



**RANCANG BANGUN ALAT PENGGANTIAN AIR DAN
PEMBERIAN PAKAN SECARA OTOMATIS PADA
AKUARIUM IKAN HIAS BERBASIS
MIKROKONTROLER**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu Persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Oleh

Anisa Tri Novitasari

NIM.5301413008

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2017

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Rancang Bangun Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan secara Otomatis pada Akuarium Ikan Hias Berbasis Mikrokontroler" telah dipertahankan dihadapan Sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari Selasa tanggal 26 bulan September tahun 2017.

Oleh

Nama : Anisa Tri Novitasari

NIM : 5301413008

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

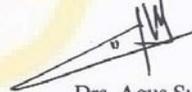
Panitia

Ketua



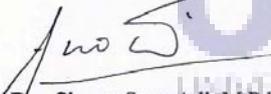
Dr.-Ing Dhidik Prastivanto, S.T, M.T.
NIP. 197805312005011002

Sekretaris



Drs. Agus Suryanto, M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji I



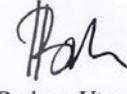
Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd, M.T.
NIP. 195812181985031004

Penguji II/Pembimbing I



Dr.-Ing Dhidik Prastivanto, S.T, M.T.
NIP. 197805312005011002

Penguji III/Pembimbing II



Aryo Baskoro Utomo, S.T, M.T
NIP. 198409092012121002

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Oudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang maupun diperguruan tinggi lain.
2. Dalam karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semarang, 7 Agustus 2017

Yang membuat pernyataan,



Anisa Tri Novitasari
NIM. 5301413008

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- ❖ Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua (Aristoteles)
- ❖ Hidup harus terus berlanjut, tidak peduli seberapa menyakitkan atau membahagiakan, biar waktu yang menjadi obatnya (Tere Liye)
- ❖ Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri (Qs. Ar-Ra'ad: 11).



Persembahan :

1. Untuk Ayahku Harsono dan Ibuku Munirah
2. Almamaterku Unnes

ABSTRAK

Novitasari, Anisa Tri. 2017. Rancang Bangun Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan secara Otomatis pada Akuarium Ikan Hias Berbasis Mikrokontroler. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Negeri Semarang. Dr.-Ing Dhidik Prastiyanto, S.T, M.T. dan Aryo Baskoro Utomo, S.T, M.T.

Kata Kunci—akuarium, mikrokontroler, sensor

Ketika harus meninggalkan rumah dalam waktu yang lama masyarakat yang memiliki kegemaran terhadap ikan hias di akuarium dan memiliki kesibukan cukup padat akan merasa kesulitan dalam merawat ikan. Pemantauan intensif yang perlu dilakukan yaitu kekeruhan air, pH air, dan pemberian pakan. Maka perlu dilakukan pengembangan akuarium dalam hal penggantian air dan pemberian pakan secara otomatis berbasis mikrokontroler, dimana penggantian air berdasarkan tingkat kekeruhan air dan derajat keasaman (pH). Penelitian ini menggunakan metode *waterfall* yaitu analisis kebutuhan, desain sistem, pengujian alat serta operasi dan pemeliharaan alat. Penelitian ini menghasilkan alat yang terbuat dari 4 sistem kontrol, yaitu sistem kekeruhan air menggunakan sensor LDR C-2795 membaca kekeruhan 10 NTU, sistem pH air menggunakan sensor pH meter E210C membaca pH 1-14, dan sistem pembuangan dan pengisian air menggunakan *solenoid valve* dan sensor SRF-05 membaca ketinggian air dari 0-25 cm, serta *display* LCD 20x4.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ini memiliki *error* rata-rata pada sistem pengisian dan pengurasan air $\pm 0,16$ cm, setiap penambahan per gram pakan mengakibatkan penambahan kekeruhan sebesar 0,74 NTU, ketika nilai pH meter lebih dari 0,5 maka nilai sensor pH akan terjadi pembulatan nilai, serta sistem pemberian pakan otomatis pada katup pembuka pakan memiliki rata-rata *error* $\pm 1,4$ gram dengan membuka berdasarkan 3-4% dari berat total ikan yang dipelihara. Alat ini efektif untuk masyarakat yang gemar terhadap akuarium dengan kesibukan yang cukup padat.

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan secara Otomatis pada Akuarium Ikan Hias Berbasis Mikrokontroler” dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, dengan rasa rendah hati disampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Pembimbing 1 dan Pembimbing 2, Bapak Dr. -Ing Dhidik Prastiyanto, S.T, M.T dan Bapak Aryo Baskoro Utomo, S.T, M.T, atas berkenaan memberi bimbingan disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, Bapak Drs. M. Harlanu, M.Pd, atas ijin penelitian.
3. Penguji, Bapak Drs. Slamet Seno Adi, M.Pd, M.T, atas bimbingan, arahan dan motivasinya dalam penyusunan skripsi ini.
4. Berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga amal baik dari semua pihak mendapat imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Diharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Semarang, 7 Agustus 2017

Penulis,

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| HALAMAN KEASLIAN KARYA ILMIAH..... | iii |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | xii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Identifikasi Masalah | 4 |
| 1.3. Rumusan Masalah | 4 |
| 1.4. Pembatasan Masalah | 5 |
| 1.5. Tujuan..... | 5 |
| 1.6. Manfaat..... | 6 |
| 1.7. Penegasan Istilah..... | 6 |
| 1.8. Sistematika Penulisan Skripsi | 7 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 9 |
| 2.1. Kajian Pustaka..... | 9 |
| 2.2. Landasan Teori..... | 11 |
| 2.2.1. <i>Water Pump</i> | 11 |
| 2.2.2. Filter Akuarium | 12 |
| 2.2.3. Ikan Maskoki (<i>Carassius Auratus</i>) | 12 |
| 2.2.4. Sensor | 13 |

| | |
|--|----|
| 2.2.4.1. Sensor Kekерuhan..... | 13 |
| 2.2.4.2. Sensor pH | 16 |
| 2.2.4.3. Sensor Ketinggian Permukaan Air | 18 |
| 2.2.5. Arduino Mega | 21 |
| 2.2.6. <i>Real Time Clock</i> (RTC) IC DS1307 | 21 |
| 2.2.7. <i>Liquid Cristal Display</i> (LCD) | 23 |
| 2.2.8. <i>Solenoid Valve</i> | 26 |
| 2.2.9. <i>Relay</i> | 27 |
| 2.2.10. Perencanaan Alat | 29 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 41 |
| 3.1. Objek, Waktu dan Tempat Pelaksanaan | 41 |
| 3.2. Desain Penelitian | 41 |
| 3.2.1. Analisis Kebutuhan..... | 42 |
| 3.2.2. Desain Sistem | 42 |
| 3.2.3. Pengujian Alat | 43 |
| 3.2.4. Operasi dan Pemeliharaan | 44 |
| 3.3. Alat dan Bahan Penelitian | 44 |
| 3.4. Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data | 45 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 51 |
| 4.1. Hasil Perencanaan..... | 51 |
| 4.1.1. Spesifikasi Alat | 51 |
| 4.1.2. Prinsip Kerja Alat..... | 52 |
| 4.2. Hasil Pengujian Komponen | 52 |
| 4.3. Hasil Pengujian Alat Keseluruhan | 56 |
| 4.4. Analisis Data..... | 60 |
| 4.5. Pembahasan | 63 |
| BAB V PENUTUP..... | 66 |
| DAFTAR PUSTAKA | 68 |
| LAMPIRAN..... | 70 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Fungsi Pin Sensor Analog pH Meter E210C | 32 |
| Tabel 2.2 Fungsi Pin Sensor LDR C-2795..... | 33 |
| Tabel 2.3 Fungsi Pin Sensor Ultrasonik SRF-05 | 34 |
| Tabel 2.4 Penggunaan Pin Mikrokontroler Atmega 2560 | 35 |
| Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian | 44 |
| Tabel 3.2 Pengujian Sensor Ultrasonik | 45 |
| Tabel 3.3 Pengujian Sensor Kekeruhan | 46 |
| Tabel 3.4 Pengujian Sensor pH | 47 |
| Tabel 3.5 Pengujian Pakan Ikan | 48 |
| Tabel 4.1 Spesifikasi Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan Otomatis | 51 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik | 54 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan | 54 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sensor pH | 55 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pemberian Pakan Otomatis | 55 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian dan Kalibrasi Kekeruhan Air Akuarium | 57 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian dan Kalibrasi pH Air | 58 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian dan Kalibrasi Ketinggian Air Akuarium | 59 |

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR GAMBAR

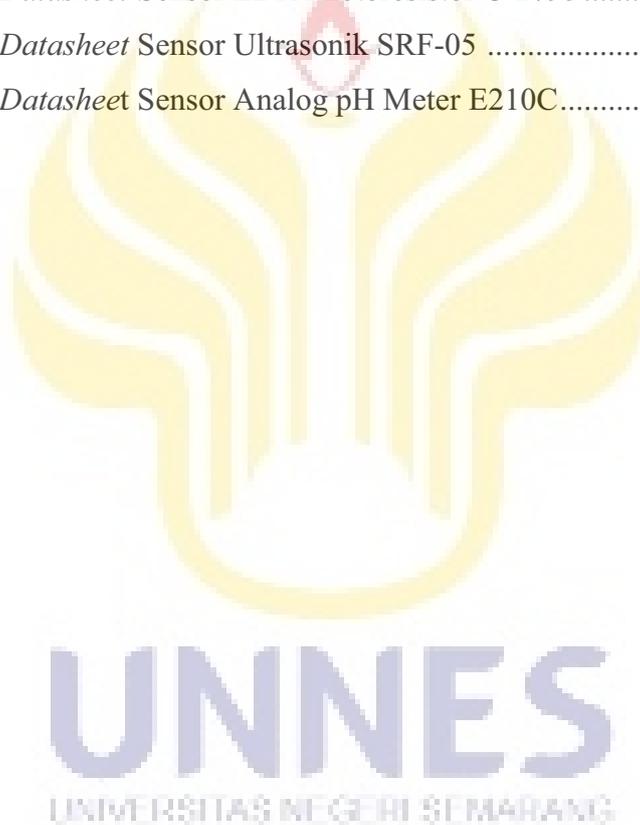
| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Motor AC <i>Water Pump</i> | 11 |
| Gambar 2.2 Filter Akuarium | 12 |
| Gambar 2.3 Diagram Blok Cara Kerja Sensor Kekeruhan | 14 |
| Gambar 2.4 Rangkaian Sensor Kekeruhan | 15 |
| Gambar 2.5 Elektroda Sensor pH | 17 |
| Gambar 2.6 Prinsip Kerja Sensor Analog pH Meter | 17 |
| Gambar 2.7 Cara Kerja Gelombang Ultrasonik | 18 |
| Gambar 2.8 Modul IC RTC DS1307 | 22 |
| Gambar 2.9 Pin IC RTC DS1307 | 22 |
| Gambar 2.10 Pin LCD 20x4 | 25 |
| Gambar 2.11 Skema LDC dengan Modul I2C | 26 |
| Gambar 2.12 <i>Relay</i> | 28 |
| Gambar 2.13 Blok Diagram Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan Otomatis pada Akuarium Ikan Hias | 31 |
| Gambar 2.14 Rangkaian Pengkondisian Sinyal Sensor pH | 32 |
| Gambar 2.15 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan Sensor LDR C-2795..... | 33 |
| Gambar 2.16 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan Sensor Ultrasonik SRF-05 | 34 |
| Gambar 2.17 Rangkaian Mikrokontroler Atmega 2560 | 36 |
| Gambar 2.18 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan Modul I2C LCD..... | 37 |
| Gambar 2.19 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan <i>Driver Relay</i> | 38 |
| Gambar 2.20 Rangkaian <i>Driver Relay</i> | 38 |
| Gambar 2.21 Akuarium yang dilengkapi Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan Otomatis | 39 |
| Gambar 2.22 (a) <i>Box</i> Pengontrol Akuarium Tampak Depan | 39 |

| | |
|--|----|
| Gambar 2.22 (b) <i>Box</i> Pengontrol Akuarium Tampak Belakang | 39 |
| Gambar 3.1 Tahap-tahap dari Model Penelitian <i>Waterfall</i> | 42 |
| Gambar 3.2 Diagram Alur Pengujian Alat secara Keseluruhan | 48 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Diagram Alir Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan Otomatis pada Akuarium Ikan Hias | 70 |
| Lampiran 2. <i>Source Code</i> Program | 71 |
| Lampiran 3. <i>Datasheet</i> Sensor LDR Photoresistor C-2795 | 79 |
| Lampiran 4. <i>Datasheet</i> Sensor Ultrasonik SRF-05 | 80 |
| Lampiran 5. <i>Datasheet</i> Sensor Analog pH Meter E210C..... | 82 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Menurut Sirajudhen T. K et al (2014) hampir 2 juta masyarakat di seluruh dunia bekerja dibidang perikanan termasuk budidaya ikan hias. Sebagai contoh penelitian yang telah dilakukan di Kelara India, dari 100 orang memiliki minat terhadap ikan hias sejumlah 90 orang dan 60 orang minat sebagai pembudidaya ikan hias. Sedangkan penelitian budidaya ikan hias air tawar di Indonesia dari 10 orang konsumen, 4 orang memiliki ketertarikan ikan hias sebagai penggemar dan 6 orang memiliki ketertarikan sebagai pembudidaya (Karimah dkk, 2014). Hal ini sangat berpeluang untuk memberikan mata pencaharian masyarakat sebagai pembudidaya ikan hias mengingat jumlah peminat ikan hias lebih banyak (Karimah dkk, 2014).

Di dunia terdapat banyak jenis ikan hias air tawar. Menurut catatan Kementrian Kelautan dan Perikanan, terdapat lebih dari 1.000 jenis ikan hias air tawar yang diperdagangkan secara global. Dari jumlah tersebut, Indonesia memiliki 400 spesies dari total ikan hias di dunia. Namun, hanya sekitar 90 spesies yang dibudidayakan masyarakat seperti ikan louhan, ikan mas koki, ikan cupang, ikan guppy, ikan discus, ikan koi dan masih banyak yang lainnya (Lesmana, 2015: 1).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemeliharaan ikan hias. Sebagai contoh pemeliharaan Ikan Maskoki pada akuarium membutuhkan air yang baik terkait kejernihan air, suhu, dan derajat keasaman (pH). Dalam pemeliharaan Ikan Maskoki untuk menjaga agar air tetap optimal maka dibutuhkan suhu air berkisar 26 – 30°C, kekeruhan minimum 10 NTU, dan pH air berkisar 6 – 8. Kisaran nilai kualitas air tersebut baik untuk pemeliharaan dan pertumbuhan Ikan Maskoki. Selain itu pemberian pakan pada Ikan Maskoki dilakukan 3 kali sehari yaitu pagi, siang, dan malam hari, sebanyak 3 – 4% dari berat total ikan yang dipelihara perhari (Rukmana dan Yudirachman, 2016: 104).

Masyarakat yang memiliki kegemaran terhadap akuarium dan memiliki kesibukan cukup padat akan merasa kesulitan ketika harus meninggalkan rumah dalam waktu yang cukup lama. Pemantauan intensif yang harus dilakukan dalam pemeliharaan ikan hias di akuarium yaitu kekeruhan dan pemberian pakan (Santoso dan Arfianto, 2014). Untuk mengatasi hal tersebut dikembangkan alat elektronika praktis dan fleksibel sehingga membantu memudahkan manusia dalam pemeliharaan ikan hias di akuarium yang menjadi kegemaran masyarakat saat ini (Karimah dkk, 2012).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk pengembangan penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium. Salah satunya penelitian yang dilakukan Santoso dan Arfianto (2014) dalam mengembangkan sistem pengganti air akuarium berdasarkan tingkat kekeruhan dan pengontrolan air. Sistem ini dapat mengatasi kelemahan sistem lama dari segi keamanan, kenyamanan serta efisiensi waktu dan proses. Sistem otomatis pengganti air tawar pada akuarium ini

diintegrasikan dengan teknologi mikrokontroler Atmega 256 dengan kapasitas memori 256 kb. Sedangkan Ramadona dkk (2014) mengembangkan sistem yang mengintegrasikan *Real Time Clock* (RTC) dan sensor *infrared* sebagai penentuan kapan air akuarium akan diganti, serta menggunakan dua buah pompa air mini untuk menguras dan mengisi air akuarium dengan berbasis Atmega8.

Penelitian lain terkait pengembangan penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium adalah dengan penggunaan sensor Analog pH meter yang terintegrasi mikrokontroler Atmega 328. Sistem ini dirancang agar dapat mengendalikan perubahan pH yang terjadi pada kolam pembenihan. Sistem akan memerintahkan pompa larutan basa untuk bekerja jika nilai pH kurang dari 7,8 dan jika sistem membaca nilai pH lebih dari 8,0 akan memerintahkan pompa larutan asam untuk bekerja sehingga didapat nilai pH yang diinginkan (Saidul dan Pramana, 2014).

Penelitian – penelitian terdahulu fokus pada kekeruhan sebagai faktor utama dalam pengurusan air pada akuarium. Padahal faktor lain seperti penggunaan derajat keasaman (pH) sebagai indikator pengurusan air juga perlu dipertimbangkan. Menurut Boyd dalam Lesmana (2015) menyatakan derajat keasaman (pH) air akan berpengaruh terhadap nafsu makan ikan dan reaksi kimiawi di dalam air. Proses kimiawi yang terjadi akan menghasilkan konsentrasi amonia dalam air menjadi tinggi. Amonia merupakan produk hasil metabolisme ikan dan pembusukan senyawa organik oleh bakteri. Jika pH meningkat maka kandungan amonia akan meningkat relatif lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan daya racun terhadap ikan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan pengembangan

akuarium dalam hal penggantian air dan pemberian pakan secara otomatis berbasis mikrokontroler, dimana penggantian air berdasarkan tingkat kekeruhan air dan derajat keasaman (pH).

1.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian yang dilakukan adalah:

1. Kegemaran pemeliharaan ikan hias pada akuarium semakin meningkat.
2. Faktor kesibukan yang menyebabkan tidak terpantaunya pemberian pakan ikan dan penggantian air akuarium secara manual.

1.3. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan penulis bahas dalam skripsi ini adalah

1. Bagaimana mengetahui kinerja komponen-komponen yang digunakan.
2. Bagaimana merancang dan mengembangkan alat berbasis mikrokontroler yang berfungsi untuk penggantian air dan pemberi pakan ikan dalam akuarium secara otomatis, dimana penggantian air berdasarkan pada tingkat kekeruhan dan keasaman pH.
3. Bagaimana kinerja alat penggantian air dan pemberi pakan ikan dalam akuarium secara otomatis.

1.4. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu meluas dan menyimpang dari tujuan, maka perlu diadakan pembatasan pada pembuatan skripsi ini, batasan masalah tersebut diantaranya :

1. Indikator yang digunakan dalam penggantian air akuarium menggunakan derajat keasaman (pH), kekeruhan air, dan ketinggian air.
2. Pengujian sistem penggantian air secara otomatis pada akuarium akan menggunakan ikan Maskoki (*Carassius Auratus*) dengan panjang 3 – 10 cm.
3. Alat menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560.
4. Display LCD 20x4 hanya digunakan untuk memonitoring pemantauan sistem.
5. Tidak membahas catu daya.

1.5. Tujuan

Tujuan dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini adalah

1. Mengetahui kinerja komponen-komponen yang digunakan.
2. Merancang dan membuat alat berbasis mikrokontroler yang berfungsi untuk penggantian air dan pemberian pakan ikan pada akuarium secara otomatis, dimana penggantian air berdasarkan pada tingkat kekeruhan dan keasaman pH.
3. Mengetahui kinerja alat penggantian air dan pemberi pakan ikan dalam akuarium secara otomatis.

1.6. Manfaat

Adapun manfaat dari skripsi ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan alat akuarium yang lebih praktis, lebih sederhana, lebih menghemat waktu dan lebih mudah perawatannya dengan memanfaatkan sensor pH dan sensor kekeruhan serta sensor ultrasonik sebagai alat penggantian air dan pemberian pakan secara otomatis.
2. Penelitian ini dijadikan bahan ajar mahasiswa Teknik Elektro dan dapat menjadi inspirasi dalam pembuatan alat dibidang perikanan yang lain dengan memanfaatkan sensor pH, sensor kekeruhan dan sensor ultrasonik.

1.7. Penegasan Istilah

Untuk menghindari penafsiran yang berbeda tentang penelitian ini, diberikan beberapa penjelasan istilah sebagai berikut:

1. Penggantian Air

Suatu tindakan mengganti air dengan air yang baru sehingga dapat mengembalikan kualitas maupun kuantitasnya (Satyani dan Priono, 2012).

2. Pemberian Pakan Ikan

Tindakan yang memberikan hak untuk hidup berupa pakan pada ikan, sehingga mendapatkan energi dan nutrisi untuk melangsungkan kehidupannya (Sim et al, 2005).

3. Akuarium

Suatu tempat ikan, tanaman air dan organisme air lainnya yang mempunyai minimal satu sisi transparan untuk dapat dilihat (Krissangeni, 2010).

4. Mikrokontroler

Sebuah *chip* yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan dapat menyimpan program didalamnya (Syahwil, 2013: 53). Penelitian ini menggunakan Arduino Mega 2560.

1.8. Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk mempermudah dalam penulisan skripsi ini, maka digunakan sistematika skripsi yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, abstraksi, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, dan daftar lampiran.

2. Bagian isi skripsi

Bagian isi skripsi terdiri dari lima bab yaitu :

BAB I Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II Kajian pustaka dan landasan teori, berisi kajian pustaka, dan teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III Metode penelitian, berisi tentang waktu dan tempat penelitian, desain penelitian, alat dan bahan penelitian, parameter penelitian, teknik pengumpulan data kalibrasi instrumen, dan teknik analisa data.

BAB IV Hasil penelitian dan pembahasan, berisi tentang deskripsi data, analisis data, dan pembahasan.

BAB V Penutup, berisi tentang kesimpulan dan saran.

3. Bagian akhir skripsi

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian tentang penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium telah banyak dilakukan. Diantaranya oleh Santoso dan Arfianto (2014), hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sistem pengganti air akuarium berdasarkan tingkat kekeruhan dan pengontrolan air. Pergantian air dikendalikan oleh *water pump* berdasarkan tingkat intensitas cahaya yang diterima *Light Dependent Resistor* (LDR) dan sistem pemberi pakan ikan berdasarkan waktu yang diinputkan oleh pemilik. Penggunaan sensor LDR tanpa memperhatikan tingkat kekeruhan yang dibutuhkan ikan. Sedangkan Ramadona dkk (2014) dalam penelitiannya mengembangkan sistem yang mengintegrasikan *Real Time Clock* (RTC) dan sensor *infrared* sebagai penentuan kapan air akuarium akan diganti, serta menggunakan dua buah pompa air mini untuk menguras dan mengisi air akuarium dengan berbasis Atmega8. Alat ini hanya mengatasi pergantian air yang awalnya manual menjadi pergantian air secara otomatis dan belum dapat mengatasi permasalahan pemberian pakan ikan pada akuarium. Selain itu penggunaan dua buah pompa tidak efisien karena tegangan yang dibutuhkan pada setiap pompa adalah 220V.

Penelitian lain terkait pengembangan penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium adalah dengan penggunaan sensor Analog pH

meter yang terintegrasi mikrokontroler ATmega 328. Sistem ini dirancang agar dapat mengendalikan perubahan pH yang terjadi pada kolam pembenihan. Sistem akan memerintahkan pompa larutan basa untuk bekerja jika nilai pH kurang dari 7,0 dan jika sistem membaca nilai pH lebih dari 8,0 akan memerintahkan pompa larutan asam untuk bekerja sehingga didapat nilai pH yang diinginkan (Saidul dan Pramana, 2014). Pada sistem ini menggunakan 2 buah pompa dan 2 bak penampung untuk mengalirkan larutan asam dan larutan basa. Namun kolam pembenihan belum dilengkapi dengan pemberian pakan otomatis.

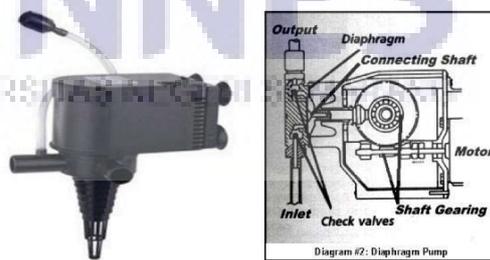
Dari beberapa penelitian tersebut di atas, jelas bahwa penelitian tentang penggantian air dan pemberian pakan secara otomatis pada akuarium fokus pada kekeruhan air sebagai faktor utama dalam pengurusan air akuarium. Padahal faktor lain seperti penggunaan derajat keasaman (pH) sebagai indikator pengurusan air juga perlu dipertimbangkan. Boyd dalam Lesmana (2015) menyatakan derajat keasaman (pH) air akan berpengaruh terhadap nafsu makan ikan dan reaksi kimiawi di dalam air. Proses kimiawi yang terjadi akan menghasilkan konsentrasi amonia dalam air menjadi tinggi. Amonia merupakan produk hasil metabolisme ikan dan pembusukan senyawa organik oleh bakteri. Jika pH meningkat maka kandungan amonia akan meningkat relatif lebih tinggi, sehingga dapat meningkatkan daya racun terhadap ikan. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan pengembangan akuarium dalam hal penggantian air dan pemberian pakan secara otomatis berbasis mikrokontroler, dimana penggantian air berdasarkan tingkat kekeruhan air dan derajat keasaman (pH).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Water Pump*

Water pump merupakan pompa sirkulasi air yang menggunakan motor AC sebagai motor pompa. Motor AC adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (putaran). Energi mekanik diperoleh karena arus listrik yang mengalir melalui penghantar berada pada medan magnet sehingga timbul daya dorong mekanik (Santoso dan Arfianto, 2014). Pompa bekerja dengan cara menghisap air, sehingga akan dihasilkan suatu aliran air dengan kecepatan tertentu.

Untuk pompa sirkulasi diperlukan pompa yang kuat karena merupakan sistem utama semua sistem filtrasi. Sistem filtrasi berfungsi untuk pergantian air dan juga untuk menciptakan arus dalam air sehingga suplai oksigen ke dalam akuarium tetap terjaga. *Water pump* akuarium menggunakan merk Hai-Long tipe HL-1600 dengan tegangan 220 V dan frekuensi 50 Hz. Adapun bentuk fisik motor AC *water pump* ditunjukkan dalam gambar 2.1.



Gambar 2.1 Motor AC *Water Pump*

2.2.2 Filter Akuarium

Filter penting untuk sebuah akuarium. Fungsi dari filter akuarium adalah sebagai penyaring air dan meningkatkan kualitas air menjadi lebih baik. Dengan adanya filter akuarium akan terbebas dari tumpukan kotoran baik dari kotoran ikan maupun bekas makanan yang nantinya akan diurai oleh bakteri dan menimbulkan nitrit atau amonia terlarut dalam air yang dapat meracuni ikan (Santoso dan Arfianto, 2014).

Cara kerja pemfilteran pada air akuarium adalah pompa air mengalirkan air ke dalam *box* filter. Selanjutnya air akan disaring di dalam *box* filter, pada *box* filter terdapat kapas dan batu zeolit sebagai bahan untuk menyaring air. Setelah air tersaring maka air dijatuhkan kembali ke akuarium dalam keadaan jernih. Bentuk fisik dari filter akuarium ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Filter Akuarium

2.2.3 Ikan Maskoki (*Carassius Auratus*)

Pemeliharaan Ikan Maskoki pada akuarium membutuhkan air yang baik terkait kejernihan air, suhu, dan derajat keasaman (pH). Dalam pemeliharaan Ikan Maskoki untuk menjaga agar air tetap optimal maka dibutuhkan suhu air berkisar 25 – 30°C dan pH air berkisar 6 – 8. Kisaran nilai kualitas air tersebut baik untuk

pemeliharaan dan pertumbuhan Ikan Maskoki. Selain itu pemberian pakan pada Ikan Maskoki dilakukan 3 kali sehari yaitu pagi, siang, dan malam hari. Jumlah pakan yang diberikan sebanyak 3 – 4% dari berat total ikan yang dipelihara perhari (Rukmana dan Yudirachman, 2016: 104). Menurut Rowe, D. K et al (2002) kekeruhan yang disarankan pada Ikan Maskoki berkisar antara 10 NTU.

2.2.4 Sensor

Sensor adalah alat yang dapat menerima rangsangan dan merespon dengan suatu sinyal elektrik. Rangsangan adalah kuantitas, sifat, atau kondisi yang dirasakan dan dikonversi ke dalam sinyal elektrik. Tujuan dari suatu sensor adalah untuk merespon suatu masukan sifat fisis (rangsangan) dan mengkonversikannya ke dalam suatu sinyal elektrik melalui kontak elektronik (Manik dkk, 2013).

2.2.4.1 Sensor Kekeruhan

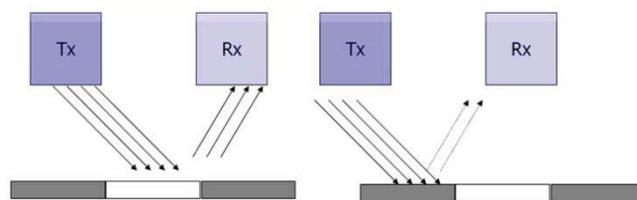
Air dikatakan keruh, apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna maupun rupa yang berlumpur dan kotor. Pengeruhan air disebabkan pula oleh kehadiran jasad – jasad renik, lumpur, tanah liat, dan zat koloid yang serupa atau benda terapung yang tidak mengendap dengan segera (Santoso dan Arfianto, 2014). Berikut bahan yang menyebabkan air menjadi keruh:

1. Tanah liat
2. Endapan (lumpur)
3. Zat organik dan bukan organik yang terbagi dalam butir-butir halus
4. Campuran warna organik yang bisa dilarutkan

5. Jasad renik (makhluk hidup yang sangat kecil)

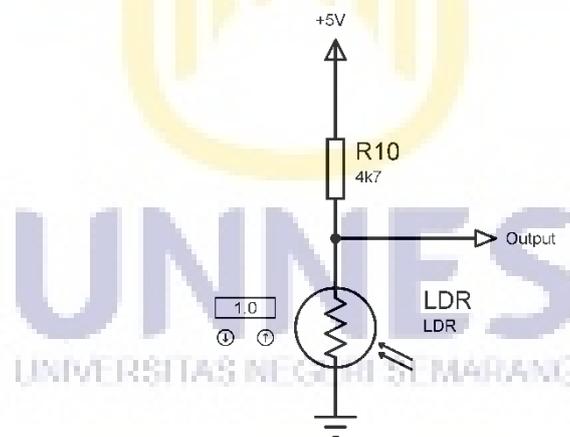
Kekeruhan yang terlalu keruh berdampak terhadap Ikan Maskoki. Pada saat keruh pernapasan Ikan Maskoki terganggu akibat zat terlarut. Tingkat kekeruhan yang disarankan pada Ikan Maskoki berkisar antara 10 NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Dampak kekeruhan akan mengakibatkan Ikan Maskoki kekurangan oksigen dan respon terhadap makanan menurun akibat dari penglihatan yang terhalang (Rowe, D.K., et. al., 2002).

Sensor kekeruhan pada prinsipnya tergantung pada intensitas cahaya yang ditransmisikan sebagai fungsi dari konsentrasi fase terdispersi (zat terlarut), bilamana cahaya dilewatkan melalui suspensi maka sebagian dari energi radiasi yang jatuh dihamburkan dengan penyerapan, pemantulan, dan sisanya akan ditransmisikan (Maemunnur, 2016). Gambar 2.3 menjelaskan cara kerja sensor kekeruhan, ketika *transmitter* (Tx) memancarkan cahaya ke bidang berwarna putih maka cahaya akan dipantulkan hampir semuanya oleh bidang berwarna putih tersebut. Sebaliknya, ketika *transmitter* memancarkan cahaya ke bidang berwarna gelap atau hitam maka cahaya akan banyak diserap oleh bidang gelap tersebut, sehingga cahaya yang diterima *receiver* (Rx) menjadi sedikit.



Gambar 2.3 Diagram Blok Cara Kerja Sensor Kekeruhan

Sensor kekeruhan merupakan sensor yang dapat mendeteksi tingkat kekeruhan pada air berdasarkan intensitas cahaya. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kekeruhan pada penelitian ini menggunakan *Light Dependent Resistor* (LDR). Sensor kekeruhan memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan sensor cahaya, efektif dan efisien serta harganya yang lebih murah (Maemunnur, 2016). Pada prinsipnya sensor kekeruhan akan membaca intensitas cahaya yang dihamburkan oleh partikel yang berada dalam air. Semakin banyak cahaya yang mengenai LDR, maka semakin menurun nilai resistansinya. Sebaliknya, jika cahaya yang mengenai LDR sedikit (gelap), maka nilai hambatannya menjadi semakin besar (Maemunnur, 2016). Rangkaian sensor kekeruhan ditunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rangkaian Sensor Kekeruhan

Prinsip kerja sensor kekeruhan menggunakan LDR sebagai pemancar dan sebagai penerima. Rangkaian sensor kekeruhan menggunakan input tegangan 5 Volt dari mikrokontroler. Dalam rangkaian juga terdapat resistor pembanding sebesar 4k7 ohm. Resistor pembanding digunakan untuk membandingkan

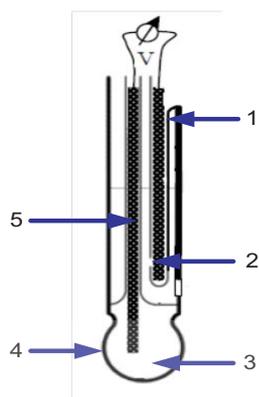
tegangan LDR agar dapat diperoleh perbedaan output ketika LDR mendeteksi air keruh maupun bersih. Rangkaian sensor kekeruhan yang digunakan sebanyak 2 buah, dengan masing-masing LDR mempunyai ukuran 3mm.

Ketika air akuarium pada kondisi keruh, maka pancaran cahaya yang diterima LDR menjadi sedikit, sehingga resistansi LDR membesar dan output tegangan akan besar. Namun ketika air akuarium pada kondisi jernih, maka pancaran cahaya yang diterima LDR menjadi kecil, sehingga resistansi LDR mengecil dan output tegangan akan mengecil. Kondisi ini yang digunakan dalam perbandingan kekeruhan air pada akuarium (Maemunnur, 2016).

2.2.4.2 Sensor pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau tingkat kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Bila $\text{pH} < 7$ maka larutan bersifat asam, sedangkan $\text{pH} > 7$ menunjukkan larutan bersifat basa. Larutan netral memiliki $\text{pH} = 7$ (Ihsanto dan Hidayat, 2014).

Sensor yang biasa digunakan untuk mengukur pH adalah elektroda yang sensitif terhadap ion atau disebut juga elektroda gelas. Elektroda ini tersusun dari batang elektroda (terbuat dari gelas yang terisolasi dengan baik) dan membran gelas (yang berdinding tipis dan sensitif terhadap ion H^+). Elemen sensor pengukur pH terdapat di tengah-tengah, dilingkupi oleh larutan perak klorida (AgCl_2). Bagian bawah dari elemen sensor ini berhubungan dengan membran gelas dan berisi larutan perak klorida. Elektroda sensor pH ditunjukkan gambar 2.5.

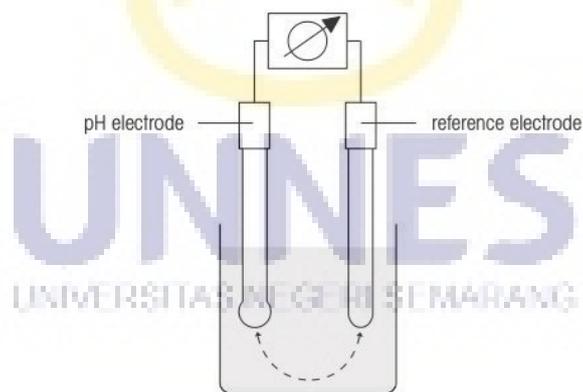


Keterangan:

1. Elektroda referensi
2. Sambungan keramik
3. Elektrolit dalam (HCl)
4. Membran gelas
5. Elektroda perak klorida

Gambar 2.5 Elektroda Sensor pH E210C

Di pasaran sensor pH yang banyak digunakan yaitu Analog pH meter. Analog pH meter adalah pengukuran pH secara potensiometri. Gambar 2.6 menjelaskan prinsip kerja pada sensor Analog pH meter E210C. Prinsip kerja dalam pengukuran pH meter berisi elektroda kerja untuk pH dan elektroda referensi. Perbedaan potensial antara 2 elektroda tersebut sebagai fungsi dari pH dalam larutan yang diukur (Saidul dan Pramana, 2016).



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Sensor Analog pH Meter E210C

Sinyal keluaran elektroda yang memiliki nilai analog akan diolah oleh mikrokontroler. Kemudian hasil yang didapat akan diproses oleh mikrokontroler sehingga didapat nilai yang terukur (Saidul dan Pramana, 2016).

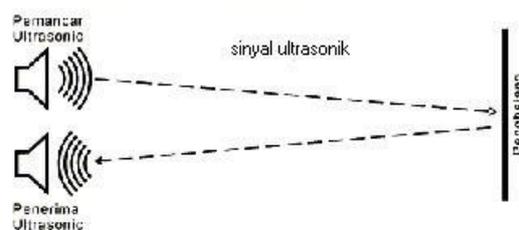
Spesifikasi dari sensor Analog pH meter E210C adalah sebagai berikut:

| | |
|-----------------------------|-----------------|
| <i>Module Power</i> | : 5,00 V |
| Ukuran | : 43 mm x 32 mm |
| <i>Range</i> pengukuran pH: | 0 - 14 |
| Temperatur Kerja | : 0-60 °C |
| Waktu respon | : < 1 menit |

2.2.4.3 Sensor Ketinggian Permukaan Air

Ada beberapa jenis sensor pengukuran ketinggian air, yakni sensor ultrasonik, optik, dan elektronik (Hanani, 2016). Sensor optik adalah suatu sistem kendali otomatis untuk menangkap atau mengumpulkan informasi dengan bantuan cahaya. Sensor elektronik memanfaatkan tenaga elektrik dalam bentuk sinyal elektrik. Sedangkan sensor ultrasonik memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai deteksi pada sensornya.

Gelombang ultrasonik adalah gelombang mekanik yang memiliki ciri-ciri longitudinal dan biasanya memiliki frekuensi di atas 20 Khz. Gelombang ultrasonik adalah gelombang rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat melalui ketiga elemen tersebut sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya (Hanani, 2016).



Gambar 2.7 Cara Kerja Gelombang Ultrasonik

Pada gambar 2.7 menjelaskan ketika gelombang ultrasonik menumbuk suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan diserap dan sebagian akan dipantulkan serta diteruskan. Kemudian akan diterima oleh rangkaian penerima ultrasonik.

Sensor ultrasonik merupakan modul elektronik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gelombang suara ultrasonik. Sensor ini terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang dinamakan *transmitter* dan penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Salah satu sensor ultrasonik adalah tipe SRF-05 yang merupakan jenis sensor ultrasonik yang kompatibel dengan mikrokontroler arduino (Hanani, 2016). Pada penelitian ini digunakan sensor ultrasonik tipe SRF-05. Sensor ultrasonik SRF-05 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Tegangan kerja : 5V DC
 Konsumsi arus : 30 mA (*max* 50 mA)
 Frekuensi kerja : 40 KHz
 Jangkauan : 2 cm – 400 cm
 Akurasi : 0,3 cm
 Input *trigger* : 10us, level pulsa TTL

Pada alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis sensor ultrasonik SRF-05 berfungsi mendeteksi ketinggian permukaan air pada saat pengisian air dan pengurasan air akuarium. Ketinggian level atas digunakan pada saat pengisian air dengan ketinggian tertentu dan ketinggian level bawah digunakan pada saat pengurasan air akuarium. Selanjutnya setelah level atas maupun level bawah terpenuhi data akan diolah oleh mikrokontroler untuk menonaktifkan *solenoid*

valve. *Solenoid valve* merupakan kran elektronik yang digunakan pada saat pengisian air maupun pengurasan air pada akuarium.

2.2.5 Arduino Mega

Arduino adalah papan elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah *chip* mikrokontroler Atmega 2560 dari jenis AVR dari perusahaan Atmel (Syahwil, 2013: 60). Arduino Mega adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560 yang mempunyai 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 analog input, dan 23 pin sebagai output digital, 4 port *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART), *power jack*, *In-Circuit Serial Programming* (ICSP) header dan tombol reset (Syahwil, 2013: 68).

Hardware atau perangkat keras di dalam Arduino Mega adalah:

- a. *Port Universal Serial Bus* (USB)
- b. *Integrated Circuit* (IC) Konverter Serial USB
- c. Mikrokontroler ATmega 2560
- d. Beberapa pin pada arduino mega 2560 memiliki fungsi khusus:
 - 1) *Serial*, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (Rx) dan pin 1 (Tx). Serial 1 : pin 19 (Rx) dan pin 18 (Tx). Serial 2 : pin 17 (Rx) dan pin 16 (Tx). Serial 3 : pin 15 (Rx) dan pin 14 (Tx). Rx digunakan untuk menerima dan Tx untuk *transmit* data serial TTL.
 - 2) *External Interrupts*, yaitu pin 2 (untuk *interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21

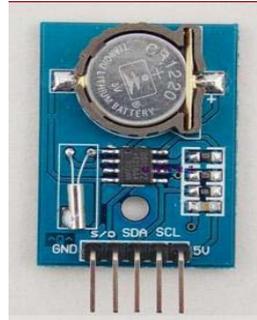
(*interrupt* 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah *interrupt* yang cukup melimpah sejumlah 6 buah.

- 3) PWM: Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46.
- 4) *Serial Peripheral Interface* (SPI) : Pin 50 *Master In Slave Out* (MISO), Pin 51 *Master Out Slave In* (MOSI), Pin 52 (SCK), dan Pin 53 *Slave Select* (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*.
- e. Tegangan masukan (7-12 V)

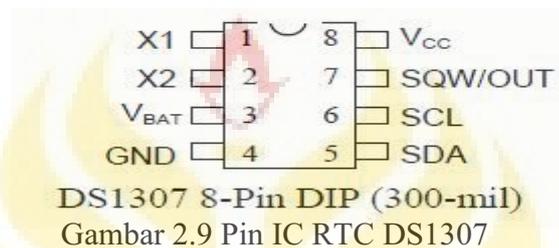
Pada alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis Arduino Mega berfungsi sebagai otak atau komponen utama yang berfungsi sebagai pengolah data dari semua masukan sensor. Selanjutnya data yang sudah diolah akan ditampilkan di LCD. Pengolahan data dari Arduino Mega membutuhkan *source code* yang harus ditulis secara manual sesuai dengan jenis perangkat (sensor-sensor dan LCD) yang menggunakan bantuan *software* Arduino IDE.

2.2.6 *Real Time Clock* (RTC) IC DS1307

RTC adalah jam elektronik berupa *chip* yang dapat menghitung waktu (mulai detik hingga tahun) dengan akurat dan menjaga/ menyimpan data waktu tersebut secara *real time* (Ramadona dkk, 2014). Pada alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis ini, IC DS1307 berfungsi sebagai indikator waktu pemberian pakan otomatis pada ikan. Pin yang digunakan adalah SDA dan SCL yang terhubung dengan mikrokontroler. Bentuk fisik RTC IC DS1307 ditunjukkan pada gambar 2.8 dan gambar 2.9 merupakan fungsi pin IC RTC DS1307 .



Gambar 2.8 Modul IC RTC DS1307



Gambar 2.9 Pin IC RTC DS1307

Berikut fungsi pin IC DS1307 yang memiliki 8 buah pin, yaitu (*Datasheet IC RTC DS1307*):

- 1) *X1* merupakan pin yang digunakan untuk dihubungkan dengan kristal sebagai pembangkit *clock*.
- 2) *X2* berfungsi sebagai keluaran atau output dari kristal yang akan digunakan.
- 3) *V_{BAT}* merupakan *backup supply* untuk RTC DS1307 dalam menjalankan fungsi waktu dan tanggal.
- 4) *GND* berfungsi sebagai *ground*.
- 5) *SDA* berfungsi sebagai *input / output (I/O)* untuk *I2C serial interface*.
- 6) *SCL* berfungsi sebagai *clock* untuk input ke *I2C* dan digunakan untuk mensinkronisasi pergerakan data dalam *serial interface*.
- 7) *SWQ/OUT* berfungsi sebagai *square wave / output driver*.
- 8) *V_{CC}* merupakan sumber tegangan utama.

2.2.7 *Liquid Cristal Display (LCD)*

LCD adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. LCD adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *backlight*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik (Abdul Kadir, 2013: 196).

Dalam modul LCD terdapat mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD. Mikrokontroler pada suatu LCD dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan mikrokontroler *internal* LCD adalah :

- a. *Display Data Random Access Memory (DDRAM)* merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- b. *Character Generator Random Access Memory (CGRAM)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- c. *Character Generator Read Only Memory (CGROM)* merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

- a) *Register* perintah yaitu *register* yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- b) *Register* data yaitu *register* untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada *register* akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

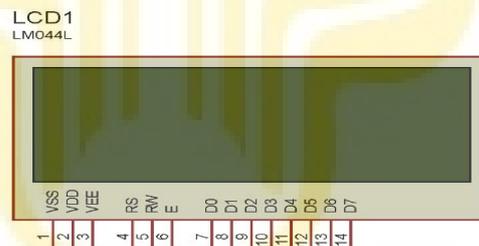
Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD diantaranya adalah :

- a. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD dapat dihubungkan dengan *bus* data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- b. Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
- c. Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- d. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan *trimpot* 5 K Ω , jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.

Gambar 2.10 menunjukkan Modul pin pada LCD 20x4. Modul LCD 20x4 mempunyai 20 kolom dan 4 baris. Sedangkan skema rangkaian LCD 20x4 merupakan rangkaian pengatur kontras pada LCD 20x4.

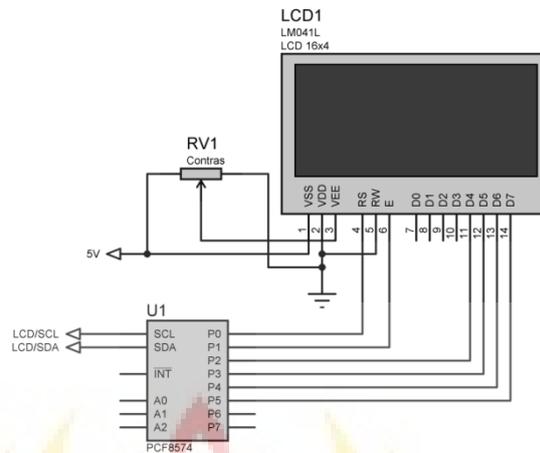
Konfigurasi pin LCD 20x4 adalah sebagai berikut:

- a. Pin 1 (Vss) sebagai jalur *power supply ground* (GND)
- b. Pin 2 (Vcc) sebagai jalur *power supply* positif (+5V)
- c. Pin 3 (Vee) merupakan kontrol kontras LCD
- d. Pin 4 (RS) jalur instruksi pemilihan data atau perintah
- e. Pin 5 (R/W) merupakan jalur instruksi *read / write* pada LCD
- f. Pin 6 (E) jalur kontrol *enable* LCD
- g. Pin7 – pin 14 (DB0 – DB7) adalah jalur data kontrol dan data karakter untuk LCD



Gambar 2.10 Pin LCD 20x4

Untuk menghubungkan LCD 20x4 dengan mikrokontroler, ditambahkan modul I2C agar rangkaian lebih sederhana yaitu menggunakan pin SDA dan pin SCL yang terhubung dengan mikrokontroler. Modul I2C ini juga dilengkapi dengan *variable resistor* untuk mengatur kontras LCD. Gambar 2.11 merupakan skema LCD dengan modul I2C.



Gambar 2.11 Skema LCD dengan modul I2C

Dalam alat akuarium ini digunakan LCD 20x4 yang memiliki 4 baris dan 20 kolom. Dalam aplikasinya LCD ini berfungsi sebagai penampil hasil output dari sensor ultrasonik, sensor analog pH meter dan sensor LDR yang berupa ketinggian air, pH air dan nilai ADC dari pembacaan sensor LDR. Kemudian LCD juga digunakan untuk menampilkan waktu sekarang dan *setting* waktu buka dan tutup pakan otomatis.

2.2.8 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik melalui solenoida. *Solenoid valve* mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan piston yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. *Solenoid valve* atau katup solenoida mempunyai lubang keluaran, lubang masukan, dan lubang *exhaust*. Lubang masukan berfungsi sebagai terminal atau tempat udara bertekanan masuk atau *supply* (*service unit*), sedangkan lubang keluaran berfungsi sebagai terminal atau tempat keluar air, dan lubang *exhaust* berfungsi sebagai saluran untuk mengeluarkan udara bertekanan yang terjebak

saat *plunger* bergerak atau pindah posisi ketika *solenoid valve* bekerja (Choir, 2012).

Prinsip kerja dari *solenoid valve* yaitu katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya, dimana ketika koil mendapat *supply* tegangan maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya. Pada alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis *solenoid valve* berfungsi sebagai kran otomatis saat pengisian maupun pengurasan air akuarium. Spesifikasi *solenoid valve* sebagai berikut (*Datasheet Solenoid Valve NC ½ Inchi*) :

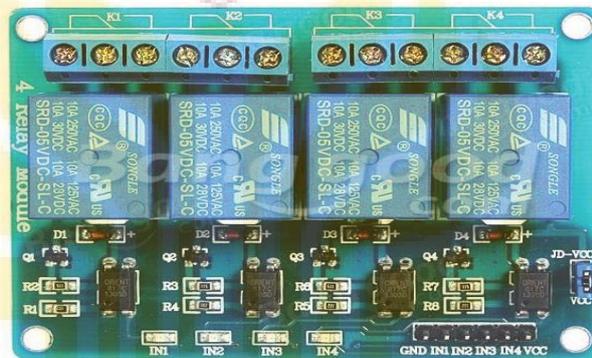
| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Bahan | : <i>Plastic + metal</i> |
| Warna | : <i>White and Black</i> |
| Tegangan kerja | : DC 12V |
| ResponWaktu | : Kondisi ON 0.15s, kondisi OFF 0.3s |
| Tekanan Air | : 0,02-0,8 Mpa |
| Suhu | : 1 – 75°C |
| <i>Interface Modes</i> | : Selang 1/2" |
| Diameter dalam | : 14 mm/0.55" |
| <i>Size</i> | : L x W x H / 80 x 35 x 55 mm |

2.2.9 Relay

Relay adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian elektronik yang satu dengan rangkaian elektronik yang lainnya (Santoso dan Arfianto, 2014). *Relay* memiliki sebuah kumparan yang dililitkan pada sebuah inti dan sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Armatur ini

terpasang pada sebuah tuas berpegas. Saat armatur tertarik, kontak jalur akan berubah posisinya dari kontak normal tertutup ke kontak normal terbuka.

Relay dibutuhkan dalam rangkaian elektronika sebagai eksekutor sekaligus *interface* antara beban dan sistem kendali elektronik yang berbeda sistem *power supply*-nya. Secara fisik antara saklar atau kontaktor dengan elektromagnet *relay* terpisah sehingga antara beban dan sistem kontrol terpisah. Bentuk fisik *relay* ditunjukkan pada gambar 2.12.



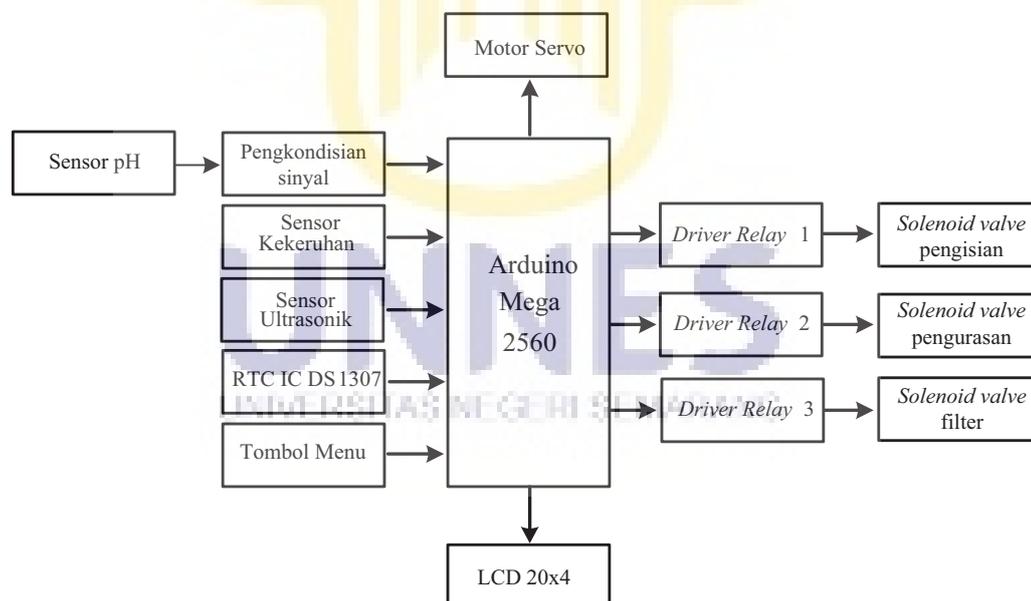
Gambar 2.12 *Relay*

Relay dapat digunakan untuk mengontrol motor AC dengan rangkaian kontrol DC atau beban lain dengan sumber tegangan yang berbeda antara tegangan rangkaian kontrol dan tegangan beban. Salah satu pengaplikasian *relay* adalah *relay* sebagai kontrol ON/OFF beban dengan sumber tegangan yang berbeda. *Relay* sebagai selektor atau pemilih hubungan. Pada alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis *relay* berfungsi sebagai pengendali *solenoid valve*. Modul *relay* yang digunakan adalah modul *relay 4 channel* sesuai yang tersedia di pasaran. Namun yang digunakan adalah 3 *channel* yaitu *channel* untuk *solenoid valve* pengurasan, pengisian, dan filter air. Kondisi *relay* adalah *normally open*,

dengan menggunakan *input* sebesar 5V dari mikrokontroler, sedangkan *output* relay 12V dari *power supply* digunakan pada *input solenoid*.

2.2.10 Perencanaan Alat

Pada rancang bangun alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium ikan hias menggunakan *power supply* sebesar 5V dan menjadi sumber tegangan utama pada rancang bangun ini. *Power supply* 5V menjadi sumber tegangan mikrokontroler arduino mega, dan ketiga buah sensor. Sedangkan mikrokontroler arduino mega menjadi pengendali dari tiga sensor, servo pakan otomatis, dan menu tombol pada *box*. Diagram blok rancang bangun alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium ikan hias ditunjukkan pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Blok Diagram Rancang Bangun Alat Penggantian Air dan Pemberian Pakan Otomatis pada Akuarium Ikan Hias

Sensor pH berfungsi untuk mendeteksi pH pada air, pH normal yang dibutuhkan ikan berkisar 6-8 (Rukmana dan Yudirachman, 2016: 104). Sensor pH memiliki 3 buah pin yang digunakan yaitu pin *Vcc*, *ground*, dan sebuah pin data yang masuk ke dalam mikrokontroler Atmega 2560. Pin data dihubungkan dengan *port* ADC A8 pada mikrokontroler Atmega 2560, sedangkan *Vcc* dan *ground* pada sensor kekeruhan dihubungkan dengan *power supply* 5 volt dan *ground*. Prinsip kerja dari rangkaian sensor pH menggunakan Op-Amp TL072. Rangkaian sensor pH terdiri dari rangkaian *Low Pass Filter* dengan komponen resistor 4.7 MOhm dan kapasitor 2.2 nF.

Sensor LDR berfungsi sebagai sensor kekeruhan, kekeruhan air ikan hias maksimum 10 NTU (Rowe, D. K et al, 2002). Sensor kekeruhan bekerja berdasarkan karakteristik LDR. Ketika air dalam kondisi keruh, maka *output* tegangan akan membesar. Sedangkan ketika air dalam kondisi bersih, maka *output* tegangan akan mengecil. Rangkaian sensor kekeruhan menggunakan *input* tegangan 5V dari mikrokontroler. Dalam rangkaian juga terdapat resistor pembanding sebesar 4k7 ohm. Resistor pembanding digunakan untuk membandingkan tegangan LDR agar dapat diperoleh perbedaan output ketika LDR mendeteksi air keruh maupun bersih. *Output* rangkaian sensor kekeruhan akan menuju pin A0 dan A1 pada mikrokontroler. Kemudian akan dibandingkan dengan turbidimeter, ketika turbidimeter sudah mencapai 10 NTU, maka pada sampel pengukuran tegangan sensor LDR dianggap sama.

Sensor ultrasonik SRF-05 digunakan untuk deteksi level ketinggian permukaan air dengan batas atas pengisian air 20 cm dan batas bawah pengurasan

air 10 cm (sesuai dimensi akuarium panjang 35 cm x lebar 25 cm x tinggi 30 cm). Sensor SRF-05 terdiri memiliki 4 buah pin yaitu *Vcc*, *ground*, *echo* dihubungkan dengan *port 7*, dan *trigger* dihubungkan dengan port 6 pada mikrokontroler. Pin *trigger* akan mengeluarkan gelombang ultrasonik 40 KHz, kemudian akan dipancarkan, selanjutnya objek akan menerima dan memantulkan gelombang tersebut, dan selanjutnya akan diterima oleh pin *echo*.

Pada alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis ini, IC DS1307 berfungsi sebagai indikator waktu pemberian pakan otomatis pada ikan. Pin yang digunakan adalah SDA dan SCL yang terhubung dengan mikrokontroler. Untuk mengatur waktu pakan terbuka digunakan empat tombol yaitu tombol *save* yang terhubung pada pin 40, tombol *cancel* terhubung pada pin 39, tombol *up* terhubung pada pin 41, dan tombol *down* terhubung pada pin 38 ke mikrokontroler. Dalam membuka dan menutup pakan ikan digunakan motor servo yang terhubung pada pin 9 mikrokontroler. Motor servo akan bekerja dengan input PWM (*Pulse Width Modulations*). Motor servo akan membuka dengan sudut 90° serta akan menutup pada sudut 145° .

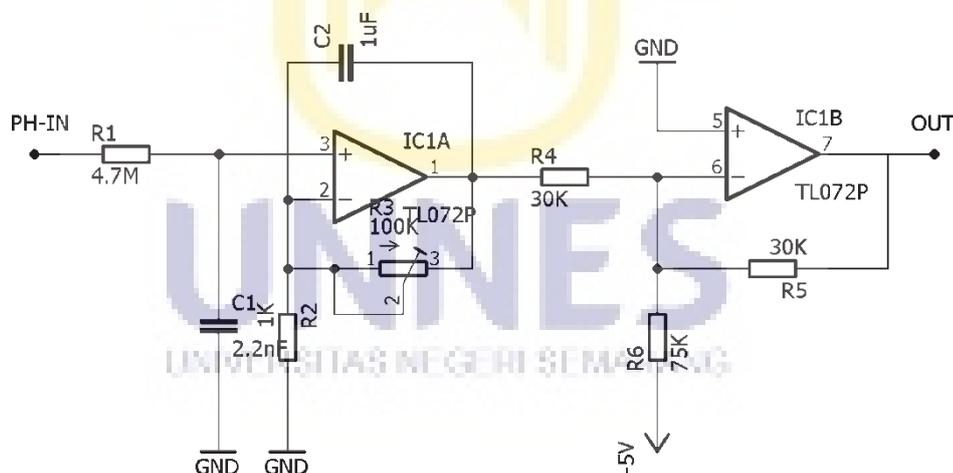
Tampilan hasil *output* dari sensor analog pH meter, sensor LDR dan sensor SRF-05 menggunakan LCD 20x4. LCD membutuhkan *driver* untuk menghemat *port* dari mikrokontroler ke LCD. LCD *driver* ini menggunakan modul I2C LCD *converter* sehingga hanya dua port yang terhubung ke mikrokontroler yaitu pin SDA dan SCL. Diagram alir rancang bangun alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium ikan hias dapat dilihat pada lampiran 1.

1. Rangkaian Pengkondisian Sinyal Sensor Analog pH Meter

Sensor pH berfungsi sebagai mendeteksi asam dan basa secara analog yang akan diolah menjadi data digital oleh mikrokontroler. Sensor pH memiliki 3 buah pin yang digunakan yaitu pin *Vcc*, *ground*, dan sebuah pin data yang masuk ke dalam mikrokontroler Atmega 2560. Pin data dihubungkan dengan *port* ADC A8 pada mikrokontroler Atmega 2560, sedangkan *Vcc* dan *ground* pada sensor analog pH meter dihubungkan dengan *power supply* 5 volt dan *ground*. Fungsi dari masing-masing pin dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Fungsi Pin Sensor Analog pH Meter E210C

| No. | Pin E210C | Fungsi Pin E210C |
|-----|---------------|---|
| 1 | <i>Vcc</i> | Pin sumber tegangan positif sensor 5 volt |
| 2 | <i>Ground</i> | Pin sumber tegangan negatif sensor |
| 3 | <i>Input</i> | Pin input pada mikrokontroler yaitu A8 |



Gambar 2.14 Rangkaian Pengkondisian Sinyal Sensor pH

Gambar 2.14 merupakan rangkaian pengkondisian sinyal sensor pH. Prinsip kerja dari rangkaian pengkondisian sinyal sensor pH menggunakan Op-Amp TL072. Rangkaian tersebut dari rangkaian *Low Pass Filter* dengan komponen

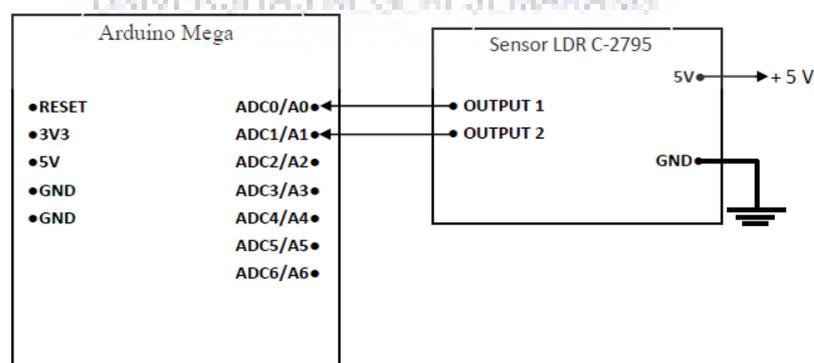
resistor 4.7 MOhm dan kapasitor 2.2 nF. Rangkaian tersebut berfungsi untuk meloloskan sinyal dibawah frekuensi *cut off*-nya.

2. Rangkaian Sensor LDR

Sensor LDR berfungsi sebagai indikator kekeruhan yang akan diolah menjadi data digital oleh mikrokontroler. Sensor kekeruhan memiliki 3 buah pin yang digunakan yaitu pin *Vcc*, *ground*, dan sebuah pin data yang masuk ke dalam mikrokontroler Atmega 2560. Pada penelitian ini menggunakan 2 buah sensor kekeruhan dengan masing-masing pita data dihubungkan dengan *port* ADC A0 dan A1 pada mikrokontroler Atmega 2560, sedangkan *Vcc* dan *ground* pada sensor kekeruhan dihubungkan dengan *power supply* 5 volt dan *ground*. Penggunaan pin pada mikrokontroler arduino mega dan sensor LDR C-2795 ditunjukkan gambar 2.15. Fungsi dari masing-masing pin dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Fungsi Pin Sensor LDR

| No. | Pin LDR | Fungsi Pin LDR |
|-----|---------------|---|
| 1 | <i>Vcc</i> | Pin sumber tegangan positif sensor 5 volt |
| 2 | <i>Ground</i> | Pin sumber tegangan negatif sensor |
| 3 | <i>Input</i> | Pin input pada mikrokontroler |



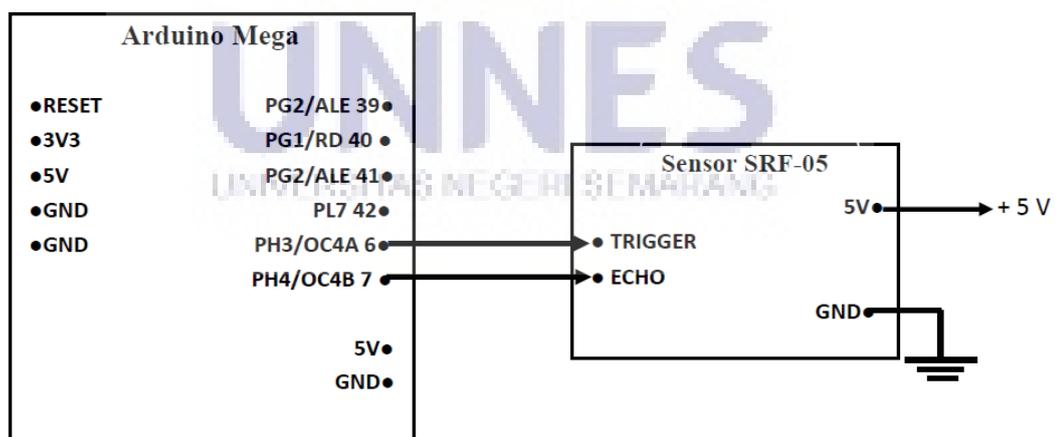
Gambar 2.15. Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan Sensor LDR C-2795

3. Modul Sensor Ultrasonik SRF-05

Sensor ultrasonik berfungsi sebagai pengatur permukaan ketinggian air. Modul sensor ultrasonik yang digunakan tipe SRF-05 dimana memiliki 4 buah pin yaitu pin *Vcc*, *ground*, dan 2 buah pin data yang masuk ke dalam mikrokontroler Atmega 2560. Pin *Echo* dihubungkan dengan *port 7*, pin *trigger* dihubungkan dengan *port 6* pada mikrokontroler Atmega 2560, sedangkan *Vcc* dan *ground* pada sensor ultrasonik SRF-05 dihubungkan dengan *power supply* 5 volt dan *ground*. Penggunaan pin pada mikrokontroler arduino mega pada gambar 2.16. Fungsi dari masing-masing pin dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi Pin Sensor Ultrasonik SRF-05

| No. | Pin SRF-05 | Fungsi Pin SRF-05 |
|-----|----------------|---|
| 1 | <i>Vcc</i> | Pin sumber tegangan positif sensor 5 volt |
| 2 | <i>Trigger</i> | Pin digunakan untuk membangkitkan sinyal ultrasonik |
| 3 | <i>Echo</i> | Pin digunakan untuk mendeteksi/ menerima sinyal pantulan ultrasonik |
| 4 | <i>Ground</i> | Pin sumber tegangan negatif sensor |



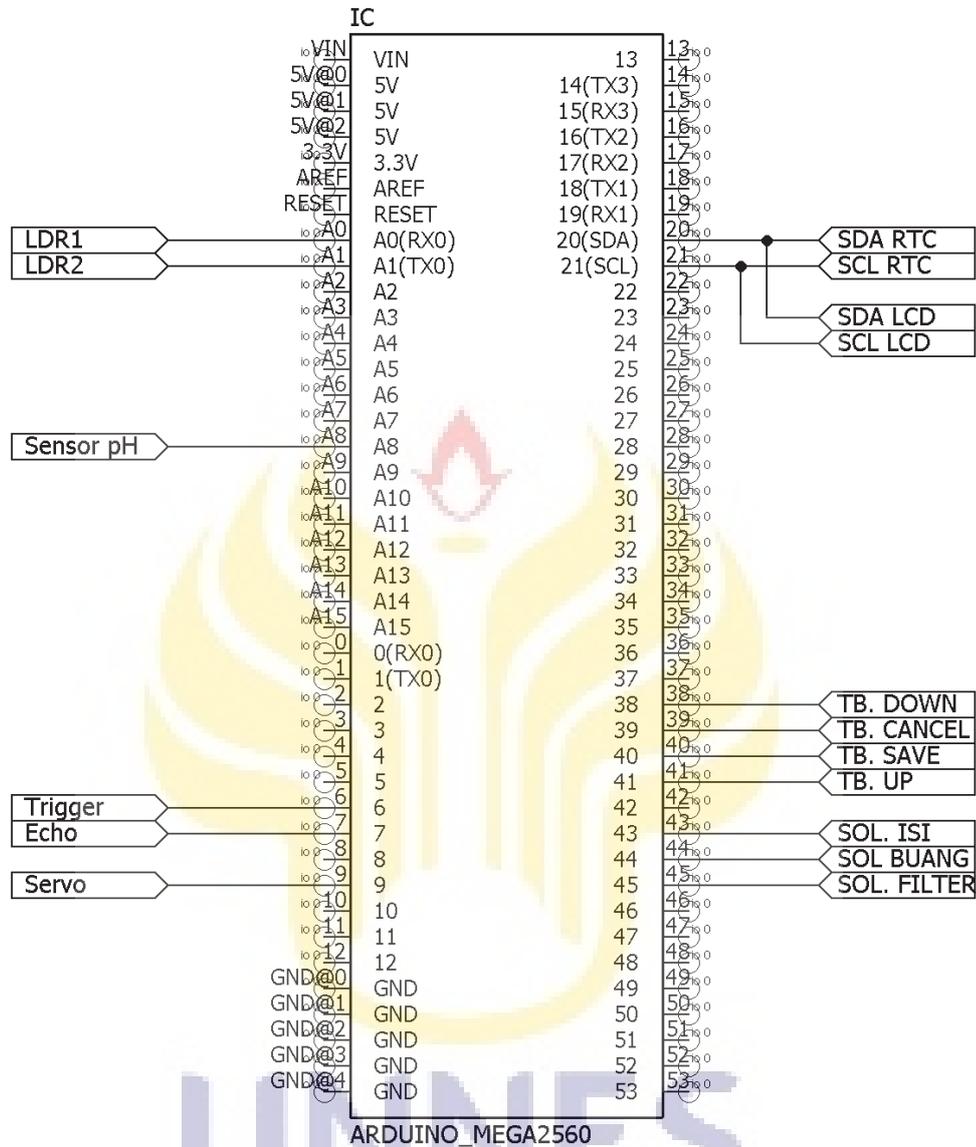
Gambar 2.16 Penggunaan Pin pada Mikrokontoler Arduino Mega dan Sensor Ultrasonik SRF-05

4. Rangkaian Mikrokontroler Atmega 2560

Rangkaian minimum sistem Atmega 2560 berfungsi sebagai otak dari alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium ikan hias. Rangkaian ini bekerja pada tegangan 5 volt yang bersumber dari rangkaian *power supply*. Untuk *clock* digunakan kristal 16 MHz sebagai jantung dari sistem minimum ini. Gambar 2.17 merupakan rangkaian mikrokontroler Atmega 2560. Atmega 2560 memiliki 54 pin, tetapi pada rancang bangun alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis pada akuarium ikan hias yang digunakan sebanyak 15 pin. Tabel 2.4 merupakan keterangan penggunaan pin pada mikrokontroler Atmega 2560.

Tabel 2.4 Penggunaan Pin Mikrokontroler Atmega 2560

| No. | Pin Atmega 2560 | Fungsi |
|-----|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | A0-A1 | Sensor Kekeruhan |
| 2 | A8 | Sensor pH |
| 3 | 6-7 | Sensor Ultrasonik |
| 4 | 9 | Motor Servo |
| 5 | 20-21 | Modul I2C untuk LCD dan RTC |
| 6 | 38-41 | Tombol <i>Up, Down, Save, Cancel</i> |
| 7 | 43-45 | <i>Solenoid</i> Buang, Isi, Filter |

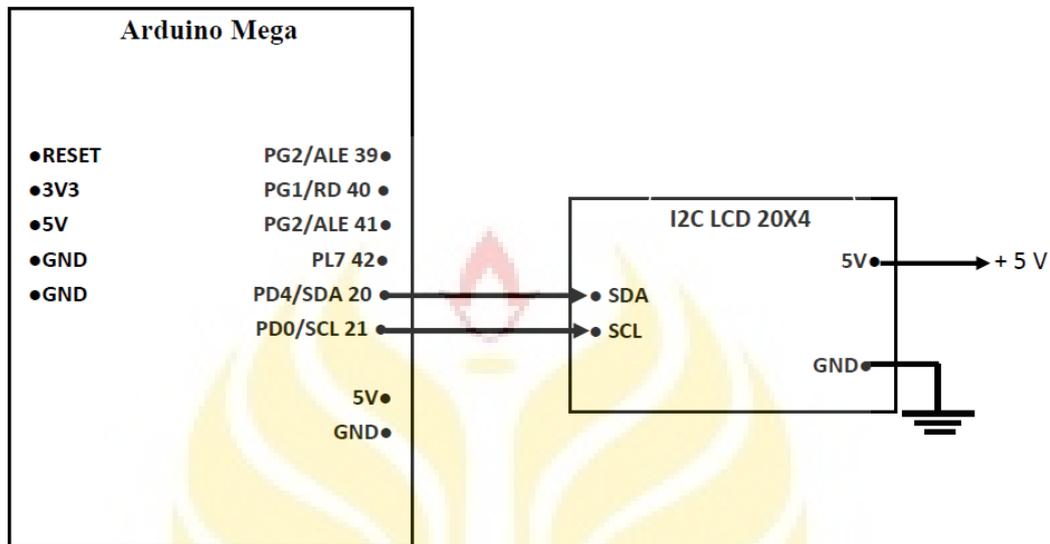


Gambar 2.17 Rangkaian Mikrokontroler Atmega 2560

5. Rangkaian *Display*

LCD 20x4 berfungsi untuk menampilkan data sensor kekeruhan, sensor pH, dan sensor ultrasonik. Pada LCD 20x4 menggunakan modul tambahan yaitu modul I2C LCD agar rangkaian LCD menjadi lebih sederhana. Modul I2C LCD juga dilengkapi *variable resistor* untuk mengatur kontras LCD. Pin mikrokontroler yang digunakan mengatur data LCD terdapat pada pin SDA dan

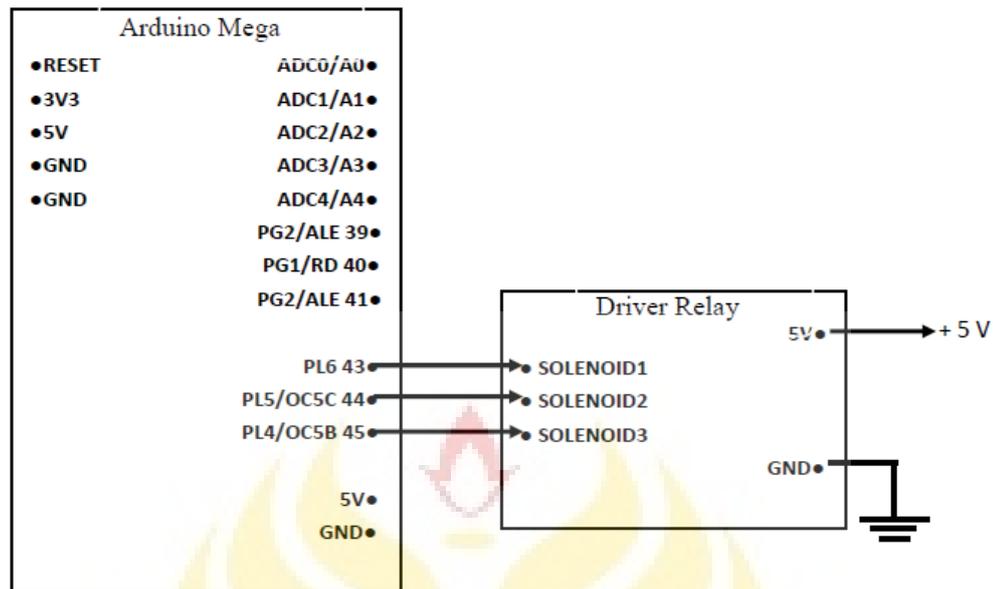
pin SCL. Skema rangkaian I2C LCD terdapat pada gambar 2.11 dan gambar 2.18 merupakan penggunaan pin pada mikrokontroler arduino mega.



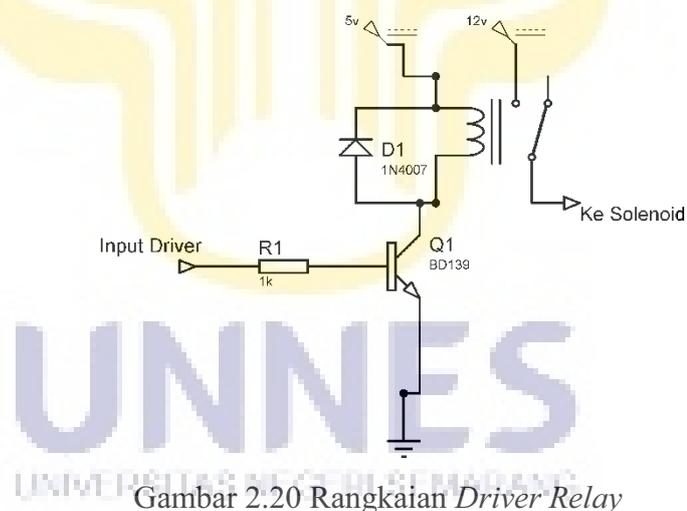
Gambar 2.18 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan Modul I2C LCD

6. Rangkaian *Driver Relay*

Rangkaian *driver relay* digunakan untuk mengendalikan *solenoid valve* pada saat *on* maupun *off*. *Driver relay* menggunakan prinsip kerja transistor sebagai saklar. Pada saat basis transistor mendapat tegangan positif lebih dari 0,7 dari tegangan emitor maka terjadi hubung singkat antara kolektor dan emitor. Sehingga arus akan mengalir dari tegangan 5 volt *relay* menuju *ground*. Ketika *relay* pada kondisi *on* maka saklar *relay* akan berpindah menuju input tegangan 12 volt. Kemudian arus akan dialirkan dari tegangan 12 volt menuju *solenoid valve*. Penggunaan pin pada mikrokontroler arduino mega terdapat pada gambar 2.19 dan gambar 2.20 merupakan rangkaian *driver relay*.



Gambar 2.19 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler Arduino Mega dan *Driver Relay*

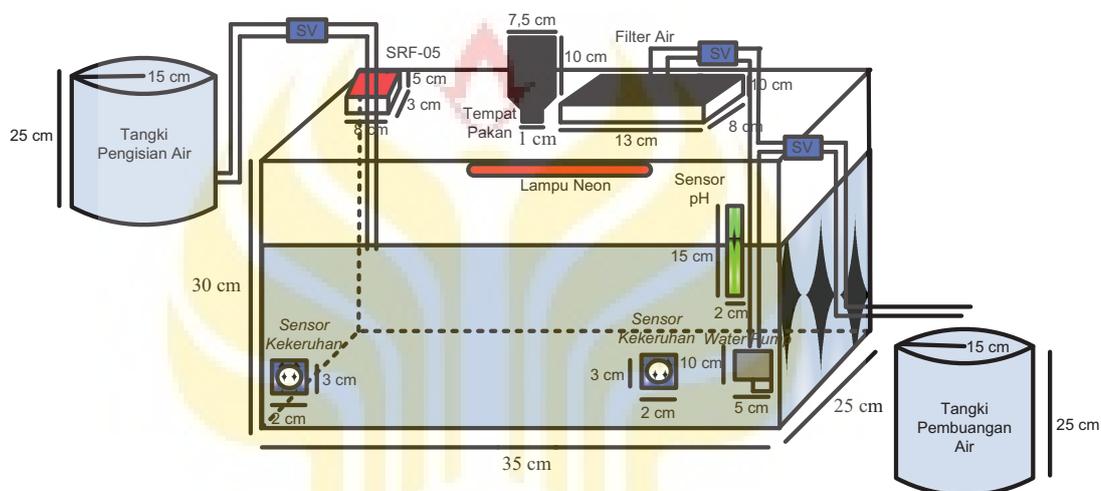


Gambar 2.20 Rangkaian *Driver Relay*

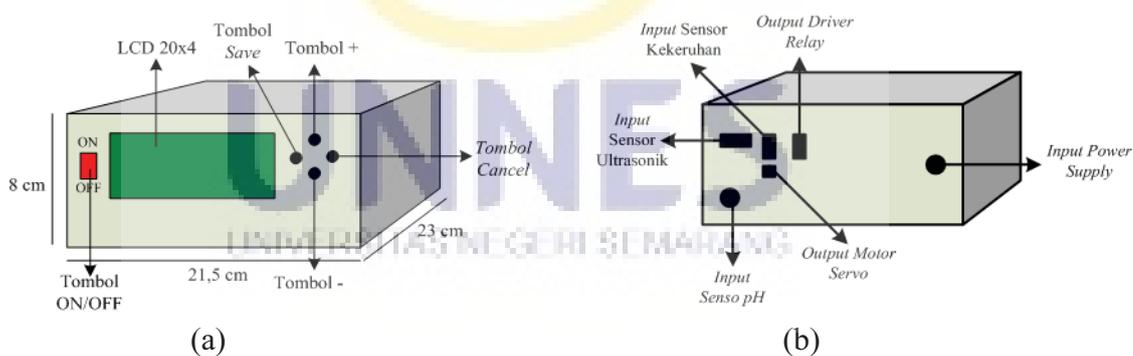
7. Desain Hardware

Alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis ini menggunakan akuarium berbahan kaca dengan ukuran panjang 35 cm x lebar 25 cm x tinggi 30 cm. Alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis ini juga dilengkapi dengan *box* yang berisi *power supply*, Arduino Mega, RTC IC DS1307, *driver*

relay, dan pengkondisian sinyal. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan batas atas pengisian air 20 cm dan batas bawah pengurasan air 10 cm. Gambar 2.21 menunjukkan peletakan bahan-bahan pada akuarium. Sedangkan gambar 2.22 menunjukkan *Box* pengontrolan akuarium dimana (a) *Box* tampak depan, dan (b) *Box* tampak belakang.



Gambar 2.21 Akuarium yang dilengkapi alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis



Gambar 2.22 (a) *box* tampak depan, (b) *box* tampak belakang

8. Program Arduino

Pada perancangan alat, perangkat lunak yang digunakan adalah *software* Arduino IDE 1.0.5 sebagai *programmer* sekaligus *compiler* ke file *.hex*. Bahasa yang digunakan adalah bahasa C. Bahasa C menghasilkan objek kode yang sangat kecil dan dieksekusi sangat cepat. Bahasa C digunakan untuk sistem *programming* pada sistem program yang tertanam (*embedded system*). *Sketch* program bahasa C yang ditulis menggunakan *software* Arduino kemudian diverifikasi terlebih dahulu oleh program arduino tersebut. Kemudian *sketch* program tersebut di*upload* ke dalam alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis. Untuk program keseluruhan terdapat pada lampiran 2.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Komponen yang digunakan yaitu sensor ultrasonik SRF-05 mampu membaca ketinggian air dari 0 cm – 25 cm, sensor analog pH meter E210C mampu membaca pH 1 – 14, serta sensor LDR Photoresistor C-2795 mampu membaca kekeruhan 10 NTU.
2. Alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis terbuat dari 4 sistem kontrol, yaitu:
 - a) Sistem kekeruhan air, menggunakan sensor LDR Photoresistor C-2795
 - b) Sistem pH air, menggunakan sensor analog pH meter E210C.
 - c) Sistem pembuangan dan pengisian air, menggunakan sensor ultrasonik SRF-05 dan *solenoid valve*.
 - d) Sistem pemberian pakan otomatis, menggunakan motor servo dan RTC IC DS1307.
3. Alat penggantian air dan pemberian pakan otomatis memiliki *error* rata-rata pada sistem pengisian dan pengurasan air sebesar $\pm 0,16$ cm, setiap penambahan per gram pakan mengakibatkan penambahan kekeruhan sebesar 0,74 NTU, ketika nilai pH meter lebih dari 0,5 maka nilai sensor pH akan terjadi pembulatan nilai, serta sistem pemberian pakan otomatis pada katup

pembuka pakan memiliki rata-rata *error* $\pm 1,4$ gram dengan membuka berdasarkan 3-4% dari berat total ikan yang dipelihara.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa hal yang dapat dijadikan saran untuk dilakukan penelitian lebih lanjut, yaitu:

1. Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan deteksi pH yang sensitivitas sensor lebih akurat dibandingkan sensor analog pH meter.
2. Pada penggunaan jangka panjang sebaiknya menggunakan *power supply* atau generator tambahan. Agar ketika listrik mati, sistem filter akuarium masih tetap menyala.

DAFTAR PUSTAKA

- Choir, Afdhol Arriska. 2012. *Rancangan dan Uji Coba Otomatisasi Irigasi Kendi*. Skripsi. Depaertemen Teknik Sipil dan Lingkungan. Institut Pertanian Bogor.
- Hanani, Siti. 2016. *Rancang Bangun Sistem Kendali Level Permukaan Air Menggunakan Mikrokontoler Arduino Uno Untuk Pembudidayaan Hidroponik Metode Floating System*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Ihsanto, E. dan S, Hidayat. 2014. *Rancang Bangun Sistem Pengukuran pH Meter dengan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno*. Jurnal Teknik Elektro. 3(5): 139-146.
- Kadir, Abdul. 2013. *Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pmrogramannya menggunakan Arduino*. Yogyakarta: Andi.
- Karimah, Annisa. Gumilar, Iwang. dan Hasan, Zahidah. 2012. *Analisis Prospektif Usaha Budidaya Ikan Hias Air Tawar Di Taman Akuarium Air Tawar (TAAT) Dan Taman Mini Indonesia Indah (TMII) Jakarta*. Jurnal Perikanan dan Kelautan. Vol. 3(3): 145-156.
- Krissanggeni, Rikardus Grace. 2010. *Akuarium Laut di Yogyakarta*. Skripsi. FT. Arsitektur. Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Lesmana, Darti Satyani. 2015. *Ensiklopedia Ikan Hias Air Tawar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Lingga, P. dan Susanto, H. 1999. *Ikan Hias Air Tawar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Manik, Lusia Ester. Najoan, ST., MT., Meicsy E.I. Rumagit, ST., MT., Arthur M., dan Sugiarto, ST., MT., Brave A. 2013. *Rancang Bangun Aplikasi Sistem Pendeteksi Kekeruhan Air Menggunakan Mikrokontroler AVR Atmega8535*. E-journal Teknik Elektro dan Komputer. Universitas Sam Ratulangi.
- Maemunnur, Abdul Fatah. Wiranto, Goib. dan Waslaluddin. 2016. *Rancang Bangun Sistem Alat Ukur Turbidity Untuk Analisis Kualitas Air Berbasis Arduino Uno*. Journal Fisika Vol 4(1). Universitas Pendidikan Indonesia.
- Ramadona, A.S. Haryanto, Edy Victor. dan Tanjung, M. Rusdi. 2014. *Perancangan Alat Pengganti Air Aquarium Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 8*. CSRID Journal, Vol. 6(1): 1-10.
- Rowe, D.K., et. al. 2002. *Lethal turbidity levels for common freshwater fish and invertebrates in Auckland streams*. Auckland Regional Council Technical (337): 37.

- Rukmana, H. Rahmat. dan Yudirachman, H. Herdi. 2016. *Sukses Budi Daya Ikan Mas Secara Intensif*. Yogyakarta : Andi.
- Saidul. dan Pramana S.T, M.T, Rozeff. 2016. *Pengontrolan pH Air secara otomatis Pada Kolam Pembenihan Ikan Kerapu Macan Berbasis Arduino*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Santoso, Budi. dan Arfianto, Agung Dwi. 2014. *Sistem Penggantian Air Berdasarkan Kekeruhan dan Pemberian Pakan Ikan Pada Akuarium Air Tawar Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler ATmega 16*. Malang, Jurnal Ilmiah Teknologi dan Informasi STMik ASIA, Vol. 8(2).
- Satyani, Darti. dan Priono, Bambang. 2012. *Penggunaan Berbagai Wadah Untuk Pembudidayaan Ikan Hias Air Tawar*. Jurnal Media Akuakultur. Vol. 7(1).
- Sim, S.Y. Rimmer, M.A. Toledo, J.D. Sugama, K. Rumengan, I. Williams, K.C. dan Phillips, M.J. 2005. *Pedoman Praktis Pemberian dan Pengelolaan Pakan untuk Ikan Kerapu yang dibudidaya*. NACA, Bangkok, Thailand. 18 ha.
- Somerville, Ian. 2003. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Jakarta: Erlangga
- Syahwil, Muhammad. 2014. *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Yogyakarta: Andi.
- T. K, Sirajudheen. S. Salim, Shyam. A., Bijukumar. dan Antony, Bindu. 2014. *Problems and Prospects of Marine Ornamental Fish Trade in Kerala India*. Journal of Fisheries Economic and Development, Vol. XV(1).