang baik diperlukan langkah coba-coba dengan kombinasi antara P, I dan D sampai ditemukan nilai K_p , K_i dan K_d yang sesuai [10].

Kontrol proporsional merupakan bagian dari kontroller PID dimana nilai K_i , dan K_d adalah 0. Kontrol proporsional adalah jenis sistem kontrol umpan balik linier dimana koreksi diterapkan pada variabel terkontrol yang sebanding dengan perbedaan antara nilai yang diinginkan (*set point*) dan nilai yang terukur (*input value*). Gambar 2.1 menunjukkan diagram blok kontrol proporsional. Pada kontrol proporsional output kontroller akan sebanding dengan sinyal error yang merupakan perbedaan antara setpoint dan nilai terukur atau input. Dengan kata lain, output dari pengendali proporsional adalah produk perkalian dari sinyal error dan nilai *gain* proporsional. Secara matematis kontrol proporsional dapat dirumuskan pada persamaan (2.1) di bawah ini:

$$Output = K_p \times (Setpoint - Input) \quad (2.1)$$

2.4. Arduino Uno

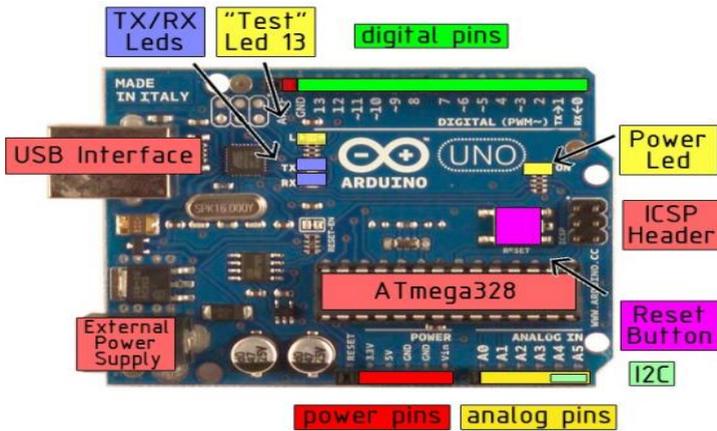
Arduino Uno adalah sebuah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328. *Board* ini memiliki 14 pin *input/output* digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, *resonator* keramik (*crystal*) 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik (*power jack*), *header* ICSP, dan tombol *reset*. Singkatnya, board ini berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler; cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor atau baterai untuk memulai [11]. Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi dari arduino uno. Gambar 2.2 adalah gambar tampak atas dari Arduino Uno. Gambar 2.3 adalah *pin mapping* Arduino Uno.

Board Arduino Uno memiliki fitur – fitur baru sebagai berikut :

1. *Pinout* : Menambahkan pin SDA dan SCL yang dekat ke pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin *RESET*. Dengan IOREF yang memungkinkan penggunaan komponen tambahan berupa berbagai macam *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang digunakan pada *board*.
2. Sirkuit *reset* yang lebih stabil.
3. Atmega 16U2 diganti dengan 8U yang digunakan sebagai *converter* USB-to-serial.

Tabel 2.2 Spesifikasi Teknis Arduino Uno [12]

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5 volt
Input Voltage (recommended)	7-12 volt
Input Voltage (limits)	6-20 Volt
Digital I/O Pins	14 (6 pin PWM)
Analog Input Pins	6
DC Current Per I/O pin	40 mA
DC Current for 3.3 volt pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (0,5 KB untuk bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz
Length	68,6 mm
Width	53,4 mm
Weight	25 gram



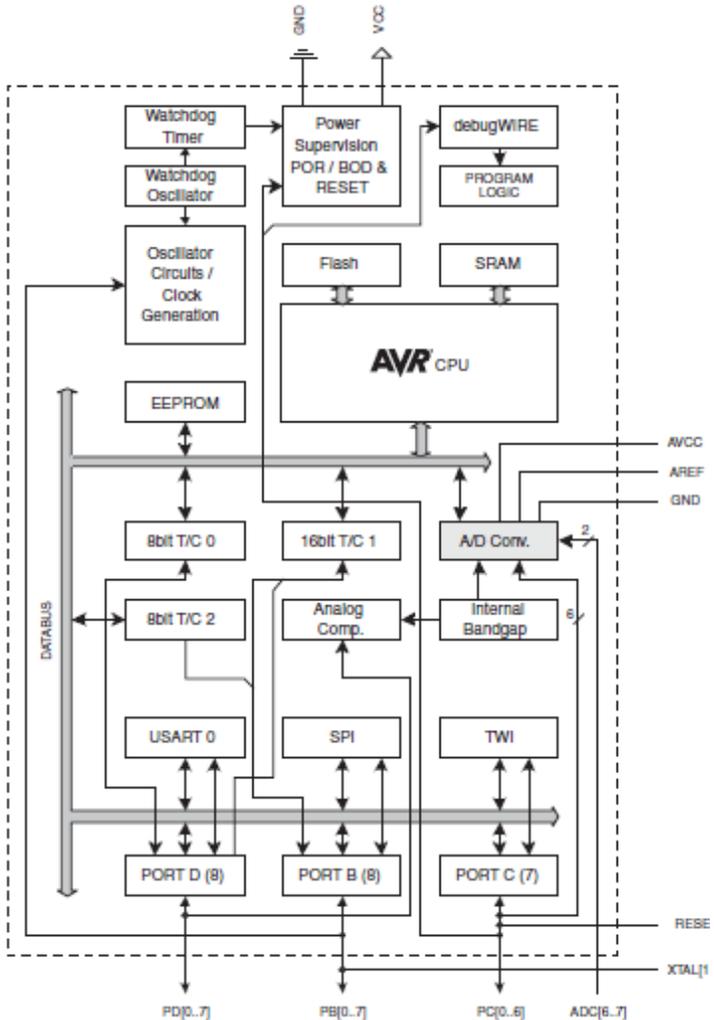
Gambar 2.2 Board Arduino Uno tampak atas [11]

Atmega 168/328 Pin Mapping

Arduino function	Microcontroller Pin	Microcontroller Pin	Arduino function	
reset	(PCINT14/RESET) PC6	1	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	analog input 5
digital pin 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	analog input 4
digital pin 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3	PC3 (ADC3/PCINT11)	analog input 3
digital pin 2	(PCINT18/INT0) PD2	4	PC2 (ADC2/PCINT10)	analog input 2
digital pin 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	PC1 (ADC1/PCINT9)	analog input 1
digital pin 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	PC0 (ADC0/PCINT8)	analog input 0
VCC	VCC	7	GND	GND
GND	GND	8	AREF	analog reference
crystal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	AVCC	VCC
crystal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	PB5 (SCK/PCINT5)	digital pin 13
digital pin 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	PB4 (MISO/PCINT4)	digital pin 12
digital pin 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)	digital pin 11 (PWM)
digital pin 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)	digital pin 10 (PWM)
digital pin 8	(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	PB1 (OC1A/PCINT1)	digital pin 9 (PWM)

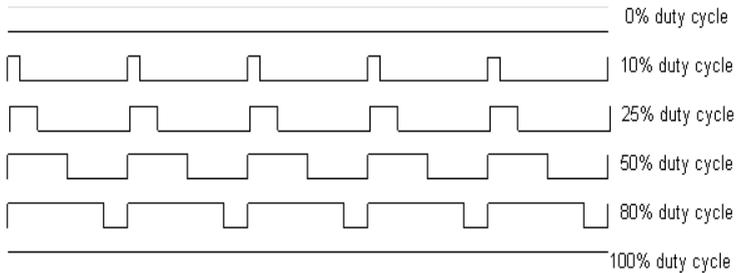
Gambar 2.3 Atmega 168/328 Pin Mapping [13]

Gambar 2.4 adalah diagram blok arsitektur Atmega328 dari arduino uno



Gambar 2.4 Arsitektur Atmega328 [14]

2.4.1 Pulse Width Modulation (PWM)

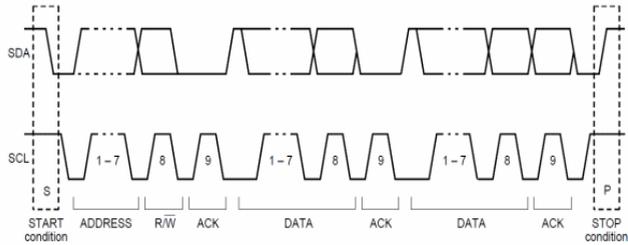


Gambar 2.5 Modulasi PWM [4]

PWM adalah suatu teknik modulasi sinyal dengan mengubah *duty cycle* atau rasio waktu dari pulsa sinyal yang “ON” pada suatu periode pulsa. Sinyal PWM membutuhkan sinyal pembawa yang disebut dengan PWM *switching frequency* yang nilainya bergantung dari aplikasi yang dibutuhkan. Kelebihan modulasi sinyal PWM adalah rugi daya akibat proses *switching* yang rendah dan implementasi digital yang mudah. PWM pada umumnya digunakan sebagai sinyal penggerak motor, protokol komunikasi, hingga sebagai sinyal kontrol [4]. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk sinyal PWM.

2.4.2 Protokol Komunikasi I2C

Inter-Integrated Circuit (I2C) merupakan sebuah protokol komunikasi serial elektronik yang mempunyai kemampuan untuk *multi-master* dan *multi-slave*. Mode *multi-master* dan *multi-slave* dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan banyak perangkat dengan menggunakan *slave address* untuk masing-masing perangkat yang digunakan sebagai *slave*. Perangkat yang berfungsi sebagai *master* mengirimkan *clock* dan dapat memilih untuk berkomunikasi menggunakan alamat perangkat pada perangkat *slave*, namun tidak sebaliknya.

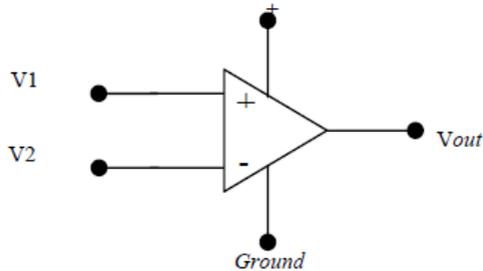


Gambar 2.6 Timing Diagram I2C [4]

I2C berkomunikasi dengan dua buah *port* SDA (*Serial Data Line*) dan SCL (*Serial Clock Line*) sebagai jalur data dengan kecepatan umumnya 100 kbit dan 400 kbit per detik [4]. Gambar 2.6 adalah *timing diagram* dari komunikasi I2C.

2.5. Penguat Operasional (*Operational Amplifier*)

Penguat operasional atau *operational amplifier* atau op amp adalah rangkaian terpadu (IC) yang mempunyai 5 buah terminal dasar. Dua terminal untuk catu daya, 2 yang lain digunakan untuk isyarat masukan yang berupa masukan membalik (-) dan masukan tak membalik (+) serta 1 terminal untuk keluaran, ditunjukkan pada gambar 2.7. Op amp adalah salah satu komponen yang paling banyak digunakan untuk sistem analog. Op amp digunakan mulai dari aplikasi DC bias hingga *amplifier* dan filter kecepatan tinggi. Tujuan umum op amp yaitu dapat digunakan sebagai rangkaian *buffer*, penjumlah, integrator, *differentiator*, *comparator*, konverter impedansi negatif, dan *zero cross detector*. Op amp mencakup output, yaitu berupa *single ended amplifier*, dan yang memiliki dua output, yaitu *double-ended amplifier* yang juga dikenal sebagai *fully differential amplifier*. Op amp *double ended amplifier* biasanya mencakup *first gain stage* yang terhubung ke *input amplifier* dan tahap *second gain stage* yang di-drive oleh *first gain stage*. *Second gain stage* akan menghasilkan keluaran dari keseluruhan *amplifier*. Kedua tahapan, *first gain* dan *second gain* dioperasikan pada arus bias yang masing-masing berbeda. Dalam penguat *Metal Oxide Semiconductor* (MOS), tahap *First Stage* biasanya dioperasikan pada arus bias yang sebanding *magnitude*-nya terhadap arus bias dari tahap penguatan *second stage*, sehingga *gain* maksimum dan *bandwidth* dapat dicapai [8].

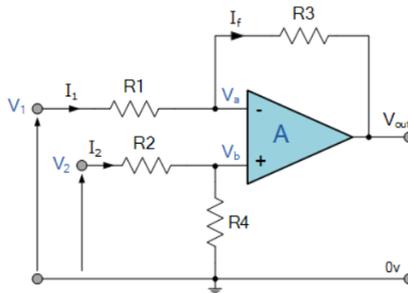


Gambar 2.7 Rangkaian dasar operational amplifier [16]

2.5.1 *Differential Amplifier Sebagai Rangkaian Pengurang*

Penguat differensial dalam suatu op amp dibuat menggunakan kopling langsung (DC kopling) yang bertujuan untuk menghilangkan efek yang ditimbulkan akibat penambahan atau pemasangan kapasitor *bypass* maupun kapasitor kopling. Penggunaan kopling DC pada penguat differensial ini bertujuan untuk menghindari permasalahan perlambatan yang terjadi akibat pengisian muatan pada kapasitor-kapasitor kopling (penggandeng) oleh tegangan sumber DC, dengan demikian titik kerja DC untuk mencapai titik stabil diperlukan juga waktu tunda (*time constant*). Sehingga mengakibatkan terjadinya efek kenaikan waktu untuk mencapai stabil (*time constant*) yang lebih lambat.

Karena penguat pasangan differensial didalamnya terdiri dari dua buah transistor, maka untuk mendapatkan titik kerja DC yang simetris, diperlukan dua buah transistor yang mempunyai konfigurasi bentuk fisis dengan karakteristik yang sama. Sedangkan untuk menghindari akibat pengaruh adanya perubahan temperatur yang berbeda pada kedua transistor tersebut, sebaiknya cara pemasangan kedua transistor adalah dibuat sedemikian rupa agar sedapat mungkin berpasangan-berhimpit satu sama lainnya.



Gambar 2.8 Differential Amplifier [16]

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_1 + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4}\right) \cdot V_2 \quad (2.2)$$

Ketika nilai resistansi $R_1=R_3$ dan $R_2 = R_4$ maka:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1) \quad (2.3)$$

Ketika nilai $R_2 = R_1$ maka akan menjadi rangkaian pengurang, sebagaimana yang digunakan penulis

$$V_{out} = (V_2 - V_1) \quad (2.4)$$

Penguat differensial pada Op Amp mempunyai karakteristik yang sama dengan penguat tunggal emitor bersama (*common emitter*), maka didalam analisa titik kerja DC maupun analisa sinyal bolak balik pada dasarnya mengacu pada rangkaian emitor bersama.

Pada Penelitian ini digunakan rangkaian differential yang berfungsi sebagai rangkaian pengurang atau *subtractor*, seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Dimana rangkaian memiliki *gain* 1 yang dicapai dengan resistansi yang sama pada R_1 , R_2 , R_3 , dan R_4 . Alasan digunakan rangkaian pengurang ini adalah untuk mengurangi tegangan keluaran dari sensor dengan tegangan offset (*offset voltage*) yang nilainya merupakan nilai terendah dari tegangan keluaran sensor pada percobaan yang dilakukan. Hasil pengurangan

tersebut selanjutnya akan dikuatkan dengan menggunakan penguat tak membalik op amp.

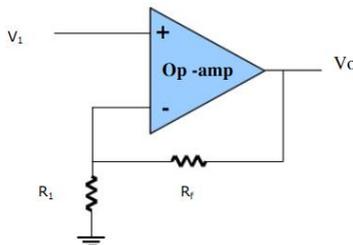
2.5.2 *Non Inverting Amplifier* atau Penguat Tak Membalik

Non-Inverting amplifier merupakan penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal *output* yang dikuatkan memiliki fasa yang sama dengan sinyal *input*. Penguat *non inverting amplifier* dapat dibangun menggunakan penguat operasional, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9. Karena penguat operasional memang didesain untuk penguat sinyal baik membalik ataupun tak membalik. Rangkaian penguat tak membalik ini dapat digunakan untuk memperkuat sinyal AC maupun DC dengan keluaran yang tetap sefase dengan sinyal input. Impedansi input dari rangkaian penguat tak membalik (*non inverting amplifier*) berharga sangat tinggi dengan nilai impedansi sekitar 100 Mohm.

Alasan penggunaan rangkaian ini adalah untuk menguatkan tegangan keluaran sensor. Tegangan keluaran sensor ini dikuatkan, karena kenaikan nilainya yang terlampau kecil dan akan sulit dibaca oleh ADC mikrokontroler arduino, sehingga sinyal tegangan tersebut diperbesar agar lebih mudah dibaca, dan diproses oleh mikrokontroler.

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_f} \cdot V_o \quad (2.5)$$

$$\frac{V_o}{V_1} = \frac{R_1 + R_f}{R_1} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \quad (2.6)$$



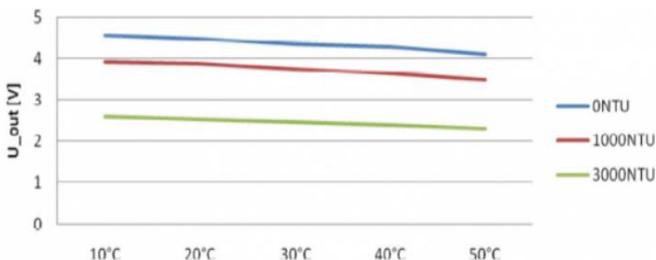
Gambar 2.9 Non Inverting Amplifier [16]

2.6 Sensor

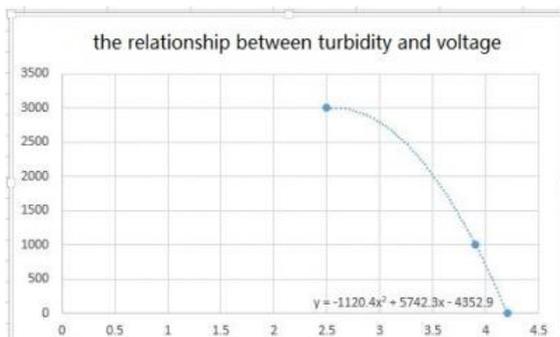
Sensor adalah alat untuk mendeteksi atau mengukur suatu pengukuran dari besaran analog yang bersifat mekanis, kimiawi, dan lain lain menjadi besaran listrik seperti tegangan dan arus listrik. Modul Sensor kekeruhan SEN0189 yang digunakan pada penelitian ini memiliki tegangan output sensor yang berubah berdasarkan pada suhu. Keterbatasan sensor ini yaitu hanya dapat digunakan pada suhu 10 sampai dengan 50°C. Gambar 2.10 berikut adalah karakteristik terhadap perubahan suhu dari sensor SEN0189.

Hubungan antara tegangan hasil pembacaan (Volt) dengan kekeruhan (NTU) pada Sensor SEN1089 bergantung pada jumlah partikel padat yang terlarut atau *Total Suspended Solid* (TSS). Hubungan dari tegangan output dengan nilai Turbidity diberikan pada persamaan (2.7), dan gambar 2.11 di bawah ini:

$$\text{Turbidity (NTU)} = -1120,4(V_{\text{out}})^2 + 5742,3(V_{\text{out}}) - 4352,9 \quad (2.7)$$



Gambar 2.10 Karakteristik Perubahan Suhu SEN0189 [17]



Gambar 2.11 Hubungan tegangan dan kekeruhan SEN0189 [17]

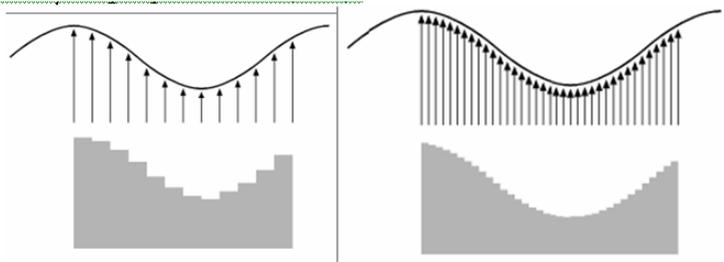
2.7 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode-kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem computer atau mikrokontroller seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan komputasi digital (komputer). ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu kecepatan sampling dan resolusi. Arduino Board memiliki 6 channel ADC yang masing-masing berjumlah 10-bit. Artinya, arduino akan memetakan nilai input tegangan antara 0 sampai 5 volt ke nilai *integer* antara 0 sampai 1023. Sehingga akan menghasilkan resolusi atau ketelitian pembacaan senilai 5 volt dibagi 1024 unit yaitu 4,9 mV.

Rentang masukan atau *input range* dan resolusi atau ketelitian dapat diganti dengan memakai perintah `analogReference()`. ADC pada Arduino memerlukan waktu 100 mikrosecond (0,0001 s) untuk satu kali pembacaan input analog, dengan kata lain maksimal pembacaan adalah sekitar 10000 kali per detik.

2.7.1 Kecepatan Sampling ADC

Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan “seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu”. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS). Gambar 2.10 mengilustrasikan hasil dari sinyal ADC dengan kecepatan sampling yang berbeda [18].



Gambar 2.12 Sampling ADC [18]

2.7.2 Resolusi ADC

Resolusi ADC menentukan “ketelitian nilai hasil konversi ADC”. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^n - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit [4]. Untuk lebih jelasnya, rumus dari resolusi ADC perhatikan persamaan 2.8.

$$Resolution = \frac{V_{ref}}{2^n} \quad (2.8)$$

Keterangan:

V_{ref} : Tegangan Referensi (volt)

N : Jumlah bit ADC

2.7.3 Prinsip Kerja ADC

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner) [18].

2.8 SSR (*Solid State Relay*)

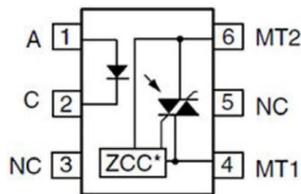
Solid State Relay (SSR) adalah sebuah perangkat *switching* elektronik. SSR akan melakukan *switching* pada keadaan "on" atau "off" saat tegangan kecil dari luar (*external voltage*) diterapkan di terminal pengontrolnya. SSR terdiri dari sensor yang merespons input tertentu (sinyal kontrol). SSR merupakan perangkat *switching* elektronik yang mengalihkan daya dari rangkaian pengontrol ke rangkaian beban, dan memiliki mekanisme pengendalian dengan cara *coupling* untuk mengaktifkan sinyal kontrol *switching* yang tidak mempunyai komponen mekanik. Relay tipe ini dirancang untuk melakukan *switching* sumber AC atau DC ke beban.. SSR melakukan fungsi yang sama seperti relay elektromekanik, namun

tidak memiliki bagian yang bergerak. SSR digunakan untuk melakukan *switching* pada berbagai jenis *capacitor cell* dan *power MOSFET*. SSR beroperasi sangat cepat tanpa percikan (*spark*) dan lebih tahan lama. SSR umumnya berukuran kecil dan memiliki resistansi output konstan. Ada berbagai jenis SSR, di antaranya SSR *photocoupled* atau optik. Keuntungan menggunakan SSR yang menggunakan *coupling* secara optik adalah sensitivitas berkisar antara sekitar 6 milliwatt (misal, 3 volt dc pada 2 mA) sampai 100 milliwatt. SSR ini juga kompatibel dengan TTL *logic level* dan dapat di-*drive* secara paralel oleh *high-fan-out logic data line* [19].

Berbeda dengan *relay* biasa, SSR merupakan *relay* yang tidak memiliki kumparan dan kontak fisik, sebagai penggantinya digunakan komponen semikonduktor seperti transistor *bipolar*, *mosfet*, *scr*, atau *triac*. Karena itu, SSR tahan terhadap guncangan dan getaran serta tertutup rapat terhadap kotoran dan kelembaban. Gambar 2.13 menunjukkan contoh rangkaian dalam SSR

Tegangan kontrol untuk SSR dapat berupa searah (DC) atau bolak balik (AC), dan biasanya berkisar antara 3 sampai 32 volt untuk versi DC dan 80 sampai 280V untuk versi AC. Pada sebagian besar aplikasi, SSR digunakan sebagai perantara antara rangkaian kontrol tegangan rendah dengan tegangan AC yang lebih tinggi.

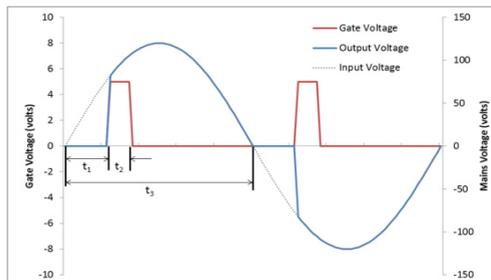
SSR memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan *relay* biasa SSR mempunyai umur pemakaian yang lebih panjang karena SSR tidak memiliki bagian yang bergerak, dapat digabungkan dengan rangkaian transistor dan sikuit IC, serta tidak banyak menimbulkan interferensi elektromagnetis. SSR lebih tahan terhadap getaran serta memiliki waktu respon yang lebih cepat.



*Zero crossing circuit

Gambar 2.13 Contoh *Relay Optotriac Built-in Zero Crossing* [20]

Rangkaian *Zero Cross* didefinisikan sebagai rangkaian yang memulai fungsinya saat tegangan beban AC mendekati fase nol. Detektor *zero-crossing* memberikan *output pulse* yang akan meng-*synchronize* sebuah rangkaian saat sinyal AC dari sumber melewati nilai nol untuk dua polaritas. Gambar 2.14 menunjukkan sinyal *zero-crossing* bekerja. Dalam operasinya, *zero crossing detector* menentukan apakah tegangan masukan ke komparator lebih besar atau kurang dari nol. Outputnya harus rendah jika inputnya negatif dan tinggi jika inputnya positif. *Zero Crossing Detector* yang paling dasar dapat dilihat sebagai komparator tunggal. Sebuah komparator analog memiliki dua input, satu biasanya adalah tegangan referensi konstan V_{ref} dan lainnya adalah sinyal input V_{in} yang berubah terhadap waktu dan satu output V_{out} . Bila tegangan input non-pembalikan lebih besar dari pada tegangan pembalik ($V_r > V_i$) komparator menghasilkan tegangan keluaran tinggi (+ V_{sat}). Bila input non-pembalikan kurang dari input pembalik, outputnya akan bernilai rendah (- V_{sat}) [21]. *Zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi titik persilangan nol sinyal ac baik sinus maupun sinyal ac lainnya. Rangkaian *zero crossing detector* sering diaplikasikan pada peralatan yang digunakan untuk mengendalikan beban pada jaringan listrik AC dan menggunakan eksekutor berupa *TRIAC* atau SCR. Titik persilangan nol tegangan sumber untuk beban yang dikendalikan dengan komponen saklar berupa *TRIAC* atau SCR diperlukan untuk menentukan waktu mulai pemberian *trigger* atau sinyal kontrol pada SCR atau *TRIAC* tersebut. Pemberian sinyal *input* pada SCR atau *TRIAC* yang tepat pada titik persilangan nol akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi daya *output* dari pengendalian beban AC.

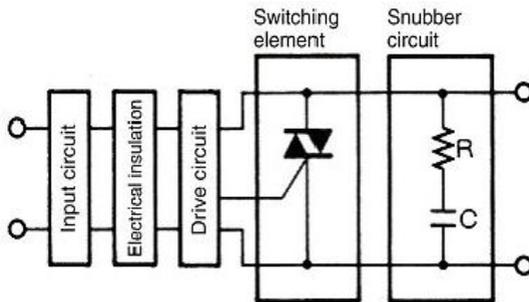


Gambar 2.14 Sinyal zero crossing detector beban resistif [4]

Dalam pengaplikasiannya pada beban induktif akan menimbulkan lonjakan tegangan yang berasal dari proses induksi beban induktor tersebut. Lonjakan yang berasal dari proses induksi dari beban induktor memiliki level tegangan yang cukup besar sehingga lonjakan tegangan dari beban induktif ini dapat mengganggu kinerja rangkaian yang lain. Terjadinya lonjakan tegangan induktif pada beban induktor ini terjadi pada saat beban induktor tersebut pertama kali diberikan sumber tegangan (ON) dan pada saat tegangan sumber diputuskan (OFF).

Pada rangkaian dengan beban induktif diperlukan komponen atau rangkaian untuk memproteksi terjadinya lonjakan tegangan induktif tersebut agar tidak mempengaruhi kinerja rangkaian. Untuk memproteksi rangkaian dari kondisi ini (terjadinya tegangan induksi) dapat dilakukan dengan memasang dioda atau 18 kapasitor dan resistor paralel pada beban induktif tersebut seperti terlihat pada gambar 2.15.

Output dari optoisolator akan mengendalikan *TRIAC* yang dihubungkan secara seri dengan beban pada tiap fasa. Optoisolator ini hanya akan beroperasi pada posisi *zero voltage crossing* bahkan jika *switching* berada pada tegangan puncak, beban akan kembali *ON* setelah melewati *zero voltage crossing*. Dari penerapan ZVS tersebut akan menghasilkan efisiensi yang lebih baik saat proses *switching*. ZVS akan meningkatkan umur pemakaian dari kontroler serta beban dan mengurangi kemungkinan pembentukan bunga api di *relay*. Tanpa ZVC, optoisolator dapat beroperasi, namun pada tegangan yang kuat dapat mengakibatkan bunga api (*spark*).



Gambar 2.15 Rangkaian Snubber komponen switching [22]

2.9 Filter Aquarium Tipe Filter Atas



Gambar 2.16 Filter tipe atas

Filter atas ini menggunakan pompa air yang diletakkan di dalam aquarium yang fungsinya untuk mengalirkan air ke dalam box filter yang diletakkan di atas aquarium dan selanjutnya air akan jatuh dan kembali ke dalam aquarium. Hasil filtrasi dari filter jenis ini sangat bagus karena umumnya filter jenis ini sudah menggunakan 3 sistem filtrasi yaitu mekanis: busa kasar dan halus, biologis: bakteri yang tinggal di rongga-rongga spon/busanya dan bioball dan kimiawi: berupa karbon aktif dan zeolit.

Halaman ini sengaja dikosongkan

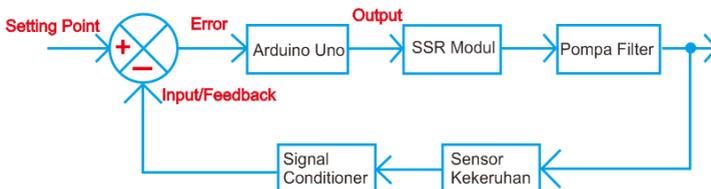
BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan dalam rancangan desain sistem melingkupi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sistem secara detail.

3.1. Desain Sistem Keseluruhan

Desain sistem keseluruhan dibagi menjadi 3 buah bagian yaitu sensor, kontroler proporsional, dan aktuator. Pada gambar 3.1 menunjukkan diagram blok sistem. *Input* dari sistem berupa nilai penunjukan tegangan sensor kekeruhan yang dikondisikan dengan rangkaian *signal conditioner*. *Setting point* pada sistem merupakan nilai tegangan sensor saat air dalam kondisi jernih yang ditentukan sebelumnya di dalam program. Arduino melakukan fungsi pengolahan data, proses ADC dan fungsi kontrol proporsional. Output dari arduino akan memberi sinyal PWM pada modul SSR yang berguna untuk mengaktifkan pompa filter mekanik untuk menyaring zat padat terlarut dalam air. Ketika kekeruhan di bawah nilai *setting point* (perlu diingat bahwa semakin keruh air, semakin rendah tegangan pembacaan, begitu pula sebaliknya) maka pompa filter mekanik akan dipercepat untuk menyaring zat padat terlarut (*suspended solid*). Gambar 3.1 menunjukkan diagram blok sistem keseluruhan.

Perangkat keras yang digunakan untuk penelitian ini yaitu yang pertama arduino uno sebagai unit pengakuisisi data, pemrosesan data, dan pegeksekusi metode kontrol proporsional. Kedua, sensor kekeruhan SKU SEN0189 yang berfungsi untuk mengukur kekeruhan di dalam air. Ketiga, rangkaian *signal conditioner* yang mengkondisikan tegangan keluaran dari sensor.



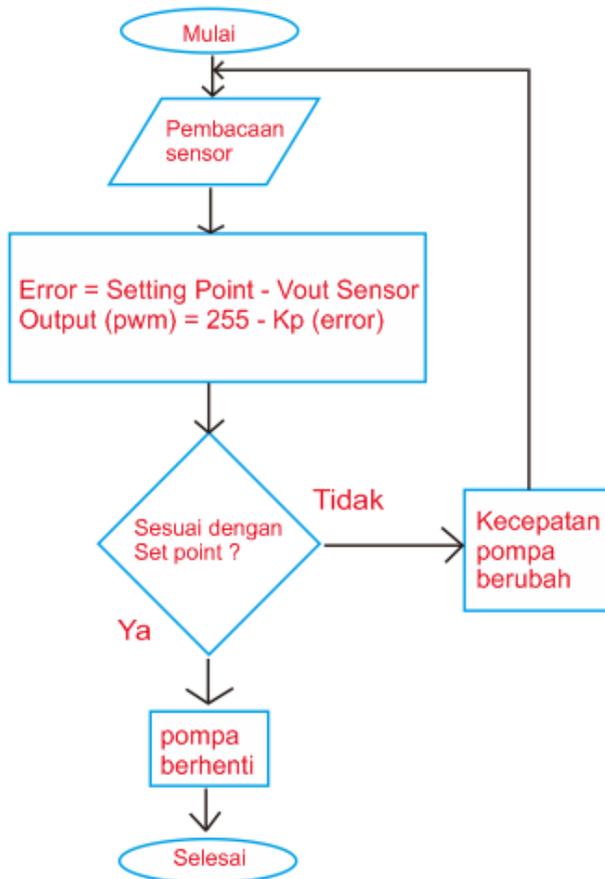
Gambar 3.1 Diagram blok sistem



Gambar 3.2 Diagram blok perangkat keras

Keempat, digunakan modul *Solid State Relay* (SSR) sebagai *relay* dengan *input* PWM untuk mengontrol kecepatan motor pompa filter mekanik. Kelima, LCD 16x4 yang dilengkapi modul komunikasi I2C berfungsi sebagai monitor untuk menampilkan nilai kekeruhan di dalam air, tegangan error, PWM bit pompa filter, dan *duty cycle* pada pompa. Terakhir adalah pompa filter mekanik sebagai alat untuk menyaring air ke dalam box filter yang berisi penyaring gabus sehingga dapat mengurangi kadar kekeruhan. Gambar 3.2 menunjukkan diagram blok perangkat keras sistem:

Sistem yang diajukan akan mengontrol kadar kekeruhan dalam air untuk menurunkan resiko kekeruhan air yang dapat terjadi pada pembudidayaan ikan, dan kelangsungan hidup ikan. Sistem akan mengontrol kadar kekeruhan dengan mengatur kecepatan pompa filter mekanik sebagai aktuator yang mengalirkan air dari aquarium ke box filter dan kembali lagi ke dalam air dalam keadaan lebih bersih dari sebelumnya. Pada gambar 3.3 merupakan alur kerja dari program *source code* yang digunakan dalam sistem. Langkah awal yang dilakukan sistem adalah membaca nilai kekeruhan awal, nilai kekeruhan yang berupa data analog akan diolah oleh ADC pada mikrokontroler arduino yang memiliki resolusi 10 bit. Data digital yang dihasilkan ADC akan masuk pada proses kontrol proporsional dimana error adalah nilai *setting point* dikurangi nilai pembacaan dari tegangan output sensor. Selanjutnya nilai error akan dikalikan dengan nilai konstanta *proportional* (K_p) dan dikurangkan dengan nilai output maksimum PWM yaitu 255. Hal ini dilakukan karena SSR yang digunakan bersifat *active low*.



Gambar 3.3 Gambar alur kerja sistem

3.2. Sensor Kekeruhan SKU SEN0189

Sensor ini digunakan untuk mengetahui kekeruhan pada sampel. Sensor menggunakan cahaya untuk mendeteksi partikel halus terlarut dalam air dengan mengukur tingkat transmitansi dan hamburan cahaya yang berubah terhadap jumlah padatan terlarut atau *Total Suspended Solids* (TSS) dalam air.



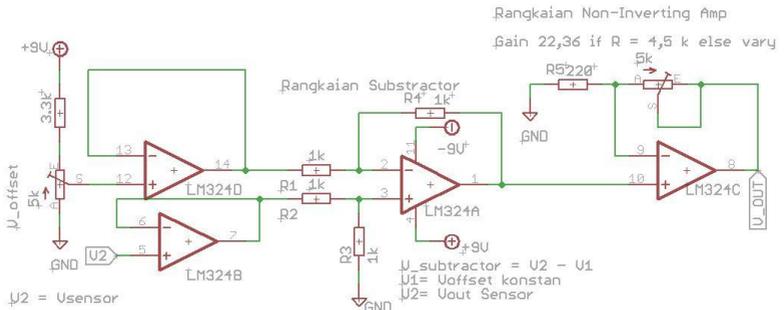
Gambar 3.4 Sensor Kekeruhan SKU SEN0189 [23]

Semakin tinggi kadar dari TSS, maka nilai kekeruhan yang terukur juga akan semakin tinggi, dan begitu pula sebaliknya. Tegangan sensor juga berbanding lurus dengan kadar kekeruhan pada sampel yang sedang terukur. Pada penelitian ini sensor ditutup terlebih dahulu dengan pipa untuk mencegah pengaruh cahaya luar yang dapat memengaruhi tegangan sensor. Gambar 3.4 menunjukkan sensor yang digunakan. Tabel 3.1 menunjukkan spesifikasi lengkap dari sensor

Tabel 3.1 Spesifikasi Sensor [23]

Operating Voltage	5 V DC
Operating Current	40 mA (MAX)
Respond Time	< 500 mS
Insulation Resistance	100 MΩ
Analog Output	0 - 4.5 V
Digital Output	HIGH or LOW, adjustable threshold
Operating Temperature	5 – 90 Celcius
Storage Temperature	10 – 90 Celcius
Weight	30 gram
Adapter Dimension	38 mm * 28 mm * 10 mm

3.3. Perancangan Rangkaian *Signal Conditioner*



Gambar 3.5 Rangkaian signal conditioner

Rangkaian *Signal Conditioner* berfungsi untuk mengolah sinyal keluaran dari sensor kekeruhan SEN0189 dengan rentang tegangan pengukuran yang sempit (0,7 volt) agar memiliki rentang yang lebih lebar (5 volt). Rangkaian ini disebut juga pengkondisi sinyal.

Terdapat dua tujuan dari penggunaan rangkaian *signal conditioner* tersebut. Pertama yaitu untuk meluaskan rentang input ADC dari mikrokontroller dengan cara memperkuat sinyal sensor tersebut agar dapat menghasilkan rentang 0 volt hingga 5 volt. Kedua, untuk menstabilkan tegangan output dari sensor sebelum masuk ke ADC. Tegangan output dari sensor perlu distabilkan karena sensor memiliki hambatan dalam yang dapat mengakibatkan *drop* tegangan dari output sensor tersebut.

3.4. Kontrol Proporsional

Kontrol proporsional digunakan sebagai metode pengendali untuk mengatur kejernihan air yang menggunakan parameter input berupa tegangan sensor kekeruhan (rentang 0-5 volt), dimana semakin tinggi kekeruhan, maka semakin rendah nilai penunjukan tegangan dari sensor. Untuk parameter output digunakan nilai bit PWM yang akan diberikan kepada *Solid State Relay* yang disambungkan ke motor pompa. Parameter Output memiliki rentang 0-255 karena PWM arduino berjumlah 8 bit. Karena *relay* yang digunakan bersifat *active low*, *Duty cycle* akan bernilai paling tinggi (100%) pada saat bit pwm bernilai 0.

Nilai K_p diatur sedemikian rupa, sehingga ketika sistem diberikan input berupa sampel air keadaan paling kotor (saturasi) maka pompa akan bekerja dengan duty cycle 100% atau bit PWM 0. Begitu pula sebaliknya, pompa akan bekerja pada *duty cycle* terendah, atau bahkan dimatikan pada saat diberi sampel air PDAM murni. Kontrol proporsional dipilih karena lebih mudah diimplementasikan, dan dapat diandalkan. Berikut ini adalah uraian dari cara penentuan nilai K_p . Diketahui tegangan output dari rangkaian *signal conditioner* bernilai 4,9 volt apabila sensor diberi sampel air PDAM bersih, dan akan bernilai 0 apabila sensor diberi sampel air kotor yang mencapai saturasi. Sehingga dapat ditentukan setting point bernilai 4,9 volt, dan output akan bernilai 0 ketika input bernilai 0.

$$\text{Output} = 255 - K_p(\text{error}) \quad (3.2)$$

$$\text{Output} = 255 - K_p(\text{setting point} - \text{input}) \quad (3.3)$$

$$0 = 255 - K_p(4,9 - 0)$$

$$K_p = \frac{255}{4,9} = 52 \quad (3.4)$$

Sehingga persamaan akhir yang digunakan pada controller proporsional yang digunakan adalah:

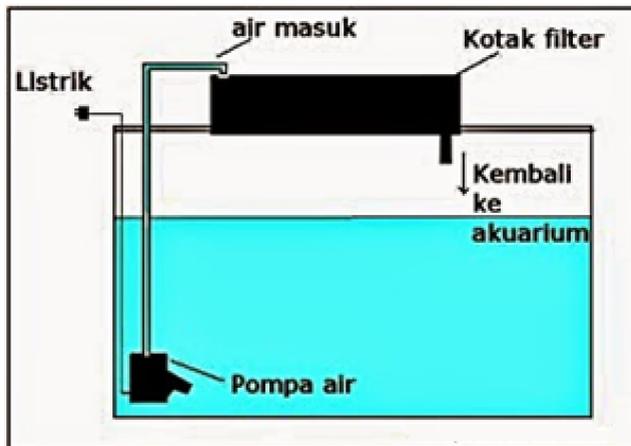
$$\text{Output} = 255 - 52(4,9 - \text{Input}) \quad (3.5)$$

3.5.1 Pompa Filter Air

Prinsip kerja dari pompa air ini adalah dengan mengambil air dari aquarium ke box filter, kemudian air akan disaring kotorannya menggunakan penyaring berupa filter busa yang diletakkan di dalam box filter, setelah melewati busa filter air akan masuk kembali ke dalam aquarium. Gambar pompa air diberikan pada gambar 3.6, sedangkan mekanisme kerja pompa air, dan busa filter digambarkan pada gambar 3.7



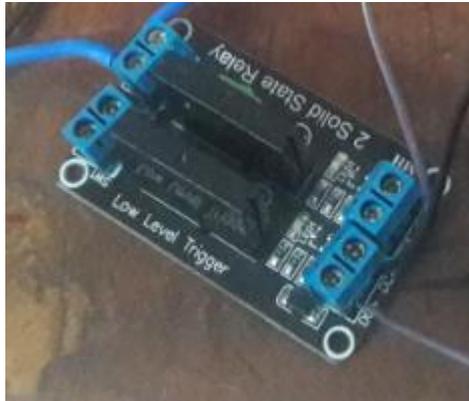
Gambar 3.6 Pompa Filter Aquarium



Gambar 3.7 Mekanisme filter atas

3.5.2 Solid State Relay (SSR)

Modul yang digunakan pada penelitian ini adalah OMRON G3MB-202P. Digunakan satu channel untuk menggerakkan 1 buah pompa filter air. Gambar 3.11 dan tabel 3.2 di bawah ini menunjukkan bentuk dari modul SSR OMRON G3MB-202P, serta spesifikasinya



Gambar 3.8 OMRON G3MB-202P

Tabel 3.2 Spesifikasi SSR OMRON G3MB-202P

Working Voltage:	5V DC (160mA)
Channel:	2 channel
Size:	Approx.55 * 34 * 25mm / 2.2 * 1.3 * 1.0in
Weight:	Approx.21g / 0.8oz
Input control signal voltage:	(0-2.5V state low relay ON) (3.3-5V state high relay OFF)
Voltage Current:	1-Channel 12.5mA 2-Channel 22.5mA
Trigger Voltage:	0-2.5V
Trigger Current:	2mA
Quiescent Current:	0mA

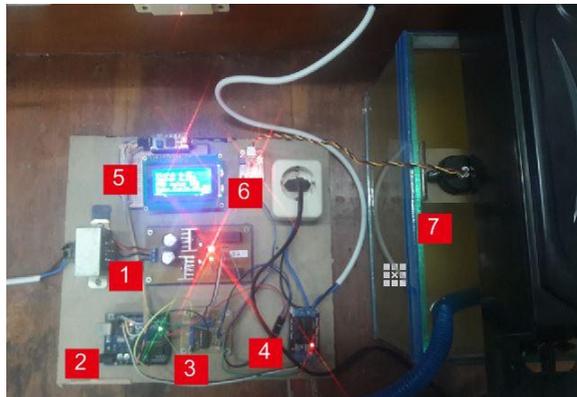
BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian dari sistem yang telah dirancang. Bab ini bertujuan untuk mengetahui apakah tujuan dalam perancangan sistem pada tugas akhir ini telah terlaksana atau tidak. Cara pengujian dan pembahasan pada bab ini adalah dengan membahas tiap blok dari perancangan sistem secara keseluruhan dengan disertai tabel dan gambar yang mendukung pengujian dan pembahasan sistem.

4.1. Realisasi Desain Sistem

Pada gambar 4.1 adalah realisasi dari sistem. Terdapat sebuah aquarium yang terisi air dan dilengkapi dengan pompa filter dan box filter di atasnya. Disebelah kiri aquarium terdapat rangkaian yang terdiri dari beberapa perangkat keras yaitu *Power supply* (angka 1) *board* Arduino Uno (angka 2), rangkaian *Signal Conditioner* (angka 3), modul *Solid State Relay* (angka 4), LCD 16x4 dilengkapi modul I2C (angka 5), sensor kekeruhan dan rangkaian sensor (angka 6, dan 7) dan pompa filter serta box filter. *Setting point* ditentukan sebelumnya oleh pengguna dengan mengatur nilai yang ada pada program. Sistem ini memiliki *setting point* yang berharga sama dengan tegangan keluaran saat mengukur air bersih yaitu 4,9 volt.



Gambar 4.1 Tampak atas sistem

4.2. Pengujian ADC

Pengujian yang pertama kali adalah melakukan uji pada pembacaan data ADC pada mikrokontroler Arduino Uno yang memiliki resolusi 10 *bit*. Hal ini diperlukan untuk mengetahui keakuratan pengukuran pembacaan ADC. Dalam pengujian ini pin ADC dari Arduino diberikan input tegangan dengan nilai 0–5 volt. Input tegangan ini diambil dari rangkaian pembagi tegangan yang memiliki *multiturn* yang dihubungkan dengan *power supply* dan hasil pembacaan akan dibandingkan dengan pembacaan multimeter atau avometer. Dari pengujian didapat data pembacaan ADC pada tabel 4.1 berikut:

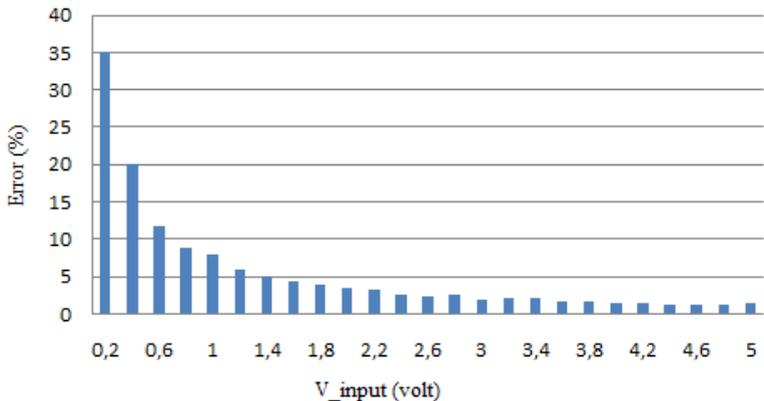
Tabel 4.1 Pengujian ADC

No	Tegangan Avometer (volt)	Tegangan ADC (volt)	Tegangan Error (volt)	Persentase error (%)
1	0	0	0	0
2	0,2	0,13	0,07	35
3	0,4	0,32	0,08	20
4	0,6	0,53	0,07	11,6
5	0,8	0,73	0,07	8,75
6	1	0,92	0,08	8
7	1,2	1,13	0,07	5,8
8	1,4	1,33	0,07	5
9	1,6	1,53	0,07	4,3
10	1,8	1,73	0,07	3,8
11	2	1,93	0,07	3,5
12	2,2	2,13	0,07	3,1
13	2,4	2,34	0,06	2,5
14	2,6	2,54	0,06	2,3
15	2,8	2,73	0,07	2,5
16	3	2,94	0,06	2

17	3,2	3,13	0,07	2,1
18	3,4	3,33	0,07	2
19	3,6	3,54	0,06	1,67
20	3,8	3,74	0,06	1,57
21	4	3,94	0,06	1,5
22	4,2	4,14	0,06	1,4
23	4,4	4,35	0,05	1,13
24	4,6	4,54	0,06	1,3
25	4,8	4,74	0,06	1,25
26	5	4,93	0,07	1,4

Dari table diatas dapat diketahui rata-rata tegangan error dari pembacaan ADC adalah 0,07 volt. Persentase error rata-rata dari pengujian tersebut adalah 5,36 %, sehingga dapat dikatakan layak untuk digunakan. Gambar 4.2 adalah grafik nilai error tegangan pembacaan ADC dengan tegangan input pengukuran:

Error Pembacaan ADC



Gambar 4.2 Pembacaan error ADC

4.3. Pengujian Sensor, dan Kalibrasi

Pengujian sensor kekeruhan SKU SEN0189 dilakukan untuk mengetahui karakteristik sensor, melakukan kalibrasi, dan mencari rentang nilai *output* sensor yang akan diakuisisi oleh ADC. Pengujian ini meliputi air keran PDAM yang akan ditampung di wadah berupa gelas, serta dicampurkan dengan pakan ikan hias. Pakan ikan hias dipilih sebagai sampel, Karena pemberian pakan yang terlalu banyak akan mengeruhkan air aquarium.

Dua masalah yang dihadapi pada saat pengambilan data sensor yaitu: sensor yang peka dengan cahaya di lingkungan sekitar, serta ketidakstabilan dari nilai pengukuran sensor yang disebabkan oleh pergerakan partikel padat terlarut di dalam air yang bersifat dinamis. Untuk mengatasi masalah pertama, sensor ditutup menggunakan pipa berwarna hitam sehingga cahaya tidak dapat masuk dari samping, dengan begitu sensor tidak menerima cahaya dari lingkungan yang dapat mempengaruhi nilai tegangan. Untuk mengamati masalah kedua, digunakan metode pengukuran secara dinamis.

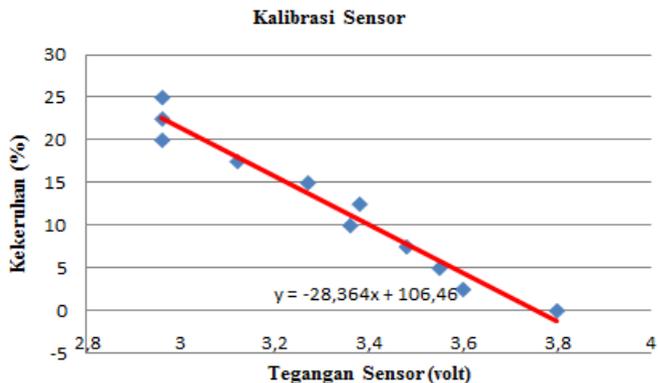
4.3.1 Pengujian Sensor Secara Statis Untuk Kalibrasi

Pengujian Sensor secara statis digunakan untuk mengetahui hubungan tegangan keluaran sensor (volt) dengan kadar pakan ikan (gram) pada 200 mL air PDAM. Juga untuk mengetahui hubungan tegangan keluaran sensor dengan nilai kekeruhan. Satuan nilai kekeruhan yang digunakan untuk kalibrasi yaitu dalam bentuk persentase (%). Kekeruhan dalam bentuk persentase diukur dari rasio perbandingan berat pakan ikan dengan berat air pada sampel. Metode pengujiannya yaitu: menuangkan 200 ml air PDAM ke gelas, mencampurkan sekian gram (variabel berubah-ubah tiap sampel) pakan ikan dan diaduk 30 detik, menunggu kurang lebih 10 menit untuk menunggu air bercampur dengan partikel padat dari makanan ikan, setelah itu butiran makanan ikan yang tidak tercampur disaring, dan dibuang. Butiran makanan ikan yang tidak tercampur tersebut, harus dibuang karena akan menghalangi cahaya dalam pipa untuk masuk ke sensor. Kemudian dilakukan pengukuran tegangan sensor pada sampel. sehingga akan memengaruhi nilai tegangan sensor. Metode ini disebut “statis”, karena partikel-partikel halus yang terdapat pada gelas dianggap telah bercampur

dengan air (karena sebelumnya telah dibiarkan selama 10 menit), sehingga dapat dianggap statis. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa nilai tegangan keluaran sensor akan mencapai saturasi ketika kadar pakan ikan yang dicampurkan bernilai 40 gram/200 mL atau kekeruhan 20%. Tabel 4.2, dan gambar 4.3 adalah hasil pengukuran tegangan sensor terhadap sampel secara statis dengan diberikan regresi linear.

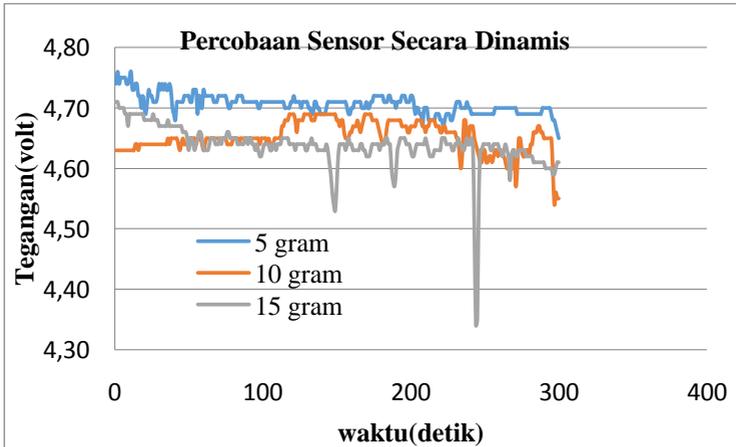
Tabel 4.2 Pengujian Statis Sensor, dan Kalibrasi

Pakan Ikan (gram)	Tegangan (volt)	Kekeruhan (%)
0	3,8	0
5	3,6	2,5
10	3,55	5
15	3,48	7,5
20	3,36	10
25	3,38	12,5
30	3,27	15
35	3,12	17,5
40	2,96	20
45	2,96	22,5
50	2,96	25



Gambar 4.3 Grafik Kalibrasi Sensor

4.3.2 Pengukuran Sensor Secara Dinamis



Gambar 4.4 Grafik Percobaan Sensor Secara Dinamis

Perbedaan metode pengukuran secara dinamis adalah pengukuran langsung dilakukan pada gelas uji tanpa terlebih dahulu melalui proses pengadukan dan tanpa menunggu 10 menit. Metode ini disebut dinamis karena partikel halus di dalam gelas belum dianggap belum tercampur dalam air, sehingga pergerakannya masih dinamis. Pengukuran dilakukan untuk melihat reaksi tegangan keluaran dari sensor selama 5 menit pertama. Pengukuran secara dinamis ini menggunakan rangkaian *signal conditioner* karena perubahan yang terjadi perlu dikuatkan agar lebih mudah diamati. Gambar 4.4 menunjukkan grafik dari percobaan sensor secara dinamis:

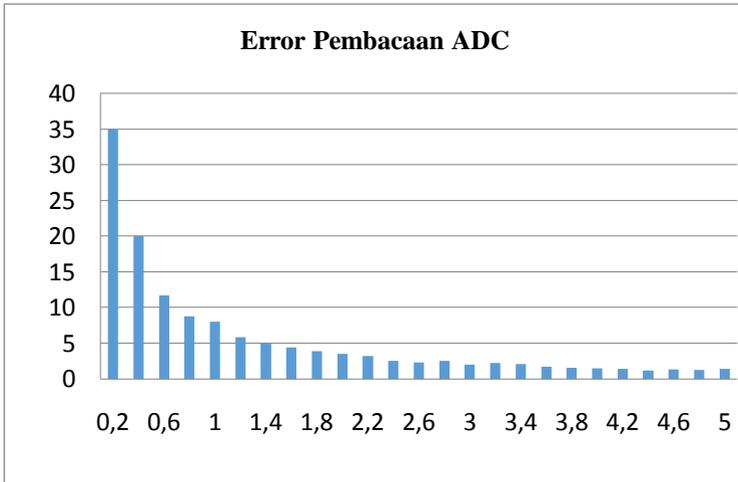
4.4 Pengujian Rangkaian *Signal Conditioner*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hubungan antara sinyal input sistem yang diambil dari tegangan sensor, dengan tegangan output rangkaian *signal conditioner* yang akan diteruskan ke ADC pada mikrokontroler Arduino Uno. Tabel 4.3 menunjukkan hasil percobaan dari rangkaian *signal conditioner*.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian rangkaian *signal conditioner*

NO	Vinput (volt)	V_expected (volt)	V_terukur (volt)	V_error (volt)	Error (%)
1	3	0,21879	0,14	0,07879	36,011
2	3,1	0,77979	0,71	0,06979	8,949
3	3,2	1,34079	1,29	0,05079	3,788
4	3,3	1,90179	1,87	0,03179	1,671
5	3,4	2,46279	2,4	0,06279	2,549
6	3,5	3,02379	2,98	0,04379	1,448
7	3,6	3,58479	3,52	0,06479	1,807
8	3,7	4,14579	4,09	0,05579	1,345
9	3,8	4,70679	4,69	0,01679	0,356
10	3,9	5,26779	5,25	0,01779	0,337

Dari tabel 4.3 didapatkan tegangan error rata-rata dari rangkaian adalah sebesar 0,049 volt. Sedangkan persentase error rata-rata adalah sebesar 5,826 %. Karena memiliki persentase error rata-rata yang bernilai relatif kecil dan tegangan error rata-rata yang stabil, sehingga dapat dibuktikan bahwa rangkaian tersebut layak digunakan untuk melakukan pengkondisian sinyal tegangan sensor. Pemilihan rentang tegangan inpur dari 3 volt sampai 3,9 volt, mengacu pada data percobaan sensor sebelumnya yang memiliki rentang sama pada pengujian air kotor (bernilai 3,0 volt) hingga ke air bersih (bernilai 3,9 volt). Dari data hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa rangkaian tersebut berhasil melebarkan rentang tegangan input berupa 3,0 sampai 3,9 volt menjadi 0 sampai 5 volt, agar lebih mudah dibedakan pada ADC mikrokontroler arduino. Gambar 4.5 berikut ini adalah grafik persentase error dari pengujian rangkaian *signal conditioner*.



Gambar 4.5 Pengujian error *Signal Conditioner*

4.5 Pengujian Pompa

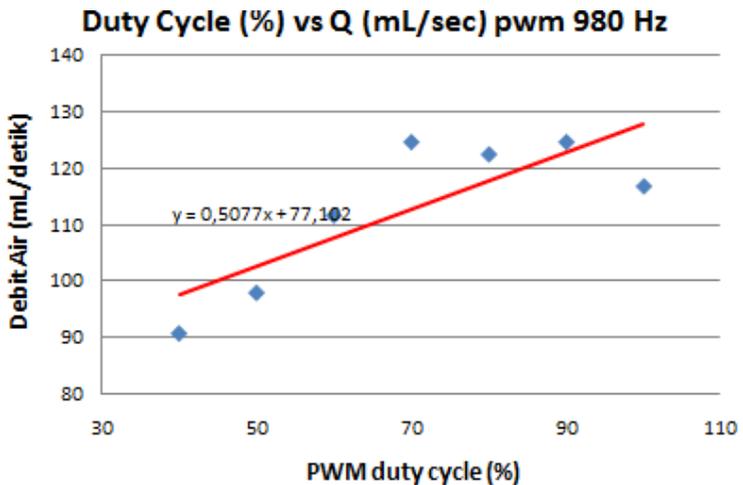
Pengujian pompa dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak air yang dapat dialirkan, atau dengan kata lain disaring dalam suatu waktu. Karakteristik ini biasa juga disebut dengan debit air.

4.5.1 Pengujian Nilai PWM Terhadap Debit Air Pompa

Pengujian ini berguna untuk mengetahui karakteristik dari debit air pompa ketika diberikan nilai PWM yang berbeda-beda melalui modul *Solid State Relay*. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa ketika nilai PWM rendah maka debit air pompa semakin kecil dan demikian juga sebaliknya. Selain itu, tidak digunakan PWM *duty cycle* dibawah 40% karena pompa tidak dapat berfungsi optimal (aliran air tersendat-sendat). Tabel 4.4 adalah data hasil pengujian. Kemudian gambar 4.6 adalah grafik pengujian pompa.

Tabel 4.4 Pengujian Duty Cycle terhadap debit pompa

PWM Duty Cycle (%)	Debit PWM 980 Hz (mL/Sec)
40	90,72
50	97,92
60	111,6
70	124,56
80	122,4
90	124,56
100	116,75



Gambar 4.6 Hubungan Duty Cycle dan Debit Air Pompa

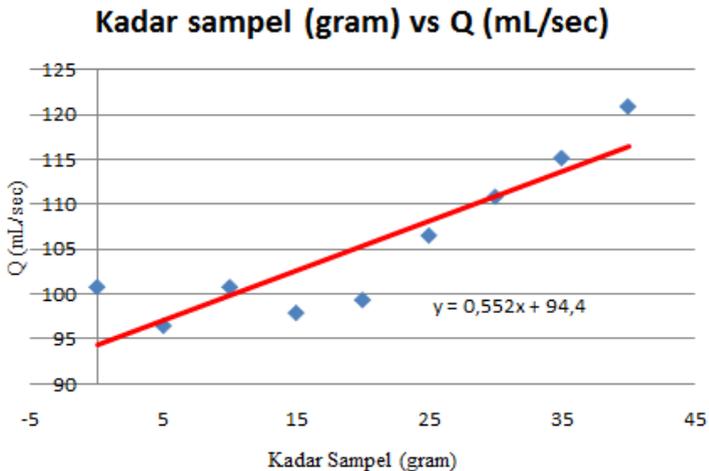
4.5.2 Pengujian Sampel Terhadap Debit Air Pompa

Pengujian ini dilakukan pada gelas berisi 200 ml air keran PDAM, dan sampel, untuk mengetahui karakteristik dari nilai debit air pompa ketika sensor diberikan sampel yang berbeda-beda. Dari hasil percobaan disimpulkan bahwa nilai debit air akan semakin tinggi jika sampel yang diberikan

semakin kotor, dan begitu pula sebaliknya. Pada sampel yang digunakan, semakin banyak kadar pakan ikan maka air akan semakin keruh atau kotor. Tabel 4.5 berikut ini adalah data percobaan pengujian sampel terhadap debit air pompa (serta nilai tegangan sensor, dan *duty cycle* pompa). Gambar 4.7 adalah grafik dari hubungan campuran pakan ikan dengan debit air pompa.

Tabel 4.5 Pengujian Sampel Pakan ikan terhadap Debit air (Q)

Pakan ikan (gram)	V _{out} (volt)	Duty Cycle (%)	Q(ml/sec)
0	4,85	40	100,8
5	4,5	40	96,48
10	3,95	40	100,8
15	3,81	40	97,92
20	3,59	40	99,36
25	2,71	47	106,56
30	2,01	61	110,88
35	0,88	86	115,2
40	0,36	96	120,96



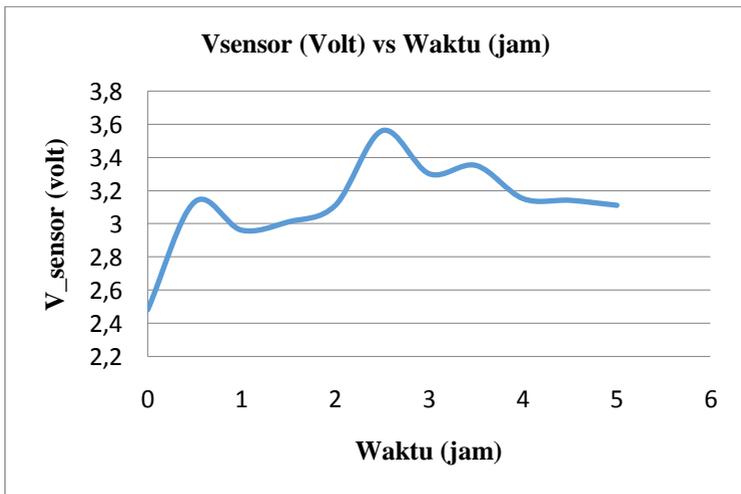
Gambar 4.7 Hubungan Kadar Pakan Ikan dan Debit Air Pompa

4.6 Percobaan Pengujian Sistem

Pada percobaan pengujian sistem, mula-mula aquarium diisi dengan air PDAM sejumlah 6 liter, kemudian dicampurkan 100 gram pakan ikan. Air diaduk dengan pakan ikan dan ditunggu beberapa saat agar keruh. Setelah itu makanan ikan yang masih mengambang di permukaan dibuang. Setelah itu sistem dijalankan, dan dipantau setiap satu menit. Pada pengujian sistem dilakukan sebanyak tiga kali dengan variasi durasi bercampurnya partikel halus dari pakan ikan dengan air keran PDAM pada aquarium. Partikel halus tersebut memerlukan waktu untuk dapat memiliki kekeruhan yang tercampur dengan baik, serta untuk mengendapkan sebagian partikel yang berat di dasar aquarium.

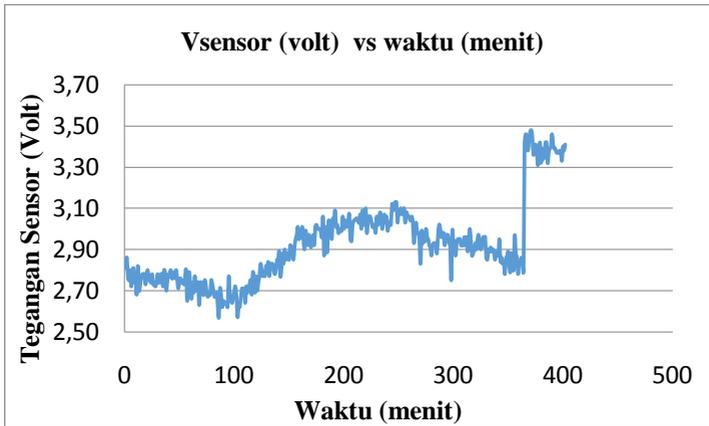
4.6.1 Pengujian Sistem Setelah Sampel Bercampur 10 Menit

Gambar 4.8 berikut menunjukkan hasil dari pengujian sistem setelah sampel dibiarkan 10 menit. Pada pengujian ini sistem kenaikan tegangan sensor dari 2,48 volt (kekeruhan 12,02 %) ke 3,11 volt (kekeruhan 9,37%) memerlukan waktu 5 jam.



Gambar 4.8 Pengujian Sistem Setelah 10 Menti

4.6.2 Pengujian Setelah Sampel Bercampur 12 Jam

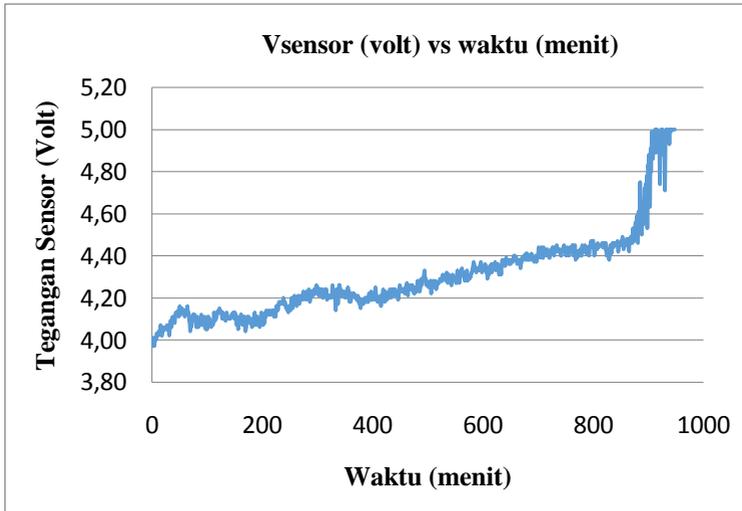


Gambar 4.9 Pengujian Sistem Setelah 12 Jam

Gambar 4.9 menunjukkan hasil pengujian sistem setelah sampel dibiarkan bercampur selama 12 jam. Pada pengujian ini kenaikan tegangan sensor dari 2,81 volt (kekeruhan 10,63 %) hingga menjadi 3,41 volt (kekeruhan 8,11%) memerlukan waktu 402 menit atau 6 jam 42 menit.

4.6.3 Pengujian Sistem Setelah Sampel Bercampur 24 jam

Gambar 4.10 menunjukkan hasil pengujian sistem setelah sampel dibiarkan bercampur selama 24 jam. Pada pengujian ini kenaikan tegangan sensor dari 3,97 volt (kekeruhan 5,76%) hingga menjadi 4,83 volt (kekeruhan 2,14 %) memerlukan waktu 15,8 jam.



Gambar 4.10 Pengujian Sistem Setelah 24 Jam

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pembuatan dan pengujian keseluruhan sistem pada alat tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa hal untuk keperluan pengembangan selanjutnya. Kalibrasi sensor menunjukkan sensor mampu mengukur kekeruhan dalam bentuk persentase pada rentang diantara 0 % dan 20 % yang dipetakan pada tegangan diantara 3,0 volt dan 3,9 volt. Pada kekeruhan diatas 20% sensor tidak mengalami penurunan tegangan atau saturasi. Hasil pengujian debit air pompa, didapatkan hasil pompa memiliki rentang debit diantara 96,48 mL/sec dan 120,96 mL/sec yang dipetakan pada rentang kekeruhan diantara 0 % dan 25 %. Pengujian sistem secara keseluruhan yang dilakukan setelah sampel bercampur selama 24 jam menunjukkan adanya kenaikan tegangan sensor yang semula bernilai 3,97 volt (kekeruhan 5,76 %) menjadi 4,83 volt (kekeruhan 2,14 %) memerlukan waktu 15,8 jam.

5.2. Saran

Untuk pengembangan selanjutnya penulis menyarankan penambahan *moving average low pass digital filter* pada program arduino yang digunakan. Penambahan tersebut untuk meningkatkan kestabilan pada pembacaan ADC dari tegangan sensor. Pada pompa filter disarankan untuk menggunakan pompa yang memiliki spesifikasi debit air maksimum lebih tinggi agar dapat mempercepat debit aliran air yang mengalir ke filter. Untuk box filter dapat ditambahkan dengan bahan-bahan tambahan yang dapat membantu dalam mempercepat proses penjernihan seperti pasir silica, karang jahe, karbon aktif, dan batu ziolit

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Robertson, M.J., Scruton, D.A., Gregory, R.S., Clarke, K.D., "Effect of Suspended Sediment on Freshwater Fish and Fish Habitat.", Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2644: v +37 pp, 2006
- [2] Anonim, "Turbidity: Description, Impact on Water Quality, Sources, Measures", Minnesota Pollution Control Agency, Minnesota. 2008
- [3] Rivai, M., Suwito, M., Chondro, P., Ruan, S., "Design and Implementation of A Submerged Capacitive Sensor in PID Controller to Regulate the Concentration of Non-Denatured Ethyl Alcohol", Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, 2015
- [4] Riadhi, L., Muhammad Rivai, "Sistem Pengaturan Oksigen Terlarut Menggunakan Metode Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler Teensy Board", Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, ITS, Surabaya, 2017
- [5] Azman, A.A., Rahiman, M.H.F., Taib, M.N., Sidek, N.H., Bakar, I.A.A., Ali, M.F., "A Low Cost Nephelometric Turbidity Sensor for Continual Domestic Water Quality Monitoring System", IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS), Malaysia, 22 October 2016
- [6] Sadar, M., "Introduction to Laser Nephelometry: an Alternative to Conventional Particulate Analysis Methods", Hach Company, 2005.
- [7] Chiang, C., Huang, S., Wu, C., "Development of a Calibrated Transducer CMOS Circuit for Water Turbidity Monitoring", IEEE Sensors Journal, Vol. 16, No. 11, June 1, 2016]
- [8] Wiranto, G., Hermida, I.D.P, Waslaluiddin, A.F., "Design and Realisation of a Turbidimeter using TSL250 Photodetector and Arduino Microcontroller", IEEE-ICSE2016 Proc. 2016, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016
- [9] Bhatnagar, A., Devi, P., "Water Quality Guidelines for the Management of Pond Fish Culture", International Journal of Environmental Sciences Volume 3, No 6: 1980-2009, 2013
- [10] Nugraha, Z.,M., Musyafa, A., "Perancangan Kontrol PID Untuk Mengatur Tingkat Kejernihan Air Pada Ssistem

- Pengolahan Air Bersih Skala Rumah Tangga", Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- [11] Anonim, "Arduino-datasheet", <URL: <http://datasheet.octopart.com/A000066-Arduino-datasheet-38879526.pdf>>, 2017
- [12] Anonim, "Arduino Uno Rev3", <URL: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>>, 2017.
- [13] Anonim, "Atmega 168/328P pin mapping" <URL <https://www.arduino.cc/en/Hacking/PinMapping168>>, 2017
- [14] Anonim, " 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash" <URL <http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/392243/ATMEL/ATMEGA328.html>>, 2017.
- [15] Muhamad, M., Mahmad, H., Hussin, H., "Design of CMOS Zero Crossing Detector Utilizing 0.25 um Technology", International Conference on Electronic Devices (ICEDSA2010), 2010
- [16] Pujiono," Rangkaian Elektronika Analog", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2012
- [17] Anonim, "Turbidity sensor SKU: SEN0189", <URL https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Turbidity_sensor_SKU:_SEN0189>, 2017.
- [18] Trikuncoro, S., Muhammad Rivai, "Rancang Bangun Electronic Nose Berbasis Single Board Computer", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, ITS, Surabaya, 2015
- [19] Smitha, T.K., Ravikiran, B.A., Karthik, P., Mondal, T.,K., "Design and Implementation of Control of Solid State Relay Switches Using MSP 430 for Instantaneous High Current Supply", International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 2016
- [20] Anonim, "Optocouplers, Solid-State Relays" <URL <http://www.vishay.com/docs/84780/appnote34.pdf>>, 2017
- [21] Muhamad, M., Mahmad, H., Hussin, H., "Design of CMOS Zero Crossing Detector Utilizing 0.25 um Technology", International Conference on Electronic Devices (ICEDSA2010), 2010

- [22] Erwanda, R., “Rancang Bangun Prototipe Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Pengaturan Tegangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Dan Android”, Universitas Lampung, Lampung, 2016

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

I. Source Code Program

```
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// LCD I2C initialitation
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,2,1,0,4,5,6,7);

//Define variabel kontrol proporsional
double Kp, Setpoint, Input;
double error;
int Output; //output berupa bit pwm
double dutyCycle;

void setup() {
  // Setup LCD
  lcd.begin (16,4);
  lcd.setBacklightPin(3,POSITIVE);
  lcd.setBacklight(HIGH);
  lcd.clear();
  lcd.home();

  //Setup nilai kontrol proporsional
  Setpoint = 4.9; // jika air bersih, V_Input = 4,8
  Kp = 54;
  pinMode (5, OUTPUT); //output pwm 980 Hz pin 5
}

void loop() {
  // baca adc dan ambil rata2
  double Nilai = 0;
  for(int i =0; i<1000; i++) {
    int sensorValue = analogRead(A0);
    double voltage = (sensorValue * 5.0) / 1024.0;
    Nilai += voltage;
    delay(1);
  }
}
```

```

Nilai = Nilai / 1000;

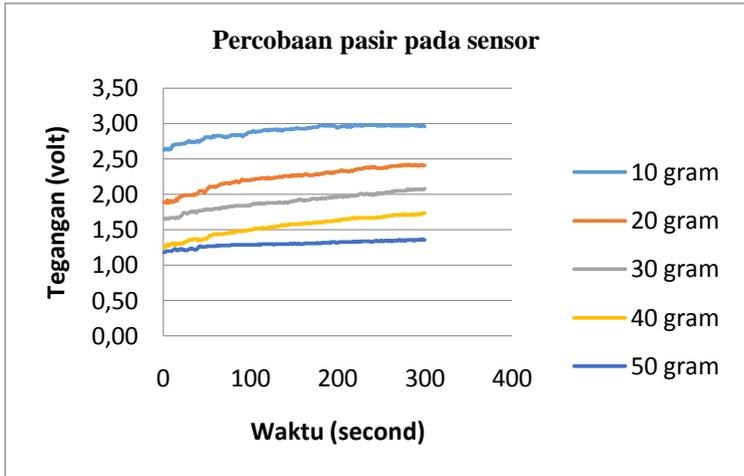
//Input dari kontrol proporsional adalah nilai tegangan adc
Input = Nilai;
//output adalah bit pwm
error = Setpoint - Input;
Output= 255-(Kp*error); //SSR Active Low
//error handle just in case
if (Output < 0){
    Output = 0;
}
// DC MINIMUM adalah 40 %
if (Output >153){
    Output = 153;
}
analogWrite (5,Output); //pwm pin no.5 980 Hz
dutyCycle = ( 1.00 - (Output/255.00) )*100.00; //hitung DC (active
low)

// print tegangan sensor
lcd.setCursor(0,0);
lcd.noCursor();
lcd.print("Vinput ");
lcd.print(Input);
//print error
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Verror ");
lcd.print(error);

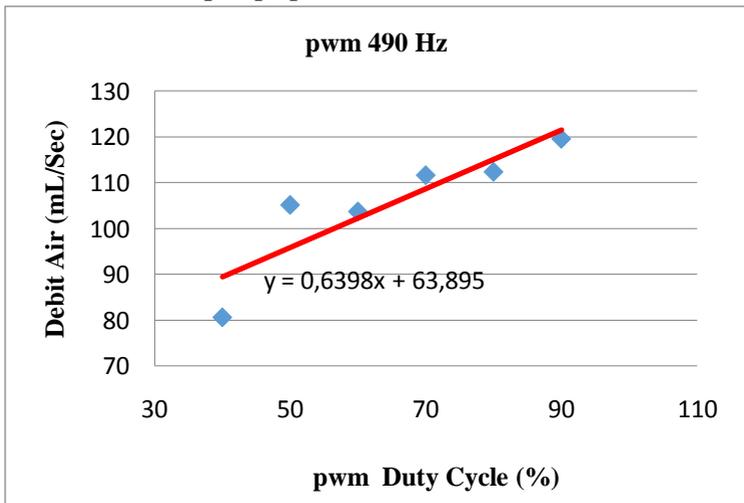
//print pwm value
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("PWM value ");
lcd.print(Output);
//print Duty Cycle
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Duty Cycle ");
lcd.print(dutyCycle);
}

```

II. Pengujian sensor dengan menggunakan campuran air keran PDAM dan pasir selama 300 detik



III. Percobaan PWM pompa pada frekuensi 490 Hz



IV. Dokumentasi

Pengujian Sensor



Pengujian Debit air pompa terhadap PWM



Pengujian sistem keseluruhan



Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Muhammad Syaif Ramadhan lahir di Makassar pada 12 Februari 1994, yang merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Andi Muhammad Ahdin dan Tenri Gitara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Inpres. Toddopuli I Makassar dan dilanjutkan dengan pendidikan menengah di SMP Negeri 2 Makassar dan SMA Negeri 17 Makassar. Pada tahun 2011, penulis memulai pendidikan di jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Selama kuliah, penulis aktif membantu penyelenggaraan kegiatan dan aktif sebagai asisten laboratorium Elektronika Dasar.

Email:
syaifjago@yahoo.co.id

Halaman ini sengaja dikosongkan