



**ALAT KONTROL TINGKAT KEKERUHAN DAN SUHU
PADA PENDEDERAN BENIH IKAN LELE MENGGUNAKAN
SISTEM RESIRKULASI DENGAN LOGIKA *FUZZY***

SKRIPSI

Oleh :

Dwi Sandhi Agustian

NIM 111910201010

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017



**ALAT KONTROL TINGKAT KEKERUHAN DAN SUHU
PADA PENDEDERAN BENIH IKAN LELE MENGGUNAKAN
SISTEM RESIRKULASI DENGAN LOGIKA *FUZZY***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

Dwi Sandhi Agustian

NIM 111910201010

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat, taufiq, serta hidayah yang sangat luar biasa kepada penulis sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik. Tidak lupa sholawat serta salam kita haturkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang menunjukkan kita sebagai manusia menuju jalan yang terang benderang dengan kehidupan yang lebih baik. Skripsi ini merupakan karya yang tidak pernah ternilai dan terlupakan bagi penulis yang selain sebagai syarat menyelesaikan program studi juga untuk kemajuan umat manusia agar lebih baik. Oleh karenanya karya ini ingin saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, karena perlindungan, pertolongan, dan ridho-Nya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik serta Nabi Besar Muhammad SAW;
2. Kedua orang tuaku, Ayahanda Iskak dan Ibunda Khusniyah, Kakakku Eko Yudha Kustiyani, dan Adikku Neneng Navila terima kasih dukungan, bantuan, serta doa restunya hingga selesainya studi ini;
3. Kerabat dan sanak keluarga, dan semua keluargaku yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan doa;
4. Dosen pembimbing skripsi, M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku DPA yang bersedia meluangkan waktu dan pikirannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesainya skripsi ini;
5. Dosen penguji 1, Bapak Khairul Anam, S.T., M.T., Ph.D dan Dosen penguji 2, Dodi Setiabudi, S.T., M.T. yang telah meluangkan banyak waktu dan pikiran guna memberikan pengarahan demi kemajuan dan terselesainya penulisan skripsi ini dengan baik;
6. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing selama kurang lebih empat tahun ini. Penulis sampaikan banyak terima kasih atas semua ilmu, didikan, dan pengalaman yang sangat luar biasa;
7. Sahabat-sahabatku keluarga KOPI ASAP yang telah menjadi keluarga kedua selama berada di bangku perkuliahan;

8. Teman-teman elektro yang telah berjuang bersama di almamater tercinta, pengalaman mencari ilmu bersama kalian adalah hal yang tidak akan terlupakan. Aku bangga menjadi bagian dari kalian;
9. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran pembuatan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu;



MOTTO

*“Barang siapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu
adalah untuk dirinya sendiri”*

(Q.S Al-Ankabut : 6)

“Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua”

(Aristoteles)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dwi Sandhi Agustian

NIM : 111910201010

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul “**Alat Kontrol Tingkat Kekeruhan dan Suhu Air pada Pendederan Benih Ikan Lele Menggunakan Sistem Resirkulasi Logika *Fuzzy***” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung Tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Oktober 2017
Yang menyatakan,

Dwi Sandhi Agustian
NIM 111910201010

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Alat Kontrol Tingkat Kekeruhan Air dan Suhu pada Pendederan Benih Ikan Lele Menggunakan Sistem Resirkulasi dengan Logika Fuzzy**” karya Dwi Sandhi Agustian telah diuji dan disahkan oleh Program Studi S-1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember dan dinyatakan lulus pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Teknik Elektro, Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Anggota I

M. Agung Prawira N, S.T., M.T.
NIP. 19871217 201212 1 003

Sumardi, S.T., M.T.
NIP. 19670113 199802 1 001

Anggota II

Anggota III

Khairul Anam S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19780405 200501 1 002

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP. 19840531 200812 1 004

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Alat Kontrol Tingkat Kekeruhan dan Suhu Air pada Pendederan Benih Ikan Lele Menggunakan Sistem Resirkulasi Logika *Fuzzy*; Dwi Sandhi Agustian, 111910201010; 2017; 64 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Ikan Lele merupakan jenis ikan yang habitatnya di air tawar. Dikenal sebagai ikan yang memiliki tubuh licin, berlendir, tidak bersisik dan bgersungut atau berkumis. Indonesia memiliki perairan tawar yang sangat luas dan berpotensi besar untuk usaha budidaya ikan lele. Ikan lele adalah jenis ikan konsumsi yang sangat diminati bagi masyarakat luar, oleh karena itu banyak orang membudidayakan lele. Ikan lele mempunyai sifat yang tidak membantu para peternak yaitu sifat kanibalisme. Sifat kanibalisme atau sifat makan memakan sejenis merupakan sifat alami atau bawaan ikan lele. Dalam pertumbuhannya, ikan lele juga dipengaruhi oleh beberapa faktor luar berupa suhu dan tingkat kekeruhan air kolam. Untuk mengatasi gangguan tersebut dibuat alat kontrol untuk menyetabilkan tingkat kekeruhan dan suhu air pada kolam. Kekeruhan buatan dibuat dengan memberikan daun pepaya. Sensor yang digunakan pada alat ini ialah sensor kekeruhan air, sensor *ultrasonic*, dan sensor suhu. Untuk memonitoring nilai sensor dengan menggunakan LCD 20 x 4 dan *output* yang dikontrol berupa 4 pompa dan 1 *heater* air. Serta sebagai pusat kendalinya yaitu arduino mega. Pada penelitian yang dilakukan selama 25 hari, tingkat kekeruhan air tertinggi sebesar 32.6 NTU dan suhu air tertinggi sebesar 31 °C. Pertumbuhan benih ikan lele selama 25 hari dengan alat ini 3 kali lebih besar dari bibit lele yang ditebar dengan presentase kelangsungan hidup lele yang diperoleh sebesar 88 % dari bibit ikan lele yang didederkan.

Kata kunci: Arduino mega, sensor kekeruhan air, Ikan Lele, sensor suhu.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Alat Kontrol Tingkat Kekeruhan dan Suhu Air pada Pendederan Benih Ikan Lele Menggunakan Sistem Resirkulasi Logika *Fuzzy***”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak M. Agung Prawira Negara, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Sumardi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Ayahanda Iskak, Ibunda Khusniyah, Kakakku Eko Yudha Kustiyan, dan Adikku Neneng Navila terima kasih dukungan, bantuan, kasih sayang serta do'a restunya;
4. Teman-Teman ELEKTRO 11 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan bantuannya selama proses penyusunan Skripsi ini;
5. Pihak-pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan dan motivasi kalian dalam penyusunan Skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 18 September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
ABSTRAK	ix
RINGKASAN	xi
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Masalah Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Ikan Lele	4
2.2. Arduino Mega	6
2.3. Sensor Kekeruhan Air	9
2.4. Sensor Ultrasonik HC-SR04	11
2.5. Sensor Suhu DS18b20	13
2.6. LCD	14
2.7. Logika Fuzzy	16

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Studi Pustaka	22
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian	22
3.3. Alat dan Bahan	22
3.4. Perancangan Alat	23
3.4.1. Mekanik	24
3.4.2. Elektronika.....	25
3.5. Diagram Blok dan <i>Flowchart</i>	34
3.5.1. Diagram Blok	34
3.5.2. <i>Flow Chart</i>	35
3.5.3. <i>Fuzzy Logiz</i>	38

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Rangkaian Sensor	47
4.1.1. Pengujian Suhu Kekeruhan Air	47
4.1.2. Pengujian Sensor Suhu	51
4.1.3. Pengujian Kecepatan Pompa	52
4.2. Pengujian Alat Secara Keseluruhan	54

BAB 5. PENUTUP

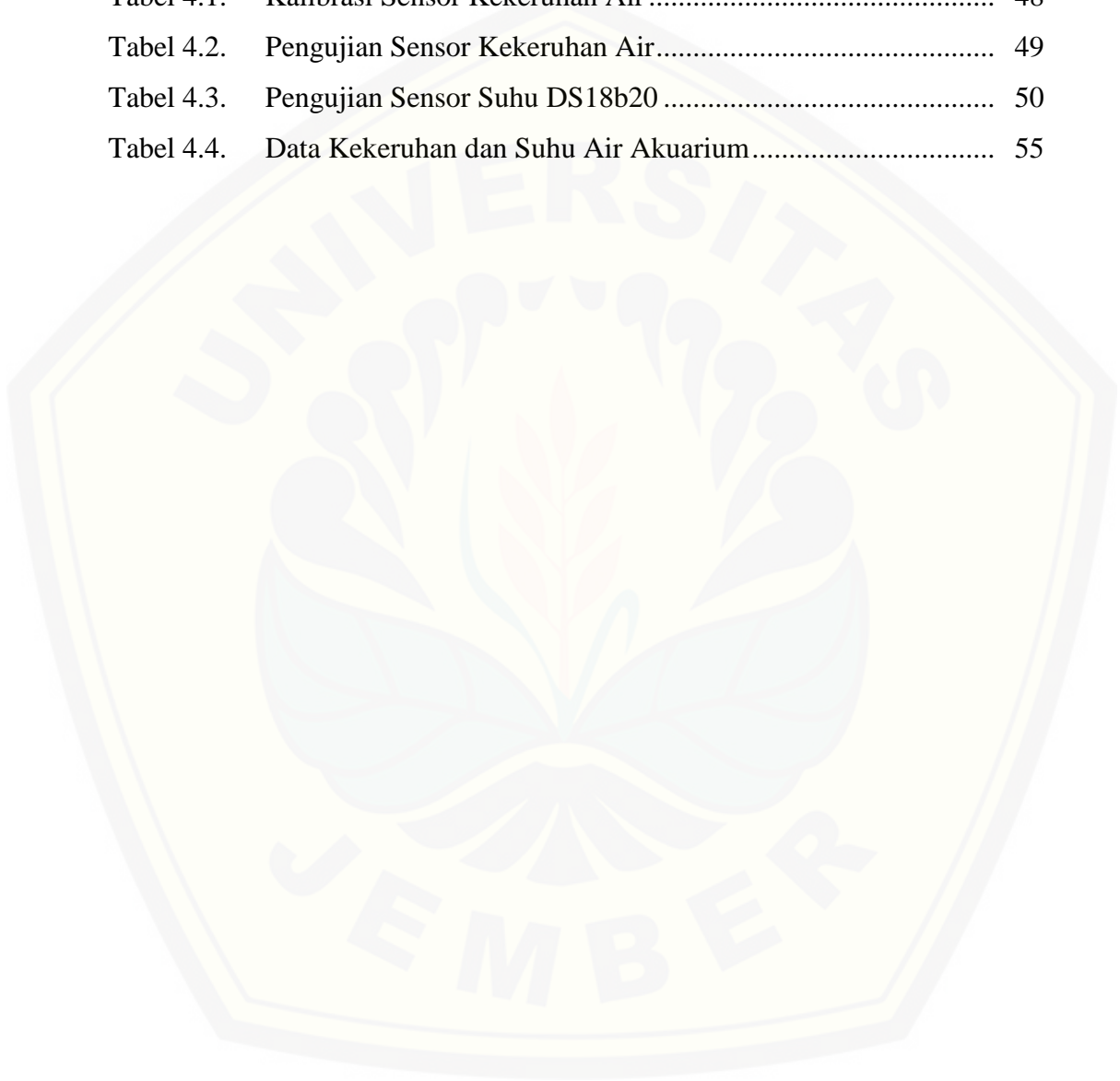
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62

DAFTAR PUSTAKA	63
-----------------------------	----

LAMPIRAN	65
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Deskripsi <i>Arduino Mega 2560</i>	8
Table 3.1. Kumpulan <i>Rule</i>	44
Tabel 4.1. Kalibrasi Sensor Kekeruhan Air	48
Tabel 4.2. Pengujian Sensor Kekeruhan Air	49
Tabel 4.3. Pengujian Sensor Suhu DS18B20	50
Tabel 4.4. Data Kekeruhan dan Suhu Air Akuarium	55



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Ikan Lele.....	4
Gambar 2.2. Induk Ikan Lele	5
Gambar 2.3. <i>Arduino Mega</i>	7
Gambar 2.4. <i>Software Arduino</i>	9
Gambar 2.5. Sensor <i>Photodiode</i>	10
Gambar 2.6. LED	11
Gambar 2.7. Sensor Ultrasonik HC-SR04	13
Gambar 2.8. Sensor Suhu DS18B20	14
Gambar 2.9. Susunan Pin LCD	15
Gambar 2.10. LCD 4 x 20.....	15
Gambar 2.11. Model Fuzy Sugeno	19
Gambar 3.1. Desain perancangan alat.....	23
Gambar 3.2. Kerangka Aquarium	24
Gambar 3.3. Rangkaian Sensor Kekeruhan	25
Gambar 3.4. Rangkaian Sensor Ketinggian	26
Gambar 3.5. Rangkaian Sensor Suhu	27
Gambar 3.6. Rangkaian Driver Pompa	28
Gambar 3.7. Rangkaian Saklar <i>Heater</i>	29
Gambar 3.8. Rangkaian LCD.....	29
Gambar 3.9. Rangkaian Konfigurasi <i>Input</i> dan LCD	31
Gambar 3.10. Rangkaian Konfigurasi <i>Output</i>	32
Gambar 3.11. Rangkaian Elektronika	33
Gambar 3.12. Diagram Blok Sistem	34
Gambar 3.13. <i>Flow Chart</i> Kekeruhan Air	35
Gambar 3.14. <i>Flow Chart</i> Ketinggian Air	36
Gambar 3.15. <i>Flow Chart</i> Suhu Air.....	37
Gambar 3.16. Fungsi Keanggotaan Kekeruhan Air	39
Gambar 3.17. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air.....	40

Gambar 3.18.	Fungsi Keanggotaan <i>Output</i>	42
Gambar 3.19.	<i>Fuzzy Logic</i> Sugeno pada Matlab	42
Gambar 3.20.	<i>Rule Editor</i> pada Matlab	44
Gambar 3.21.	<i>Rule Viewer</i> pada Matlab	45
Gambar 4.1.	Sensor Kekeruhan Air	47
Gambar 4.2.	Alat <i>Turbidimeter</i>	48
Gambar 4.3.	Grafik Tegangan Terhadap Kekeruhan Air.....	49
Gambar 4.4.	Grafik Pembacaan Sensor Kejernihan	50
Gambar 4.5.	Grafik Pengujian Sensor Suhu DS18b20	52
Gambar 4.6.	Pompa <i>DC</i> Cepat.....	53
Gambar 4.7.	Pompa <i>DC</i> Sedang	53
Gambar 4.8.	Pompa <i>DC</i> Lambat.....	53
Gambar 4.9.	Sistem Keseluruhan.....	54
Gambar 4.10.	Benih Ikan Lele	55
Gambar 4.11.	Daun Pepaya.....	55
Gambar 4.12.	Bak Air Keruh Dengan Pepaya	56
Gambar 4.13.	Grafik Data Kekeruhan Air.....	57
Gambar 4.14.	Grafik Data Suhu Air	58
Gambar 4.15.	Ikan Lele Hasil Pendederan	59
Gambar 4.16.	Kanibaliseme Ikan Lele	60

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki perairan tawar yang sangat luas dan berpotensi besar untuk usaha budidaya ikan. Sumberdaya perairan tawar Indonesia meliputi perairan umum (sungai, waduk, dan rawa), sawah, dan kolam dengan total luas lahan 279.867 hektar (Statistik DJPB, 2012). Ketersediaan sumberdaya perairan yang luas dan sumber daya manusia serta teknologi budidaya mengembangkan produksi ikan di Indonesia.

Ikan Lele merupakan jenis ikan yang habitatnya di air tawar. Dikenal sebagai ikan yang memiliki tubuh yang licin, berlendir, tidak bersisik dan bersungut atau berkumis. Lele memiliki kepala yang panjang, hampir mencapai seperempat dari panjang tubuhnya. Kepalanya pipih ke bawah dengan bagian atas dan bawah kepalanya tertutup oleh tulang pelat. Tulang pelat ini membentuk ruangan rongga di atas insang yang terdapat alat pernapasan tambahan berupa labirin. (Supardi, 2003).

Ikan lele bersifat nokturnal yaitu aktif bergerak mencari makan pada malam hari. Pada siang hari biasanya berdiam diri dan berlindung di tempat-tempat gelap. Ikan lele dilengkapi pernafasan tambahan berupa modifikasi dari busur insangnya dan bernafas dengan bantuan labirin. (Rachmatun, 2007).

Ikan lele adalah jenis ikan konsumsi yang sangat diminati oleh masyarakat luas. Oleh karena itu banyak orang membudidayakan lele yang bertujuan untuk menjaga kelestariannya serta memenuhi minat dari masyarakat. Disisi lain banyak juga pihak yang beranggapan bahwa bisnis budidaya ikan lele termasuk kategori sulit dikarenakan sulit mengadaptasikan bibit lele dengan lingkungan dan cuaca sehingga bibit yang ditebar banyak yang mati. Ikan lele secara insentif adalah 25 – 30 °C. Suhu untuk pertumbuhan benih ikan lele 26 – 30 °C. (Himawan, 2008)

Pada dasarnya ikan lele tidak menyukai air jernih. Ikan lele juga memiliki sifat yang sangat tidak membatu para peternak lele yaitu sifat kanibalisme atau sifat makan memakan sejenis. Sehingga kurang dari 75 % hasil panen ikan lele dari benih yang ditebar. Kualitas air kolam yang ideal untuk budidaya lele adalah kolam

berwarna hijau muda (karena *plankton* dan *algae*). Dengan cara memberikan daun-daunan seperti daun singkon, atau daun pepaya. Tujuannya agar air berwarna hijau dan berfungsi sebagai pencegah bau yang dapat ditimbulkan oleh air kolam. Dan daun tersebut memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga dapat membantu pertumbuhan ikan lele yang lebih baik lagi. (Bramasta, 2009)

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti merancang alat yang berfungsi mengontrol kekeruhan air dan suhu pada kolam yang berisi benih ikan lele yang nantinya dapat dibandingkan dengan pengontrolan ikan lele secara manual. Dalam perancangan tersebut digunakan metode *fuzzy logic* sehingga pengendalian tingkat kekeruhan dan suhu pada air dapat terkontrol dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian yang diusulkan dalam proposal ini adalah beberapa hal yang menjadi rumusan masalah antara lain :

1. Bagaimana merancang alat pengontrolan tingkat kekeruhan dan suhu pada benih ikan lele menggunakan sistim reserkulasi dengan kontrol *Fuzzy Logic*?
2. Bagaimana kinerja pengontrolan tingkat kekeruhan dan suhu pada benih ikan lele menggunakan sistim reserkulasi dengan kontrol *Fuzzy Logic*?

1.2 Tujuan

Dalam penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan yang diantaranya :

1. Merancang alat pengontrolan tingkat kekeruhan dan suhu pada benih ikan lele menggunakan sistim reserkulasi dengan kontrol *Fuzzy Logic*.
2. Mengetahui kinerja pengontrolan tingkat kekeruhan dan suhu pada benih ikan lele menggunakan sistim reserkulasi dengan kontrol *Fuzzy Logic*.

1.3 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari judul penelitian pembuatan alat ini diantaranya ialah:

1. Menekan angka kematian pada benih ikan lele.

2. Mengembangkan teknologi dan otomasi pada alat pendeteksi kekeruhan air dan suhu.
3. Mengaplikasikan pengetahuan mengenai teknologi kontrol pada kolam ikan lele agar bisa menekan tingkat kematian benih ikan lele.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk membatasi masalah-masalah diluar konsep dari penelitian ini. Batasan masalah tersebut diantaranya ialah:

1. Kolam yang dibuat menggunakan akuarium 1mx1mx1m.
2. Pengendali menggunakan *Arduino Mega*.
3. Sensor kekeruhan air dengan menggunakan sensor *photodiode*.
4. Sensor Suhu dengan menggunakan sensor DS 18B20.
5. Sensor Ketinggian Air dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04
6. Penampilan data menggunakan LCD 2x16.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Lele

Ikan lele adalah sejenis ikan yang hidup di air tawar. Lele mudah dikenali karena tubuhnya yang licin, agak pipih memanjang, serta memiliki kumis yang panjang yang mencuat dari sekitar bagian mulutnya. Meski ikan lele dianggap sebagai musuh dikolom atau sebagai predator. Di Indonesia ikan lele mempunyai beberapa nama daerah, antarlain: ikan kalang (Padang), ikan maut (Gayo, Aceh), ikan pintet (Kalimantan Selatan), ikan keeling (Makasar), ikan cepi (Bugis), ikan lele (Jawa Tengah). Dalam Bahasa Inggris disebut *catfish*, *silurid*, *mudfish*, dan *walking catfish*. Ikan lele tidak pernah ditemukan di air payau atau air asin. Habitatnya di sungai dengan arus air yang perlahan, rawa, telaga, waduk, sawah yang tergenang air. (Suyanto, 1999).

Tidak seperti ikan lainnya, agak sulit untuk mengatakan bentuk badan lele bentuk badan lele secara tepat. Tengah badanya mempunyai potongan membulat, dengan kepala pipih kebawah, sedangkan bagian belakang tubuhnya berbentuk pipih kesamping, jadi pada lele ditemukan tiga bentuk potongan melintang (pipih kebawah, bulat, dan pipih kesamping). Ikan ini memiliki kulit berlendir dan tidak bersisik (mempunyai pigmen hitam yang berubah menjadi pucat bila terkena cahaya matahi, dua buah lubang penciuman yang terletak dibelakang bibir atas, siri punggung dan dubur memanjang sampai ke pangkal ekor namun tidak menyatu dengan sirip ekor.



Gambar 2.1. Ikan Lele

(<http://www.gallerydevie.com/cara-membuat-kolam-semen-ikan-lele/>)

Ikan lele jantan dan betina <http://www.gallerydevie.com/cara-membuat-kolam-semen-ikan-lele/na> sangat mudah untuk dibedakan. Lele jantan memiliki papilla seksual yang terletak tepat dibelakang anus yang berbentuk runcing. Sedangkan pada betina tidak ada, alat kelaminnya berbentuk membulat.



Gambar 2.2. Induk ikan lele jantan (a) dan Betina (b)

1.1.1. Habitat ikan lele

Habitat ikan lele di sungai dengan arus air yang perlahan, rawa, telaga, waduk, sawah yang tergenang air. Ikan lele bersifat *nocturnal*, yaitu aktif bergerak mencari makanan pada malam hari. Pada siang hari, ikan lele berdiam diri dan berlindung di tempat-tempat gelap. Di alam ikan lele memijah pada musim penghujan. Sehingga pemijahan ikan ini terkendala akan musim, untuk itu pemenuhan akan bibit ikan lele yang bermutu dan sesuai dengan waktu akan sulit terpenuhi. (Suyanto, 1999).

Ikan lele lebih menyukai air tenang yang ada perlindungan dengan dasar perairan sedikit berlumpur, tepian dangkal, dan membuat lubang sebagai sarang untuk melangsungkan perkawinannya bila telah menginjak dewasa. Jika di kolam pemeliharaan pelindung dapat dibuatkan penutup berupa tanaman air lainnya. Ikan lele dapat hidup baik di dataran rendah sampai 500 m di atas permukaan laut, pada suhu 26 – 30 °C.

Ikan lele memiliki organ *arborescent* atau insang tambahan yang dikenal pula dengan sebutan *labirynt*. Dengan alat ini, lele dapat hidup di dalam lumpur atau di air yang hanya mengandung sedikit oksigen. Ikan lele juga mampu hidup di

luar air (darat) dalam beberapa jam, asalkan udara di sekitarnya cukup lembab. Dalam pemeliharaan di kolam, ikan lele tidak memerlukan kualitas air yang jernih atau mengalir seperti ikan-ikan lainnya. (Khairuman dan Amri, 2002).

1.1.2. Kualitas Air

Air merupakan faktor terpenting dalam budidaya ikan. Bukan hanya lele, ikan-ikan lain pun untuk hidup dan berkembang baik memerlukan air. Tanpa air ikan tidak akan hidup. Karenanya, kualitas air harus diperhatikan agar kegiatan budidaya berjalan sesuai dengan yang di harapkan. Kualitas air adah variabel-variabel yang dapat memepengaruhi kehidupan lele. Variabel tersebut dapat berupa sifat fisika, kimia, dan biologi air. Sifat-sifat fisika air meliputi suhu, kekeruhan, dan warna air. Sifat kia air adalah kandungan oksigen, karbondioksida, pH, *amoniak* dan *alkalintas*. Sifat biologi meliputi *plankton* yang hidup disuatu perairan. (Khairuman dan Amri, 2002).

Kualitas Air harus tetap terjaga dengan baik dan pakan harus tersedia dalam jumlah dan kualitas yang mencukupi. Karenanya penggantian atau penambahan air harus dilakukan setiap 2 hari sekali atau tergantung dari kebutuhan dengan melihat kualitas air yang ada di dalam kolam pendederan. Sumber air dapat menggunakan aliran irigasi, air sumur (air permukaan atau sumur dalam), ataupun air hujan yang sudah dikondisikan terlebih dulu. (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2007).

2.2 *Arduino*

Arduino merupakan *platform* yang terdiri dari *software* dan *hardware*. *Hardware arduino* sama dengan mikrokontroler pada umumnya hanya pada *arduino* ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software arduino* merupakan *software open source* sehingga dapat *download* secara gratis.

Pemrograman *arduino* tidak sebanyak tahapan mikrokontroler konvensional karena *adui*no sudah didesain mudah untuk dipelajari, sehingga para pemula dapat mulai belajar mikrokontroler dengan *arduino*. *Arduino* yang bersifat *open source* melibatkan beberapa tim pengembang diantaranya Massimo Banzi dan David Cuartielles sebagai *founder*.

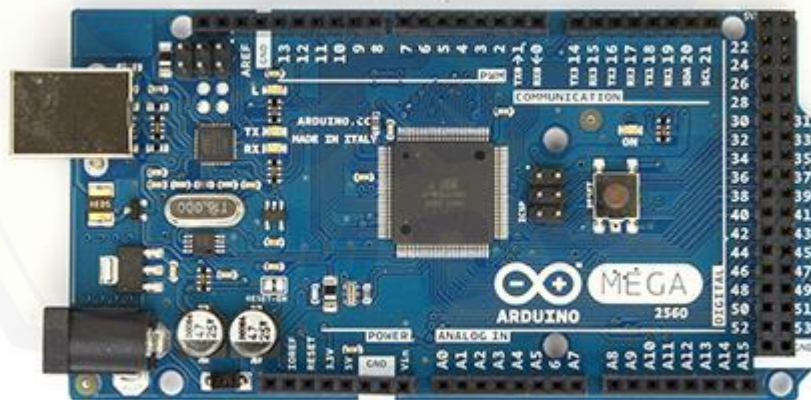
2.2.1 Hardware Arduino (Arduino Mega 2560)

Arduino mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. *Arduino mega 2560* memiliki 54 pin digital *input/output*, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai *input analog*, dan 4 pin sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz Kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header ICSP*, dan tombol *reset*. (Arduino, Inc. : 2009)

Arduino mega 2560 berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB-to-serial. Tapi, menggunakan chip ATmega 16U2 yang deprogram sebagai converter USB-to-serial.

Arduino mega 2560 memiliki fitur-fitur sebagai berikut:

- 1.0 *pinout* : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin *RESET*, *IOREF* memungkinkan *shield* untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan.
- Sirkuit *RESET*
- *Chip* ATmega 16U2 menggantikan *chip* ATmega8U2



Gambar 2.3 Arduino Mega 2560

Deskripsi *Arduiono Mega 2560*:

Tabel 2.1 Deskripsi *Arduino 2560*.

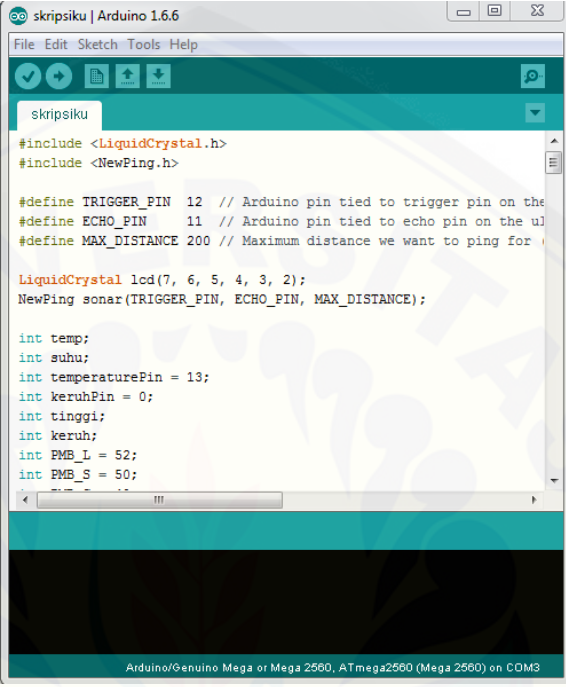
<i>Mikrokontrller</i>	Atmega328
<i>Operasi Voltage</i>	5 V
<i>Input Voltage</i>	7-12 V (Rekomendasi)
<i>Input Voltage</i>	6-20 V <i>limits</i>
<i>I/O</i>	54 pin (15 <i>pin</i> untuk PWM)
<i>Pins Analog</i>	16
Arus	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB,
<i>Bootloader</i>	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan	16 Mhz

2.2.2 *Software Arduino*

Arduino diciptakan untuk para pemula bahkan yang tidak memiliki *basic* bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui *libraby*. *Arduino* menggunakan *software processing* yang digunakan untuk menulis program kedalam *Arduino*. *Processing* sedniri merupakan penggabungan antara Bahasa C++ dan *Java*. *Software arduino* ini dapat di-*install* diberbagai *operating system (OS)* seperti : *Linux, Mac OS, Windows*. *Software IDE arduino* terdiri dari tiga bagian:

1. *Editor* program, untuk menulis dan mengedit program dalam Bahasa *processing*. *Listing* program pada *arduino* disebut *sketch*.
2. *Compiler*, modul yang berfungsi mengubah Bahasa *processing* (kode program) kedalam kode *biner* karena kode *biner* adalah satu-satunya Bahasa program yang dipahami oleh mikrokontroler.
3. *Uploader*, modul yang berfungsi memasukkan kode biner kedalam memori mikrokontroler.

Struktur perintah pada Arduino garis besar terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak *arduino* dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama *arduino* dinyalakan.



```
skripsiku
#include <LiquidCrystal.h>
#include <NewPing.h>

#define TRIGGER_PIN 12 // Arduino pin tied to trigger pin on the ultrasonic sensor
#define ECHO_PIN 11 // Arduino pin tied to echo pin on the ultrasonic sensor
#define MAX_DISTANCE 200 // Maximum distance we want to ping for (in cm)

LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

int temp;
int suhu;
int temperaturePin = 13;
int keruhPin = 0;
int tinggi;
int keruh;
int PMB_L = 52;
int PMB_S = 50;
```

Gambar 2.4. Software Arduino

2.3 Sensor Kekeruhan Air

2.2.1 Photodiode

Dalam perancangan alat ini, sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dengan menggunakan *photodiode* sebagai penerima cahaya yang akan dipancarkan oleh LED. Sensor *photodiode* merupakan piranti semikonduktor dengan struktur sambungan p-n yang dirancang untuk beroperasi bila dibiaskan dalam keadaan terbalik, untuk mendeteksi cahaya.

Ketika energi cahaya dengan panjang gelombang yang benar jatuh pada sambungan *photodiode*, arus mengalir dalam sirkuit eksternal. Cahaya diserap di daerah penyambungan atau daerah *intrinsic* menimbulkan pasangan *electron-hole* yang mengalami perubahan karakteristik elektrik ketika energi cahaya melepaskan pembawa muatan dalam bahan itu, sehingga menyebabkan berubahnya

konduktivitas. Hal inilah yang menyebabkan *photodiode* dapat menghasilkan tegangan/ arus listrik jika terkena cahaya. Hal ini dapat ditunjukkan dengan rumus di bawah ini:

$$E_g = \frac{h.c}{\lambda} \quad \text{atau} \quad E_g = h.f \quad (2.1)$$

Dimana E_g = Energi *foton*

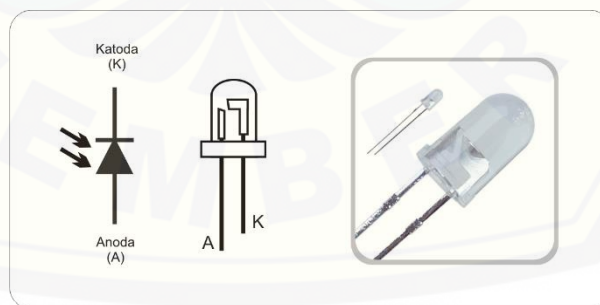
h = Potensial *ionisasi* ($4,136.10^{-15}$ eV)

c = Kecepatan cahaya (3.10^8 m/s)

λ = Panjang Gelombang Cahaya (m)

Karakteristik bahan photodioda:

1. *Silikon* (Si): arus lemah saat gelap, kecepatan tinggi, sensitivitas yang bagus antara 400 nm sampai 1000 nm.
2. *Germanium* (Ge): arus tinggi saat gelap, kecepatan lambat, sensitivitas baik antara 600 nm sampai 1800 nm.
3. *Indium Gallium Arsenida* (InGaAs): arus kecil saat gelap, kecepatan tinggi, sensitivitas baik pada jarak 800 nm sampai 1700 nm. (Johannes Pandiangan, 2007)



Gambar 2.5. Sensor *photodiode*

(<http://zefrone.blogspot.co.id/2015/06/photodioda-photodiode.html>)

2.2.2 LED

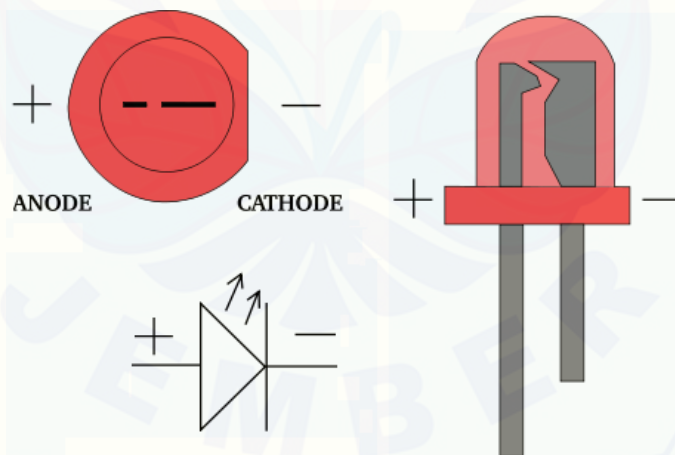
Light Emiting Diode (LED) adalah salah satu jenis diode yang dapat memancarkan cahaya ketika diberi bias maju. Pada perancangan alat ini LED

digunakan sebagai sumber cahaya yang nantinya akan diterima oleh *photodiode*. Sumber cahaya dari bahan semi-konduktor (LED) merupakan sumber cahaya utama pada perancangan ini.

Silikon (Si) dan *Germanium* (Ge) adalah material utama yang digunakan pada industry semikonduktor elektronik. Struktur level transisi tidak langsung yang terjadi maka radiasi transfer electron antara 2 pita tidak terjadi dengan mudah karena dibutuhkan perubahan momentum.

Sebuah persambungan *pn* telah dibuat dalam berbagai senyawa semikonduktor. Arus listrik dibuat untuk mengalir melewati persambungan pada arah maju, sehingga electron atau *hole* pembawa mayoritas disuntikan ke dalam daerah persambungan dan *luminescence* terjadi akibat rekombinasi dari pembawa muatan ini (*hole* dan electron).

LED merupakan komponen aktif *bipolar* semikonduktor, karena itu hanya mampu mengalirkan arus dalam satu arah saja. Untuk menyalakan LED, cukup dengan mengalirkan arus dari *anoda* ke *katoda* dengan beda potensial minimum berkisar antara 1,5 hingga 2 volt dan arusnya berkisar 20 mA. (Edi Permadi, 2010)



Gambar 2.6. LED

(<http://cgggo.blogspot.co.id/2012/10/membuat-lampu-hemat-energi-dari-led.html>)

2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR04.

Pada rancangan alat ini, untuk mengukur ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang

memiliki frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz. Frekuensi kerja yang digunakan dalam gelombang ultrasonik bervariasi tergantung pada *medium* yang dilalui, mulai dari kerapatan rendah pada fasa gas, cair hingga padat.

Ultrasonik modul ini bekerja dengan cara menghasilkan gelombang suara pada frekuensi tinggi, yang kemudian dipancarkan oleh bagian *receiver*. Dengan mengetahui lamanya waktu antara dipancarkannya gelombang suara sampai ditangkap kembali.

Sinyal dipancarkan oleh pemancar *ultrasonic*. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20 KHz, biasanya yang digunakan untuk mengukur jarak benda. Sinyal tersebut dibangkitkan oleh rangkaian pemancar *ultrasonic*. Sinyal yang dipancarkan tersebut kemudian akan merambat sebagai sinyal/ gelombang bunyi dengan kecepatan bunyi yang berkisar 340 m/s. Sinyal tersebut kemudian akan dipantulkan dan akan diterima kembali oleh bagian penerima *ultrasonic*.

Jika gelombang ultrasonik berjalan melalui sebuah *medium*, secara matematis besarnya jarak dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti berikut:

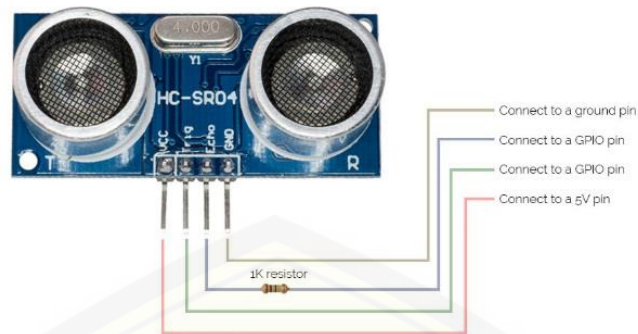
$$s = \frac{v \cdot t}{2} \quad (2.2)$$

Dimana s = Jarak dalam satuan meter (m)

v = Kecepatan suara (m/s)

t = Waktu tempuh dalam satuan detik (s)

Ketika gelombang *ultrasonic* mengenai suatu penghalang maka sebagian gelombang tersebut akan dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian yang lain akan diteruskan. (Aldi Ferdian Yudhistira, 2014)



Gambar 2.7. Sensor *Ultrasonic* HC-SR04

(<http://ananddrs.com/2014/03/11/raspberry-pi-ultrasonic>)

2.5 Sensor Suhu DS18B20

Untuk pengukuran suhu air pada alat ini menggunakan sensor suhu DS18B20. Sensor DS18B20 merupakan sebuah sensor suhu dimana akurasi nilai suhu dan kecepatan pengukuran meiliki kestabilan yang jauh lebih baik dari sensor LM35DZ. DS18B20 adalah sensor suhu digital yang dikeluarkan oleh *Dallas Semiconductor*. Untuk pembacaan suhu, sensor menggunakan protokol *1 wire communication*. DS18B20 memiliki 3 pin yang terdiri dari 5V, *Ground* dan *Data I/O*.

Temperature sensor DS18B20 beroperasi pada suhu $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Keunggulan DS18B20 yaitu *output* berupa data digital dengan nilai ketelitian $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama kisaran *temperature* $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga mempermudah pembacaan oleh mikrokontroler. Dalam pemrograman DS18B20, terdiri atas *library OneWire.cpp* dan *OneWire.h*. (Rinada, Febriani: 2013)

Spesifikasi sensor suhu DS18B20:

- Unik *1-Wire interface* hanya memerlukan satu *pin port* untuk komunikasi secara *1-Wire*
- Setiap perangkat memiliki kode *serial 64-bit* yang disimpan dalam sebuah ROM *onboard*
- Bekerja pada kisaran tegangan 3 sampai 5,5 V
- Dapat mengukur suhu pada kisaran -55 sampai $125\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Resolusi dapat dipilih oleh pengguna antara 9 sampai 12 *bit*

- Kecepatan mengkonversi suhu maksimal 750 ms
- Kompatibel dengan *software Codevision AVR*



Gambar 2.8. Sensor Suhu DS18B20
(Datasheet DS18B20, <http://www.digchip.com>)

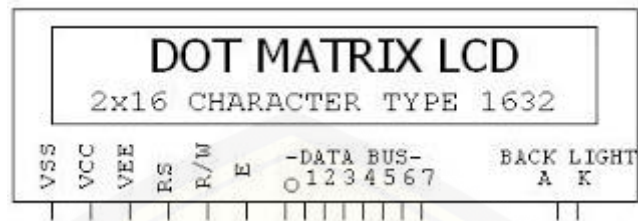
2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan Kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. LCD berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus yang rendah.

LCD *dot* matrik M1632 merupakan terdiri dari bagian penampil karakter yang berfungsi menampilkan karakter dan bagaian sistem prosesor LCD dalam bentuk modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakang LCD tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler yang menggunakan modul LCD tersebut. Modul prosesor M1632 pada LCD tersebut memiliki memori sendiri sebagai berikut:

- CGROM (*Character Generator Read Only Memory*)

- CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*)
- DDRAM (*Display Data Random Access Memory*)

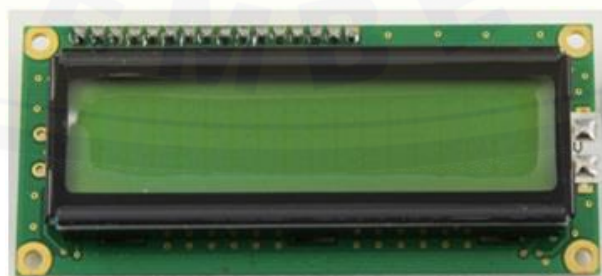


Gambar 2.9. Susunan Pin LCD

(<http://irdaloves.blogspot.co.id/2009/04/menampilkan-karakter-pada-lcd-2-x-16.html>)

Fungsi Pin LCD *dot matrix* 2X16 M1632 yaitu sebagai berikut:

1. DB0 – DB7 adalah jalur data yang berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirimkan dan menerima data intruksi dari mikrokontoler ke modul LCD.
2. RS adalah *pin* yang berfungsi sebagai sebuah selektor *register* yaitu dengan memberikan logika *low* sebagai *register* perintah dan logika *high* sebagai *register* data.
3. R/W adalah *pin* yang berfungsi untuk menentukan mode baca atau tulis dari data yang terdapat pada DB0 – DB7. Yaitu dengan memberikan logika *low* untuk fungsi *read* dan logika *high* untuk mode *write*.
4. *Enable* (E), berfungsi sebagai *Enable clock* LCD, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembaca data. (Irfan, Aris: 2010).



Gambar 2.10. LCD 2x16

(<http://irdaloves.blogspot.co.id/2009/04/menampilkan-karakter-pada-lcd-2-x-16.html>)

2.7 Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian. Di mana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah *binary* (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *fuzzy* menggantikan kebenaran *boolean* dengan tingkat kebenaran.

Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk *linguistik*, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dia berhubungan dengan *set fuzzy* dan teori kemungkinan. Dia diperkenalkan oleh Dr.Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965 (Budi Rudianto : 2012).

Pada himpunan tegas (*crisp set*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A (ditulis $\mu[x]$) memiliki 2 kemungkinan :

- a. Satu (1), artinya x adalah anggota A
- b. Nol (0), artinya x bukan anggota A

Soft Computing merupakan inovasi baru dalam membangun sistem cerdas. Sistem cerdas ini merupakan sistem yang memiliki keahlian seperti manusia pada domain tertentu, mampu beradaptasi dan belajar agar dapat bekerja lebih baik jika terjadi perubahan lingkungan. Unsur-unsur pokok dalam *Soft Computing* adalah : Sistem *fuzzy*, Jaringan Saraf Tiruan, *Probabilistic Reasoning*, *Evolutionary Computing*. Sistem *fuzzy* secara umum terdapat 5 langkah dalam melakukan penalaran, yaitu:

1. Memasukkan *input fuzzy*.
2. Mengaplikasikan operator *fuzzy*.
3. Mengaplikasikan metode implikasi.
4. Komposisi semua *output*.
5. *Defuzifikasi*.

Logika *Fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam ruang *output*. Untuk sistem yang sangat rumit, penggunaan logika *fuzzy* (*fuzzy logic*) adalah salah satu pemecahannya. Sistem tradisional dirancang untuk mengontrol keluaran tunggal yang berasal dari beberapa masukan yang tidak

saling berhubungan. Karena ketidaktergantungan ini, penambahan masukan yang baru akan memperumit proses kontrol dan membutuhkan proses perhitungan kembali dari semua fungsi. Kebalikannya, penambahan masukan baru pada sistem *fuzzy*, yaitu sistem yang bekerja berdasarkan prinsip-prinsip logika *fuzzy*, hanya membutuhkan penambahan fungsi keanggotaan yang baru dan aturan-aturan yang berhubungan dengannya.

Secara umum, sistem *fuzzy* sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya.

Sistem *fuzzy* mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misalkan pada jumlah aturan yang dipergunakan. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* mengurangi jumlah nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk membuat suatu keputusan. Keuntungan lainnya adalah sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu. Ada beberapa alasan penggunaan Logika *Fuzzy* :

1. Logika *Fuzzy* sangat fleksibel.
2. Logika *Fuzzy* memiliki toleransi.
3. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
4. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.
5. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.

6. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

Ada beberapa metode untuk merepresentasikan hasil logika *fuzzy* yaitu metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. *Output* hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya.

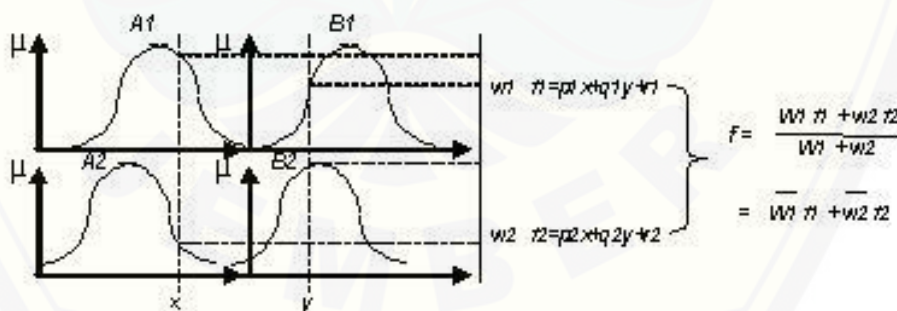
Metode Sugeno mirip dengan metode Mamdani, hanya *output* (konsekuen) tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Ada dua model metode Sugeno yaitu model *fuzzy* Sugeno orde nol dan model fuzzy Sugeno orde satu. Bentuk umum model fuzzy Sugeno orde nol adalah :

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (x_n \text{ is } A_n) THEN z = k \quad (2.3)$$

Bentuk umum model *fuzzy* Sugeno orde satu adalah :

$$IF(x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } \dots \text{ o } (x_n \text{ is } A_n) THEN z = p_1.x_1 + \dots p_n.x_n + q \quad (2.4)$$

Defuzzifikasi pada metode Sugeno dilakukan dengan mencari nilai rata-ratanya.



Gambar 2.11. Model *fuzzy* Sugeno orde 1

(sumber:<http://socs.binus.ac.id/2012/03/02/pemodelan-dasar-sistem-fuzzy/>)

Pada metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan *MIN*, sedang komposisi aturan menggunakan metode *MAX*. Metode Mamdani dikenal juga dengan metode *MAX-MIN*. *Inferensi output* yang dihasilkan berupa bilangan *fuzzy* maka harus ditentukan suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Proses ini

dikenal dengan *defuzzifikasi*. Ada beberapa tahapan untuk mendapatkan *output* yaitu:

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada metode Mamdani baik *variabel input* maupun *variabel output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *Min*.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka *inferensi* diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan *inferensi* sistem *fuzzy* yaitu : *Max*, *Additive* dan Probabilistik OR

a) Metode Max (*Maximum*)

Pada metode ini solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* dan mengaplikasikan ke *output* dengan menggunakan operator *OR(union)*. Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] , \mu_{kf}[xi]) \quad (2.5)$$

dengan :

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

b) Metode *Additive (Sum)*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (1, \mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) \quad (2.6)$$

dengan:

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

c) Metode *Probabilistik OR*

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}[xi] \leftarrow \max (\mu_{sf}[xi] + \mu_{kf}[xi]) - (\mu_{sf}[xi] * \mu_{kf}[xi]) \quad (2.7)$$

dengan:

$\mu_{sf}[xi]$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}[xi]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

4. Penegasan /*Defuzzifikasi*

Input dari proses *Defuzzifikasi* adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

Ada beberapa metoda yang dipakai dalam *defuzzifikasi*:

a) Metode *Centroid*

Pada metode ini penetapan nilai *crisp* dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

b) Metode *Bisektor*

Pada metode ini , solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan seperti dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*.

c) Metode *Means of Maximum (MOM)*

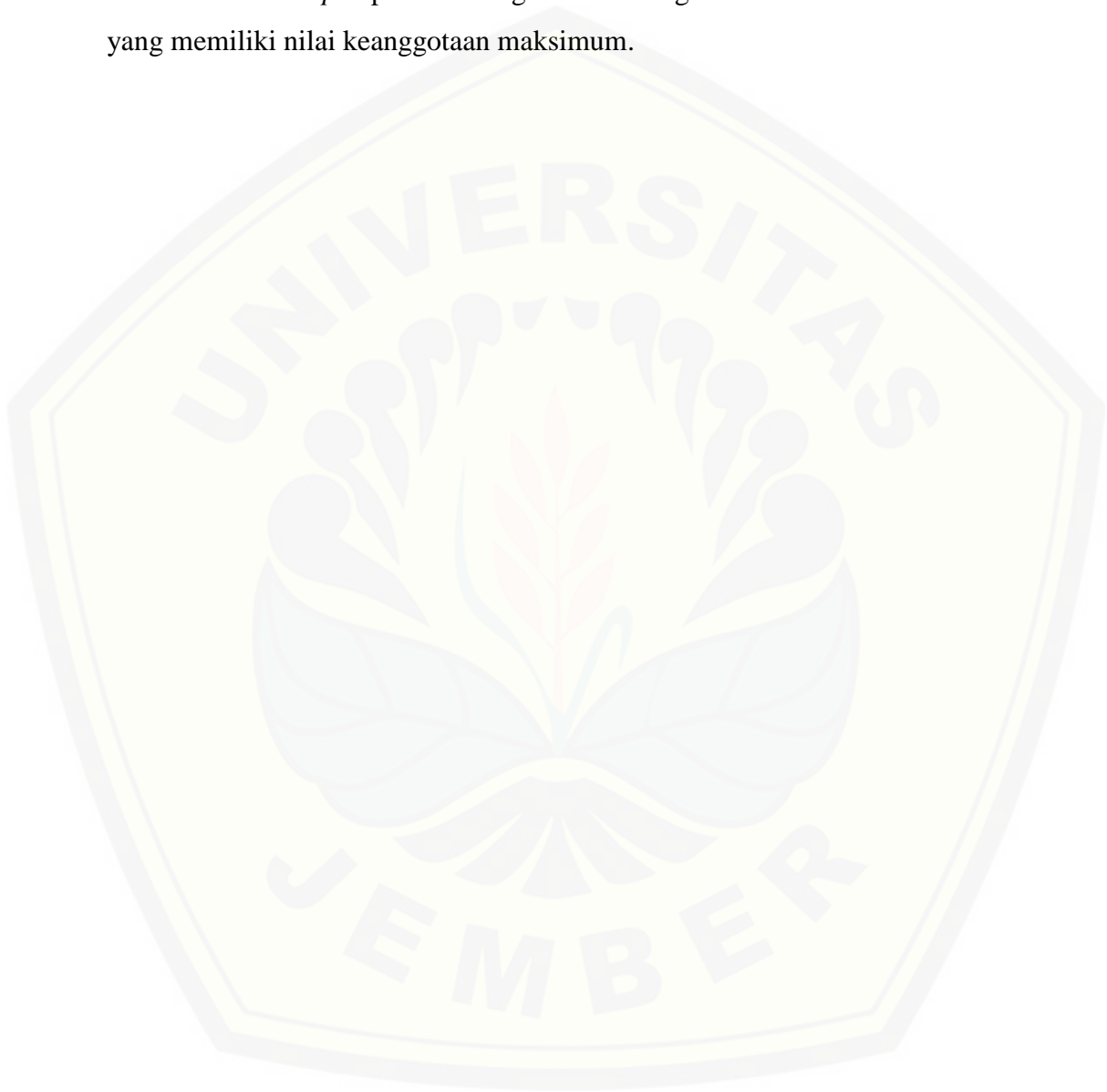
Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d) Metode *Largest of Maximum (LOM)*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

e) Metode *Smallest of Maksimum (SOM)*

Solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.



BAB 3. METODE PENELITIAN

Langkah- langkah dalam perancangan alat ini diantaranya studi pustaka, perancangan alat, pembuatan alat, pengujian alat dan pengambilan kesimpulan.

3.1 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mengacu pada spesifikasi alat yang dirancang dan dasar teori pendukung yang diperlukan untuk merealisasikan alat. Studi pustaka yang dilakukan meliputi studi mengenai teori dasar mengenai perancangan sistem *hardware* dan *software* yang meliputi sensor kekeruhan air, sensor suhu DS18B20 sensor ketinggian air (sensor *PING*), pompa air, *arduino*, LCD, kontrol *Fuzzy logic*.

3.2 Tempat & Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika Terapan, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik. Waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 1 bulan yaitu dari bulan Oktober sampai bulan Januari.

3.3 Alat & Bahan

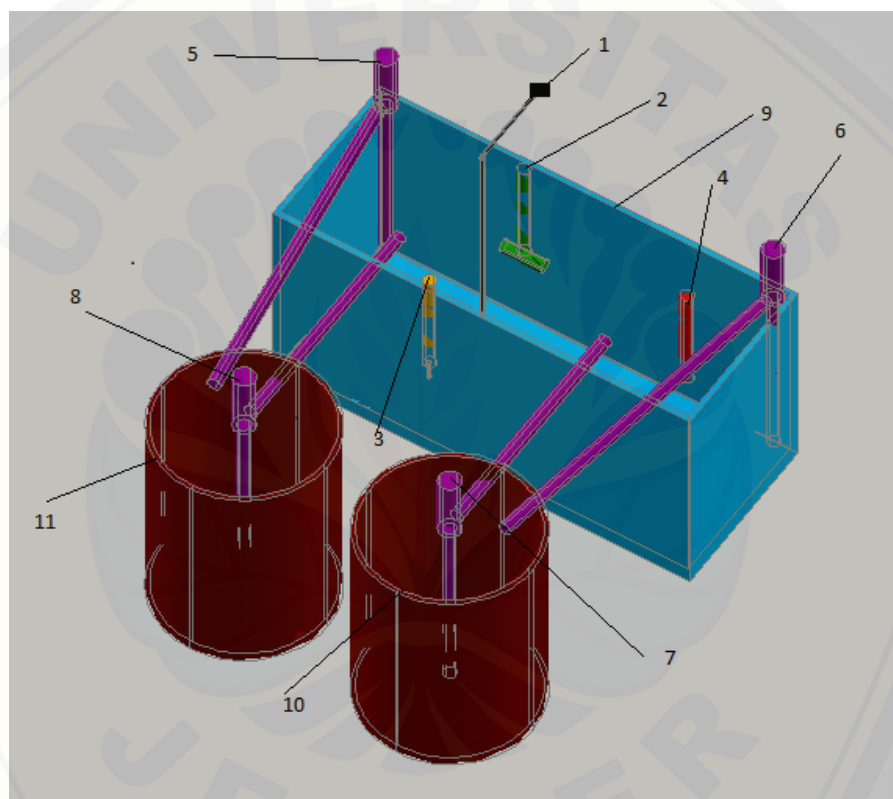
3.3.1 Bahan

1. *Arduino Mega 2560*
2. Rangkaian *Power Supply*
3. LCD 4x20
4. Rangkaian LCD
5. *Driver* Pompa
6. Rangkaian Sensor Kekeruhan
7. Rangkaian Sensor Ketinggian air (sensor *PING*)
8. Sebuah kolam dengan ukuran 1m x 1m x 1.5m
9. 2 kolam dengan ukuran 1m x 0.5m x 1m

3.3.2 Alat

1. Laptop
2. *Power Supplay*
3. Solder & penyedot timah
4. *Avometer*
5. Tang

3.4 Perancangan alat



Gambar 3.1 Desain Perancangan Alat

Pada desain perancangan alat gambar 3.1 di atas terdapat beberapa komponen-komponen elektronika yang ditunjukkan pada nomor yang sudah dicantumkan pada gambar, untuk selengkapnya sebagai berikut:

1. Sensor HCR-S04 sebagai pendeteksi ketinggian air.
2. Sensor kekeruhan air.
3. Sensor suhu DS 1820.

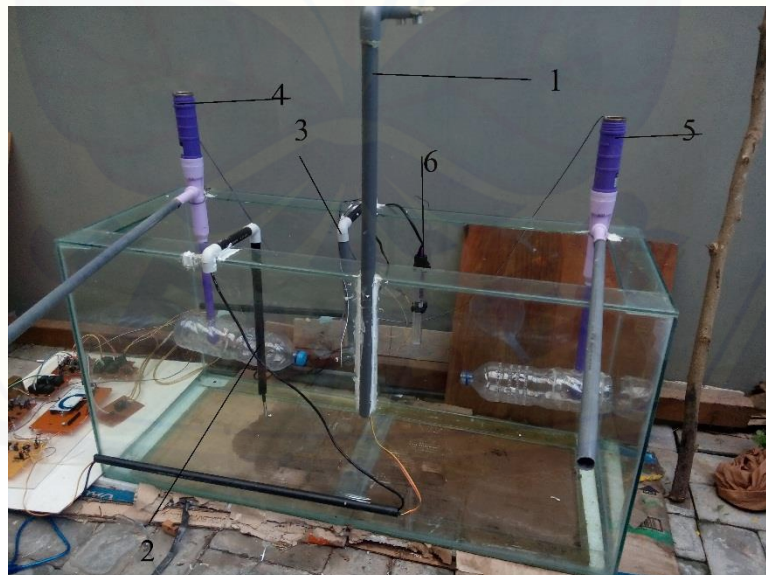
4. *Heater* akuarium.
5. Pompa air.
6. Pompa air.
7. Pompa air.
8. Pompa air.
9. Akuarium 1 m x 0.4 m x 0.5 m.
10. Bak penampung air dengan kekeruhan buatan.
11. Bak penampung air bersih.

Rancangan alat ini terdiri dari tiga macam, yaitu rancangan alat secara mekanik, elektronik, dan software.

3.4.1 Mekanik

A. Kerangka Akuarium

Kerangka Akuarim merupakan sebuah tempat dimana ikan lele yang akan didederkan dan terbuat dari kaca dengan ukuran 1 m x 0.4 m x 0.5 m. Dengan volume tersebut, ikan yang akan didederkan berkisar kurang lebih 100 ekor ikan lele dengan ukuran 2-5 cm.



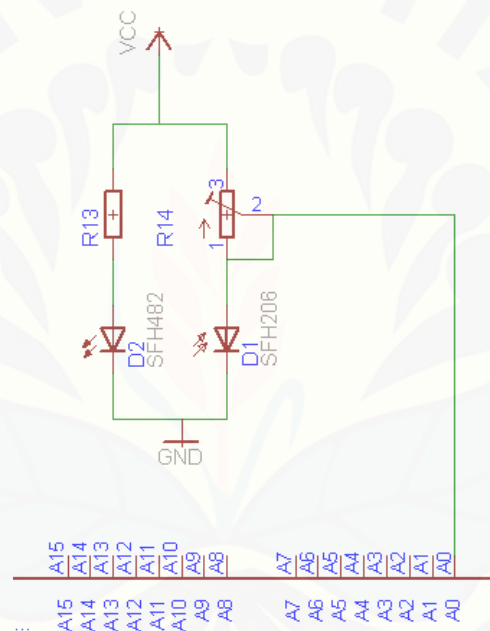
Gambar 3.2 Kerangka Akuarium

Jika dilihat dari gambar diatas akuarium yang berusi sensor-sensor, pemanas air yang ditunjukkan pada nomor 6 dan dua buah pompa air yang

ditunjukkan pada nomor 4 dan 5. Sensor-sensor tersebut berupa sensor DS18B20 sebagai pendeteksi suhu air pada kolam akuarium yang ditunjukkan pada nomor 2, sensor ultrasonic sebagai pendeteksi ketinggian air pada kolam akuarium yang ditunjukkan pada nomor 1, dan sensor kekeruhan yang terbuat dari *LED* yang berfungsi mengirim cahaya dan *photodiode* yang berfungsi menerima cahaya dari *LED* yang ditunjukkan pada nomor 3.

3.4.2 Elektronika

a. Sensor Kekeruhan

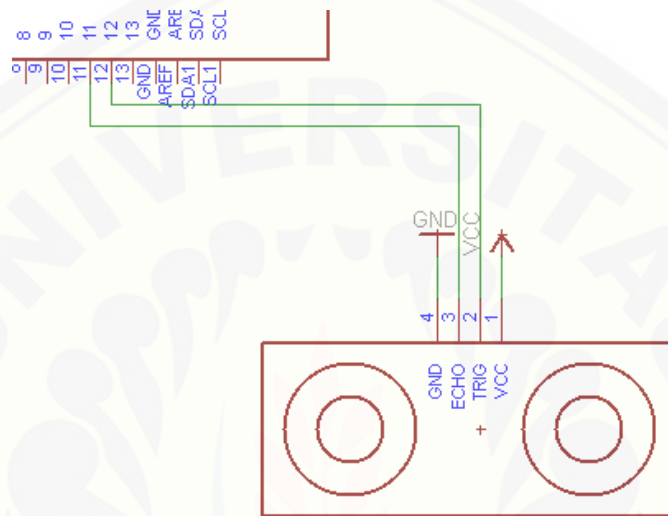


Gambar 3.3 Rangkaian Sensor Kekeruhan

Untuk mendeteksi kekeruhan dalam air ini menggunakan sensor *photodiode* dan *LED*. Sensor *photodiode* ini berfungsi sebagai penerima atau *receiver* cahaya yang dihasilkan oleh led. Pelebaran sensor ini langsung di dalam air yang akan diukur tingkat kekeruhannya. Cahaya yang dikeluarkan oleh *LED* akan menembus partikel-partikel air dan menuju ke sensor *photodiode*, sehingga kerapatan partikel-partikel dalam kandungan air akan mempengaruhi cahaya yang akan masuk ke sensor *photodiode*.

Keluaran berupa sinyal *analog* yang dihasilkan oleh *photodiode* dan *variable* resistor. *Variable* resistor ini berfungsi sebagai pembagi tegangan, dan hasil tegangan yang diperoleh akan masuk sebagai *input arduino*. *Input* dari sensor ini akan dihubungkan ke *pin A0* pada *arduino*.

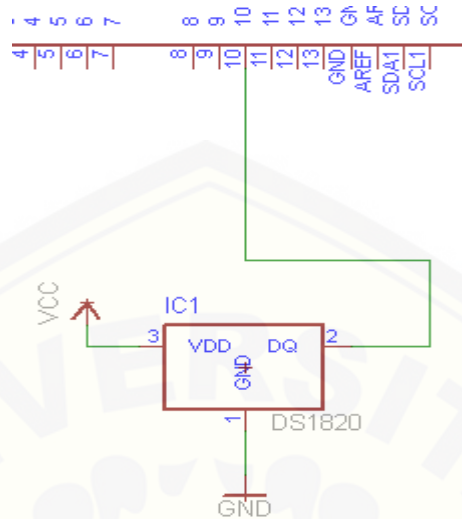
b. Sensor Ketinggian



Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Ketinggian

Sensor HC-SR04 yang digunakan sebagai pendeteksi ketinggian air. Sensor ini terdiri dari 4 *pin* yaitu *pin* 1 untuk tegangan sumber *VCC*, *pin* 2 sebagai *trigger* (*TRIG*), *pin* 3 sebagai *echo*, dan *pin* 4 sebagai *ground*. Kemudian *pin-pin* ini dihubungkan ke arduino pada *pin* 2 *trig* dihubungkan ke *pin* 12 dan *pin* 3 *echo* dihubungkan ke *pin* 11. *Output* pada sensor ini berupa digital yang terkalibrasi secara langsung dari pabrik. Sehingga penggunaan sensor ini bisa langsung dimasukkan ke arduino tanpa menggunakan rangkaian penambah.

c. Sensor Suhu



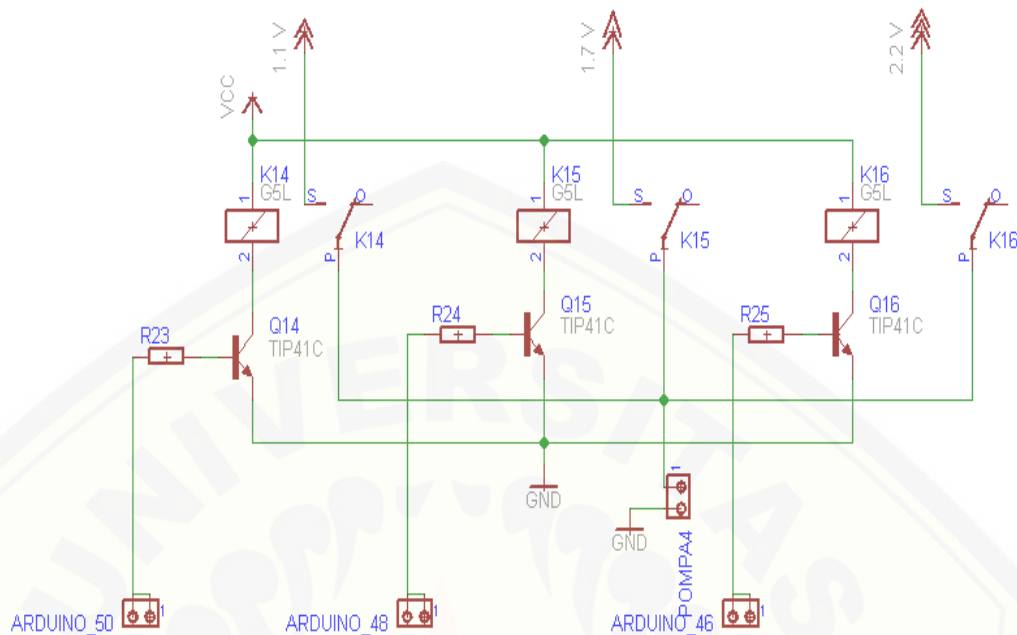
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor Suhu

Sensor yang digunakan untuk pengukuran suhu pada koda mini adalah sensor DS18B20. Sensor DS18B20 lebih stabil dibanding dengan sensor LM35. Dengan keluaran atau *output* yang sudah berupa digital. Sensor ini memiliki 3 *pin* yang berupa VCC, *output*, dan GND.

DS18B20 beroperasi pada suhu $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Keunggulan DS18B20 yaitu *output* berupa data digital dengan nilai ketelitian $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama kisaran *temperature* $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga mempermudah pembacaan oleh mikrokontroler. Dalam pemrograman DS18B20, terdiri atas *library OneWire.cpp* dan *OneWire.h*.

Sensor DS18B20 ini sudah merupakan sensor yang memiliki *output* digital dan sehingga tidak perlu mengkalibrasikan dahulu karena sensor ini sudah terkalibrasi dari pabrik.

d. *Driver Pompa*

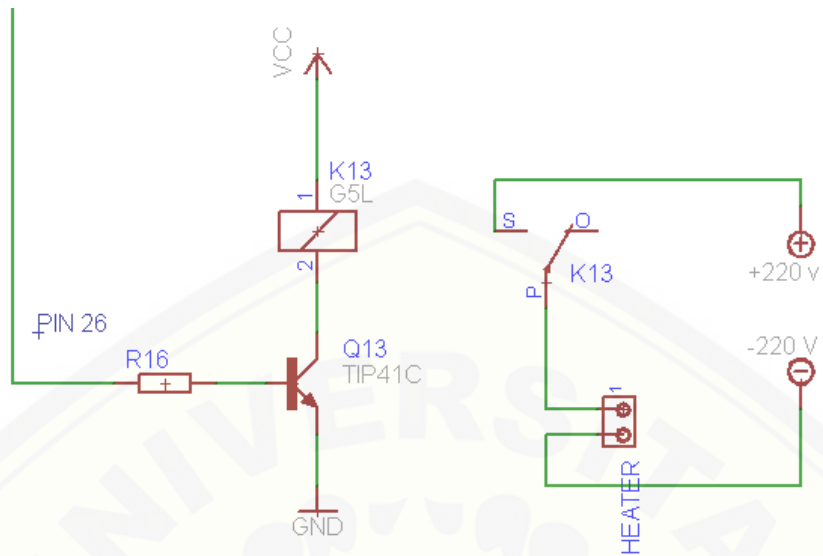


Gambar 3.6 Rangkaian *Driver Pompa*

Driver pompa ini menggunakan komponen *relay*, *resistor*, dan *transistor*. *Relay* yang digunakan yaitu *relay 6 volt* sebagai tegangan pemacu *relay*. Resistor yang dipakai sebesar 220 Ohm untuk membatasi arus yang masuk pada transistor. Pada rangkaian di atas, *relay* diposisikan dengan kondisi awal NO (*normaly open*) sehingga jika diberi pemacu berupa tegangan saklar akan berubah posisi ke NC (*normaly close*).

Untuk transistor berfungsi sebagai saklar untuk memicu *relay* dengan arduino sebagai pengirim perintah *ON* atau *OFF*. Transistor dengan tipe TIP-41C yang digunakan ini berfungsi sebagai penguat tegangan ketika *pin arduino* dalam kondisi *high*. Dikarenakan tegangan *output* dari *pin arduino* kurang dari tegangan yang diperlukan *relay* untuk merubah dari kondisi NO (*normaly open*) ke kondisi NC (*normaly close*) atau sebaliknya.

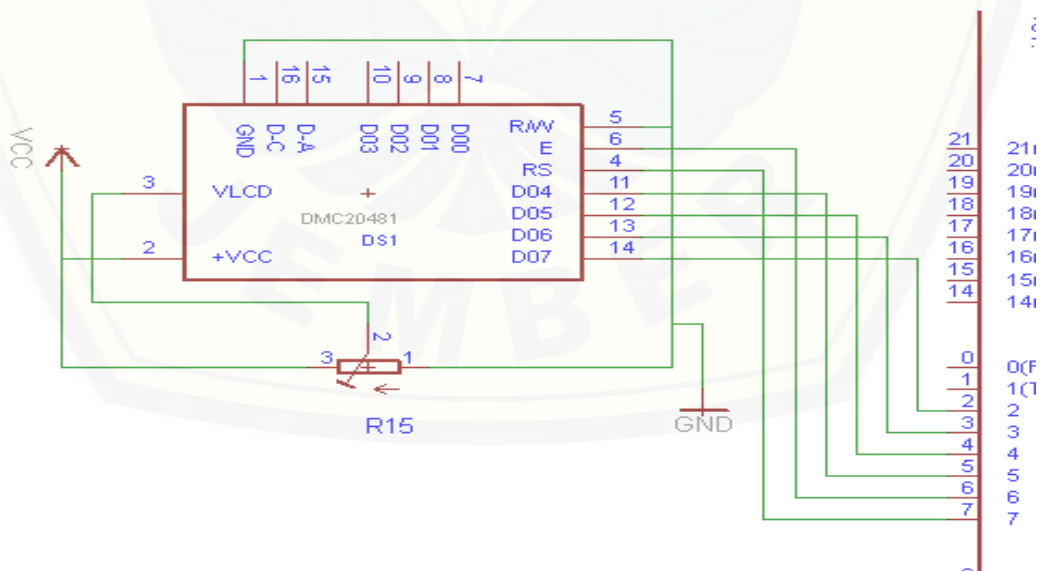
e. Saklar Heater



Gambar 3.7 Rangkaian Saklar Heater

Prinsip kerja dari rangkaian ini sama halnya dengan rangkaian driver pada pompa. Namun penggunaan rangkaian ini untuk mengaktifkan heater AC 220 V.

f. Display

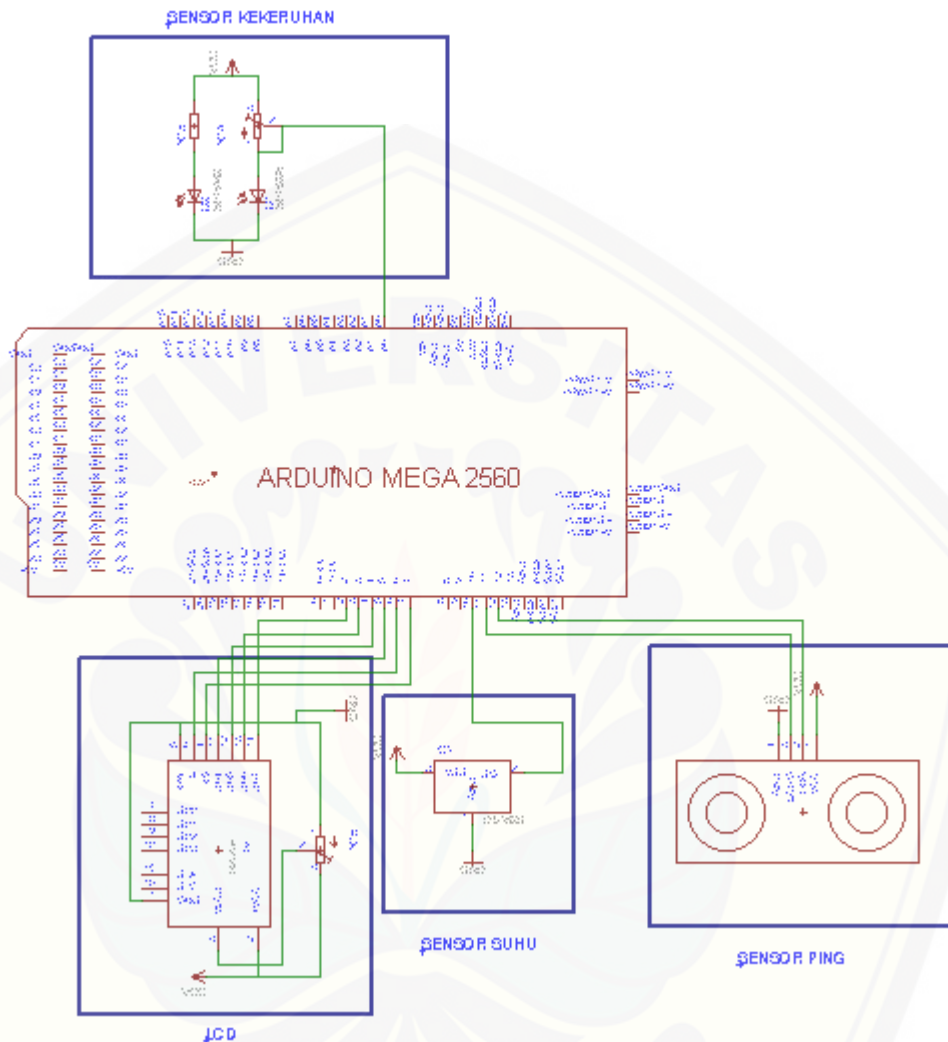


Gambar 3.8 Rangkaian LCD

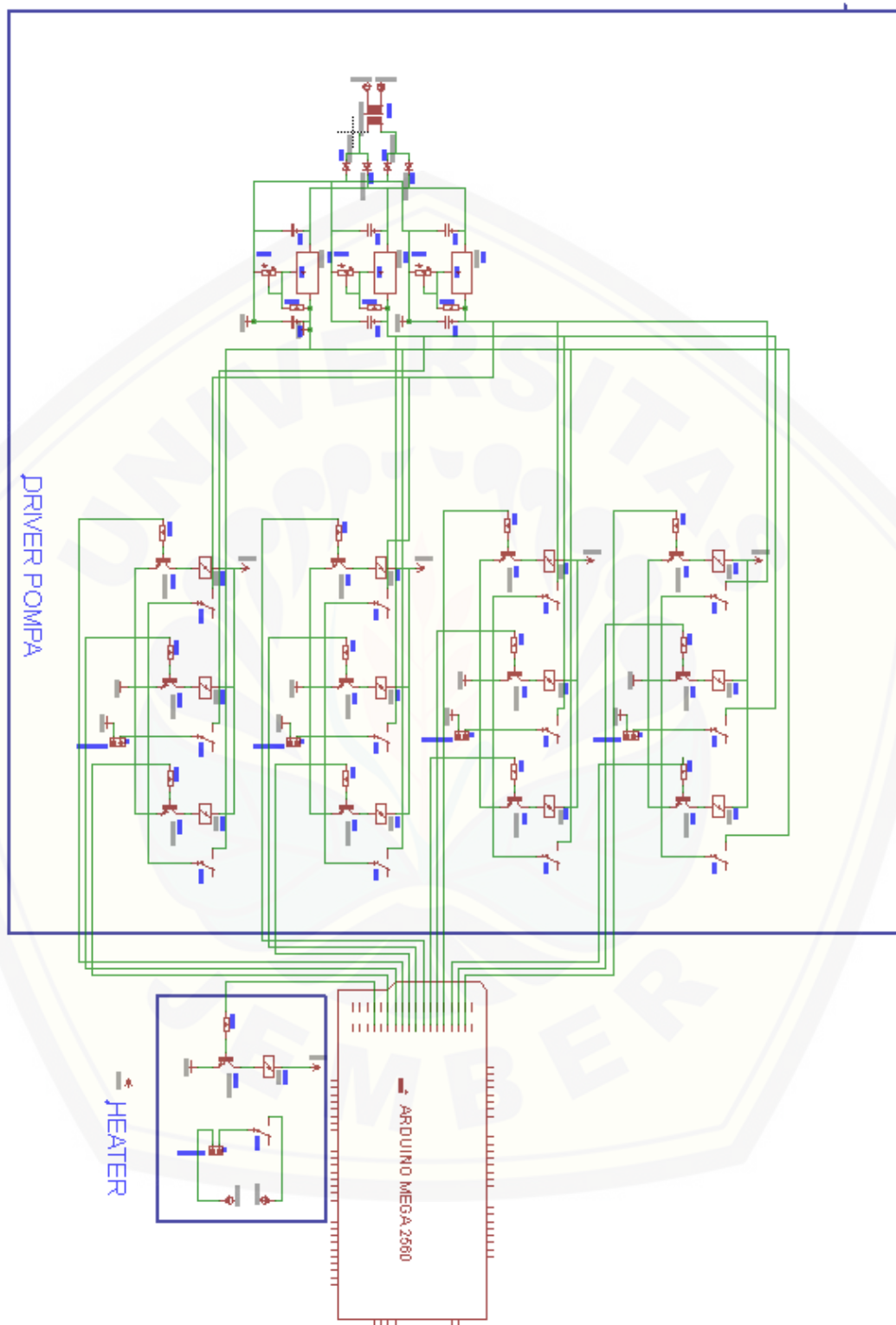
LCD *dot* matrik M1632 merupakan terdiri dari bagian penampil karakter yang berfungsi menampilkan karakter dan bagaian sistem prosesor LCD dalam bentuk modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakang LCD tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler yang menggunakan modul LCD tersebut. LCD yang dipakai pada penelitian ini menggunakan LCD 16x4 yang mempunyai 16 *pin*, berturut-turut fungsi dari *pin-pin* tersebut yaitu: Vss, Vdd, Vo, RS, RW, E, D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, A, dan K.

DB0 – DB7 adalah jalur data yang berfungsi sebagai jalur komunikasi untuk mengirimkan dan menerima data intruksi dari mikrokontoler ke modul LCD. RS adalah *pin* yang berfungsi sebagai sebuah selektor *register* yaitu dengan memberikan logika *low* sebagai *register* perintah dan logika *high* sebagai *register* data. R/W adalah pin yang berfungsi untuk menentukan mode baca atau tulis dari data yang terdapat pada DB0 – DB7. Yaitu dengan memberikan logika *low* untuk fungsi *read* dan logika *high* untuk mode *write*. *Enable* (E), berfungsi sebagai *Enable clock* LCD, logika 1 setiap kali pengiriman atau pembaca data.

g. Rangkaian Keseluruhan

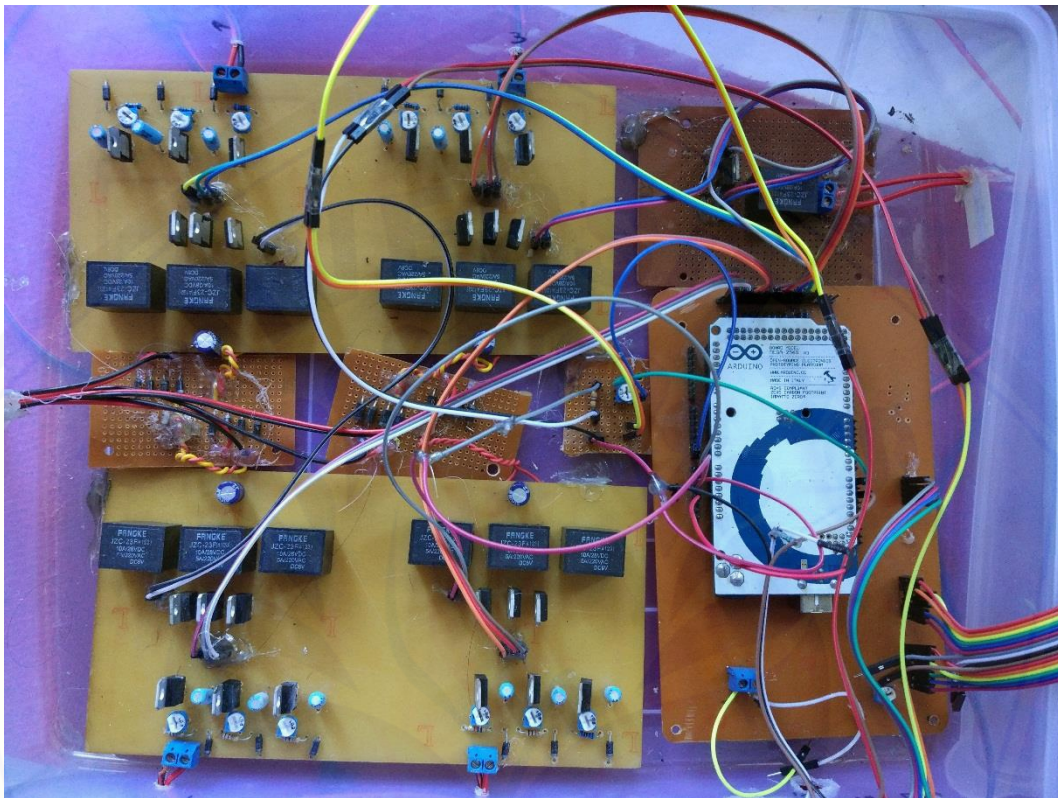
Gambar 3.9. Rangkaian Konfigurasi *Input* dan LCD

Rangkaian dengan konfigurasi *pin* sensor dan LCD yang disesuaikan dengan *pin* pada *arduino*. *Output* dari sensor-sensor tersebut akan menjadi *input* *arduino* dan akan diolah oleh *arduino* sebagai suatu sistem untuk mengontrol *output* sesuai dengan keinginan. LCD berfungsi sebagai penampil nilai *output* dari sensor-sensor dan untuk mengetahui jika terjadi kesalahan pada alat.



Gambar 3.10. Rangkaian Konfigurasi *Output*

Rangkaian di atas merupakan konfigurasi *pin driver* yang disesuaikan dengan *pin* pada *arduino*. *Driver* tersebut sebagai *output* dari *arduino* untuk mengaktifkan pompa maupun *heater*.

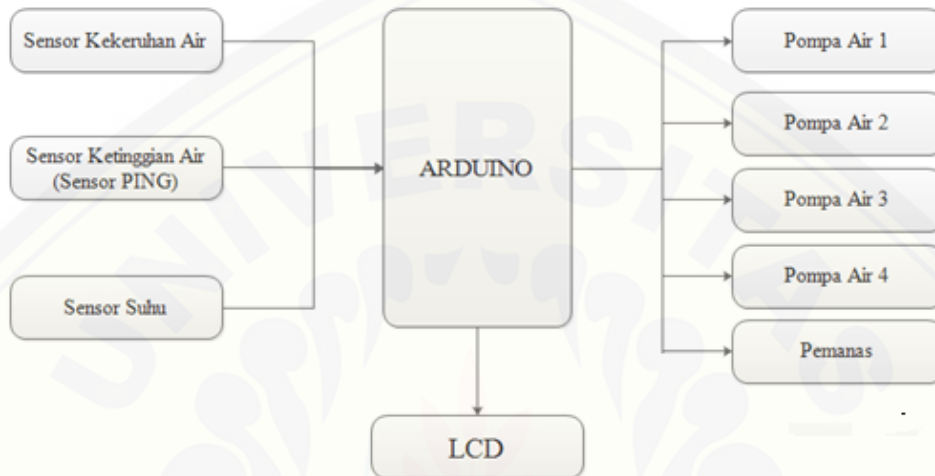


Gambar 3.11 Rangkaian Elektronika

Pada rangkaian elektronika secara keseluruhan, terdapat beberapa komponen yang sudah terangkai seperti LCD, *Arduino mega 2560*, *driver* pompa, *driver* pemanas air kolam, dan komponen-komponen lainnya. Untuk pemasangannya diletakkan disebelah kiri kolam sehingga tidak membutuhkan kabel penghubung yang terlalu panjang.

3.5 Diagram Blok dan *Flow Chart*

3.5.1. Diagram Blok



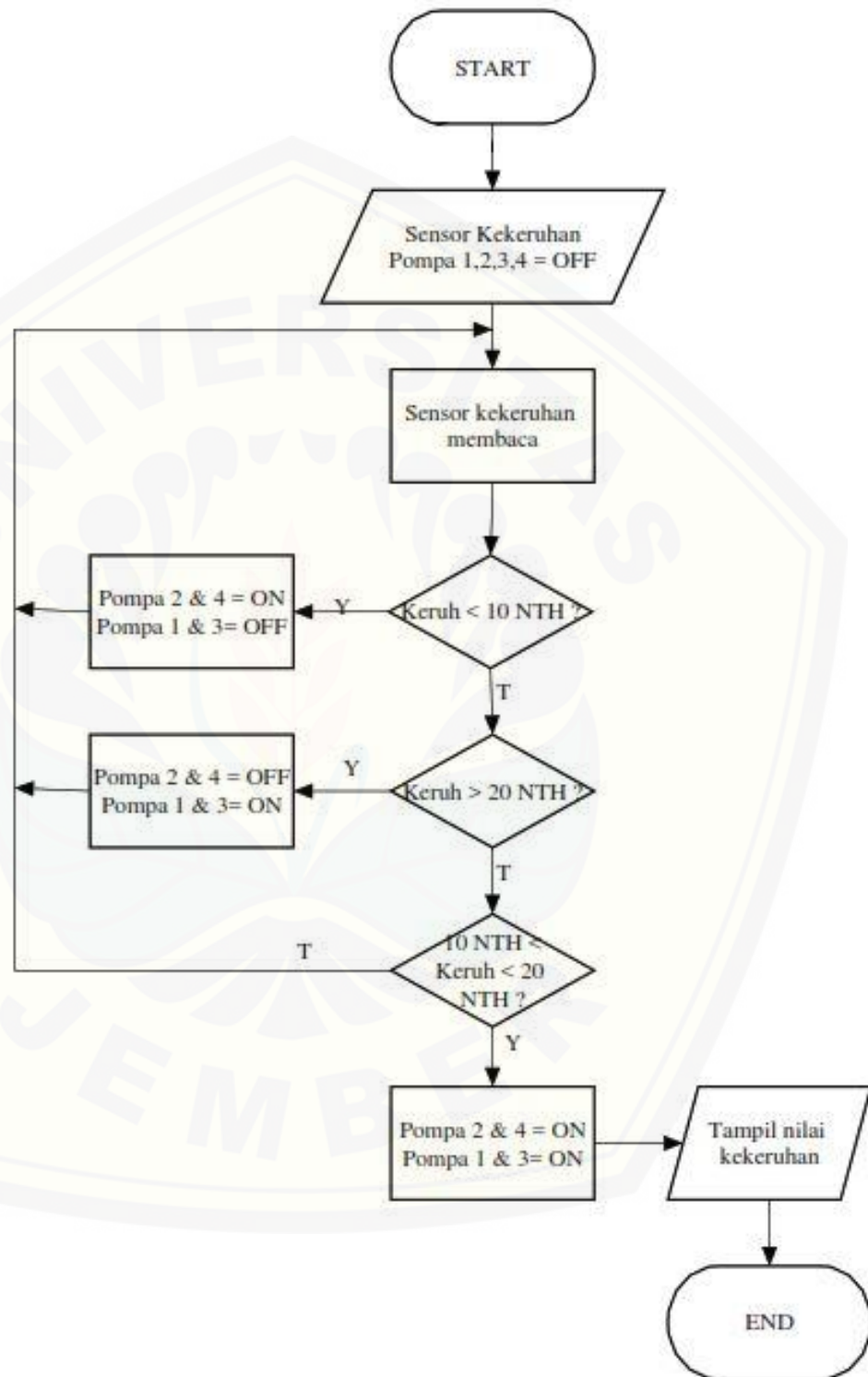
Gambar 3.12 Diagram Blok Sistem

Pada blok diagram sistem terdapat beberapa sensor sebagai *input* yang akan diolah oleh *arduino* yang nantinya menghasilkan *output* yang berupa pengontrolan 4 buah pompa air, pemanas, dan *servo*. Sedangkan LCD hanya menampilkan nilai yang diterima oleh sensor tersebut.

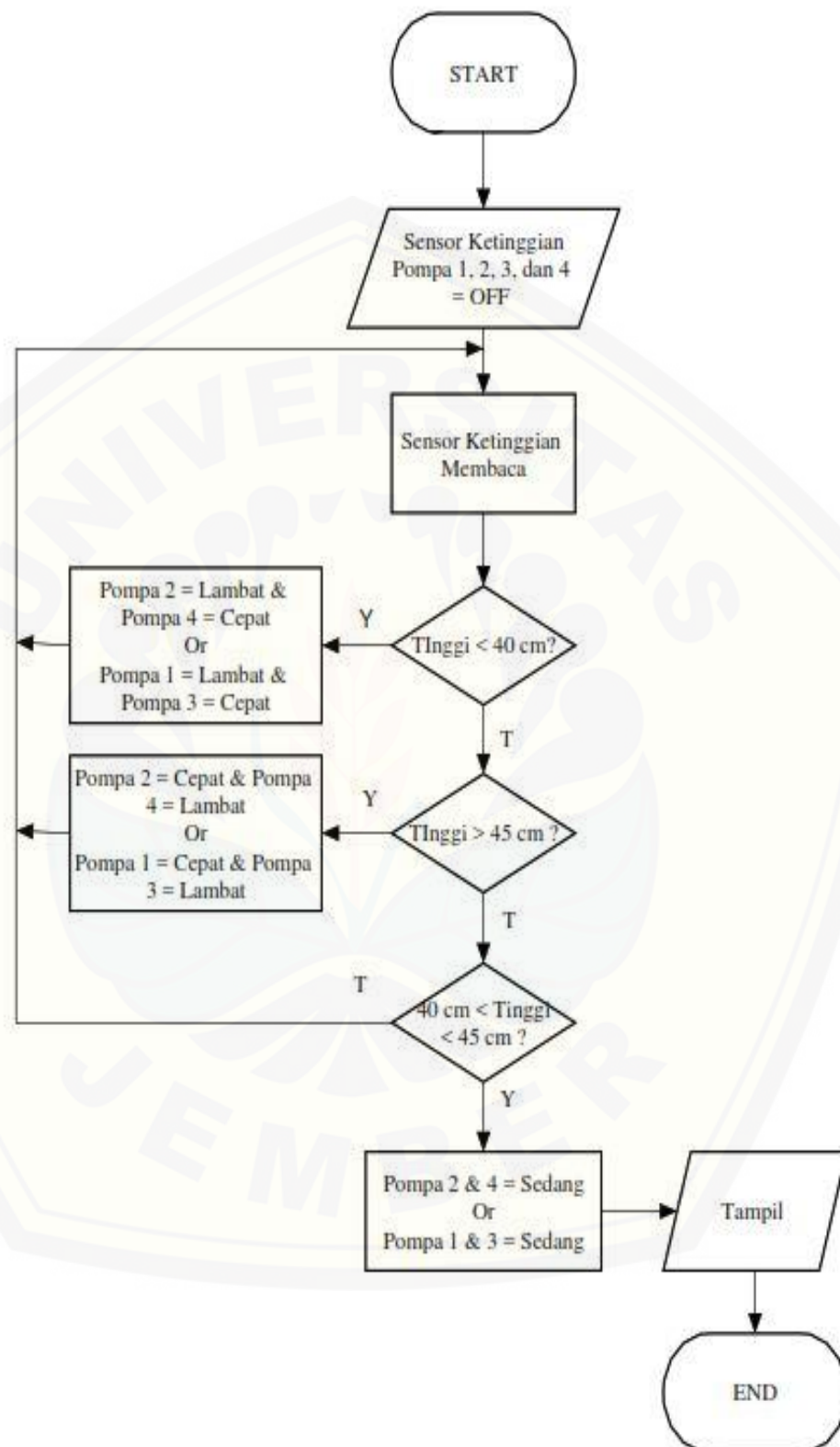
Metode yang digunakan untuk mengontrol *output* tersebut dengan menggunakan *fuzzy logic*. Sehingga pengambilan keputusan dengan menggunakan variabel masukan yang banyak dapat dilakukan dengan waktu yang sangat cepat, dengan begitu pengontrolan akan berjalan seperti yang diinginkan.

Ketika sensor kekeruhan air dan sensor ketinggian air yang bekerja akan diolah oleh *arduino* dan akan menghasilkan keluaran berupa pengontrolan 4 pompa air. Sedangkan untuk sensor suhu yang bekerja akan diolah oleh *arduino* dan akan menghasilkan keluaran berupa pengontrolan berupa pemanas *heater* sebagai pemanas air ketika suhu dalam kondisi rendah sesuai *set point* yang ditetapkan.

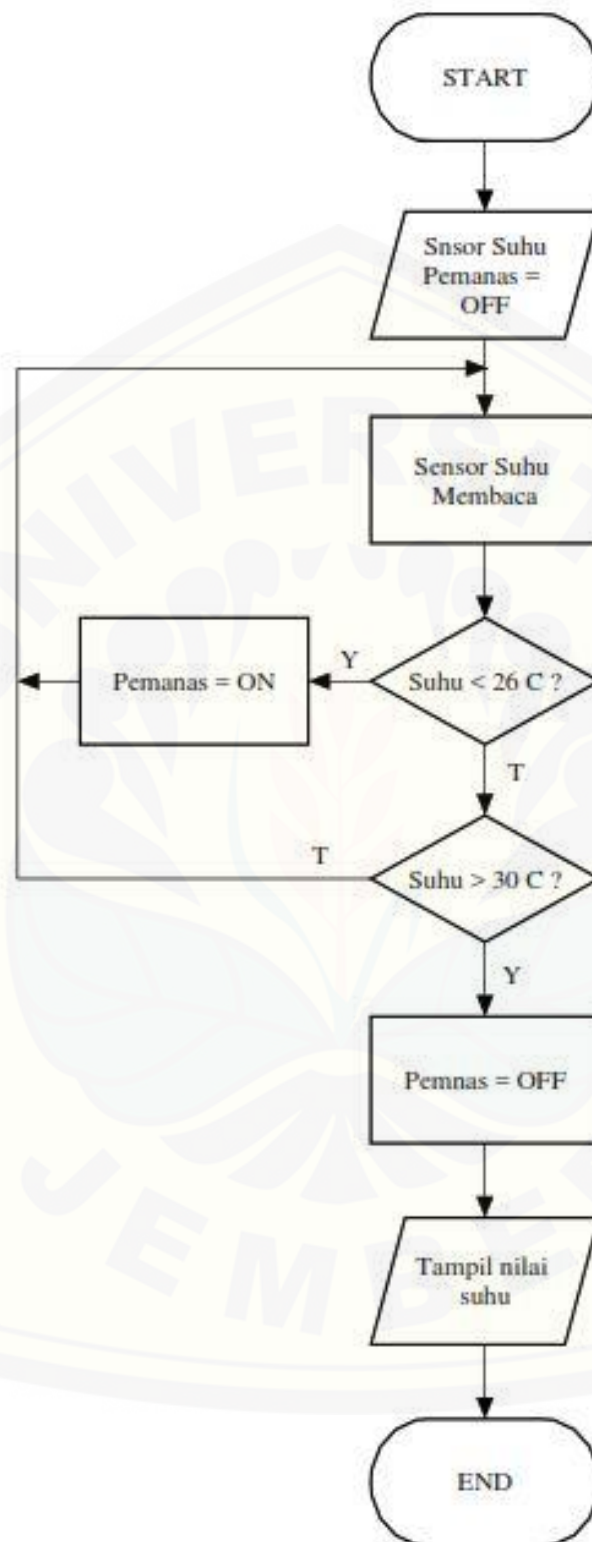
3.5.2. Flow Chart Sistem



Gambar 3.13 Flow Chart Kekeruhan Air



Gambar 3.14. Flow Chart Ketinggian air

Gamabr 3.15 *Flow Chart* Suhu Air

Pada saat sistem diaktifkan semua output akan dalam kondisi mati/ *OFF*. Untuk pompa 1 berfungsi memompa air dari kolam bibit ikan lele ke dalam kolam penampung air jernih, pompa 2 berfungsi memompa air dari kolam bibit ikan lele ke dalam kolam penampung air kotor, pompa 3 berfungsi memompa air dari kolam penampung air jernih ke dalam kolam bibit ikan lele, dan pompa 4 berfungsi memompa air dari kolam penampung air kotor ke dalam kolam bibit ikan lele. Dan untuk pemanas berfungsi sebagai menaikkan suhu air dalam kolam bibit ikan lele.

Sensor kekeruhan dan ketinggian air bekerja maka akan diproses oleh *arduino* dan *arduino* akan melakukan kontrol. Ketika sensor kekeruhan mendeteksi kekeruhan air kurang 10 NTH dan tinggi air kurang dari 40 cm maka pompa 4 akan lebih cepat dari pompa 2, apabila ketinggian lebih dari 45 cm maka pompa 2 akan lebih cepat dari pompa 4, dan apabila ketinggian air diantara 40 cm dan 45 cm maka pompa 2 akan berkecepatan sama dengan pompa 4. Proses tersebut akan bekerja hingga kekeruhan lebih dari 10 NTH.

Ketika sensor kekeruhan mendeteksi kekeruhan air lebih dari 20 NTH dan tinggi kurang dari 40 cm maka pompa 3 akan lebih cepat dari pompa 1, apabila tinggi air lebih dari 45 cm maka pompa 1 akan lebih cepat dari pompa 3, dan apabila ketinggian air diantara 40 cm dan 45 cm maka pompa 1 akan sama dengan pompa 3. Proses tersebut akan berkerja hingga kekeruhan kurang dari 20 NTH.

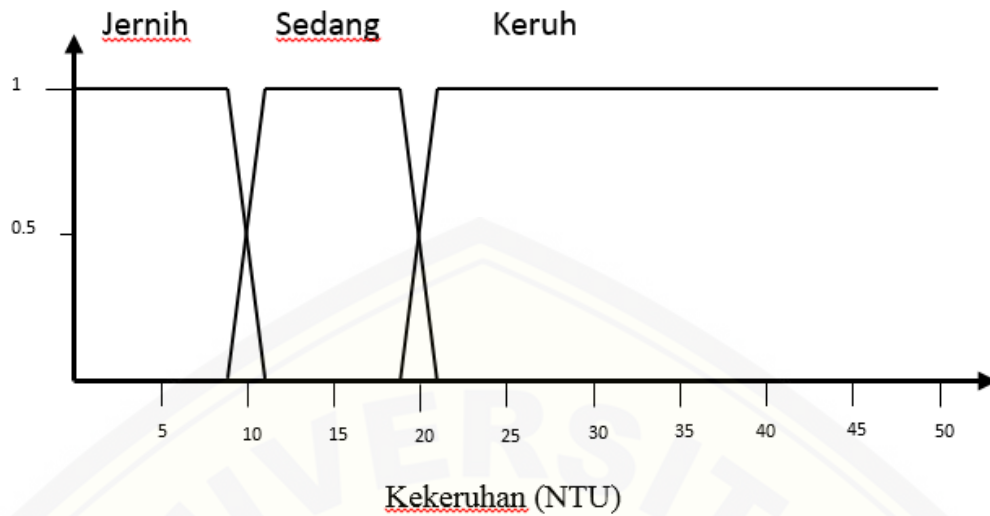
3.5.3. *Fuzzy Logic*

Pada tugas akhir ini menggunakan metode *fuzzy logic* sebagai kontrol pada sistem kerja alat ini. *Fuzzy logic* yang digunakan adalah metode *fuzzy sugeno* karena pada sistem ini *output* berupa konstanta bukan merupakan himpunan *fuzzy*. Dari proses *fuzzy logic* hanya menggunakan dua input yaitu:

1. Kekeruhan Air

Pada *membership function input* kekeruhan akan dibagi menjadi tiga macam yaitu:

- | | | | |
|----|--------|-----|------------------------------------|
| a. | Jernih | (J) | (keruh \leq 11 NTU) |
| b. | Sedang | (S) | (9 NTU \leq keruh \leq 21 NTU) |
| c. | Keruh | (K) | (keruh \geq 19 NTU) |



Gambar 3.16. Fungsi keanggotaan pada kekeruhan

a) Fungsi Keanggotaan Himpunan Jernih (μ_J)

$$\mu [J] = \begin{cases} 1; & J \leq 9 \\ (11 - J) / (11-9); & 9 < J < 11 \\ 0; & J \geq 11 \end{cases} \quad (3.1)$$

Syarat : $J \leq 11$

Contoh:

Kekeruhan yang muncul yaitu 8 NTU.

$J = 8$, jadi derajat keanggotaannya (μ_J) sebesar 1.

b) Fungsi Keanggotaan Himpunan Sedang (μ_S)

$$\mu [S] = \begin{cases} 0; & S \leq 9 \text{ atau } S \geq 21 \\ (S-9) / (11-9); & 9 < S < 11 \\ 1; & 11 \leq S \leq 19 \\ (21-S) / (21-19); & 19 < S < 21 \end{cases} \quad (3.2)$$

Syarat : $9 \leq S \leq 21$

Contoh:

Kekeruhan yang muncul yaitu 12 NTU

$S = 12$

$\mu_S = 1$

jadi derajat keanggotaannya (μ_S) sebesar 1

c) Fungsi Keanggotaan Himpunan Keruh (μ_K)

$$\mu [K] = \begin{cases} 0; & K \leq 19 \\ (K-19) / (21-19); & 19 < K < 21 \\ 1; & K \geq 21 \end{cases} \quad (3.3)$$

Syarat : $K \geq 19$

Contoh:

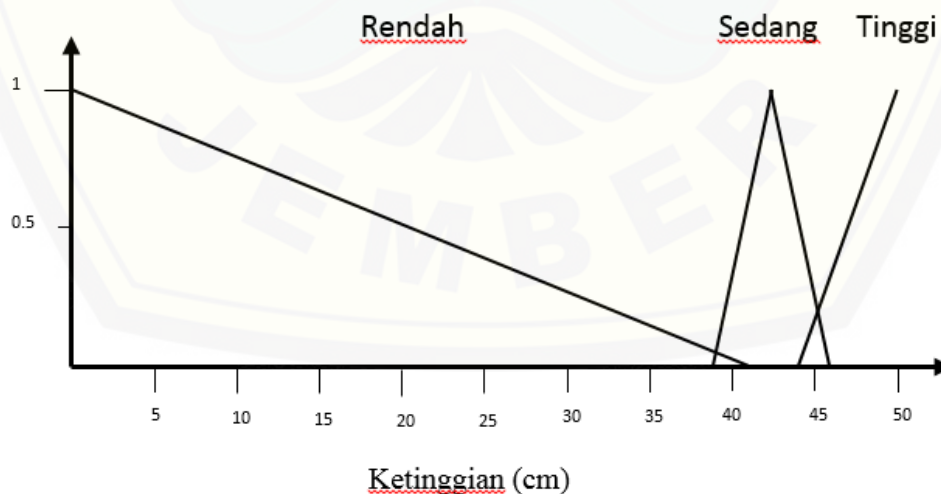
Kekeruhan yang muncul yaitu 27 NTU

$K = 27$, derajat keanggotaannya (μ_K) sebesar 1

2. Ketinggian Air

Sedangkan pada *membership function input* ketinggian akan dibagi menjadi tiga macam yaitu:

- Rendah (R) (tinggi ≤ 41 cm)
- Sedang (S) (39 cm \leq tinggi ≤ 46 cm)
- Tinggi (K) (keruh ≥ 44 cm)



Gambar 3.17. Fungsi keanggotaan pada ketinggian

a) Fungsi Keanggotaan Himpunan Rendah (μ_R)

$$\mu [R] = \begin{cases} 1; & R \leq 39 \\ (41 - J) / (41-39); & 39 < R < 41 \\ 0; & R \geq 41 \end{cases} \quad (3.4)$$

Syarat : $R \leq 41$

Contoh:

Ketinggian yang muncul yaitu 37 cm.

$R = 37$, jadi derajat keanggotaannya (μ_R) sebesar 1.

b) Fungsi Keanggotaan Himpunan Sedang (μ_S)

$$\mu [S] = \begin{cases} 0; & S \leq 39 \text{ atau } S \geq 46 \\ (S-39) / (42.5-39); & 39 < S \leq 42.5 \\ (46-S) / (46-42.5); & 42.5 < S < 46 \end{cases} \quad (3.5)$$

Syarat : $39 \leq S \leq 46$

Contoh:

Ketinggian yang muncul yaitu 43 cm

$S = 43$

$$\begin{aligned} \mu_S &= (46-S) / (46-42.5) \\ &= (46-43) / 3.5 \\ &= 0.86 \end{aligned}$$

jadi derajat keanggotaannya (μ_S) sebesar 0.86

c) Fungsi Keanggotaan Himpunan Tinggi (μ_T)

$$\mu [T] = \begin{cases} 0; & T \leq 44 \\ (T-44) / (46-44); & 44 < T < 46 \\ 1; & T \geq 46 \end{cases} \quad (3.6)$$

Syarat : $T \geq 46$

Contoh:

Ketinggian yang muncul yaitu 45 CM

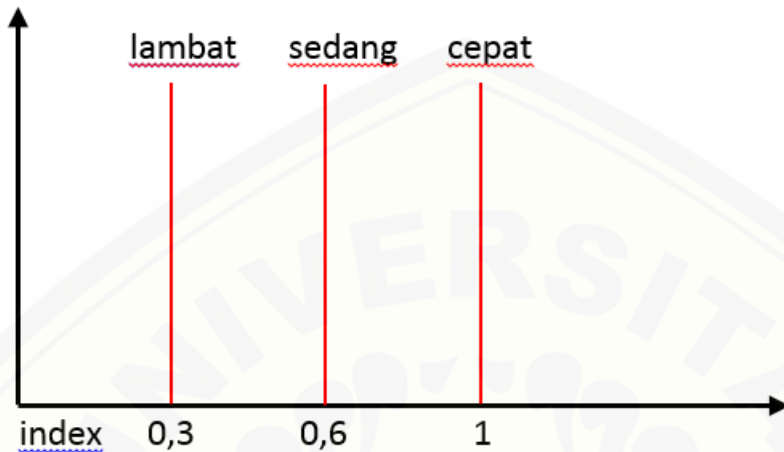
$T = 45$,

$$\mu_T = (T-44) / (46-44)$$

$$= (45-44) / 2$$

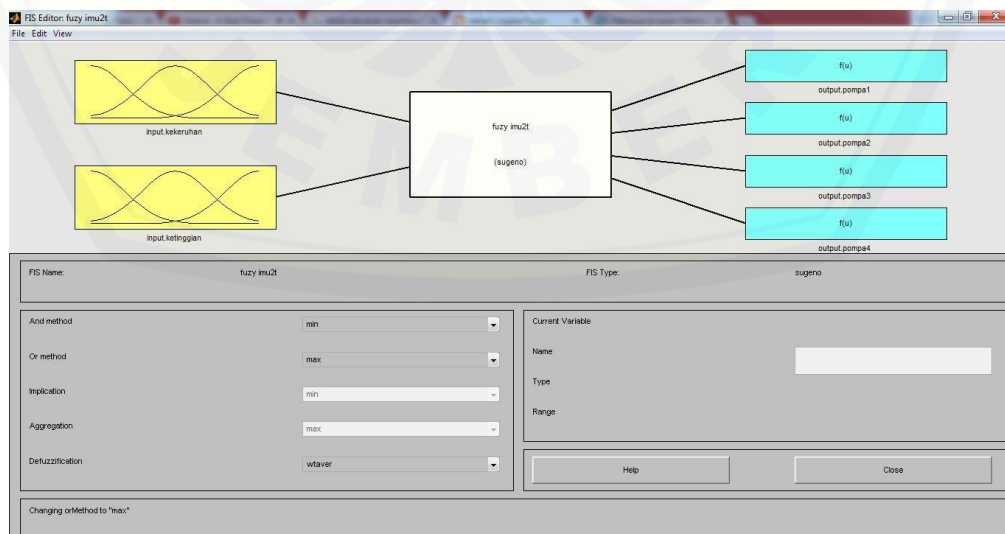
$$= 1/2 = 0.5$$

derajat keanggotaannya (μ_T) sebesar 0.5.



Gambar 3.18. Fungsi keanggotaan pada pompa 1,2,3, dan 4

Selain menggolongkan *input*, diperlukan juga untuk menggolongkan *output*. *Output* berupa empat pompa yang digolongkan berupa: Pompa1, Pompa2, Pompa3, dan Pompa 4. *Setting* kondisi kecepatan pompa yang berupa konstanta pada *fuzzy logic sugeno* dengan index 0 sampai 1. Untuk index 1 kondisi cepat, index 0,6 kondisi sedang, index 0,3 kondisi lambat, dan index 0 kondisi *off*.



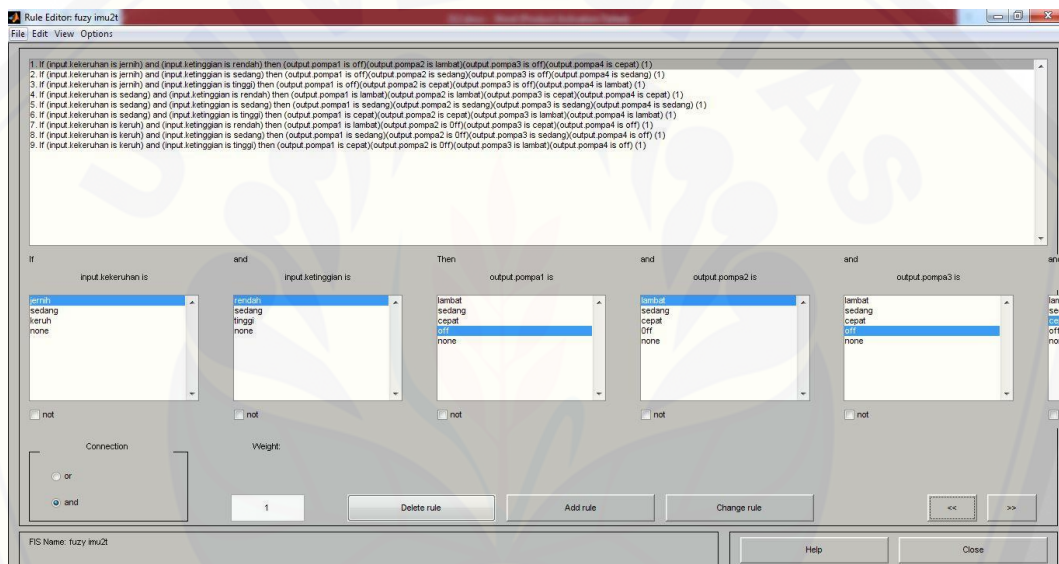
Gambar 3.19. *Fuzzy Logic Sugeno* pada Matlab

- a. Pompa1 cepat (P1C)
- b. Pompa1 sedang (P1S)
- c. Pompa1 lambat (P1L)
- d. Pompa1 *off* (P1O)
- e. Pompa2 cepat (P2C)
- f. Pompa2 sedang (P2S)
- g. Pompa2 lambat (P2L)
- h. Pompa2 *off* (P2O)
- i. Pompa3 cepat (P3C)
- j. Pompa3 sedang (P3S)
- k. Pompa3 lambat (P3L)
- l. Pompa3 *off* (P3O)
- m. Pompa4 cepat (P4C)
- n. Pompa4 sedang (P4S)
- o. Pompa4 lambat (P4L)
- p. Pompa4 *off* (P4O)

Dari beberapa data *input* yang didapat, maka dibuat suatu aturan atau *rule* yang akan menghasilkan keputusan dari *fuzzy controller*. Keputusan ini nantinya yang akan berperan sebagai *output*. Dasarnya aturan ini adalah sebuah *rule if-and-then* yang mudah dimengerti karena hanya merupakan kata-kata. Terdapat 9 *rule* yang menghasilkan *output*, yaitu:

- 1) *If* kekeruhan *is* jernih *and* ketinggian *is* rendah *then* pompa 1 *is off* pompa 2 *is* lambat, pompa 3 *is off*, pompa 4 *is* cepat,
- 2) *If* kekeruhan *is* jernih *and* ketinggian *is* sedang *then* pompa 1 *is off*, pompa 2 *is* sedang, pompa 3 *is off*, pompa 4 *is* sedang
- 3) *If* kekeruhan *is* jernih *and* ketinggian *is* tinggi *then* pompa 1 *is off*, pompa 2 *is* cepat, pompa 3 *is off*, pompa 4 *is* lambat
- 4) *If* kekeruhan *is* sedan *and* ketinggian *is* rendah *then* pompa 1 *is* lambat, pompa 2 *is* lambat, pompa 3 *is* cepat, pompa 4 *is* cepat
- 5) *If* kekeruhan *is* sedan *and* ketinggian *is* sedang *then* pompa 1 *is* sedang, pompa 2 *is* sedang, pompa 3 *is* sedang, pompa 4 *is* sedang

- 6) *If kekeruhan is sedan and ketinggian is tinggi then pompa 1 is cepat, pompa 2 is cepat, pompa 3 is lambat, pompa 4 is lambat*
- 7) *If kekeruhan is keruh and ketinggian is rendah then pompa 1 is lambat, pompa 2 is off, pompa 3 is cepat, pompa 4 is off*
- 8) *If kekeruhan is keruh and ketinggian is sedang then pompa 1 is sedang, pompa 2 is off, pompa 3 is sedang, pompa 4 is off*
- 9) *If kekeruhan is keruh and ketinggian is tinggi then pompa 1 is cepat, pompa 2 is off, pompa 3 is lambat, pompa 4 is off*

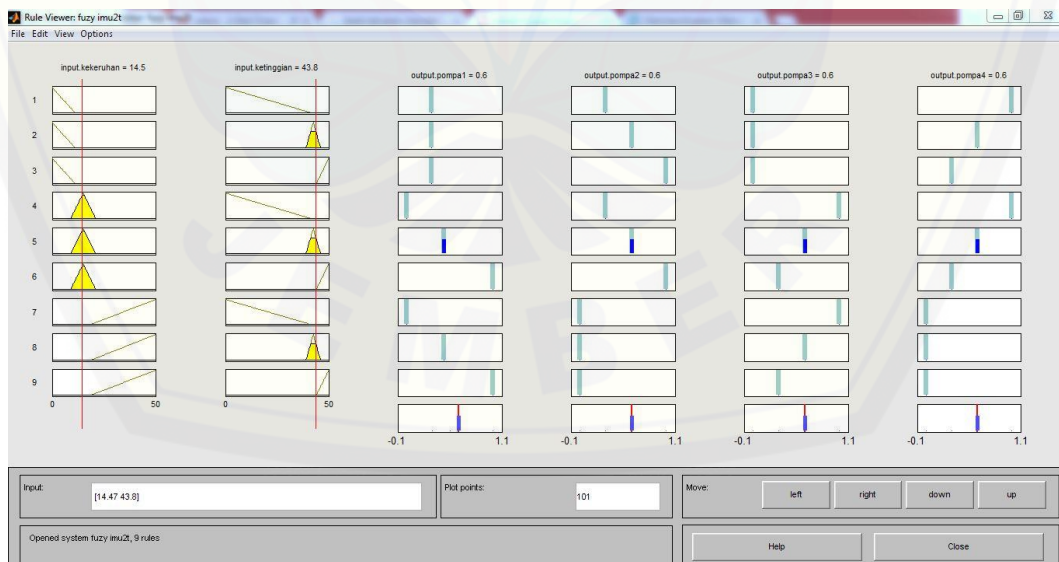


Gambar 3.20. Rule Editor pada Simulasi Matlab

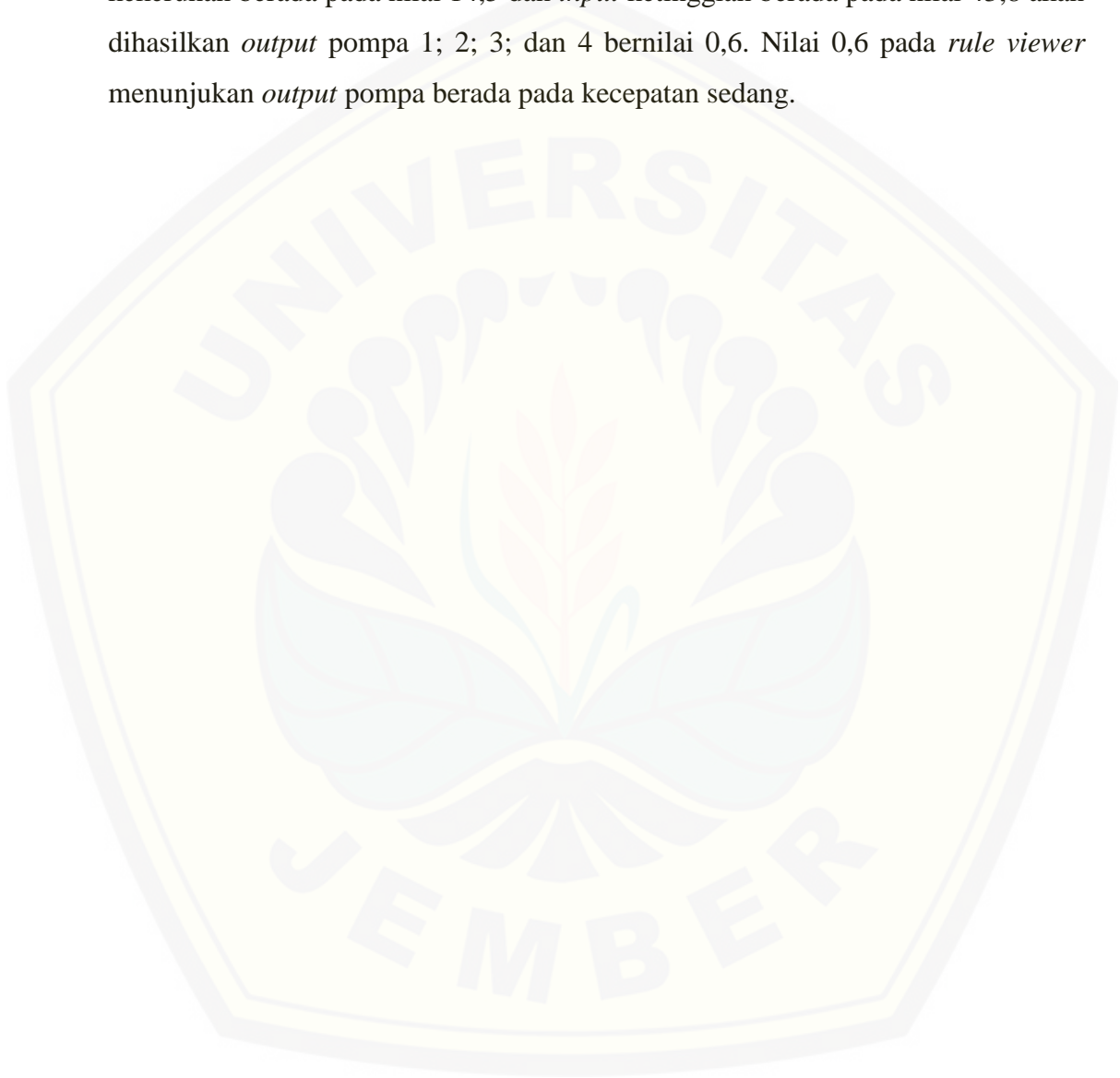
Tabel 3.1 Kumpulan *rule*

INPUT		KETINGGIAN		
		REDAH	SEDANG	TINGGI
KEKERUHAN	JERNIH	P1O, P2L, P3O, P4C	P1O,P2S, P3O, P4S	P1O,P2C, P3O, P4L
	SEDANG	P1L, P2L, P3C, P4C	P1S, P2S, P3S, P4S	P1C, P2C, P3L, P4L
	KERUH	P1L, P2O, P3C, P4O	P1S, P2O, P3S, P4O	P1C,P2O, P3S, P4O
		<i>OUTPUT</i>		

Tabel kumpulan *rule* menunjukkan hubungan antara kekeruhan air dan ketinggian air yang akan menghasilkan *output* sesuai kondisi kekeruhan air dan ketinggian air. Disini kekeruhan air menjadi tiga kondisi yaitu jernih, sedang, dan keruh. Sedangkan ketinggian dibagi menjadi tiga kondisi yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Dari enam kondisi *input* tersebut maka didapatkan Sembilan kondisi *output*.

Gambar 3.21 *Rule Viewer* pada Simulasi Matlab

Dari hasil *rule viewer* didapatkan kondisi-kondisi hasil dari *rule* yang sudah dibuat. Hasil dari *rule viewer* yang diperoleh *input* yang dapat diubah nilainya sesuai keinginan sehingga akan dihasilkan *output* sesuai dengan kondisi *input*. Pada gambar diatas merupakan contoh *rule viewer* yang saya ambil, ketika *input* kekeruhan berada pada nilai 14,5 dan *input* ketinggian berada pada nilai 43,8 akan dihasilkan *output* pompa 1; 2; 3; dan 4 bernilai 0,6. Nilai 0,6 pada *rule viewer* menunjukkan *output* pompa berada pada kecepatan sedang.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari penelitian dengan judul “Rancang Bangun Sistem Kendali Tingkat Kekeruhan dan Suhu pada Benih Ikan Lele Menggunakan Sistem Reserkulasi dengan Kontrol *Fuzzy Logic*” maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari kalibrasi yang dilakukan pembacaan sensor *photodiode* dan alat *turbidimeter* didapat *error percent* tertinggi sebesar 17.4 % dengan kondisi air keruh yang dihasilkan oleh sensor *photodiode* sebesar 18.32 NTU dan alat *turbidimeter* sebesar 15.6 NTU. Pada pengujian sensor suhu ds 18b20 dengan *thermometer digital* diperoleh nilai *error percent* tertinggi sebesar 1.89 % dengan kondisi suhu pengukuran pada sensor suhu ds18b20 diperoleh suhu sebesar 26.5 °C dan *thermometer digital* sebesar 27 °C. Pada sensor-sensor tersebut hanya pada sensor *photodiode* sebagai sensor kekeruhan yang dikalibrasi terlebih dahulu dengan membandingkan dengan nilai hasil pengukuran alat *turbidimeter*. Sedangkan untuk sensor *ultrasonic hcr-s04* dan sensor ds18b20 sudah terkalibrasi dari pabrik.
2. Dari perancangan alat ini yang dilakukan selama 25 hari dihasilkan ikan lele mengalami pertumbuhan 3 kali lebih besar dari kondisi ikan lele saat awal penelitian. Kekeruhan air stabil diantara 10 NTU sampai 20 NTU pada saat hari ke-10 dengan tingkat kekeruhan sebesar 14,56 NTU sampai hari ke-18 dengan tingkat kekeruhan sebesar 15,77 NTU. Pada hari ke-19 sampai hari ke-25 alat ini sudah tidak bisa menyetabilkan tingkat kekeruhan air. Suhu yang dihasilkan berkisar 26 °C - 30 °C. Tetapi pada hari ke-2, ke-7, dan ke-15 suhu air pada kolam pendederan ikan lele ini mengalami suhu sebesar 31 °C.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis memberikan saran guna pengembangan penelitian ini berikutnya.

1. Untuk mendapatkan sensitifitas sensor yang lebih tinggi dapat menggunakan sensor yang memiliki akurasi lebih baik.
2. Untuk mengoptimalkan tingkat kekeruhan air dengan mengubah kecepatan laju air pada *output*.
3. Penggunaan sistem sirkulasi air yang kurang terencana akan mempengaruhi hasil yang diinginkan. Seperti pada pembuangan air dari akuarium yang dialirkan kedalam bak penampung. Sehingga kualitas air akan menurun.
4. Penempatan kolam akuarium menghindari cahaya yang masuk kedalam kolam.

DAFTAR PUSTAKA

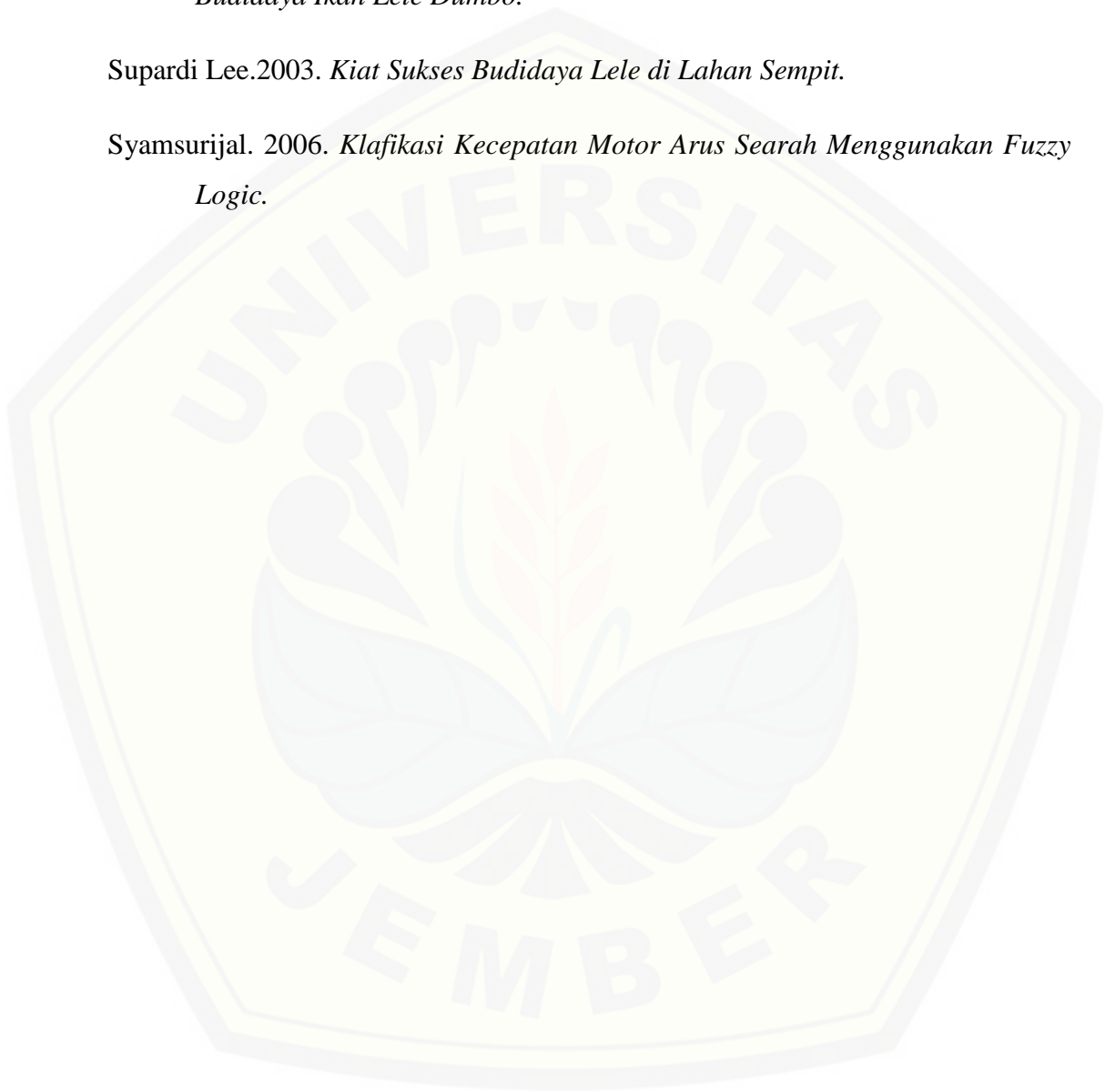
- Ardiansyah, F. 2011. *Pengenalan Android Programming*. Biraynara: Depok.
- Bramasta. 2009. *Teknik Pemijahan Ikan Lele Sangkurian*.
- Diah Kusmardini dan Dede Rukmayadi. 2012. *Teknologi Tepat Guna Pembuatan Tanggul Kolam Pembibitan Lele di Daerah Rawa*.
- Direktorat Jendral Perikanan Budidaya.2013. *Data Statistik Tahunan Produksi Perikanan Budidaya Indonesia*
- Hani, Slamet. 2010. *Sensor Ultrasonik SRF05 Sebagai Memantau Kecepatan Kendaraan Bermotor*
- Hernawati, Gede Suantika. 2007. *Sistem Otomatisasi Pengkondisian Suhu, pH, dan Kejernihan Air Kolam Pada Pembudidayaan Ikan Patin*.
- Himawa. 2008. *Budidaya Lele Sangkuriang*.
- Indriani, Anizar. 2014. *Pemanfaatan Sensor Suhu LM 35 Berbasis Microcontroller ATmega 8535 pada Sistem Pengontrolan Temperatur Air Laut Skala Kecil*.
- Kemalasari. 2011. *Pengaturan Posisi Motor Servo DC dengan Metode Fuzzy Logic*.
- Masjanuar, Riyan.2010. *Dimmer Lampu pada Penerangan Ruangan Menggunakan LED yang Dilengkapi dengan Otomatisasi dan Emergency*.
- Rusli, Mochammad. 2017.*Dasar Perancangan Kendali Logika Fuzzy*.
- Rachmatun, Dra dan Suyanto. 2007. *Budidaya Ikan Lele (Edisi Revisi)*. Jakarta
- Nisa Putri, Zaratul. 2014. *Aplikasi Pengenalan Suara Sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduiono UNO*.

Radhiyufa, Muhib. 2011. *Dinamika Fosfat dan Klorofil dengan Penebaran Ikan Nila pada Kolam Budidaya Ikan Lele Sistem Heterotrofik.*

Sri Hastuti, Sbandiyono, dan Chilmawati. 2009. *Penerapan Kolam Biofiltrasi pada Budidaya Ikan Lele Dumbo.*

Supardi Lee.2003. *Kiat Sukses Budidaya Lele di Lahan Sempit.*

Syamsurijal. 2006. *Klafikasi Kecepatan Motor Arus Searah Menggunakan Fuzzy Logic.*



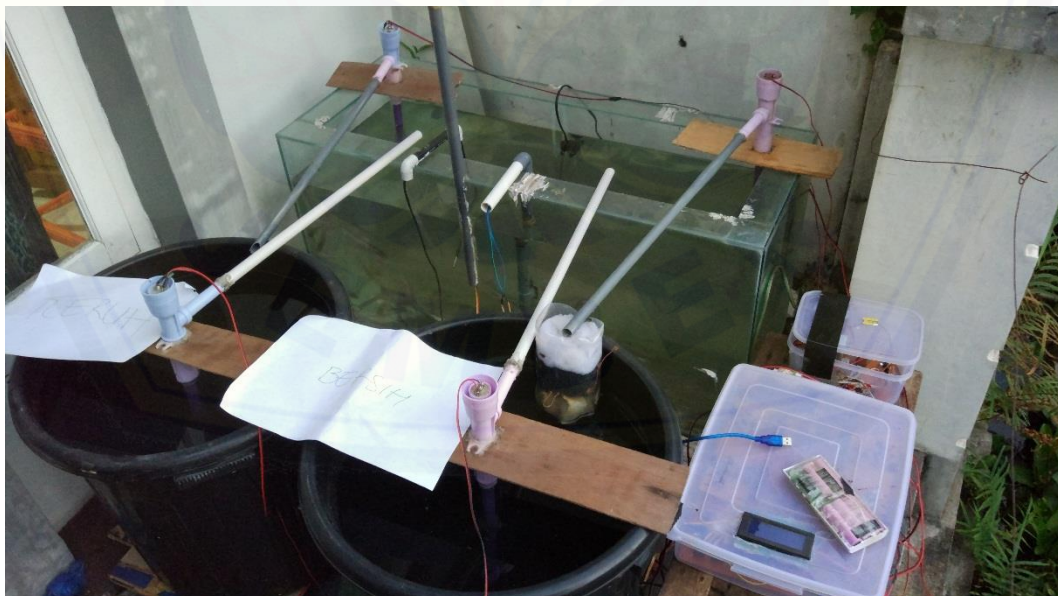
A. LAMPIRAN 1



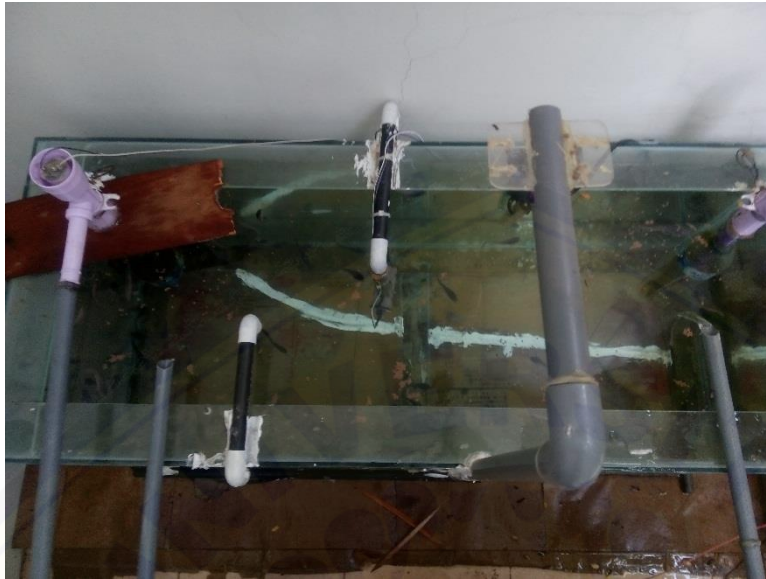
Gambar A.1 Hasil Pembesaran Ikan Lele 1



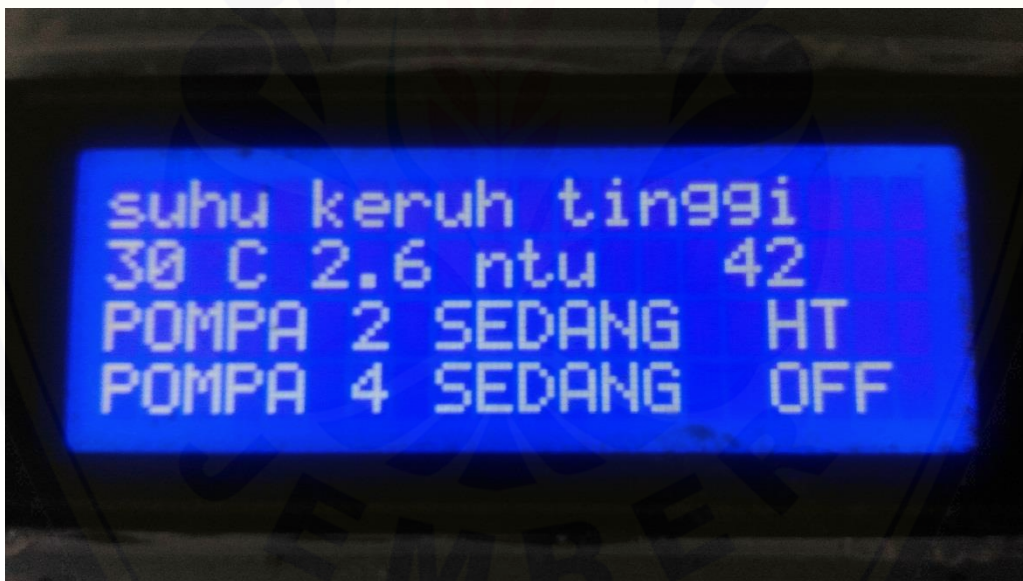
Gambar A.2 Hasil Pembesaran Ikan Lele 2



Gambar A.3 Alat Keseluruhan

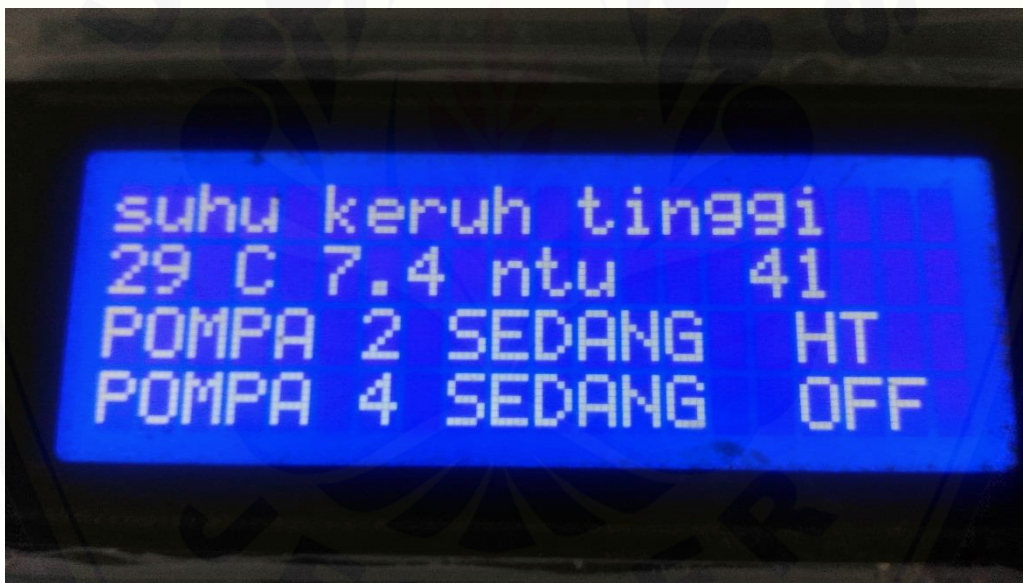
B. LAMPIRAN 2

Gambar B.1 Aquarium Hari ke-2

Gambar B.2 Nilai *Output* pada Alat Hari ke-2



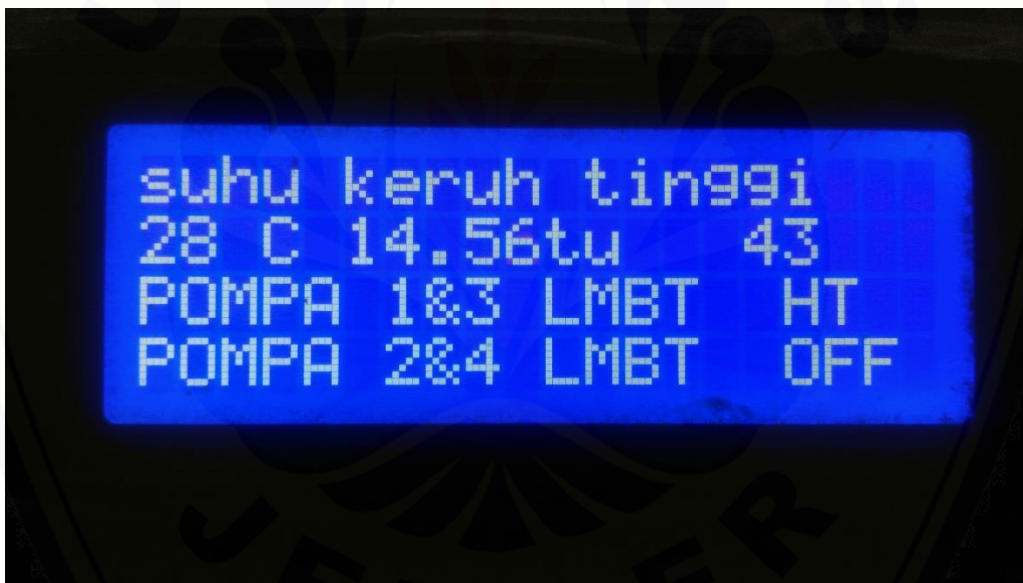
Gambar B.3 Akuarium Hari ke-5



Gambar B.4 Nilai *Output* pada Alat Hari ke-5



Gambar B.5 Akuarium Hari ke-10



Gambar B.6 Nilai *Output* pada Alat Hari ke-10



Gambar B.7 Akuarium Hari ke-30



Gambar B.8 Nilai *Output* pada Alat Hari ke-30

C. LAMPIRAN 3

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <NewPing.h>
#include <OneWire.h>

#define TRIGGER_PIN 12 // Arduino pin tied to trigger pin on the ultrasonic sensor.
#define ECHO_PIN 11 // Arduino pin tied to echo pin on the ultrasonic sensor.
#define MAX_DISTANCE 200 // Maximum distance we want to ping for (in centimeters).
Maximum sensor distance is rated at 400-500cm.

OneWire ds(10);
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
NewPing sonar(TRIGGER_PIN, ECHO_PIN, MAX_DISTANCE);

const int keruh = A0;
const int vk = 8;
float sk;
float kk;
float ker;
int temp;
int ti;
int suhu;
int temperaturePin = 13;
int keruhPin = A0;
int tinggi;
float ur;
float us1;
float us2;
float ut;
float uj;
float us3;
float us4;
float uk;

int PMB_L = 40; //pompa 3
int PMB_S = 38;
int PMB_C = 36;

int PKB_L = 46; //pompa 1
int PKB_S = 44;
int PKB_C = 42;

int PMK_L = 34; //pompa 4
int PMK_S = 32;
int PMK_C = 30;

int PKK_L = 52; //pompa 2
int PKK_S = 50;
int PKK_C = 48;
```

```

int HT = 28;
float ke;
byte i;
byte present = 0;
byte type_s;
byte data[12];
byte addr[8];
int fahrenheit;

void setup() {
  pinMode(PMB_L, OUTPUT);
  pinMode(PMB_S, OUTPUT);
  pinMode(PMB_C, OUTPUT);
  pinMode(PKB_L, OUTPUT);
  pinMode(PKB_S, OUTPUT);
  pinMode(PKB_C, OUTPUT);
  pinMode(PMK_L, OUTPUT);
  pinMode(PMK_S, OUTPUT);
  pinMode(PMK_C, OUTPUT);
  pinMode(PKK_L, OUTPUT);
  pinMode(PKK_S, OUTPUT);
  pinMode(PKK_C, OUTPUT);
  pinMode(HT, OUTPUT);
  Serial.begin(38400);
  lcd.begin(20, 4);
  lcd.print("suhu keruh tinggi");
}

void fuzzy1()
{
  ur = (41-tinggi)/(41-39);
  us1 = (tinggi-39)/(41-39);
}

void fuzzy2()
{
  us2 = (46-tinggi)/(46-44);
  ut = (tinggi-44)/(46-44);
}

void fuzzy3()
{
  uj = (11-ke)/(11-9);
  us3 = (ke-9)/(11-9);
}

void fuzzy4()
{
  us4 = (21-ke)/(21-19);
  uk = (ke-19)/(21-19);
}

void loop() {
  lcd.setCursor(2,1);
  lcd.print(" C");
  if ( !ds.search(addr) ) {
    Serial.println("No more addresses.");
    Serial.println();
    ds.reset_search();
    delay(100);
    return;
  }
  Serial.print("ROM =");
  for( i = 0; i < 8; i++) {
    Serial.write(' ');
    Serial.print(addr[i], HEX);
  }

  if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
    Serial.println("CRC is not valid!");
    return;
  }
  Serial.println();

  // the first ROM byte indicates which chip
  switch (addr[0]) {
    case 0x10:
      Serial.println(" Chip = DS18S20"); // or
      old DS1820
      type_s = 1;
      break;
    case 0x28:
      Serial.println(" Chip = DS18B20");
      type_s = 0;
      break;
    case 0x22:
      Serial.println(" Chip = DS1822");
      type_s = 0;
      break;
    default:
      Serial.println("Device is not a DS18x20
      family device.");
      return;
  }

  ds.reset();
  ds.select(addr);
  ds.write(0x44,1); // start conversion,
  with parasite power on at the end

  delay(200); // maybe 750ms is enough,
  maybe not
  // we might do a ds.depower() here, but the
  reset will take care of it.
  present = ds.reset();
  ds.select(addr);
  ds.write(0xBE); // Read Scratchpad

```

```

    Serial.print(" Data = ");
    Serial.print(present,HEX);
    Serial.print(" ");
    for ( i = 0; i < 9; i++) {          // we need 9
bytes
    data[i] = ds.read();
    Serial.print(data[i], HEX);
    Serial.print(" ");
    }
    Serial.print(" CRC=");
    Serial.print(OneWire::crc8(data, 8), HEX);
    Serial.println();

    // convert the data to actual temperature

    unsigned int raw = (data[1] << 8) | data[0];
    if (type_s) {
        raw = raw << 3; // 9 bit resolution default
        if (data[7] == 0x10) {
            // count remain gives full 12 bit resolution
            raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
        }
    } else {
        byte cfg = (data[4] & 0x60);
        if (cfg == 0x00) raw = raw << 3; // 9 bit
resolution, 93.75 ms
        else if (cfg == 0x20) raw = raw << 2; // 10
bit res, 187.5 ms
        else if (cfg == 0x40) raw = raw << 1; // 11
bit res, 375 ms
        // default is 12 bit resolution, 750 ms
conversion time
    }
    suhu = (float)raw / 16.0;
    fahrenheit = suhu * 1.8 + 32.0;
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(suhu);
    Serial.print(" ");
    Serial.print(suhu);
    Serial.print(" Celsius, ");
    Serial.print(fahrenheit);
    Serial.println(" Fahrenheit");
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print(" ntu");

    sk = analogRead(keruh);
    digitalWrite(vk, HIGH);
    kk = (sk * 0.107) - 58.455;
    if (kk <= 0.5){
        ke = 0;
    }
    else {
        ke = kk;
    }

    lcd.setCursor(5, 1);
    lcd.print(ke);
    Serial.print(ke);
    unsigned int uS = sonar.ping();
    int ti = uS / US_ROUNDTRIP_CM;
    tinggi = 90 - ti;
    lcd.setCursor(15, 1);
    lcd.print(tinggi);
    lcd.setCursor(17, 1);
    lcd.print(" ");

    if (suhu <= 26 ){
        //kondisi 1
        if (ke <9 && tinggi < 39) {
            lcd.setCursor(0,2);
            lcd.print("POMPA 2 CEPAT ");
            lcd.setCursor(0,3);
            lcd.print("POMPA 4 LAMBAT");
            lcd.setCursor(16,2);
            lcd.print("HT");
            lcd.setCursor(16,3);
            lcd.print("O N");

            digitalWrite(PMK_C, HIGH);
            digitalWrite(PKK_L, HIGH);
            digitalWrite(PMB_L, LOW);
            digitalWrite(PMB_S, LOW);
            digitalWrite(PMB_C, LOW);
            digitalWrite(PKB_L, LOW);
            digitalWrite(PKB_S, LOW);
            digitalWrite(PKB_C, LOW);
            digitalWrite(PMK_S, LOW);
            digitalWrite(PMK_C, LOW);
            digitalWrite(PKK_L, LOW);
            digitalWrite(PKK_S, LOW);
            digitalWrite(HT, HIGH); }

        if (ke < 9 && tinggi >= 39 && tinggi <=
41) {
            fuzzy1();
            if ( us1 < ur){
                lcd.setCursor(0,2);
                lcd.print("POMPA 2 CEPAT ");
                lcd.setCursor(0,3);
                lcd.print("POMPA 4 LAMBAT");
                lcd.setCursor(16,2);
                lcd.print("HT");
                lcd.setCursor(16,3);
                lcd.print("O N");

                digitalWrite(PMK_C, HIGH);
                digitalWrite(PKK_L, HIGH);
                digitalWrite(PMB_L, LOW);

```


<pre> digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ur < us1) { lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (ke < 9 && tinggi > 41 && tinggi < 44) { lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); </pre>	<pre> digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ke < 9 && tinggi >= 44 && tinggi <= 46) { fuzzy2(); if (us2 > ut) { lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ut > us2) { lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 4 LAMBAT"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2 CEPAT "); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_L, HIGH); digitalWrite(PKK_C, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); </pre>
--	---

```

digitalWrite(PMK_S, LOW);
digitalWrite(PMK_C, LOW);
digitalWrite(PKK_L, LOW);
digitalWrite(PKK_S, LOW);
digitalWrite(HT, HIGH);
}
}

if (ke < 9 && tinggi > 46) {
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("POMPA 4 LAMBAT");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("POMPA 2 CEPAT ");
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print("HT");
  lcd.setCursor(16,3);
  lcd.print("O N");

  digitalWrite(PMK_L, HIGH);
  digitalWrite(PKK_C, HIGH);
  digitalWrite(PMB_L, LOW);
  digitalWrite(PMB_S, LOW);
  digitalWrite(PMB_C, LOW);
  digitalWrite(PKB_L, LOW);
  digitalWrite(PKB_S, LOW);
  digitalWrite(PKB_C, LOW);
  digitalWrite(PMK_S, LOW);
  digitalWrite(PMK_C, LOW);
  digitalWrite(PKK_L, LOW);
  digitalWrite(PKK_S, LOW);
  digitalWrite(HT, HIGH);
}
//kondisi 2
if (ke > 21 && tinggi < 39){
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("POMPA 3 CEPAT ");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("POMPA 1 LAMBAT");
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print("HT");
  lcd.setCursor(16,3);
  lcd.print("O N");

  digitalWrite(PMB_C, HIGH);
  digitalWrite(PKB_L, HIGH);
  digitalWrite(PMB_L, LOW);
  digitalWrite(PMB_S, LOW);
  digitalWrite(PKB_S, LOW);
  digitalWrite(PKB_C, LOW);
  digitalWrite(PMK_L, LOW);
  digitalWrite(PMK_S, LOW);
  digitalWrite(PMK_C, LOW);
  digitalWrite(PKK_L, LOW);
  digitalWrite(PKK_S, LOW);
  digitalWrite(HT, HIGH);
}

digitalWrite(PMK_S, LOW);
digitalWrite(PMK_C, LOW);
digitalWrite(PKK_L, LOW);
digitalWrite(PKK_S, LOW);
digitalWrite(HT, HIGH);
}

if (ke > 21 && tinggi >= 39 && tinggi <=
41){
  fuzzy1();
  if (ur > us1){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 3 CEPAT ");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 1 LAMBAT");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

    digitalWrite(PMB_C, HIGH);
    digitalWrite(PKB_L, HIGH);

    digitalWrite(PMB_L, LOW);
    digitalWrite(PMB_S, LOW);
    digitalWrite(PKB_S, LOW);
    digitalWrite(PKB_C, LOW);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(PKK_C, LOW);
    digitalWrite(HT, HIGH);
  }
  if (us1 > ur){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1 SEDANG");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 3 SEDANG");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

    digitalWrite(PMB_S, HIGH);
    digitalWrite(PKB_S, HIGH);
    digitalWrite(PMB_L, LOW);
    digitalWrite(PMB_C, LOW);
    digitalWrite(PKB_L, LOW);
    digitalWrite(PKB_C, LOW);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(HT, HIGH);
  }
}

```

```

if (ke > 21 && tinggi > 41 && tinggi <=
44){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1 SEDANG");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 3 SEDANG");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

    digitalWrite(PMB_S, HIGH);
    digitalWrite(PKB_S, HIGH);
    digitalWrite(PMB_L, LOW);
    digitalWrite(PMB_C, LOW);
    digitalWrite(PKB_L, LOW);
    digitalWrite(PKB_C, LOW);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(HT, HIGH);
}
if (ke >21 && tinggi >= 44 && tinggi
<=46){
    fuzzy2();
    if ( us2 > ut){
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("POMPA 1 SEDANG");
        lcd.setCursor(0,3);
        lcd.print("POMPA 3 SEDANG");
        lcd.setCursor(16,2);
        lcd.print("HT");
        lcd.setCursor(16,3);
        lcd.print("O N");

        digitalWrite(PMB_S, HIGH);
        digitalWrite(PKB_S, HIGH);
        digitalWrite(PMB_L, LOW);
        digitalWrite(PMB_C, LOW);
        digitalWrite(PKB_L, LOW);
        digitalWrite(PKB_C, LOW);
        digitalWrite(PMK_L, LOW);
        digitalWrite(PMK_S, LOW);
        digitalWrite(PMK_C, LOW);
        digitalWrite(PKK_L, LOW);
        digitalWrite(PKK_S, LOW);
        digitalWrite(HT, HIGH);
    }
    if (ut > us2){
        lcd.setCursor(0,2);
        lcd.print("POMPA 3 LAMBAT");
        lcd.setCursor(0,3);

        lcd.print("POMPA 1 CEPAT ");
        lcd.setCursor(16,2);
        lcd.print("HT");
        lcd.setCursor(16,3);
        lcd.print("O N");

        digitalWrite(PMB_L, HIGH);
        digitalWrite(PKB_C, HIGH);
        digitalWrite(PMB_S, LOW);
        digitalWrite(PMB_C, LOW);
        digitalWrite(PKB_L, LOW);
        digitalWrite(PKB_S, LOW);
        digitalWrite(PMK_L, LOW);
        digitalWrite(PMK_S, LOW);
        digitalWrite(PMK_C, LOW);
        digitalWrite(PKK_L, LOW);
        digitalWrite(PKK_S, LOW);
        digitalWrite(PKK_C, LOW);
        digitalWrite(HT, HIGH);
    }
}
//kondisi 3
if ( ke > 11 && ke < 19 && tinggi < 39){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1&3 LMBT");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 2&4 CEPAT");
    lcd.setCursor(16,2);

```

<pre> lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, HIGH); digitalWrite(PKK_L, HIGH); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ke > 11 && ke < 19 && tinggi >= 39 && tinggi <= 41){ fuzzy1(); if (ur > us1){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 LMBT"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 CEPAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, HIGH); digitalWrite(PKK_L, HIGH); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (us1 > ur){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); </pre>	<pre> digitalWrite(PMB_S, HIGH); digitalWrite(PKB_S, HIGH); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (ke > 11 && ke < 19 && tinggi > 41 && tinggi < 44){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, HIGH); digitalWrite(PKB_S, HIGH); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ke > 11 && ke < 19 && tinggi >= 44 && tinggi <=46){ fuzzy2(); if (us2 > ut){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); </pre>
---	---

<pre> digitalWrite(PMB_S, HIGH); digitalWrite(PKB_S, HIGH); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ut > us2){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 CEPAT"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 LMBT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PMB_L, HIGH); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PKB_C, HIGH); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, HIGH); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (ke > 11 && ke < 19 && tinggi > 46){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 CEPAT"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 LMBT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); </pre>	<pre> digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PMB_L, HIGH); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PKB_C, HIGH); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, HIGH); digitalWrite(HT, HIGH); } //kondisi 4 if (ke >= 9 && ke <= 11 && tinggi < 39){ fuzzy3(); if (uj > us3){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 CEPAT "); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 LAMBAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_C, HIGH); digitalWrite(PKK_L, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (us3 > uj){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 3 CEPAT "); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 1 LAMBAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); </pre>
--	--

<pre> digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (ke >= 9 && ke <= 11 && tinggi >= 39 && tinggi <= 41){ fuzzy1(); fuzzy3(); if (uj > us3){ if (ur > us1){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 CEPAT "); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 LAMBAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_C, HIGH); digitalWrite(PKK_L, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (us1 > ur){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_S, HIGH); </pre>	<pre> digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (us3 > uj){ if (ur > us1){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 3 CEPAT "); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 1 LAMBAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (us1 > ur){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 3 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, HIGH); digitalWrite(PKB_S, HIGH); </pre>
---	--

<pre> digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } } if (ke >= 9 && ke <= 11 && tinggi > 41 && tinggi < 44){ fuzzy3(); if (uj > us3){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (us3 > uj){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 3 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, HIGH); digitalWrite(PKB_S, HIGH); </pre>	<pre> digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (ke >= 9 && ke <= 11 && tinggi >= 44 && tinggi <=46){ fuzzy2(); fuzzy3(); if (uj > us3){ if (us2 > ut){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 2 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 4 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_S, HIGH); digitalWrite(PKK_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (ut > us2){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 4 LAMBAT"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2 CEPAT "); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMK_L, HIGH); </pre>
---	--

```

digitalWrite(PKK_C, HIGH);
digitalWrite(PMB_L, LOW);
digitalWrite(PMB_S, LOW);
digitalWrite(PMB_C, LOW);
digitalWrite(PKB_L, LOW);
digitalWrite(PKB_S, LOW);
digitalWrite(PKB_C, LOW);
digitalWrite(PMK_S, LOW);
digitalWrite(PMK_C, LOW);
digitalWrite(PKK_L, LOW);
digitalWrite(PKK_S, LOW);
digitalWrite(HT, HIGH);
}
}

```

```

if (us3 > uj){
  if ( us2 > ut){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1 SEDANG");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 3 SEDANG");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

```

```

digitalWrite(PMB_S, HIGH);
digitalWrite(PKB_S, HIGH);
digitalWrite(PMB_L, LOW);
digitalWrite(PMB_C, LOW);
digitalWrite(PKB_L, LOW);
digitalWrite(PKB_C, LOW);
digitalWrite(PMK_L, LOW);
digitalWrite(PMK_S, LOW);
digitalWrite(PMK_C, LOW);
digitalWrite(PKK_L, LOW);
digitalWrite(PKK_S, LOW);
digitalWrite(HT, HIGH);
}

```

```

if (ut > us2){
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("POMPA 3 LAMBAT");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("POMPA 1 CEPAT ");
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print("HT");
  lcd.setCursor(16,3);
  lcd.print("O N");

```

```

digitalWrite(PMB_L, HIGH);
digitalWrite(PKB_C, HIGH);
digitalWrite(PMB_S, LOW);
digitalWrite(PMB_C, LOW);

```

```

digitalWrite(PKB_L, LOW);
digitalWrite(PKB_S, LOW);
digitalWrite(PMK_L, LOW);
digitalWrite(PMK_S, LOW);
digitalWrite(PMK_C, LOW);
digitalWrite(PKK_L, LOW);
digitalWrite(PKK_S, LOW);
digitalWrite(PKK_C, LOW);
digitalWrite(HT, HIGH);
}
}

```

```

}
}

```

```

if (ke >= 9 && ke <= 11 && tinggi > 46){
  fuzzy3();
  if (uj > us3){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 4 LAMBAT");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 2 CEPAT ");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

```

```

digitalWrite(PMK_L, HIGH);
digitalWrite(PKK_C, HIGH);
digitalWrite(PMB_L, LOW);
digitalWrite(PMB_S, LOW);
digitalWrite(PMB_C, LOW);
digitalWrite(PKB_L, LOW);
digitalWrite(PKB_S, LOW);
digitalWrite(PKB_C, LOW);
digitalWrite(PMK_S, LOW);
digitalWrite(PMK_C, LOW);
digitalWrite(PKK_L, LOW);
digitalWrite(PKK_S, LOW);
digitalWrite(HT, HIGH);
}

```

```

if (us3 > uj){
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("POMPA 3 LAMBAT");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("POMPA 1 CEPAT ");
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print("HT");
  lcd.setCursor(16,3);
  lcd.print("O N");

```

```

digitalWrite(PMB_L, HIGH);
digitalWrite(PKB_C, HIGH);
digitalWrite(PMB_S, LOW);
digitalWrite(PMB_C, LOW);

```


<pre> digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } //kondisi 5 if (ke >= 19 && ke <= 21 && tinggi < 39){ fuzzy4(); if (us4 > uk){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 3 CEPAT "); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 1 LAMBAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (uk > us4){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1&3 LMBT"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 2&4 CEPAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); </pre>	<pre> digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_C, HIGH); digitalWrite(PKK_L, HIGH); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } } if (ke >= 19 && ke <= 21 && tinggi >= 39 && tinggi <= 31){ fuzzy1(); fuzzy4(); if (us4 > uk){ if (ur > us1){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 3 CEPAT "); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 1 LAMBAT"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_C, HIGH); digitalWrite(PKB_L, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_S, LOW); digitalWrite(PKB_S, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); digitalWrite(PMK_C, LOW); digitalWrite(PKK_L, LOW); digitalWrite(PKK_S, LOW); digitalWrite(PKK_C, LOW); digitalWrite(HT, HIGH); } if (us1 > ur){ lcd.setCursor(0,2); lcd.print("POMPA 1 SEDANG"); lcd.setCursor(0,3); lcd.print("POMPA 3 SEDANG"); lcd.setCursor(16,2); lcd.print("HT"); lcd.setCursor(16,3); lcd.print("O N"); digitalWrite(PMB_S, HIGH); digitalWrite(PKB_S, HIGH); digitalWrite(PMB_L, LOW); digitalWrite(PMB_C, LOW); digitalWrite(PKB_L, LOW); digitalWrite(PKB_C, LOW); digitalWrite(PMK_L, LOW); digitalWrite(PMK_S, LOW); </pre>
---	--

```

    }
  }
  if (ke >= 19 && ke <= 21 && tinggi > 41
  && tinggi < 44){
    fuzzy4();
    if (us4 > uk){
      lcd.setCursor(0,2);
      lcd.print("POMPA 1 SEDANG");
      lcd.setCursor(0,3);
      lcd.print("POMPA 3 SEDANG");
      lcd.setCursor(16,2);
      lcd.print("HT");
      lcd.setCursor(16,3);
      lcd.print("O N");

      digitalWrite(PMB_S, HIGH);
      digitalWrite(PKB_S, HIGH);
      digitalWrite(PMB_L, LOW);
      digitalWrite(PMB_C, LOW);
      digitalWrite(PKB_L, LOW);
      digitalWrite(PKB_C, LOW);
      digitalWrite(PMK_L, LOW);
      digitalWrite(PMK_S, LOW);
      digitalWrite(PMK_C, LOW);
      digitalWrite(PKK_L, LOW);
      digitalWrite(PKK_S, LOW);
      digitalWrite(HT, HIGH);
    }
    if (uk > us4){
      lcd.setCursor(0,2);
      lcd.print("POMPA 1&3 SEDANG");
      lcd.setCursor(0,3);
      lcd.print("POMPA 2&4 SEDANG");
      lcd.setCursor(16,2);
      lcd.print("HT");
      lcd.setCursor(16,3);
      lcd.print("O N");

      digitalWrite(PMB_S, HIGH);
      digitalWrite(PKB_S, HIGH);
      digitalWrite(PMK_S, HIGH);
      digitalWrite(PKK_S, HIGH);
      digitalWrite(PMB_L, LOW);
      digitalWrite(PMB_C, LOW);
      digitalWrite(PKB_L, LOW);
      digitalWrite(PKB_C, LOW);
      digitalWrite(PMK_L, LOW);
      digitalWrite(PMK_C, LOW);
      digitalWrite(PKK_L, LOW);
      digitalWrite(PKK_C, LOW);
      digitalWrite(HT, HIGH);
    }
  }
}

fuzzy2();
fuzzy4();
if (us4 > uk){
  if ( us2 > ut){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1 SEDANG");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 3 SEDANG");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");
    digitalWrite(PMB_S, HIGH);
    digitalWrite(PKB_S, HIGH);
    digitalWrite(PMB_L, LOW);
    digitalWrite(PMB_C, LOW);
    digitalWrite(PKB_L, LOW);
    digitalWrite(PKB_C, LOW);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(HT, HIGH);
  }
  if (ut > us2){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 3 LAMBAT");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 1 CEPAT ");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

    digitalWrite(PMB_L, HIGH);
    digitalWrite(PKB_C, HIGH);
    digitalWrite(PMB_S, LOW);
    digitalWrite(PMB_C, LOW);
    digitalWrite(PKB_L, LOW);
    digitalWrite(PKB_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(PKK_C, LOW);
    digitalWrite(HT, HIGH);
  }
}
if (uk > us4){
  if ( us2 > ut){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1&3 SEDANG");

```

```

if (ke >= 19 && ke <= 21 && tinggi >= 44
&& tinggi <= 46){
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("POMPA 2&4 SEDANG");
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print("HT");
  lcd.setCursor(16,3);
  lcd.print("O N");

  digitalWrite(PMB_S, HIGH);
  digitalWrite(PKB_S, HIGH);
  digitalWrite(PMK_S, HIGH);
  digitalWrite(PKK_S, HIGH);
  digitalWrite(PMB_L, LOW);
  digitalWrite(PMB_C, LOW);
  digitalWrite(PKB_L, LOW);
  digitalWrite(PKB_C, LOW);
  digitalWrite(PMK_L, LOW);
  digitalWrite(PMK_C, LOW);
  digitalWrite(PKK_L, LOW);
  digitalWrite(PKK_C, LOW);
  digitalWrite(HT, HIGH);
  }
  if (ut > us2){
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("POMPA 1&3 CEPAT");
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("POMPA 2&4 LMBT");
  lcd.setCursor(16,2);
  lcd.print("HT");
  lcd.setCursor(16,3);
  lcd.print("O N");

  digitalWrite(PMB_S, LOW);
  digitalWrite(PKB_S, LOW);
  digitalWrite(PMK_S, LOW);
  digitalWrite(PKK_S, LOW);
  digitalWrite(PMB_L, HIGH);
  digitalWrite(PMB_C, LOW);
  digitalWrite(PKB_L, HIGH);
  digitalWrite(PKB_C, HIGH);
  digitalWrite(PMK_L, LOW);
  digitalWrite(PMK_C, LOW);
  digitalWrite(PKK_L, LOW);
  digitalWrite(PKK_C, HIGH);
  digitalWrite(HT, HIGH);
  }
}

if (ke >= 19 && ke <= 21 && tinggi > 46){
  fuzzy4();
  if (us4 > uk){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 3 LAMBAT");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 1 CEPAT ");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

    digitalWrite(PMB_L, HIGH);
    digitalWrite(PKB_C, HIGH);
    digitalWrite(PMB_S, LOW);
    digitalWrite(PMB_C, LOW);
    digitalWrite(PKB_L, LOW);
    digitalWrite(PKB_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(PKK_C, LOW);
    digitalWrite(HT, HIGH);
  }
  if (uk > us4){
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 1&3 CEPAT");
    lcd.setCursor(0,3);
    lcd.print("POMPA 2&4 LMBT");
    lcd.setCursor(16,2);
    lcd.print("HT");
    lcd.setCursor(16,3);
    lcd.print("O N");

    digitalWrite(PMB_S, LOW);
    digitalWrite(PKB_S, LOW);
    digitalWrite(PMK_S, LOW);
    digitalWrite(PKK_S, LOW);
    digitalWrite(PMB_L, HIGH);
    digitalWrite(PMB_C, LOW);
    digitalWrite(PKB_L, HIGH);
    digitalWrite(PKB_C, HIGH);
    digitalWrite(PMK_L, LOW);
    digitalWrite(PMK_C, LOW);
    digitalWrite(PKK_L, LOW);
    digitalWrite(PKK_C, HIGH);
    digitalWrite(HT, HIGH);
  }
}

else if ( suhu >= 31 ){
  if (ke <9 && tinggi < 39) {
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("POMPA 2 CEPAT ");
    lcd.setCursor(0,3);
  }
}

```

```
lcd.print("POMPA 4 LAMBAT");  
lcd.setCursor(16,2);  
  
lcd.print("HT");  
lcd.setCursor(16,3);  
  
lcd.print("OFF");  
  
digitalWrite(PMK_C, HIGH);  
digitalWrite(PKK_L, HIGH);  
digitalWrite(PMB_L, LOW);  
digitalWrite(PMB_S, LOW);  
digitalWrite(PMB_C, LOW);  
digitalWrite(PKB_L, LOW);  
digitalWrite(PKB_S, LOW);  
digitalWrite(PKB_C, LOW);  
digitalWrite(PMK_S, LOW);  
digitalWrite(PMK_C, LOW);  
digitalWrite(PKK_L, LOW);  
digitalWrite(PKK_S, LOW);  
digitalWrite(HT, LOW); }  
  
}  
  
delay(500);  
// put your main code here, to run repeatedly:  
  
}
```