

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *FILTER* AIR
MENGUNAKAN METODE *FUZZY* BERBASIS
ARDUINO UNO**

SKRIPSI



diajukan oleh:

**Raafialdy Adzlan Kurnia
1910442028**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

Februari, 2025

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *FILTER* AIR
MENGUNAKAN METODE *FUZZY* BERBASIS
ARDUINO UNO**

SKRIPSI

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dari Universitas Andalas**



diajukan oleh:

**Raafialdy Adzlan Kurnia
1910442028**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2025

PERNYATAAN KEASLIAN NASKAH

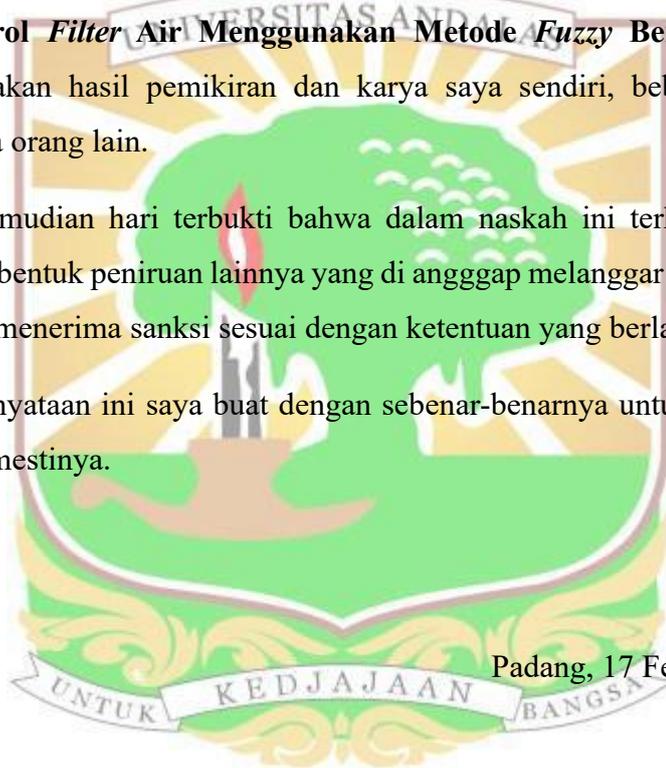
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Raafialdy Adzlan Kurnia
NIM : 1910442028
Departemen/Program Studi : Fisika/ S1 Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa naskah SKRIPSI yang berjudul **Rancang Bangun Sistem Kontrol *Filter* Air Menggunakan Metode *Fuzzy* Berbasis Arduino UNO**, merupakan hasil pemikiran dan karya saya sendiri, bebas dari plagiat terhadap karya orang lain.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dalam naskah ini terkandung plagiat dalam bentuk-bentuk peniruan lainnya yang di anggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Padang, 17 Februari 2025

Raafalady Adzlan Kurnia

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL *FILTER*
AIR MENGGUNAKAN METODE *FUZZY* BERBASIS
ARDUINO UNO**

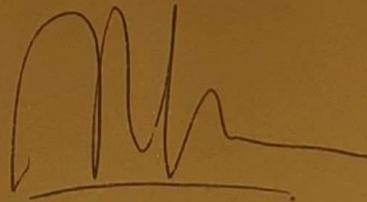
disusun oleh :

**RAAFIALDY ADZLAN KURNIA
1910442028**

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 17 Februari 2025

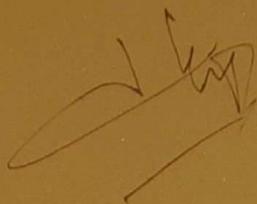
Tim Penguji

Pembimbing Utama,



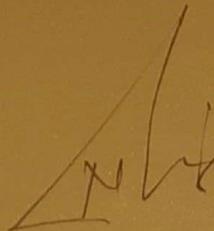
Dr. Megorri Yusfi, M. Si
NIP. 198305312006042001

Penguji I



Rahmat Rasyid, M. Si
NIP. 196711031998021002

Penguji II



Nini Firmawati, M.Sc
NIP. 198805062015042003

Penguji III

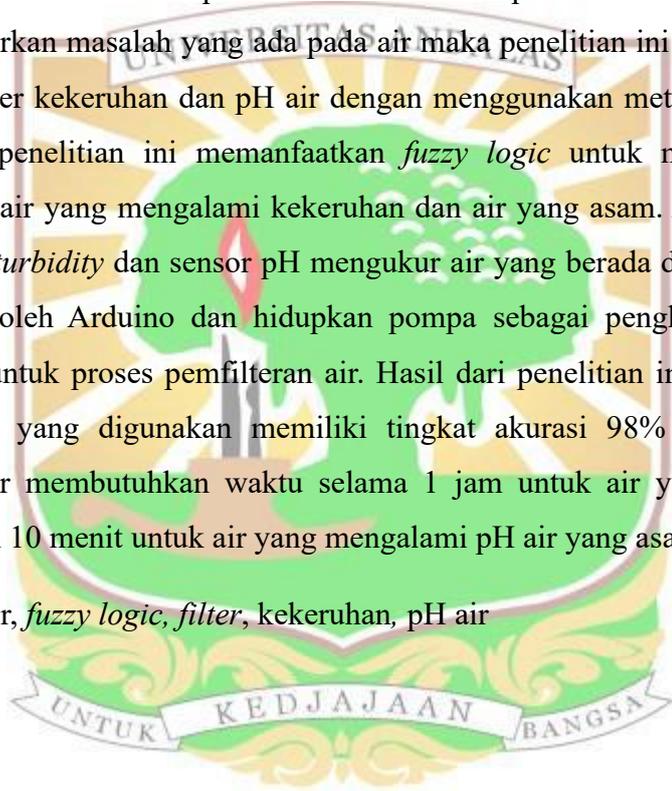
Dwi Pujiastuti, M.Si
NIP.196908021994122002

Rancang Bangun Sistem Kontrol *Filter* Air Menggunakan Metode *Fuzzy* Berbasis Arduino Uno

ABSTRAK

Air merupakan salah satu jenis sumber daya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia seperti untuk dikonsumsi dan untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Air yang dimanfaatkan oleh manusia dapat memiliki masalah seperti kekeruhan dan air yang asam. Berdasarkan masalah yang ada pada air maka penelitian ini merancang alat untuk memfilter kekeruhan dan pH air dengan menggunakan metode *fuzzy logic*. Sistem pada penelitian ini memanfaatkan *fuzzy logic* untuk mengidentifikasi masalah pada air yang mengalami kekeruhan dan air yang asam. Alat ini bekerja ketika sensor *turbidity* dan sensor pH mengukur air yang berada dalam wadah air dan diproses oleh Arduino dan hidupkan pompa sebagai penghubung menuju tempat *filter* untuk proses pemfilteran air. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi 98% dan pengujian pemfilteran air membutuhkan waktu selama 1 jam untuk air yang mengalami kekeruhan dan 10 menit untuk air yang mengalami pH air yang asam.

Kata kunci: Air, *fuzzy logic*, *filter*, kekeruhan, pH air

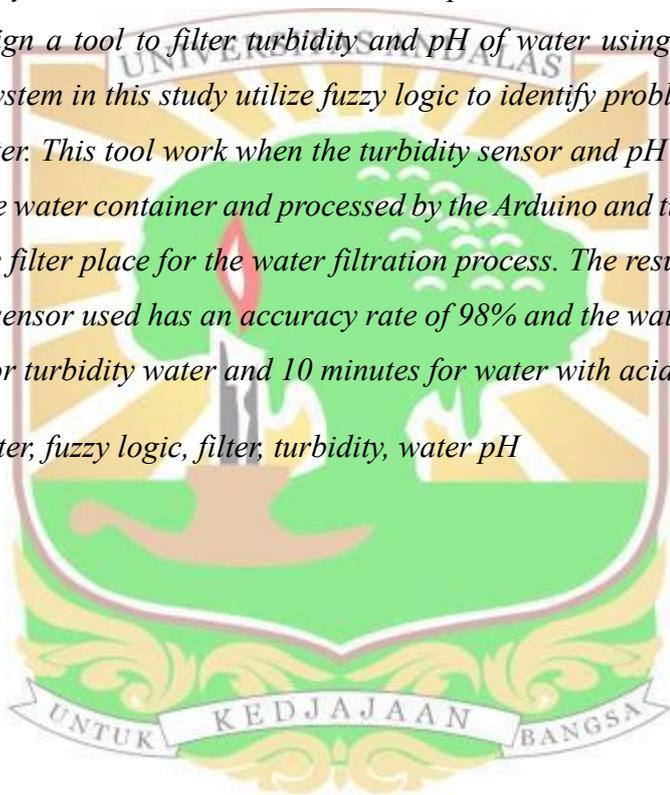


Design and Build a Water Filter Control System Using the Arduino-Based Fuzzy Method

ABSTRACT

Water is a type of resource that can be used by humans such as for consumption and for carrying out daily activities. Water utilized by humans can have problems such as turbidity and acidic water. Based on the problems that exist in water; this study will design a tool to filter turbidity and pH of water using the fuzzy logic method. The system in this study utilize fuzzy logic to identify problems in turbidity and acidic water. This tool work when the turbidity sensor and pH sensor measure the water in the water container and processed by the Arduino and turn on the pump as a link to the filter place for the water filtration process. The results of this study show that the sensor used has an accuracy rate of 98% and the water filtration test takes 1 hour for turbidity water and 10 minutes for water with acidic water pH.

Keywords: Water, fuzzy logic, filter, turbidity, water pH



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol *Filter* Air Menggunakan Metode *Fuzzy* Berbasis Arduino”. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kebodohan menuju zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat ini. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Departemen Fisika FMIPA Universitas Andalas. Selesaiannya penulisan skripsi ini tidak terlepas oleh bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

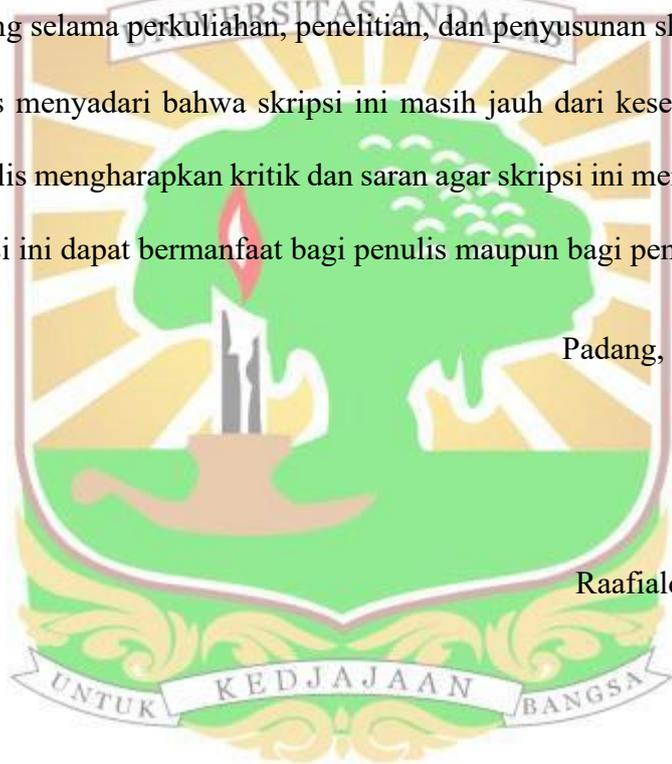
1. Kedua orang tua, yang telah membesarkan, mendidik dan mendukung penulis serta seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan dan kasih sayang selama penelitian ini berlangsung.
2. Ibu Dr. Meqorry Yusfi M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan serta dukungan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini
3. Bapak Rahmat Rasyid, M. Si, Ibu Nini Firmawati, M. Sc, dan Ibu Dwi Pujiastuti, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan, arahan, dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Afdhal Muttaqin, M.Si selaku ketua Departemen Fisika dan seluruh staf pegawai Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

5. Bapak Ahmad Fauzi Pohan, M.Si selaku dosen penasehat akademik yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama proses perkuliahan hingga selesai penulisan skripsi ini.
6. Segenap dosen Departemen Fisika Universitas Andalas yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan.
7. Laboratorium Air Departemen Teknik Lingkungan yang telah membantu dalam proses penelitian skripsi ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan Jurusan Fisika Universitas Andalas yang telah mendukung selama perkuliahan, penelitian, dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran agar skripsi ini menjadi lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pembaca.

Padang, 17 Februari 2025

Raafialdy Adzlan Kurnia



DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACK	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Air.....	5
2.1.1 Kekeruhan	7
2.1.2 pH Air.....	7
2.2 Filtrasi	8
2.3 <i>Sand Filter</i>	8
2.4 Logika <i>Fuzzy</i>	10
2.4.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
2.4.2 Komponen Logika <i>Fuzzy</i>	12
2.4.3 Fungsi Keanggotaan.....	13

2.4.4	Cara Kerja Logika <i>Fuzzy</i>	15
2.4.5	<i>Fuzzy Interface System</i> (FIS)	16
2.4.6	Metode Mamdani	17
2.5	Arduino Uno R3	18
2.6	IDE Arduino	18
2.7	Sensor pH.....	19
2.8	Sensor <i>Turbidity</i>	21
2.9	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	24
2.10	Pompa Air DC (<i>Direct Current</i>).....	25
2.11	PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	26
2.12	<i>Driver Mosfet</i>	27
BAB III METODE PENELITIAN		28
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.2.1	Alat.....	28
3.2.2	Bahan.....	28
3.2.3	Aplikasi / Perangkat Lunak.....	29
3.3	Teknik Penelitian.....	30
3.3.1	Studi Literatur	30
3.3.2	Perancangan Diagram Blok Sistem.....	31
3.3.3	Perancangan <i>Software</i>	32
3.3.4	Perancangan Perangkat Keras	37
3.3.5	Perancangan Alat Keseluruhan	41
3.4	Pengujian dan Analisis	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Pengujian Akurasi Sensor pH.....	44
4.2 Perbandingan Tegangan dan pH pada Sensor PH.....	45
4.3 Pengujian Sensor <i>Turbidity</i>	46
4.4 Hasil Pengujian Pompa DC.....	47
4.5 Hasil Pengujian LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	48
4.6 Hasil Pengujian <i>Fuzzy Logic</i>	49
4.7 Hasil Pengujian Sistem <i>Filter Asam</i>	50
4.8 Hasil Pengujian Sistem <i>Filter Kekeruhan</i>	52
4.9 Pengujian Alat Jika Data Sensor pH Mengalami Perubahan	54
4.10 Pengujian Alat Jika Input Sensor <i>Turbidity</i> Mengalami Perubahan	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN-LAMPIRAN	61



DAFTAR GAMBAR

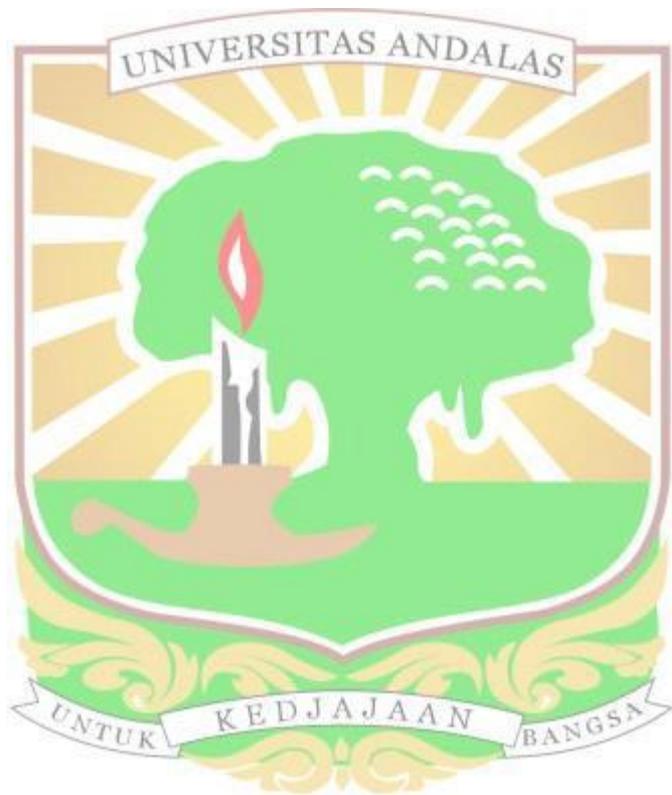
	Halaman
Gambar 2. 1 <i>Rapid Sand Filter</i>	9
Gambar 2. 2 Contoh Logika <i>Fuzzy</i>	10
Gambar 2. 3 Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
Gambar 2. 4 Kurva Segitiga.....	14
Gambar 2. 5 Kurva Trapesium.....	14
Gambar 2. 6 Cara Kerja Logika <i>Fuzzy</i>	15
Gambar 2. 7 <i>Fuzzy Interface System</i>	16
Gambar 2. 8 <i>Defuzzyfikasi</i>	17
Gambar 2. 9 Arduino Uno R3	18
Gambar 2. 10 IDE Arduino	19
Gambar 2. 11 Sensor pH.....	20
Gambar 2. 12 Sensor <i>Turbidity</i>	22
Gambar 2. 13 Pemantulan Cahaya.....	23
Gambar 2. 14 LCD.....	25
Gambar 2. 15 Pompa Air DC	26
Gambar 2. 16 <i>PWM Wave</i>	27
Gambar 2. 17 <i>Driver Mosfet</i>	27
Gambar 3. 1 Teknik Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Perancangan Diagram Blok.....	31
Gambar 3. 3 Metode Mamdani	32
Gambar 3. 4 <i>FuzzySet Input</i>	33
Gambar 3. 5 <i>FuzzySet Output</i>	34
Gambar 3. 6 <i>Rule Base Fuzzy</i>	35
Gambar 3. 7 <i>Flowchart</i>	36
Gambar 3. 8 Perancangan Pengujian Sensor <i>Turbidity</i>	37
Gambar 3. 9 Perancangan Pengujian Sensor pH.....	38

Gambar 3. 10 Perancangan Pengujian Pompa	39
Gambar 3. 11 Perancangan Rangkaian Keseluruhan	39
Gambar 3. 12 Perancangan Filter Air Keruh.....	40
Gambar 3. 13 Perancangan Filter pH Air.....	41
Gambar 3. 14 Perancangan Alat Keseluruhan.....	41
Gambar 4. 1 Bentuk Fisik Rancangan Keseluruhan	43
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan pH-Kekeruhan	45
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Tegangan-Kekeruhan	47
Gambar 4. 4 Pengujian LCD.....	49
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan pH terhadap Waktu	51
Gambar 4. 6 Perbandingan Kekeruhan terhadap Waktu	53
Gambar 4. 7 Pengukuran Pada Sensor pH	54
Gambar 4. 8 Grafik Pengukuran sensor pH Saat Mengalami Gangguan.....	55
Gambar 4. 9 Pengukuran Sensor <i>Turbidity</i>	55
Gambar 4. 10 Grafik Pengukuran <i>turbidity</i> Saat Mengalami Gangguan	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Parameter Air dari Permenkes	6
Tabel 4. 1 Pengujian Sensor pH	44
Tabel 4. 2 Hasil pengujian pompa dc	48
Tabel 4. 3 Hasil pengujian <i>fuzzy logic</i>	49
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sistem Filter Asam.....	51
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sistem Filter Kekeruhan	53



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air bersih merupakan salah satu jenis sumber daya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia seperti untuk dikonsumsi dan melakukan aktivitas sehari-hari (Maemunnur dkk., 2016). Salah satu masalah yang ada pada air bersih adalah kekeruhan. Kekeruhan (*turbidity*) adalah keadaan dimana transparansi air berkurang akibat kehadiran zat tak-terlarut (Rasyid dkk., 2013). Zat ini dapat berasal dari bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air. Air yang mengalami kekeruhan merupakan salah satu ciri air yang tidak bersih dan tidak sehat. Mengonsumsi air keruh dapat mengakibatkan berbagai jenis penyakit seperti cacingan, diare dan penyakit kulit (Wiguna dkk., 2018).

Untuk mengatasi masalah kekeruhan, dibutuhkan alat yang dapat menyaring air guna mendapatkan air yang bersih. Alat *filter* air sudah banyak dikembangkan dalam dunia instrumentasi oleh beberapa peneliti sebelumnya. Nusyirwan dkk (2019) telah membuat alat *filter* air keruh menggunakan sensor LDR dan *Bluetooth HC-05*. Proses filtrasi air pada penelitian ini mempunyai beberapa tahapan yaitu *module HC-05* akan menerima data dari *Android* untuk menghidupkan pompa air, kemudian pompa air akan mengirim air ke *filter* untuk menyaring kotoran. Hasil penyaringan akan dialiri ke sumber air, lampu LED berwarna hijau sebagai indikator filtrasi sedang berjalan, dan menggunakan lampu LED merah sebagai indikator alat sedang tidak beroperasi. Penelitian ini berhasil dalam membuat alat

filter secara sederhana, akan tetapi memiliki kekurangan yaitu tidak adanya nilai tingkat kekeruhan air, sehingga dapat menimbulkan keraguan akan air yang telah difilter (Nusyirwan dkk., 2019).

Cakra dkk, (2019) telah membuat perancangan dan implementasi *filter* air otomatis dengan pengukuran kekeruhan. Sistem penjernihan air otomatis akan mendeteksi tingkat kejernihan air dengan satuan *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU) yang dapat mengukur tingkat kekeruhan air. Sensor *turbidity* dikontrol oleh Arduino uno bertujuan untuk mengukur tingkat kekeruhan air dan difilter agar air tersebut bersih. Hasil deteksi dari sensor akan membuat 3 kondisi yaitu: jika tingkat kekeruhan air lebih besar 25 NTU akan menuju *filter* air keruh, jika lebih kecil dari 25 NTU dan lebih besar dari 5 NTU akan menuju *filter* air jernih, dan jika lebih kecil sama dengan 5 NTU maka akan menuju *filter* air bersih. Penerapan sistem *filter* air otomatis mampu mengubah air dengan nilai NTU besar menjadi nilai NTU yang lebih kecil (Cakra dkk., 2019).

Penggunaan sensor *turbidity* dan sensor pH secara bersamaan telah dilakukan sebelumnya oleh Baco dkk, 2020 dengan judul Rancang bangun sistem pemantauan air layak konsumsi berbasis mikrokontroler. Alat ini dirancang untuk menguji serta memantau air layak konsumsi berbasis mikrokontroler. Sensor yang digunakan adalah sensor pH dan sensor *turbidity* berbasis mikrokontroler, serta menggunakan pendekatan kuantitatif. Hasil dari penelitian ini adalah alat dapat membaca kadar pH air 6,5-8,5 dan nilai NTU air 0 - 2 yang didapatkan dari sensor pH dan sensor *turbidity*. Penelitian ini terbatas hanya untuk monitoring saja tetapi

tidak ada tindakan atau perlakuan terhadap air yang mengalami masalah tersebut (Baco dkk., 2020).

Logika *fuzzy* dapat diterapkan dalam pembuatan alat *filter* air yang sebelumnya telah dibuat oleh Wiguna dkk, (2018), dengan merancang sistem filtrasi air menggunakan metode *fuzzy* berbasis arduino yang berfungsi untuk menjernihkan dan menghilangkan kadar asam yang terdapat pada air. Alat ini akan bekerja jika sensor yang ada pada tempat penampungan air mendeteksi kekeruhan dan kadar asam. Data sensor akan diproses oleh mikrokontroler dan menghidupkan pompa yang ada secara otomatis jika terdeteksi adanya kekeruhan dan kadar asam yang tidak sesuai. Nilai data yang ada pada sensor diproses menggunakan metode *fuzzy* untuk mendapatkan data *output* sesuai dengan hasil pemetaan data yang akan dieksekusi oleh aktuator. Aktuator ini berupa pompa yang akan menyalurkan air ke tempat *filter* yang sudah disediakan. Pada pengujian tingkat akurasi sensor untuk mengetahui kondisi air ini adalah 94.21%. Namun peneliti ini memiliki kekurangan yaitu membutuhkan waktu 7 jam untuk memfilter air (Wiguna dkk., 2018).

Berdasarkan beberapa permasalahan sebelumnya dilakukan penelitian menggunakan metode logika *fuzzy* untuk mengidentifikasi permasalahan kekeruhan dan pH air. Penelitian ini menggunakan sensor *turbidity* dan sensor pH sebagai pendeksi permasalahan air pada suatu wadah. Kemudian setelah dideteksi permasalahan air data *input* tersebut akan menuju arduino dan diolah. Penelitian ini menggunakan aktuator pompa sebagai penghubung tempat *filter* kekeruhan dan pH air dengan wadah air jika terdapat masalah pada air hidupkan pompa tersebut dan

lakukan *filter* air hingga air menjadi bersih dan bebas dari permasalahan air yang mengalami kekeruhan dan pH air.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan *prototype* alat *filter* air menggunakan metode *fuzzy* dengan berbasis Arduino uno dengan *input* berupa data yang dihasilkan sensor kekeruhan dan sensor pH.

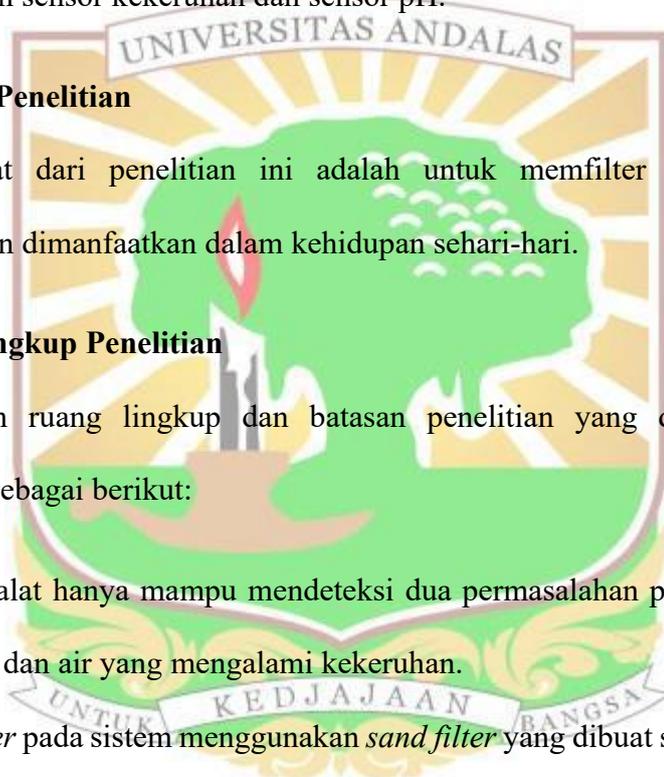
1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memfilter air agar aman dikonsumsi dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dan batasan penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. *Prototype* alat hanya mampu mendeteksi dua permasalahan pada air yaitu air yang asam dan air yang mengalami kekeruhan.
2. Sistem *filter* pada sistem menggunakan *sand filter* yang dibuat secara sederhana sehingga dapat memakan waktu untuk memfilter air.
3. Aktuator yang digunakan ialah Pompa DC
4. Menggunakan metode logika *fuzzy* sebagai sistem kontrol.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Air

Air merupakan sumber kehidupan yang sangat penting bagi manusia. Manusia memanfaatkan air untuk keperluan sehari-hari seperti untuk minum, memasak, mencuci, dan keperluan lainnya. Manusia tanpa air yang memiliki kualitas yang baik akan mengalami gangguan pada tubuhnya seperti terkena penyakit diare akibat mengonsumsi air yang tidak baik kualitasnya dan juga rentan terkena penyakit kulit akibat kekurangan air yang memenuhi kualitas untuk membersihkan tubuh. Oleh karena itu dibutuhkan suatu air yang memiliki kualitas yang baik sehingga manusia dapat mengonsumsi dan menggunakan air yang berkualitas. Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air tersebut. Ada tiga parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas air dikatakan baik atau tidaknya, yaitu syarat fisika, kimia dan biologi (Maemunnur dkk., 2016)

Berikut di bawah ini mengenai syarat air yang layak digunakan Secara umum syarat suatu air dapat dikatakan baik seperti dibawah ini:

1. Syarat fisika: air bebas dari pencemaran dalam arti kekeruhan, warna, rasa, dan bau.
2. Syarat kimia: air minum tidak boleh mengandung zat kimia yang beracun sehingga dapat mengganggu kesehatan dan dapat menimbulkan penyakit.
3. Syarat mikrobiologi: air yang bebas dari kuman penyakit, termasuk bakteri, protozoa, virus, cacing, dan jamur.

Salah satu masalah pada kualitas air diatas ialah kekeruhan. Air yang mengalami kekeruhan merupakan salah satu ciri air yang tidak bersih dan tidak sehat mengkonsumsi air keruh dapat mengakibatkan timbulnya berbagai jenis penyakit seperti cacingan, diare dan penyakit kulit. Menurut Departemen Kesehatan Indonesia, air yang baik untuk dikonsumsi adalah air yang memiliki syarat-syarat antara lain tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna dan tidak mengandung logam berat (Wiguna dkk., 2018). Berikut tabel yang akan menjelaskan mengenai syarat syarat air layak dikonsumsi.



Tabel 2. 1 Tabel Parameter Air dari Permenkes

PARAMETER WAJIB AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI

NO	JENIS PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM YG DIPERBOLEHKAN	
			PERMENKES NO.492 TH.2010	PERMENKES NO.2 TH.2023
A. MIKROBIOLOGI				
1.	<i>Escherichia coli</i>	CFU/100ml	0	0
2.	<i>Total Coliform</i>	CFU/100ml	50	0
B. FISIKA :				
1.	Suhu	°C	Suhu Udara +3	Suhu Udara + 3
2.	Zat Padat Terlarut (<i>Total Dissolve Solid</i>)	mg/L	1000	<300
3.	Kekeruhan	NTU	25	<3
4.	Warna	TCU	50	10
5.	Rasa	-	Tidak berasa	-
6.	Bau	-	Tidak berbau	Tidak berbau
C. KIMIA :				
1.	pH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
2.	Besi	mg/L	1	0,2
3.	Fluorida	mg/L	1,5	-
4.	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500	-
5.	Mangan	mg/L	0,5	0,1
6.	Nitrat (sebagai NO_3^-) (terlarut)	mg/L	10	20
7.	Nitrit (sebagai NO_2^-) (terlarut)	mg/L	1	3
8.	Sianida	mg/L	0,1	-
9.	Deterjen	mg/L	0,05	-
10.	Pestisida Total	mg/L	0,1	-

(Sumber : PERMENKES NO.492 TH.2010 dan PERMENKES NO.2 TH.2023)

2.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan (*turbidity*) adalah suatu keadaan dimana transparansi suatu zat cair berkurang akibat kehadiran zat-zat lainnya. Kehadiran zat-zat yang dimaksud terlarut dalam zat cair dan membuatnya seperti berkabut atau tidak jernih. Kekeruhan menyebabkan air menjadi seperti berkabut atau berkurangnya transparansi dari air (Cakra dkk., 2019). Air akan dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi, sehingga memberikan warna atau rupa yang berlumpur dan kotor. Air keruh yang tidak tembus pandang menyatakan bahwa air tersebut memiliki tingkat kekeruhan yang sangat tinggi sedangkan air yang tembus pandang memiliki kekeruhan yang rendah. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, pasir halus dan bahan-bahan organik (Kautsar et al., 2015).

2.1.2 pH Air

Derajat pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan suatu larutan. Air yang baik adalah air yang bersifat netral, pH sama dengan 7 (Ilyas dkk., 2021). Menurut PERMENKES No. 416 tahun 1990 batas pH air layak minum yaitu berkisar antara 6.5-8.5 (Sri Handayani dkk., 2023). Semakin rendah nilai pH suatu larutan, maka semakin kuat sifat asamnya. Nilai pH yang rendah atau bersifat asam dapat menjadikan air bersifat korosif. Untuk nilai pH yang lebih dari 7 atau dapat disebut basa sifat korosinya akan semakin rendah, akan tetapi pH di atas 7 memiliki sifat yang dapat

membentuk kerak dan efektivitasnya masih rendah dalam hal untuk membunuh bakteri (Chuzaini dan Dzulkiiflih, 2022).

2.2 Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses untuk memfilter air yang zat tersuspensi kontaminan melalui media berpori. Penyaringan menggunakan media berpori disebabkan dengan cara menghambat partikel-partikel ke dalam ruang pori sehingga mengakibatkan pengumpulan dan penumpukan partikel tersebut pada permukaan butiran media. Dengan tumpukan partikel yang terhambat pada pori media maka akan membuat air menjadi lebih bersih (Mulia, 2021).

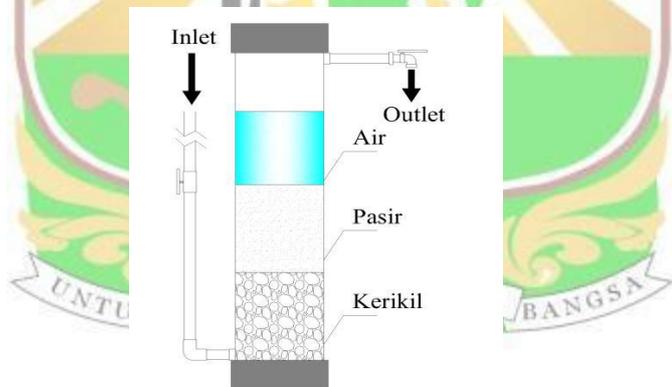
Bahan media *filter* biasanya bervariasi pada pengolahan air konvensional contohnya pasir, batu, antrasit, arang, plastik, gelas dan lain nya (Febrina and Ayuna, 2014). Setiap bahan media *filter* yang digunakan mempunyai fungsi yang sama, yaitu sebagai penyaringan padatan pencemar yang terdapat pada air tanah. Bahan media *filter* yang sesuai bahkan dapat menghilangkan partikel-partikel kimiawi maupun organik yang terdapat di dalam air, seperti kekeruhan, berwarna, berminyak, berlumpur dan berkarat (Mulia, 2021).

2.3 Sand Filter

Sand filter adalah salah satu teknik *filter* yang menggunakan media penyaring partikel-partikel kotoran yang terdapat di dalam air. Pada proses *sand filter*, bahan koloid akan tertahan yaitu dalam bentuk lapisan gelatin, sedangkan ion-ion yang larut dalam air akan dinetralkan oleh ion-ion pasir (sebagian partikel

pasir juga mengalami ionisasi di dalam *filter*). Dengan demikian sifat air akan berubah karena terjadi netralisasi tersebut. Media *filter* yang digunakan pada *Pressure sand filter* adalah *Silica sand*, dengan syarat utamanya adalah harus bersih, keras dan tahan lama. Bahan penyaring ini cukup kasar dan ditempatkan di atas koral / kerikil / gravel yang ditempatkan secara berlapis-lapis (Togomi dkk., 2020).

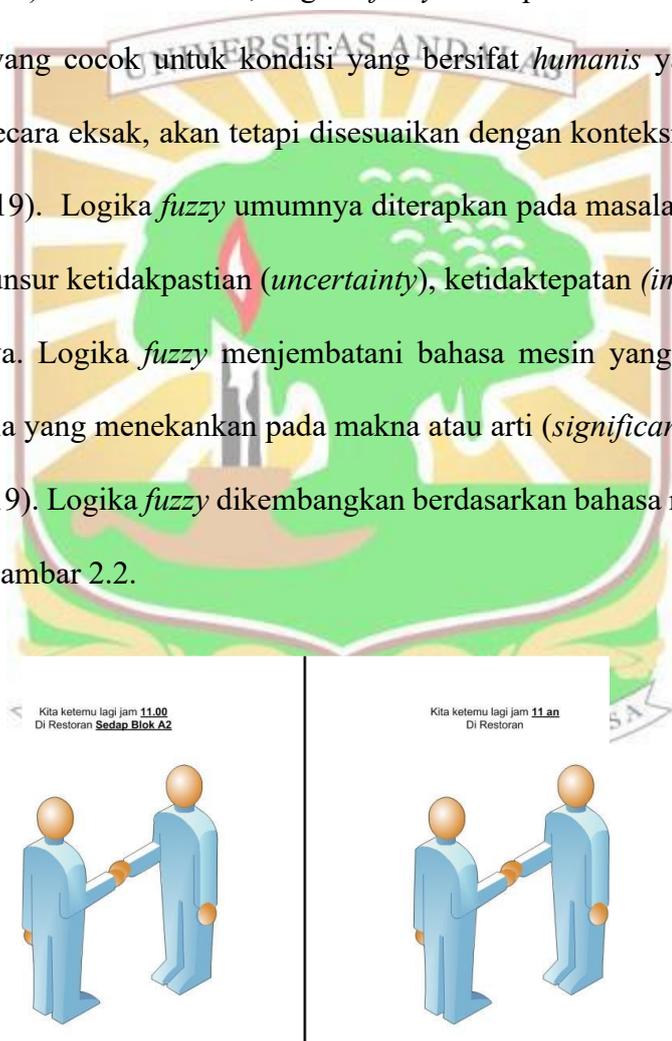
Salah satu jenis *filter* pasir ialah *filter* pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah *filter* yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 4 hingga 21 m/jam. Jika kekeruhan pada *influen rapid sand filter* berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Togomi dkk., 2020). Untuk bentuk *rapid sand filter* terdapat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 *Rapid Sand Filter*
(Sumber : epository.umy.ac.id)

2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*Fuzzyness*) antara benar dan salah. Dalam teori logika *fuzzy* sebuah nilai bisa bernilai benar dan salah secara bersamaan namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu nilai tergantung kepada bobot keanggotaan yang dimilikinya (Wahyuni, 2023). Secara istilah, logika *fuzzy* merupakan bentuk representasi pengetahuan yang cocok untuk kondisi yang bersifat *humanis* yang tidak dapat diselesaikan secara eksak, akan tetapi disesuaikan dengan konteksnya (Rindengan dan Langi, 2019). Logika *fuzzy* umumnya diterapkan pada masalah masalah yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*), ketidaktepatan (*imprecise*), *noisy*, dan sebagainya. Logika *fuzzy* menjembatani bahasa mesin yang presisi dengan bahasa manusia yang menekankan pada makna atau arti (*significance*) (Rindengan dan Langi, 2019). Logika *fuzzy* dikembangkan berdasarkan bahasa manusia, seperti contoh pada Gambar 2.2.



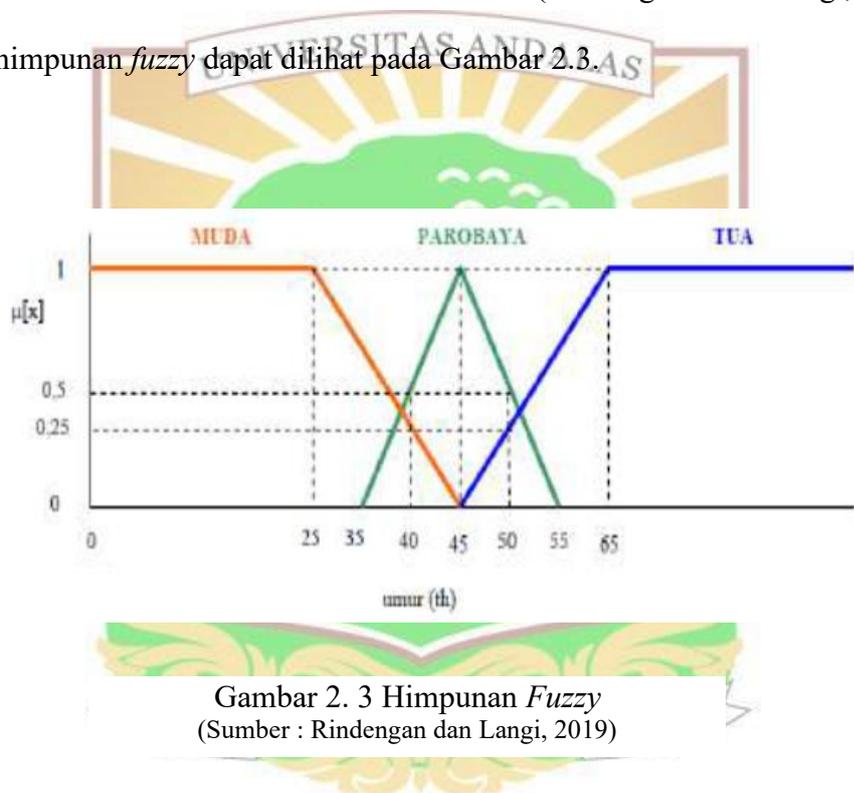
Gambar 2. 2 Contoh Logika Fuzzy

(Sumber : Setiawan, 2018)

2.4.1 Himpunan Fuzzy

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy* (Setiawan et al., 2018). Himpunan *fuzzy* adalah rentang nilai yang masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai 1. Jika dalam logika Boolean menggambarkan nilai-nilai “benar” atau “salah” (Rindengan dan Langi, 2019).

Contoh himpunan *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Himpunan Fuzzy
(Sumber : Rindengan dan Langi, 2019)

Pada penelitian ini dilakukan suatu perbandingan dari kedua *output* himpunan *fuzzy* yang telah dibuat dengan menggunakan rumus dari persamaan 2.1 dibawah ini.

$$\%Error\ Fuzzy = \left| \frac{Output\ LCD - Output\ Matlab}{Output\ Matlab} \right| \times 100\% \quad (2.1)$$

Dimana output LCD ialah suatu himpunan keluaran *fuzzy* yang telah dibuat dalam program dan *output* matlab yaitu himpunan keluaran *fuzzy* pada matlab.

2.4.2 Komponen Logika *Fuzzy*

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dan sebagainya (Rindengan dan Langi, 2019).

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy* (Rindengan dan Langi, 2019).

Himpunan *fuzzy* terbagi menjadi dua yaitu linguistik seperti muda, paruh baya dan tua serta numerik yang menunjukkan suatu nilai dari ukuran (Wahyuni, 2023).

3. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif (Wahyuni, 2023).

4. Domain

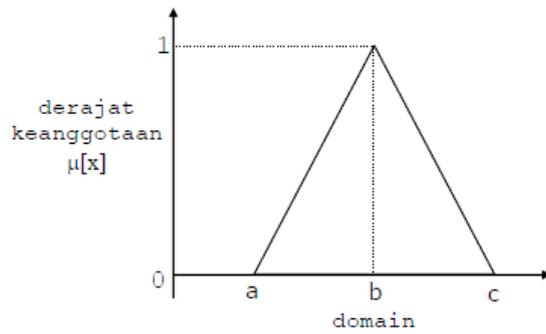
Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif (Rindengan dan Langi, 2019).

2.4.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1 (Setiawan dkk., 2018). Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan :

1. Kurva Segitiga

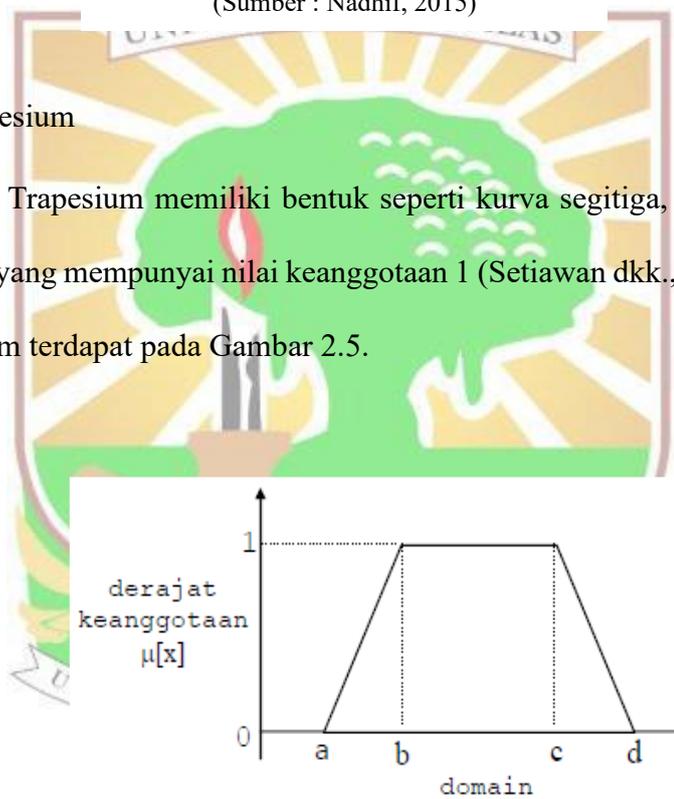
Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 kurva linear yaitu linear turun dan linear naik, disebut kurva segitiga karena membentuk bidang segitiga (Nadhif, 2015). Gambar kurva segitiga terdapat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Kurva Segitiga
(Sumber : Nadhif, 2015)

2. Kurva Trapesium

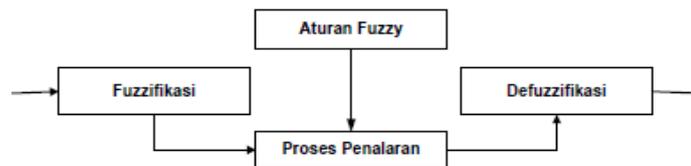
Kurva Trapesium memiliki bentuk seperti kurva segitiga, tetapi memiliki beberapa titik yang mempunyai nilai keanggotaan 1 (Setiawan dkk., 2018). Gambar kurva trapesium terdapat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Kurva Trapesium
(Sumber: Nadhif, 2015)

2.4.4 Cara Kerja Logika *Fuzzy*

Dalam sistem kontrol logika *fuzzy* terdapat beberapa tahapan operasional. Seperti pada Gambar 2.6 akan menjelaskan bagaimana cara kerja logika *fuzzy* (Rindengan and Langi, 2019).



Gambar 2. 6 Cara Kerja Logika *Fuzzy*
(Sumber : Rindengan dan Langi, 2019)

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi yaitu suatu proses untuk mengubah suatu masukan dari bentuk tegas (*crisp*) menjadi *fuzzy* (variabel linguistik) yang biasanya disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi kenggotaannya masing masing.

2. Mesin Penalaran (*Inference Engine*)

Mesin penalaran (*Inference Engine*) adalah proses implikasi dalam menalar nilai masukan guna penentuan nilai keluar sebagai bentuk pengambil keputusan.

3. Aturan Dasar (*Rule Base*)

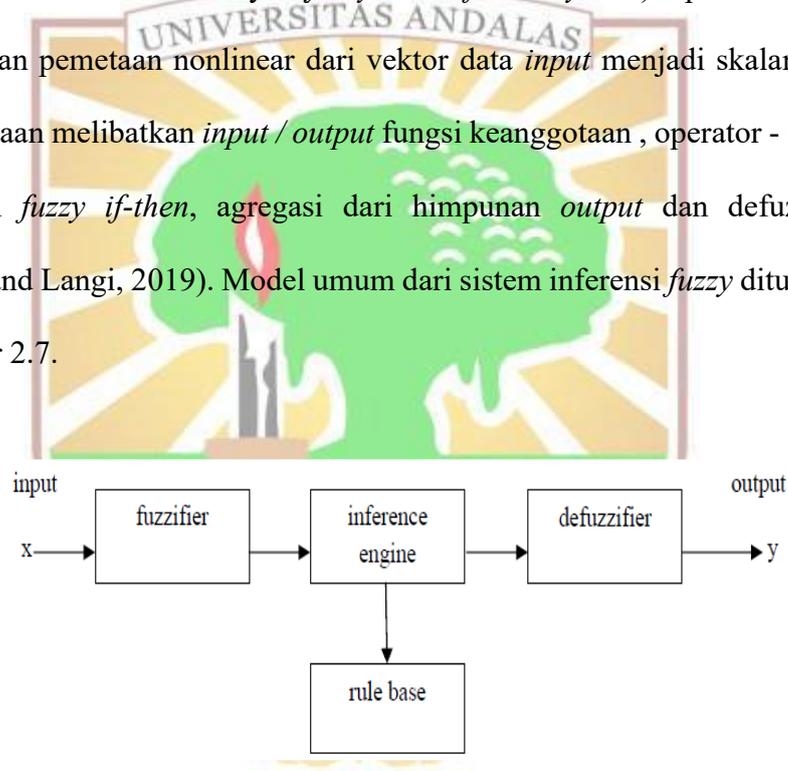
Aturan dasar atau *rule base* pada kontrol logika *fuzzy* merupakan suatu bentuk aturan relasi/implikasi “Jika-Maka” atau “*If-Then*”.

4. Defuzzyfikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan *fuzzy* kemampuan tegas (*crisp*). Proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi.

2.4.5 Fuzzy Interface System (FIS)

Sistem inferensi fuzzy (*fuzzy interface system*) pada dasarnya mendefinisikan pemetaan nonlinear dari vektor data *input* menjadi skalar *output*. Proses pemetaan melibatkan *input / output* fungsi keanggotaan, operator-operator *fuzzy*, aturan *fuzzy if-then*, agregasi dari himpunan *output* dan defuzzifikasi (Rindengan and Langi, 2019). Model umum dari sistem inferensi *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2.7.

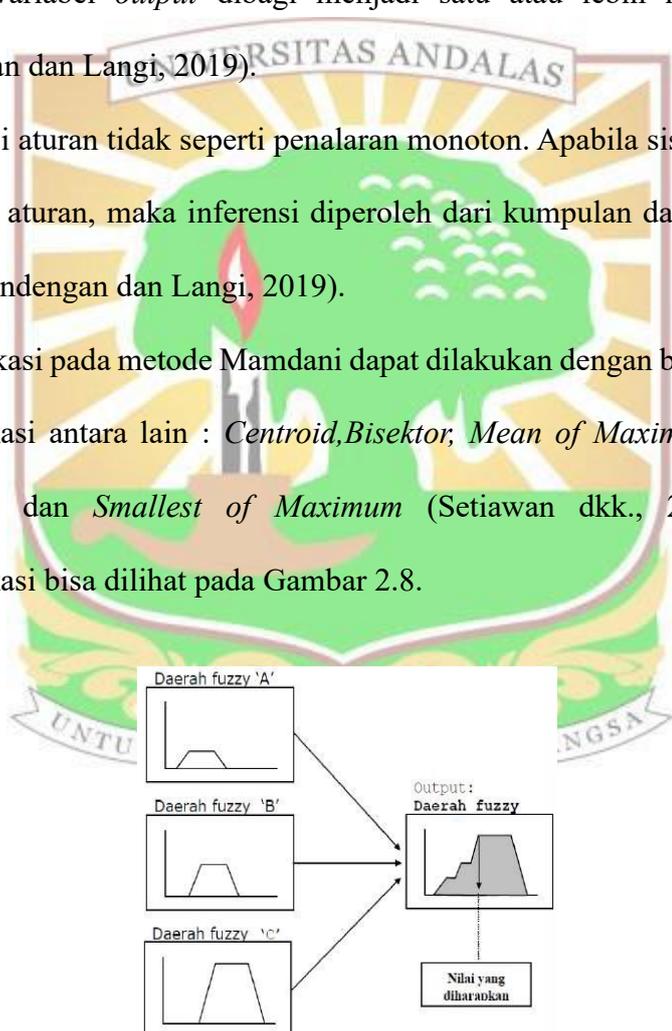


Gambar 2. 7 Fuzzy Interface System
(Sumber : Rindengan dan Langi, 2019)

2.4.6 Metode Mamdani

Metode Mamdani merupakan salah satu *Fuzzy Interface System*. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Rindengan and Langi, 2019). Untuk mendapatkan *output* metode ini, diperlukan beberapa tahapan :

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*. Pada Metode Mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy* (Rindengan dan Langi, 2019).
2. Komposisi aturan tidak seperti penalaran monoton. Apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan (Rindengan dan Langi, 2019).
3. Defuzzifikasi pada metode Mamdani dapat dilakukan dengan beberapa metode defuzzifikasi antara lain : *Centroid*, *Bisektor*, *Mean of Maximum*, *Largest of Maximum* dan *Smallest of Maximum* (Setiawan dkk., 2018). Gambar defuzzifikasi bisa dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Defuzzyfikasi
(Sumber ; Rindengan dan Langi, 2019)

2.5 Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin *input / output* (atau biasa ditulis I/O , dimana 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin *input* analog, menggunakan kristal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol *reset* (Wijayanto, 2022). Bentuk Arduino terdapat pada Gambar 2. 9.

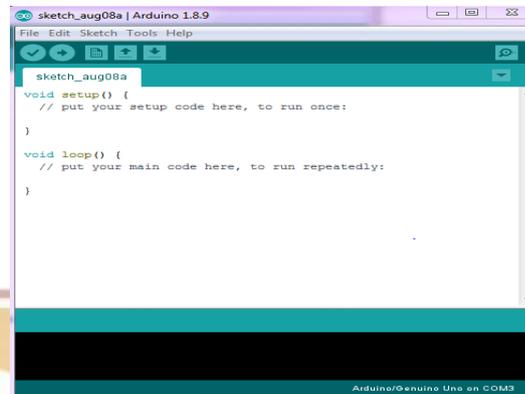


Gambar 2. 9 Arduino Uno R3
(Sumber : Wijayanto, 2022)

2.6 IDE Arduino

IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi mikrokontroler mulai dari menuliskan *source* program, kompilasi, *upload* hasil kompilasi dan uji coba secara

terminal serial (Wijayanto, 2022). Gambar IDE Arduino terdapat pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 IDE Arduino
(Sumber : Wijayanto, 2022)

2.7 Sensor pH

Sensor pH adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengukur pH kadar keasaman atau basa dari suatu larutan. Sensor pH yang biasa terdiri dari pengukuran *probe* pH elektroda gelas yang terhubung ke pengukuran pembacaan yang mengukur dan menampilkan pH yang terukur. Prinsip kerja dari alat ini yaitu semakin banyak elektroda pada sampel maka akan semakin bernilai asam begitupun sebaliknya, karena batang pada sensor pH berisi larutan elektrolit lemah (Prayudha, 2020).

Pada sensor terdapat *probe* yang berupa elektroda kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur aktivitas ion hidrogen di dalam larutan (Mufida dkk., 2020). Kemudian mengubah besarnya nilai reaksi kimia yang terjadi akibat aktivitas ion hidrogen atau yang terdeteksi dan dikonversikan ke dalam besaran tegangan listrik

(Chuzaini & dan Dzulkiflih, 2022). Setelah itu, akan ditampilkan tegangan listrik yang terkonversi sebagai pembacaan nilai pH sifat asam mempunyai pH antara 0 hingga 7 dan sifat basa mempunyai nilai pH 7 hingga 14 (Prayudha, 2020). Besar kecilnya suatu nilai pH tergantung dari tegangan yang dihasilkan. Semakin besar nilai tegangan maka nilai pH akan semakin kecil dan begitu sebaliknya. Hal ini disebabkan karena semakin kecil pH nya maka aktivitas ion hidrogen akan semakin banyak dan semakin besar juga muatan listrik yang terjadi dan sebaliknya. (Atina, 2015). Gambar sensor pH berada pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Sensor pH

(Sumber : https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU_SEN0161_)

Pengujian akurasi dari sensor pH dapat dilakukan dengan membandingkan hasil yang terbaca pada sensor pH dengan nilai larutan buffer yang sudah diketahui nilai pH nya. Secara matematis dapat ditulis menjadi persamaan 2.1 dibawah ini.

$$Akurasi = \frac{\text{nilai larutan buffer pH}}{\text{nilai baca sensor pH}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana larutan buffer pH merepresentasikan sebagai nilai pH yang diketahui dari larutan buffer dan nilai baca sensor pH adalah nilai yang terbaca dari sensor pH.

Pada sensor pH dapat diuji juga perbandingan sensor pH dengan tegangan yang terjadi dalam proses pengukurannya, secara matematis dapat ditulis menjadi persamaan 2.2 dibawah ini.

$$\text{Voltage} = \frac{\text{Input Sensor pH} \times V_{maks}}{1024} \quad (2.3)$$

Pada persamaan 2.2 diatas digunakan untuk mencari nilai tegangan dalam larutan buffer dengan pH yang bervariasi dengan cara mengalikan nilai *input* pada sensor pH dan tegangan maksimum yaitu 5volt dan dibagi dengan 1024 yang merupakan *range input* pada sensor pH.

2.8 Sensor *Turbidity*

Sensor *turbidity* merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur kualitas air dengan mendeteksi tingkat kekeruhannya. Sensor ini mendeteksi partikel tersuspensi dalam air dengan cara mengukur transmitansi dan hamburan cahaya yang berbanding lurus dengan kadar *Total Suspended Solids* (TSS). Semakin tinggi kadar TSS, maka semakin tinggi pula tingkat kekeruhan air tersebut (Sulistyo, 2019). Gambar Sensor *turbidity* berada pada Gambar 2.12.

Prinsip kerja dari sensor *turbidity* terletak pada LED (*light emitting diode*) sebagai *transmitter* dan photodiode sebagai *receiver*. Pada *turbidity* sensor ini memanfaatkan cahaya yang dipancarkan pada LED yang kemudian sensor akan membaca hasil dari pemantulan cahaya tersebut. Semakin banyak tingkat pemantulan cahaya yang diterima oleh sensor maka semakin tinggi tingkat kekeruhan air yang dibaca oleh sensor dan sebaliknya (Prasatya, 2022).



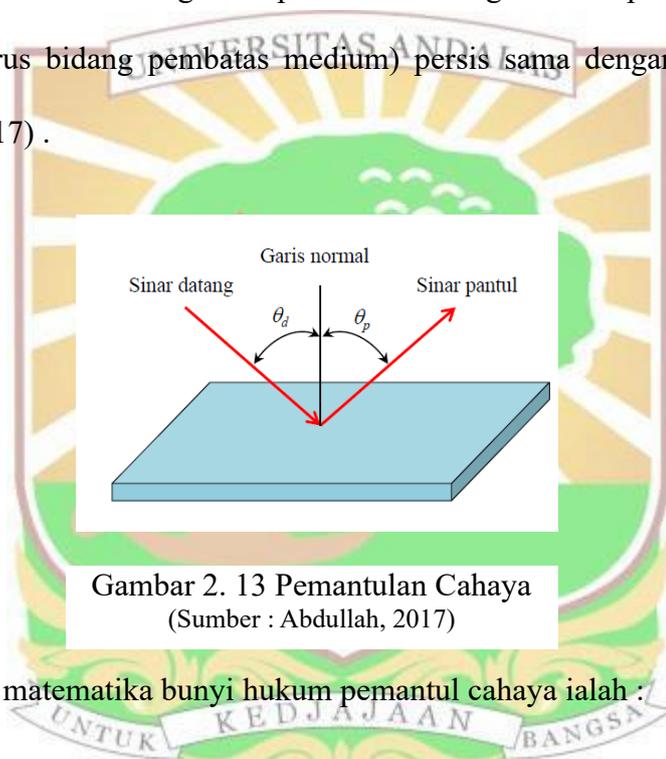
Gambar 2. 12 Sensor *Turbidity*
(Sumber : https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU__SEN0189)

Pengujian sensor *turbidity* bisa dilakukan dengan cara membandingkan nilai tegangan yang terjadi selama pengukuran dan nilai kekeruhan yang terbaca oleh sensor, bisa ditulis secara matematis sebagai berikut.

$$Tegangan = \frac{Input\ Sensor\ Turbidity \times V_{maks}}{1024} \quad (2.3)$$

Pada Persamaan 2.3 dapat digunakan untuk mencari nilai tegangan yang terjadi pada sensor *turbidity* dengan cara mengalikan nilai *input* sensor *turbidity* dengan tegangan maksimum pada sensor yaitu 5 Volt kemudian dibagi dengan 1024 yaitu batas *input* pada sensor.

Sensor *turbidity* menggunakan prinsip fisika mengenai pemantulan cahaya apabila cahaya yang dipancarkan oleh LED (*light emitting diode*) akan mengalami pemantulan dengan air dan apabila pemantulan cahaya yang diterima sedikit berarti air semakin jernih dan sebaliknya. Seperti Gambar 2.13 sebagai konsep yang sama dengan bunyi hukum pemantulan cahaya. “Cahaya yang jatuh pada bidang pembatas dua material mengalami pemantulan dengan sudut pantul (diukur dari arah tegak lurus bidang pembatas medium) persis sama dengan sudut datang” (Abdullah, 2017) .



Gambar 2. 13 Pemantulan Cahaya
(Sumber : Abdullah, 2017)

Secara matematika bunyi hukum pemantulan cahaya ialah :

$$\theta_d = \theta_p \quad (2.5)$$

Dengan θ_d adalah sudut datang cahaya dan θ_p adalah sudut pantul cahaya. Pemantulan cahaya tidak hanya terjadi ketika cahaya jatuh pada medium yang tidak ditembus cahaya. Ketika jatuh pada medium tembus cahaya pun sebagian cahaya dipantulkan. Ketika cahaya datang dari udara ke kaca maka sebagian dibiaskan dan sebagian dipantulkan, begitu juga sebaliknya.

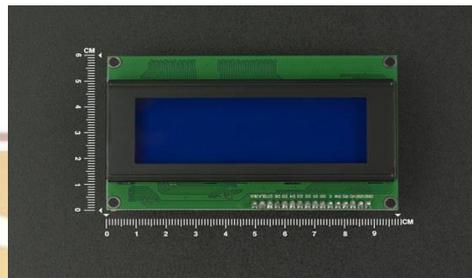
Ketika cahaya datang dari kaca atau air menuju udara maka bisa terjadi seluruh cahaya dipantulkan jika sudut datang melebihi sudut kritis (pemantulan internal total). Intinya adalah, cahaya akan mengalami pemantulan jika mengenai bidang batas dua medium yang berbeda (Abdullah, 2017).

Konsep ini yang menjadi dasar prinsip kerja sensor *turbidity* dengan memanfaatkan konsep pemantulan cahaya yang bersumber dari LED yang dipancarkan, kemudian terjadi suatu pemantulan cahaya dengan bidang berupa air. Apabila air semakin kotor maka pemantulan cahaya akan lebih banyak terjadi sehingga sensor akan mengidentifikasi bahwa air mengalami kekeruhan dan begitu pula sebaliknya.

2.9 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah kristal cair pada layar yang digunakan sebagai tampilan dengan memanfaatkan listrik untuk mengubah bentuk kristal-kristal cairnya sehingga membentuk tampilan angka dan atau huruf pada *layer*. LCD memanfaatkan silikon atau gallium dalam bentuk kristal cair sebagai pemendar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom adalah sebuah LED terdapat sebuah bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda trasparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah.

Daerah-daerah tertentu pada cairan akan berubah warnanya menjadi hitam ketika tegangan diterapkan antara bidang latar dan pola elektroda yang terdapat pada sisi dalam lempeng kaca bagian depan (Prayudha, 2020). Gambar LCD terdapat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 LCD
(Sumber : <https://www.dfrobot.com/>)

2.10 Pompa Air DC (*Direct Current*)

Pompa air yaitu peralatan yang digunakan manusia untuk mengalirkan air dari yang bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan biasa juga disebut sebagai laju aliran pada sistem pemipaan. DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Melakukan penghisapan dan penekanan terhadap fluida merupakan prinsip kerja dari pompa. Ketika elemen pompa menurunkan tegangan maka akan terjadi perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa (Prasatya, 2022). Gambar Pompa DC terdapat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Pompa Air DC
(Sumber : <https://store.ichibot.id/>)

Prinsip kerja pompa berdasarkan dengan hukum Bernoulli. Hukum Bernoulli sebenarnya adalah hukum tentang energi mekanik yang diterapkan pada fluida bergerak (Abdullah, 2016). Air yang berasal dari lokasi yang bertekanan rendah akan pindah menuju lokasi yang bertekanan tinggi sehingga bisa dituliskan

secara matematis :

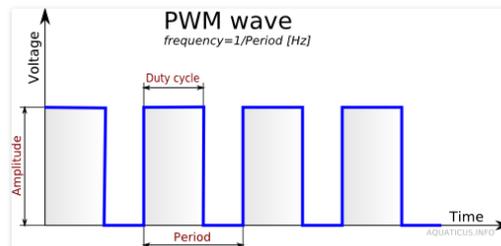
$$P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + pgh_1 = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + pgh_2 \quad (2.5)$$

Dengan P_1 dan P_2 sebagai tekanan 1 dan 2 sedangkan V_1 dan V_2 sebagai volume 1 dan 2 serta h_1 dan h_2 sebagai tinggi 1 dan 2 serta ρ sebagai massa jenis.

2.11 PWM (*Pulse Width Modulation*)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam satu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta

aplikasi-aplikasi lainnya (Arifandi, 2019). Gambar 2.16 menunjukkan bentuk gelombang PWM.



Gambar 2. 16 PWM Wave
(Sumber : Arifandi, 2019)

2.12 Driver Mosfet

Driver mosfet merupakan perangkat keras modifikasi dari rangkaian H Bridge dengan menggunakan *mosfet* sebagai pengganti saklar, fungsi dari *driver* ini adalah sebagai *driver* motor DC dengan arus yang cukup besar yakni berupa 1 A dan tenaga kerja yang cukup besar. Rangkaian ini terdiri dari dua buah *mosfet* kanal P dan dua buah *mosfet* kanal N, bagian atas rangkaian akan di hubungkan dengan sumber kutub positif sedangkan bagian bawah rangkaian akan di hubungkan dengan sumber kutub negatif *driver* ini di gunakan untuk menggerakan aktuator pada sistem.(Wiguna dkk., 2018). Gambar *Driver Mosfet* terdapat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 *Driver Mosfet*
(Sumber : <https://elektronik-lavpris.dk/p139826/modu0083-irf520-mosfet-driver-module/>)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas dimulai dari bulan Juni 2024 hingga Desember 2024.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

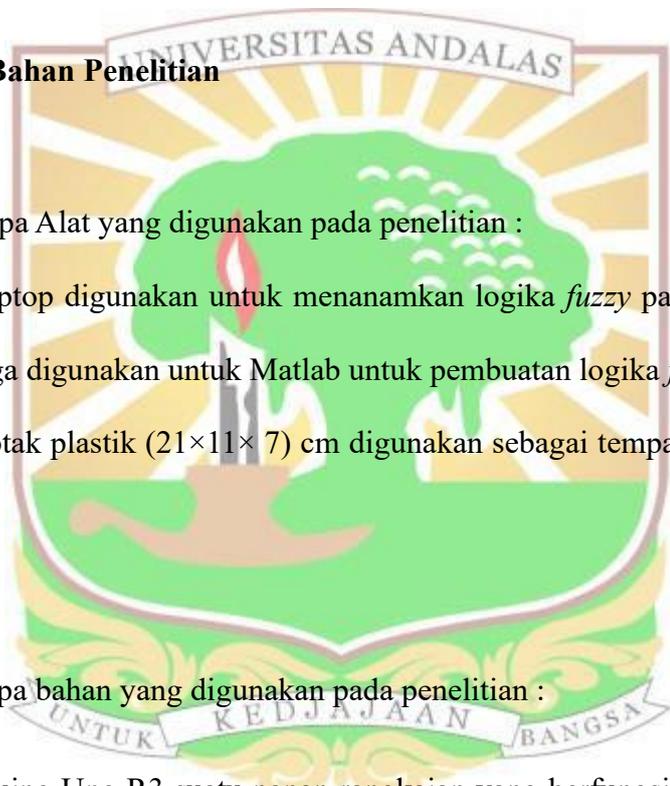
Beberapa Alat yang digunakan pada penelitian :

1. Laptop digunakan untuk menanamkan logika *fuzzy* pada Arduino dan juga digunakan untuk Matlab untuk pembuatan logika *fuzzy*
2. Kotak plastik (21×11× 7) cm digunakan sebagai tempat penampungan air

3.2.2 Bahan

Beberapa bahan yang digunakan pada penelitian :

1. Arduino Uno R3 suatu papan rangkaian yang berfungsi sebagai tempat menerima *input* data dari sensor dan juga sebagai tempat ditanamkannya program logika *fuzzy* untuk mengolah data *input* yang masuk.
2. Sensor pH berfungsi untuk mendeteksi tingkat keasamaan pada air.
3. Sensor *Turbidity* berfungsi untuk mendeteksi kekeruhan pada air.



4. *Driver mosfet* berfungsi sebagai pengendali dari tegangan dan arus pada komponen yang membutuhkan tegangan dan arus yang besar.
5. Pompa Air 12 Volt 2 Ampere sebagai aktuator dari rangkaian.
6. LCD(*Liquid Crystal Display*) 20×4 sebagai alat instrument yang menampilkan keadaan kondisi air yang terdeteksi.
7. Batu *zeolite* berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran dan menstabilkan pH air.
8. Pasir silika berfungsi untuk menghilangkan warna pada air tanah dan menyaring partikel besar dan kecil yang terkandung pada air.
9. Karbon aktif berfungsi untuk menjernihkan air dan menghilangkan bau.
10. Spons berfungsi untuk menyerap endapan-endapan air yang membuat warna air menjadi keruh.

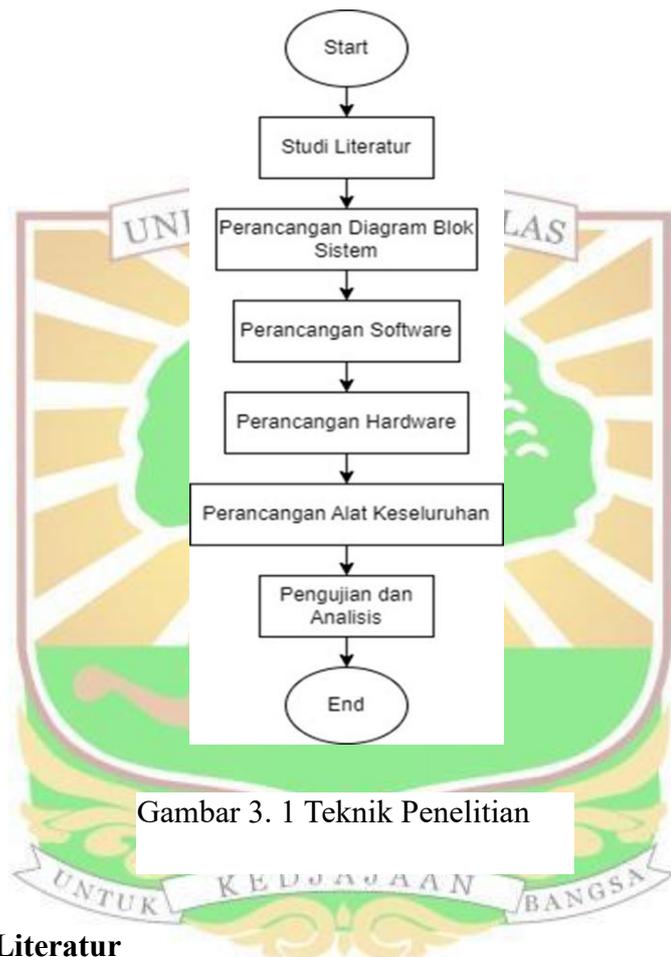
3.2.3 Aplikasi / Perangkat Lunak

Beberapa aplikasi / perangkat lunak yang digunakan pada penelitian :

1. IDE Arduino merupakan suatu perangkat yang berfungsi untuk menuliskan program dan mengeksekusi program yang dibutuhkan untuk pengujian bahan penelitian.
2. Matlab merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menulis program logika *fuzzy* serta menanamkannya pada Arduino uno.

3.3 Teknik Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, berikut tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.1 berikut :

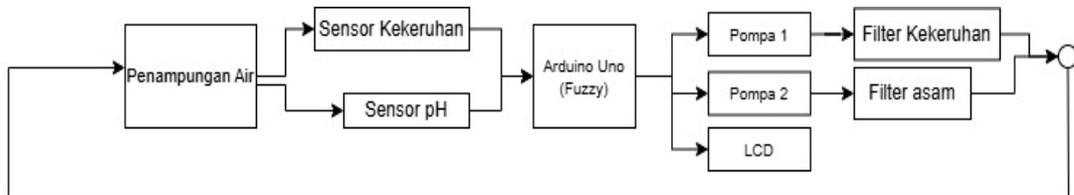


3.3.1 Studi Literatur

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu dilakukan studi literatur untuk mendapatkan referensi-referensi yang dapat menguatkan penelitian ini. Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai informasi yang terkait dengan topik penelitian melalui jurnal serta buku yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

3.3.2 Perancangan Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Perancangan Diagram Blok

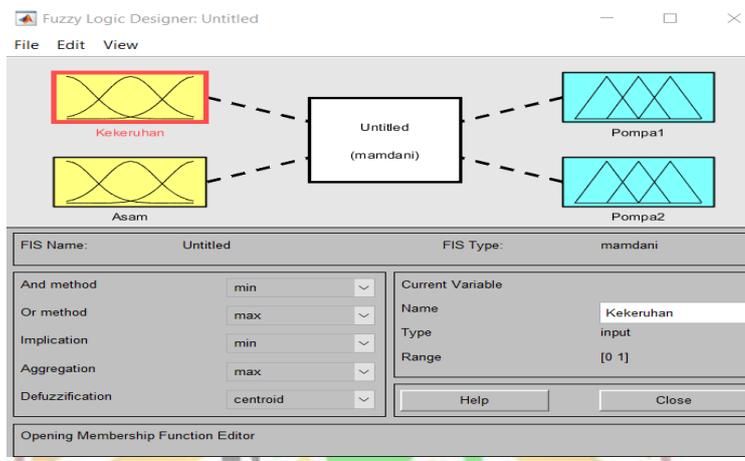
Dari Gambar 3.2 diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Arduino uno dihubungkan dengan kedua sensor yaitu sensor kekeruhan(*turbidity*) dan sensor pH yang bertujuan untuk mengukur dan mengambil data masukan yang dibutuhkan sistem.
- Selanjutnya pada penampungan air dihubungkan oleh kedua pompa yang sudah terhubung dengan arduino dengan tujuan untuk mengalirkan air dari tempat penampungan air menuju tempat *filter* air jika sistem mendapatkan data yang sesuai untuk dilanjutkan menuju tempat *filter*.
- Kemudian sistem *filter* pada tempat *filter* akan terjadi dan selanjutnya air akan menuju ketempat penampungan kemudian diukur kembali dengan sensor dan akan menuju tempat *filter* jika data yang didapatkan oleh sensor belum memuaskan, jika sudah maka sistem bisa dimatikan.

3.3.3 Perancangan *Software*

1. Kontrol Logika *fuzzy*

Pada Kontrol Logika *Fuzzy* ini peneliti menggunakan metode Mamdani dengan interefensi maksimum dan minimum. Berikut akan dijelaskan melalui Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Metode Mamdani

Metode Mamdani digunakan karena metode memiliki *output* berupa himpunan *fuzzy* yang dibuat serta bisa mengatur *input* dan *output* sesuai kebutuhan. Pada Gambar 3.3 terdapat dua *input* yaitu kekeruhan dan kadar asam yang akan dideteksi oleh sensor *turbidity* dan sensor pH, serta memiliki dua *output* yaitu pompa 1 yang akan mendapatkan *input* dari sensor *turbidity* dan pompa 2 mendapatkan *input* dari sensor pH.

Pada metode mamdani ini, akan dirancang sebuah *fuzzy set* yang mana bertujuan untuk menjadi acuan dasar pada *fuzzy* untuk mengolah data yang

didapatkan oleh sensor yang digunakan . Berikut *fuzzy set* yang peneliti gunakan dijelaskan pada Gambar 3.4.



```
sketch_programAkhirSkripsi.ino
24 Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();
25
26 //fuzzyinput1
27 FuzzySet *J = new FuzzySet(-20, -5, 5, 30);
28 FuzzySet *K = new FuzzySet(25, 37, 37, 50);
29 FuzzySet *SK = new FuzzySet(45, 55.3, 81.3, 87.3);
30
31 //fuzzyinput2
32 FuzzySet *AK = new FuzzySet(-3.22, -1.13, 2.3, 4);
33 FuzzySet *A = new FuzzySet(3.7, 5.4, 5.4, 6.86);
34 FuzzySet *N = new FuzzySet(6.5, 6.86, 8, 8.97);
35
```

Gambar 3. 4 *FuzzySet Input*

Dari Gambar 3.4 nilai pada *fuzzy set input* diperoleh dari nilai yang dapat dihasilkan oleh kedua sensor yang digunakan. Pada *fuzzy set input* 1 didasarkan oleh nilai dari sensor *turbidity* dengan membagi 3 opsi agar memudahkan untuk melihat hasil pengolahan data nantinya. Pada *fuzzysetJ* bermakna sebagai untuk kategori nilai air jernih, dan *fuzzysetK* bermakna untuk nilai keruh dan *fuzzysetSK* sebagai nilai air sangat keruh. Pada *fuzzy set input* 2 didasarkan oleh nilai dari sensor pH dengan membagi 3 opsi agar memudahkan untuk melihat hasil pengolahan data nantinya. Pada *fuzzysetAK* bermakna sebagai untuk kategori nilai asam kuat, dan *fuzzysetA* bermakna untuk nilai asam dan *fuzzysetN* sebagai nilai air netral.

```

//fuzzyoutput1
FuzzySet *S= new FuzzySet(-68, -10.6, 10.6, 95);
FuzzySet *No = new FuzzySet(80, 120, 120, 160);
FuzzySet *F = new FuzzySet(145, 175, 255, 280.5);

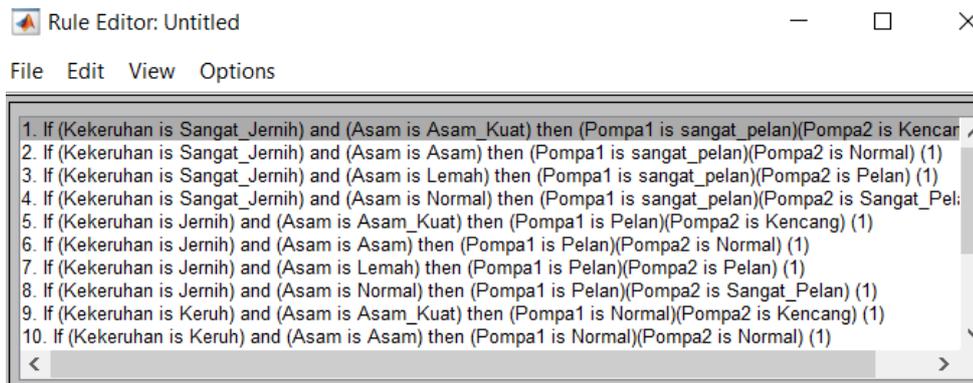
//fuzzyoutput2
FuzzySet *S1 = new FuzzySet(-68, -10.6, 10.6, 95);
FuzzySet *No1 = new FuzzySet(80, 120, 120, 160);
FuzzySet *F1 = new FuzzySet(145, 175, 255, 280.5);

```

Gambar 3. 5 *FuzzySet Output*

Dari Gambar 3.5 nilai pada *fuzzy set output* dibuat berbeda dari nilai yang dapat dihasilkan oleh kedua sensor yang digunakan dengan tujuan untuk mempermudah proses pengolahan dan perbandingan data. Pada *fuzzy set output 1* dan *fuzzy set output 2* dikelompokkan menjadi 3 opsi dengan S sebagai *slow output*, No sebagai *normal output* dan F sebagai *fast output*.

Selanjut setelah selesai pembuatan *fuzzysset input* dan *outputnya* makan dilanjutkan dengan membuat *rule base* pada *fuzzy*. *Rule base* pada *fuzzy* bertujuan untuk mengelompokkan dan menyesuaikan antara data input dengan data output satu sama lain agar mendapatkan hasil yang diinginkan dari pengolahan data di *fuzzy*. Berikut rule base yang digunakan untuk penelitian terdapat pada gambar 3.6.

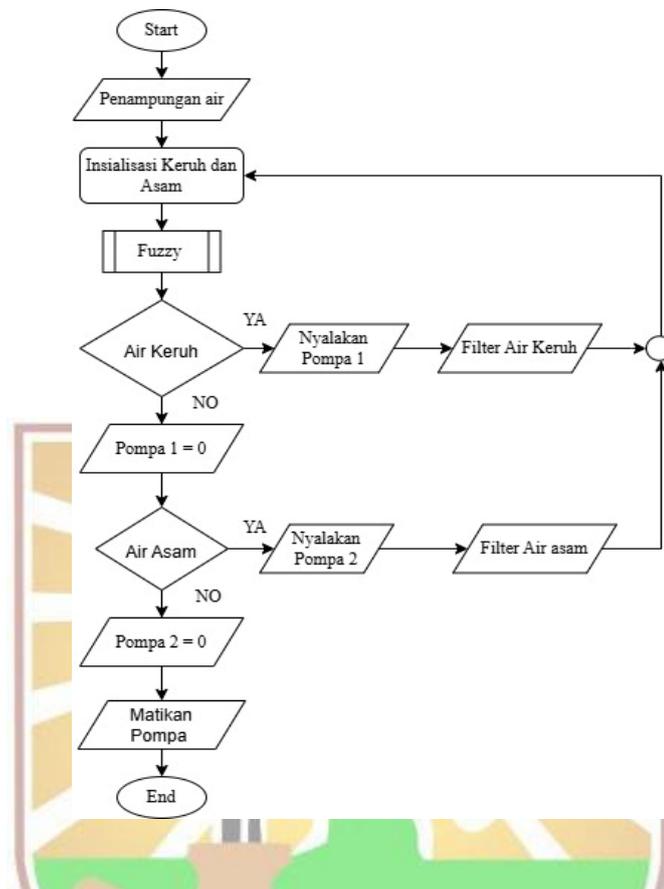


Gambar 3. 6 Rule Base Fuzzy

Pada Gambar 3.6 dibuat *rule base* untuk merepresentasikan data yang sudah dibuat pada *fuzzysset* sebagai dasar dari *rule base* nya. Seperti jika kekeruhan air menggunakan data *input 1* data jernih dan data *input 2* data dari asam kuat maka data *output 1* menggunakan data *slow output* dan data *output 2* menggunakan data *fast output* dan begitu seterusnya sesuai yang ada pada gambar 3.6.

2. Flowchart Sistem

Input dari sistem ini berupa air yang mengalami kekeruhan dan perubahan asam yang akan dideteksi oleh sensor *turbidity* dan sensor pH. Sistem ini dibangun berdasarkan prinsip kerja alat yang digunakan, yaitu berupa Sensor pH, *turbidity* dan dua buah pompa. Secara keseluruhan diagram alir akan dijelaskan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 *Flowchart*

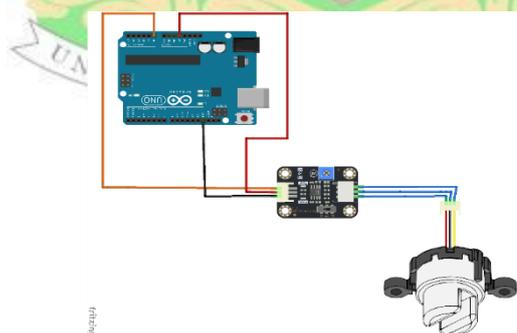
Pada Gambar 3.7 menjelaskan *Flowchart* sistem di mana ketika air di deteksi memiliki kekeruhan dan perubahan asam, yang terdeteksi oleh kedua sensor maka dilakukan nya inisialisasi tingkat kekeruhan dan perubahan asam nya kemudian data ini akan dikirimkan menuju Arduino uno yang sudah ditanamkan logika *fuzzy* dengan *rule base (RB)* yang sudah dirancang. Lalu air akan menuju kedua pompa yang sudah diberi *driver mosfet* dan apabila air masih keruh dan memiliki perubahan asam maka air akan terus mengalami proses *looping* hingga sistem mendapatkan data yang sudah di set pada *rule base (RB)* dan keluar hasil yang diinginkan maka sistem akan berhenti.

3.3.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem dilakukan dengan memastikan semua dari komponen berjalan dengan baik. Perancangan perangkat keras dilakukan dengan memasang semua komponen pada Arduino uno yang sudah ditanamkan logika *fuzzy*. Sementara komponen yang menjadi *input* dari sistem ini berupa sensor *turbidity* dan sensor pH dan untuk *output* nya berupa LCD 20 x 4 beserta *driver mosfet*.

1. Perancangan dan Pengujian Sensor *Turbidity*

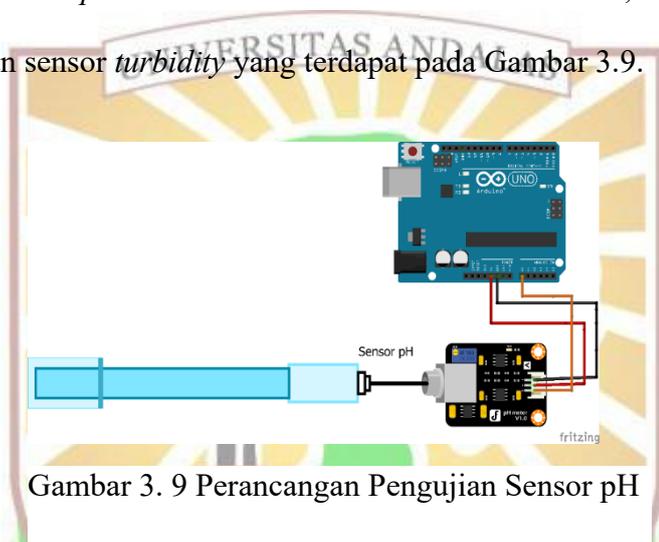
Perancangan dan pengujian sensor *turbidity* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi dan membaca tingkat kekeruhan air yang terjadi. Pengujian sensor *turbidity* dilakukan dengan cara mencelupkan sensor yang sudah terhubung dengan Arduino ke dalam air, lalu sensor akan mendeteksi tingkat kekeruhan air dan mengirim data *input* ke Arduino untuk diolah yang akan ditunjukkan oleh Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Perancangan Pengujian Sensor *Turbidity*

2. Perancangan dan Pengujian Sensor pH

Perancangan dan pengujian sensor pH dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi dan membaca tingkat pH di air. Pengujian sensor pH dilakukan dengan cara mencelupkan sensor yang sudah terhubung dengan Arduino ke dalam air, lalu sensor akan mendeteksi tingkat pH air dan mengirim data *input* ke Arduino untuk diolah data tersebut, berikut rancangan untuk pengujian sensor *turbidity* yang terdapat pada Gambar 3.9.

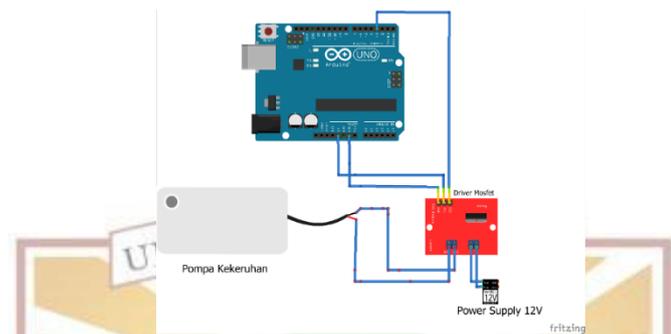


Gambar 3. 9 Perancangan Pengujian Sensor pH

3. Perancangan dan Pengujian Pompa DC 12 V

Pengujian pompa dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan pompa dalam menyalurkan air dari penampungan air menuju tempat filtrasi air. Pompa 12 volt akan digunakan sebanyak 2 buah dengan yang satu akan ditujukan menuju tempat penyaringan air keruh dan yang satu nya lagi menuju penyaringan air yang berisi batu zeolit untuk menyaring pH air. Perancangan 2 pompa ini hanya akan memiliki perbedaan pada *port* pada pompa pertama memiliki masukan di *port*

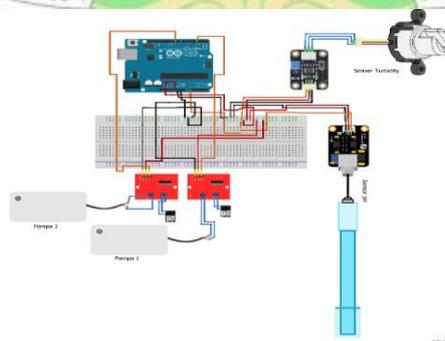
5 dan pompa kedua memiliki masukan di *port 9* masukan di Arduino berikut rancangan pompa nya akan ditampilkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Perancangan Pengujian Pompa

4. Perancangan Rangkaian Keseluruhan

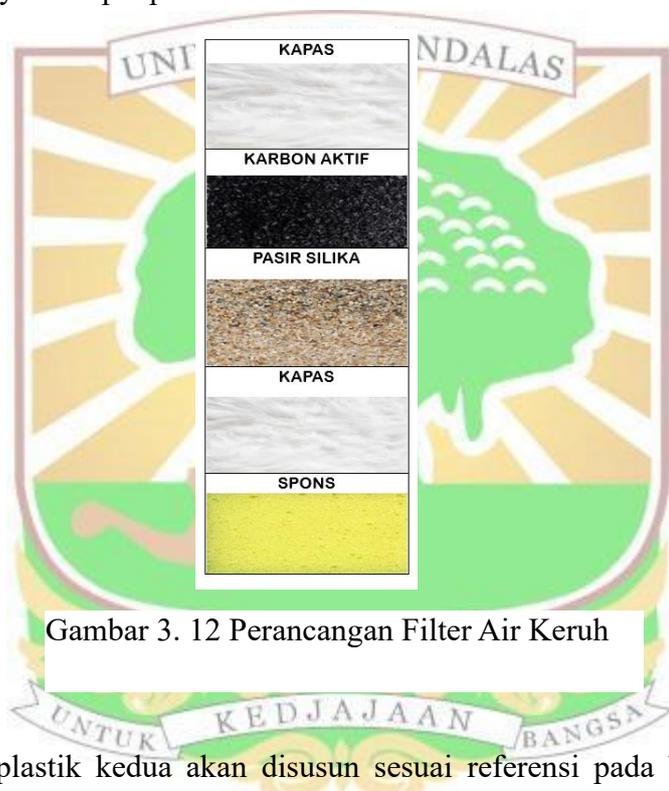
Perancangan rangkaian keseluruhan dirancang dengan memasang semua komponen alat yang dibutuhkan terhadap Arduino uno, seperti sensor pH dan sensor *turbidity* yang merupakan *input* dan dua buah pompa dengan ditambah *driver mosfet* sebagai *output* nya kemudian disambungkan terhadap Arduino uno dengan tujuan untuk memastikan setiap komponen telah terhubung dengan benar, rencana rangkaian keseluruhan terdapat pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Perancangan Rangkaian Keseluruhan

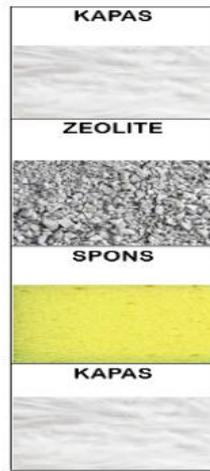
5. Perancangan Sistem *Filter*

Perancangan sistem *filter* dirancang dengan menyusun bahan yang dibutuhkan pada sebuah botol plastik 600 ml sesuai dengan referensi pada bab 2.3 dimana botol plastik pertama akan disusun beberapa bahan seperti pasir silika, spons, karbon aktif dan kapas yang ditujukan untuk memfilter air yang keruh untuk perancangannya terdapat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Perancangan Filter Air Keruh

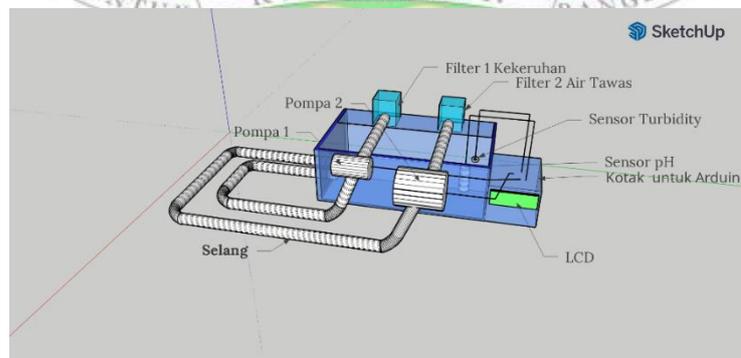
Botol plastik kedua akan disusun sesuai referensi pada bab 2.3 dengan bahan-bahan seperti batu zeolite, spons dan kapas yang akan ditujukan untuk memfilter air yang memiliki pH asam untuk penyusunan dan perancangannya terletak pada gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Perancangan Filter pH Air

3.3.5 Perancangan Alat Keseluruhan

Bentuk perancangan alat dibuat dengan sesuai kebutuhan dan sesuai tempat dan peletakan masing masing komponen agar dapat berjalan dengan baik alat yang akan dibuat. Bentuk fisik alat terdiri dari dua buah kotak. Kotak pertama sebagai penampung air dengan ukuran 21 cm × 11 cm × 7 cm dan kotak kecil sebagai tempat Arduino yang menghubungkan semua komponen baik sensor *turbidity*, sensor pH dan kedua buah pompa, perancangan alat keseluruhan terlihat pada Gambar 3.14.



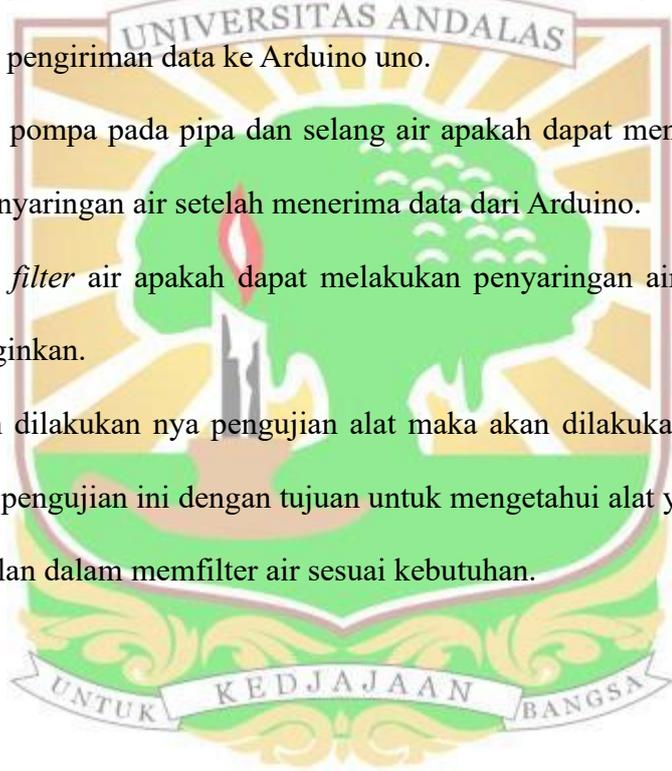
Gambar 3. 14 Perancangan Alat Keseluruhan

3.4 Pengujian dan Analisis

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perkembangan dari alat yang akan di buat ini mampu bekerja sesuai kebutuhan. Pengujian yang akan dilakukan meliputi :

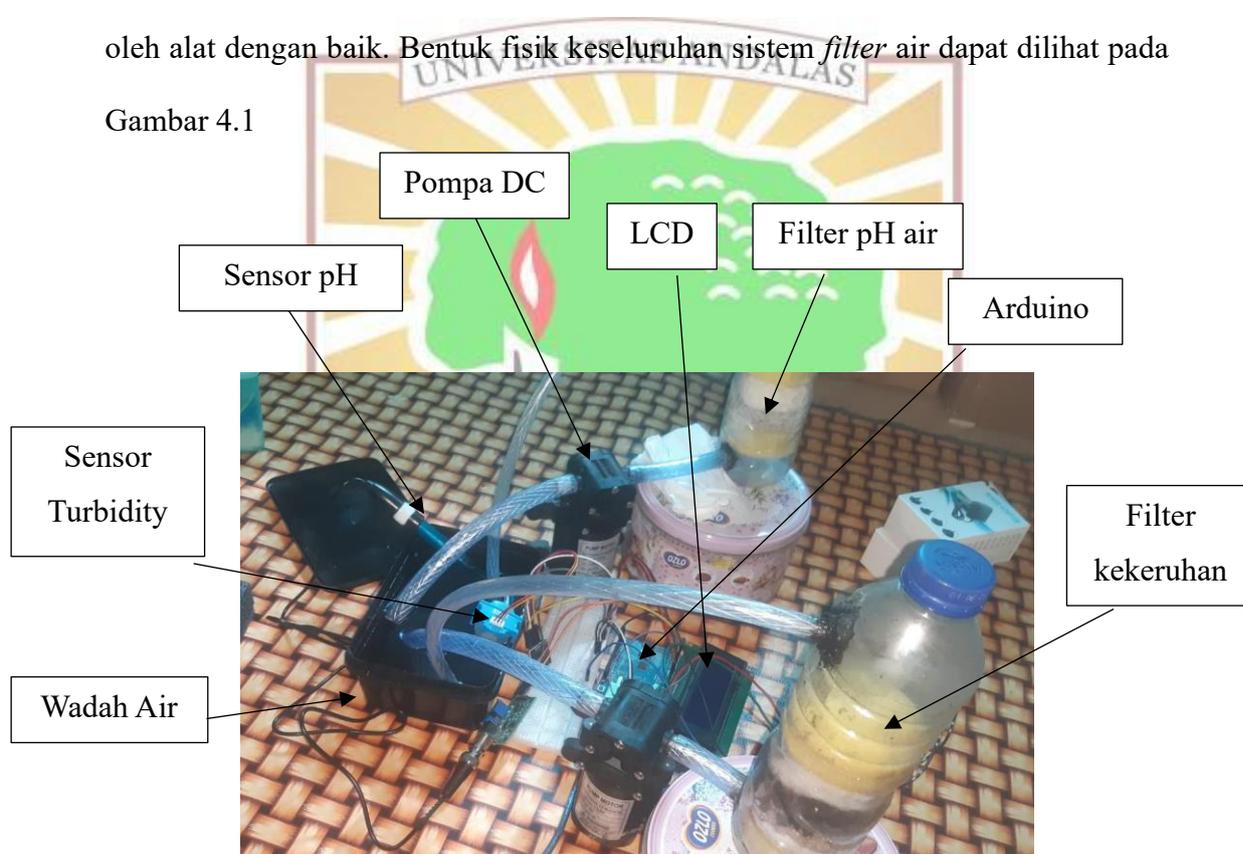
1. Pengujian pada sensor pH air untuk mendeteksi kadar asam pada air.
2. Pengujian pada sensor *Turbidity* apakah dapat mengukur tingkat kekeruhan air.
3. Pengujian pengiriman data ke Arduino uno.
4. Pengujian pompa pada pipa dan selang air apakah dapat menyalurkan air ke tempat penyaringan air setelah menerima data dari Arduino.
5. Pengujian *filter* air apakah dapat melakukan penyaringan air sesuai dengan yang diinginkan.

Setelah dilakukannya pengujian alat maka akan dilakukan suatu analisis terhadap hasil pengujian ini dengan tujuan untuk mengetahui alat yang sudah diuji ini dapat berjalan dalam memfilter air sesuai kebutuhan.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem kontrol *filter* air menggunakan metode *fuzzy* berbasis Arduino telah dilaksanakan secara bertahap dan telah dilakukan pengujian pada setiap bagian dari alat yang digunakan. Pengujian alat dilakukan terhadap perangkat keras dan perangkat lunak agar mampu untuk mengetahui hasil yang dikeluarkan oleh alat dengan baik. Bentuk fisik keseluruhan sistem *filter* air dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Bentuk Fisik Rancangan Keseluruhan

Gambar 4.1 merupakan bentuk fisik rancangan sistem keseluruhan. Sistem menggunakan sensor *turbidity* dan pH untuk mengukur air yang ada di wadah dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD. Setelah diukur air akan melalui pompa DC

untuk menuju tempat *filter* yang telah disiapkan untuk kondisi dan masalah yang terjadi pada air. Lalu, ditempat *filter* yang telah diisikan bahan media *filter* yang akan berfungsi untuk memfilter air keruh ditempat *filter* kekeruhan dan air asam yang akan difilter ditempat *filter* pH air. Setelah difilter air akan Kembali menuju wadah dan jika air belum bersih maka proses dari sistem akan terus berulang hingga air menjadi bersih.

4.1 Pengujian Akurasi Sensor pH

Pengujian sensor pH dilakukan dengan membandingkan hasil yang terbaca pada sensor pH dengan nilai larutan buffer yang sudah diketahui nilai pH nya. Pengujian ini dilakukan dengan cara menaruh sensor pH pada beberapa jenis larutan buffer yang telah diketahui pH nya dan hasil yang terbaca oleh sensor pH akan dibandingkan dengan nilai pH buffer nya, untuk lebih jelasnya terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor pH

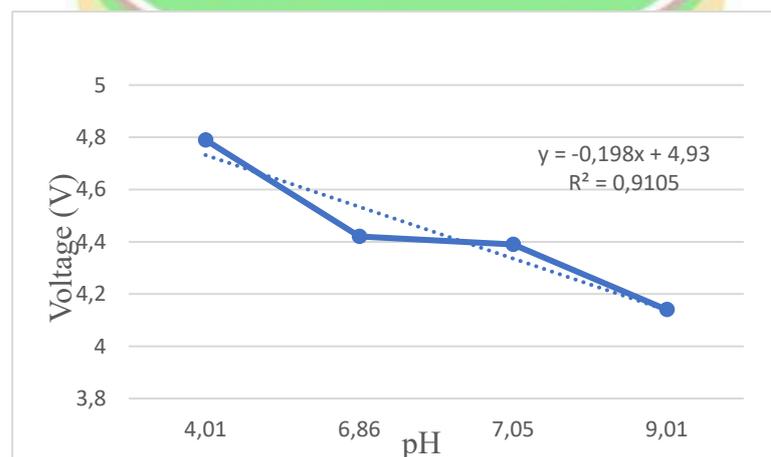
No	Cairan yang diketahui pH nya	Hasil pada Sensor pH	Akurasi
1	Buffer (4,00)	4,02	99 %
2	Buffer (6,86)	6,87	99 %
3	Buffer (7,00)	7,05	95%
4	Buffer (9,00)	9,01	99%
Rata Rata			98%

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa sensor pH yang digunakan memiliki akurasi rata rata 98%. Hasil ini didapatkan dari perbandingan cairan pH yang sudah diketahui dengan hasil baca sensor pH dan digunakan persamaan 2.2 dengan tujuan untuk mendapatkan nilai akurasi dari sensor pH yang akan digunakan dalam penelitian ini.

4.2 Perbandingan Tegangan dan pH pada Sensor PH

Pengujian sensor pH ini dilakukan untuk mengetahui hubungan pH dengan nilai tegangan yang sebagai *input* dari sensor pH. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan variasi dari larutan buffer yang telah diketahui kadar pH nya. Pada sensor pH ini akan menghasilkan berupa nilai tegangan yang terbaca pada LCD dan diolah dengan menggunakan Persamaan 2.3.

Hasil dari perhitungan ini akan mendapatkan sebuah hubungan antara pH dengan tegangan seperti pada Gambar 4.2.

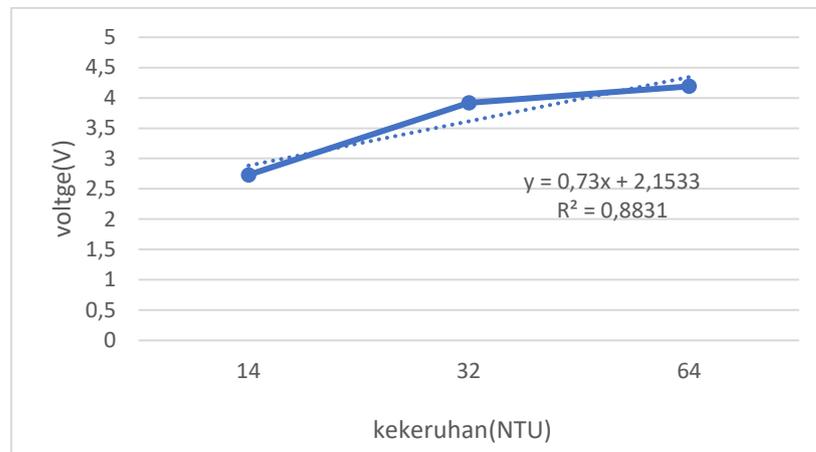


Gambar 4. 2 Grafik Hubungan pH terhadap Tegangan

Dari Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi pH nya maka tegangan yang dihasilkan akan semakin kecil begitu juga dengan sebaliknya. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi pH maka semakin sedikit ion hidrogen yang terkandung pada larutan buffer nya sehingga menyebabkan sedikit terjadinya muatan listrik pada larutan tersebut dan sebaliknya jika pH semakin kecil maka ion semakin kuat sehingga muatan listrik yang terjadi juga semakin banyak. Pada tegangan pada pH 6,86 dan pH 7,00 terdapat sebuah nilai yang hamper konstan antara 4,42 V dan 4,39 V hal ini terjadi akibat perbedaan nilai pH yang tidak terlalu jauh sehingga nilai tegangan nya hampir konstan.

4.3 Pengujian Sensor *Turbidity*

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara kekeruhan air dengan tegangan *input* pada tiap kondisi air yang berbeda-beda dengan mencampurkan tiap air dengan tanah. Pada sensor kekeruhan akan membaca hasil kekeruhan berdasarkan tegangan yang ada maka didapatkan dan jika sudah didapatkan datanya olah data dengan menggunakan persamaan 2.4. Kemudian hasil dari perhitungan dengan persamaan ini akan menghasilkan sebuah grafik hubungan tegangan dan kekeruhan air seperti Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Kekерuhan terhadap Tegangan

Dari Gambar 4.3 didapatkan bahwa jika air yang semakin keruh maka nilai tegangan nya juga akan semakin besar dan begitu sebaliknya. Hal ini diakibatkan oleh terjadinya banyak pantulan cahaya dalam air yang berkondisi keruh sehingga akan menghasilkan *input* tegangan yang besar yang terdeteksi oleh sensor *turbidity* dan sebaliknya.

4.4 Hasil Pengujian Pompa DC

Hasil pengujian pompa dc dilakukan dengan memvariasikan volume air yang digunakan untuk mengetahui kinerja pompa dimulai dari volume 900 ml hingga 1800 ml. Dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian pompa dc

Tegangan (V)	Waktu (detik)	Volume Air (mL)	Debit Aliran Pompa (mL / detik)
12	45	1800	40
12	40	1500	37,5
12	35	1200	34,2
12	30	900	30

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pompa DC. Dengan memvariasikan volume air dan mengukur waktu maka didapatkan laju aliran pada pompa DC. Pengujian ini dibutuhkan untuk mengetahui kinerja pompa yang akan digunakan.

4.5 Hasil Pengujian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Pengujian LCD dilakukan dengan memprogram Arduino uno dengan menggunakan software Arduino IDE. Sebelum nya pastikan LCD sudah dihubungkan pada I2C terlebih dahulu, dikarenakan I2C ini berfungsi untuk menampilkan teks dan karakter pada LCD. Selanjutnya hubungkan pin pada I2C pada Arduino uno yang bertujuan untuk mengakses LCD. Hasil pada pengujian ini untuk mengetahui apakah LCD yang digunakan mampu bekerja sesuai keinginan. Berikut tampilan LCD 20x4 setelah diuji dengan kode program yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Pengujian LCD

4.6 Hasil Pengujian *Fuzzy Logic*

Hasil pengujian *fuzzy logic* dilakukan dengan cara membandingkan hasil nilai *fuzzy* yang terbaca pada LCD dan dibandingkan dengan hasil *fuzzy* yang ada pada matlab, dengan nilai masing masing *input* yang tertera pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil pengujian *fuzzy logic*

No.	Kondisi Air		Nilai Sensor		Nilai <i>Fuzzy set output</i> pada LCD		Nilai <i>Fuzzy set output</i> pada matlab	
	Kekeruhan	pH air	Kekeruhan (NTU)	pH air	Kekeruhan (NTU)	pH air	Kekeruhan (NTU)	pH air
1	Jernih	Netral	4	7	0	0	0,0196	0,0196
			3	6,99	0	0	0,0196	0,0196
			5	6,98	0	0	0,0196	0,0196
2	Jernih	Asam	25	4,44	12,34	120	12,3	120
			25	4,47	12,3	120	12,3	120
			25	4,49	12,35	120	12,3	120
3	Keruh	Netral	54	6,97	213	1,2	213	1,15
			53	6,99	213	1,2	213	1,15
			52	6,86	213	1,2	213	1,15
4	Keruh	Asam	48	4,68	183,59	120	183	120
			48	4,71	183,59	120	183	120
			48	4,65	183,59	120	183	120

Berdasarkan Tabel 4.3 menyajikan hasil perbandingan *fuzzy output* yang didapatkan oleh LCD dari data pengukuran kedua sensor kemudian diolah dengan fuzzy set yang dibuat pada IDE Arduino yang terdapat dibab 3.33 dan *fuzzy set output* pada matlab. Nilai *output* pada LCD dan matlab dibuat berbeda dengan *input* dengan tujuan untuk mempermudah proses penganalisaan data yang dihasilkan. *Input* yang digunakan memiliki 4 kondisi dan diambil data *input* sebanyak 3 repetisi, dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang akurat pada pengukuran tiap kondisinya. Hasil pengujian *output fuzzy* dengan menggunakan persamaan 2.1 maka didapatkan hasil error sebesar 100% pada *output* kekeruhan dan pH dipengujian sampel 1, pada sampel 2 mendapatkan error 0,00325% pada sampel *output* kekeruhan dan 0% pada *output* pH, pada sampel 3 mendapatkan hasil error 0% untuk kedua perbandingan *output* nya, dan yang untuk sampel 4 didapatkan hasil error 0,00322% untuk *output* kekeruhan dan 0% untuk *output* pH. Hasil error yang didapatkan bisa disebabkan oleh ada nya perbedaan dalam pembulataan angka dalam program yang telah dibuat dengan *fuzzy* dimatlab untuk sampel 1 dan untuk sampel 2 dan 3 bisa disebabkan oleh kurang akuratnya suatu sensor *turbidity* yang menyebabkan *input* yang masuk kurang sesuai dengan capaian yang diinginkan.

4.7 Hasil Pengujian Sistem *Filter Asam*

Pengujian sistem *filter* asam dilakukan dengan menaruh sampel berupa air asam dengan kadar kekeruhan yang jernih pada kotak dengan volume 1 Liter dan menggunakan air cuka sebanyak 20 mL sebagai indikator air asam, kemudian dilakukan pengukuran dengan sensor dan arduino yang sudah ditanamkan dengan

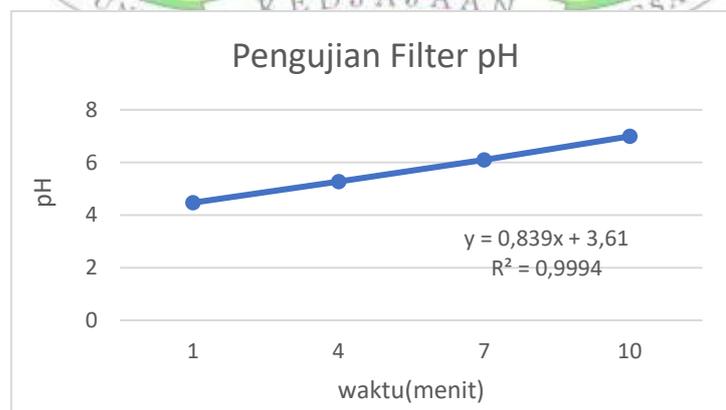
logika *fuzzy*. Jika data pengukuran pada sensor sudah didapatkan maka nyalakan pompa yang terhubung oleh tempat *filter* asam . Pada proses pemfilteran air asam akan melalui batu zeolite dan juga beberapa media *filter* pH air untuk mengurangi kadar pH air yang terkandung. Selanjutnya amati waktu yang dibutuhkan untuk memfilter air yang asam hingga menjadi pH yang aman.

Hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa *filter* asam membutuhkan waktu 10 menit untuk menetralkan pH air nya dan setiap 3 menit sekali pH pada air mengalami perubahan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sistem *Filter* Asam

pH	Waktu (Menit)	Kondisi Air
4,47	1	Asam
5,27	4	Asam
6,1	7	Asam
6,99	10	Netral

Dari data pada Tabel 4.4 dapat dibuat menjadi grafik seperti Gambar 4.5 dibawah ini.



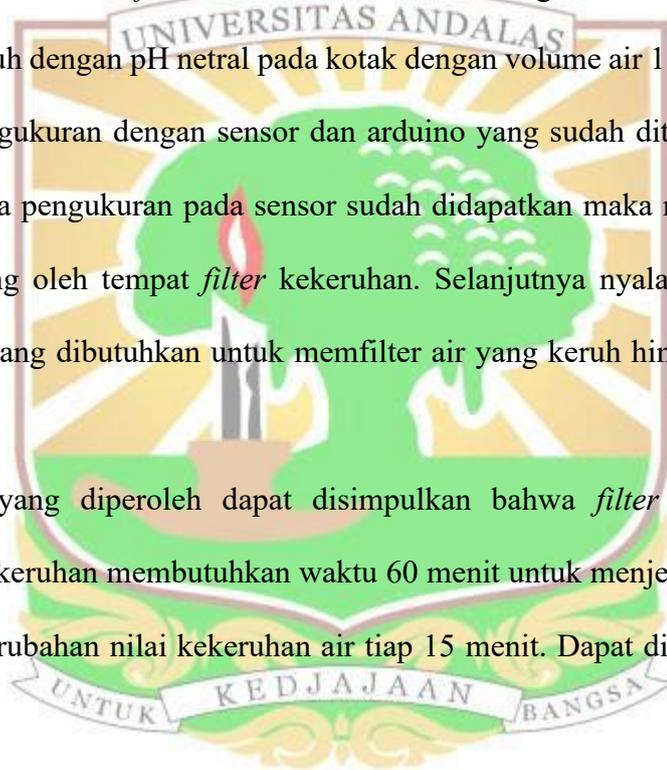
Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan pH terhadap Waktu

Pada Gambar 4.5 bisa disimpulkan pada hasil yang didapat dengan menguji *filter* asam mendapatkan hasil grafik yang linier. Pada tiap 3 menit sekali akan terjadi perubahan pada pH air, semakin lama waktu yang digunakan untuk memfilter air asam maka pH air akan mendekati netral dan berbanding sebaliknya.

4.8 Hasil Pengujian Sistem *Filter* Kekeruhan

Pengujian sistem *filter* kekeruhan dilakukan dengan menaruh sampel yang berupa air keruh dengan pH netral pada kotak dengan volume air 1 Liter, kemudian dilakukan pengukuran dengan sensor dan arduino yang sudah ditanamkan logika *fuzzy*. Jika data pengukuran pada sensor sudah didapatkan maka nyalakan pompa yang terhubung oleh tempat *filter* kekeruhan. Selanjutnya nyalakan pompa dan amati waktu yang dibutuhkan untuk memfilter air yang keruh hingga menjadi air yang jernih.

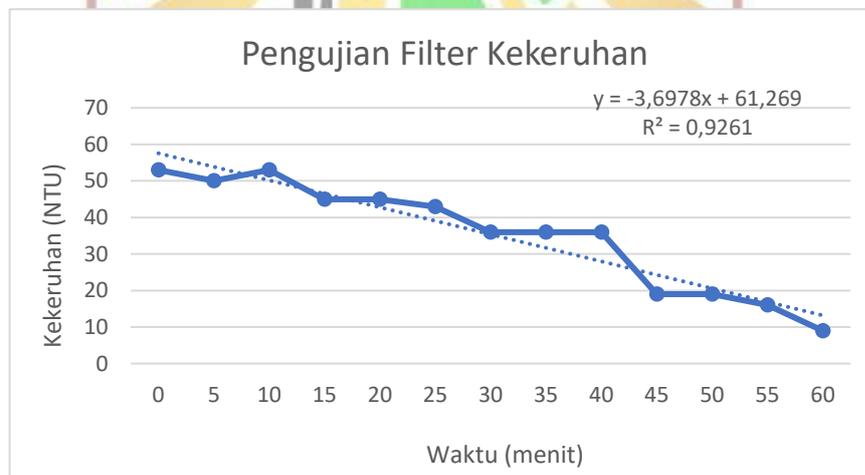
Hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa *filter* pada air yang mengalami kekeruhan membutuhkan waktu 60 menit untuk menjernihkannya dan mengalami perubahan nilai kekeruhan air tiap 15 menit. Dapat dilihat pada Tabel 4.5.



Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Sistem *Filter* Kekeruhan

Waktu (Menit)	Kekeruhan (NTU)	Kondisi Air
0	53	Sangat keruh
5	50	Sangat keruh
10	53	Sangat keruh
15	45	Keruh
20	45	Keruh
25	43	Keruh
30	36	Keruh
35	36	Keruh
40	36	keruh
45	19	Jernih
50	19	Jernih
55	16	Jernih
60	9	Jernih

Dari data pada Tabel 4.5 diatas dapat dibuat menjadi grafik seperti Gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4. 6 Perbandingan Kekeruhan terhadap Waktu

Dari Gambar 4.6 bisa disimpulkan bahwa pada uji coba *filter* kekeruhan mengalami perubahan nilai kekeruhan pada air tiap 15 menit sekali. Semakin lama

waktu untuk memfilter air maka nilai kekeruhan pada air akan semakin kecil. Dari hasil grafik juga terlihat bahwa terjadinya proses *filter* air yang paling kuat itu terjadi pada menit 30 hingga 45 menit yaitu dengan terjadinya pengurangan nilai kekeruhan air yang cukup besar dari 36 NTU hingga menjadi 19 NTU. Kemudian pada grafik bisa dianalisa terdapat beberapa kesalahan pada menit 5 dan 25 yaitu terjadinya perubahan nilai kekeruhan hal ini bisa terjadi akibat adanya nilai toleransi dari karakteristik sensor yang digunakan.

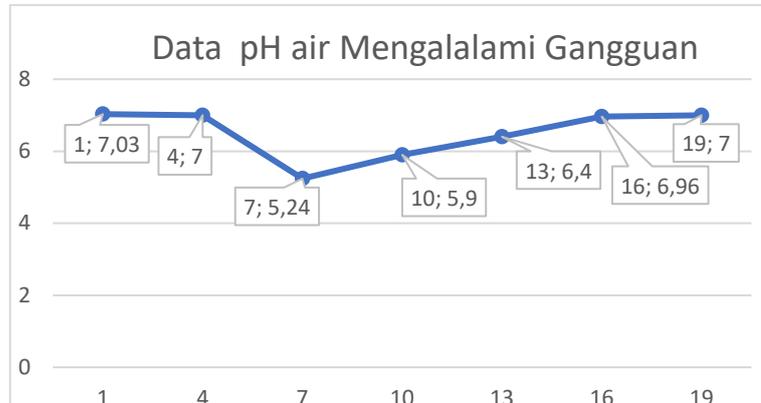
4.9 Pengujian Alat Jika Data Sensor pH Mengalami Perubahan

Pada pengujian ini dilakukan suatu pengamatan dengan menggunakan sensor pH untuk mendapatkan suatu data dari hasil pengukuran sensor seperti yang dilakukan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Pengukuran Pada Sensor pH

Pada Gambar 4.7 didapatkan hasil pengukuran sensor pH 7,03 , namun pada pengujian kali ini hasil pengukuran diatas akan diberikan gangguan berupa penambahan pH ketika dalam pengukuran yang akan dihasilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Grafik Pengukuran sensor pH Saat Mengalami Gangguan

Dari Gambar 4.8 dapat disimpulkan bahwa setelah mengalami gangguan hasil dari pengukuran sensor pH tidak mengalami *delay* dan langsung menghasilkan nilai 5,24 dari 7,03 diberi gangguan dengan menambahkan asam pada air yang sedang diukur oleh sensor.

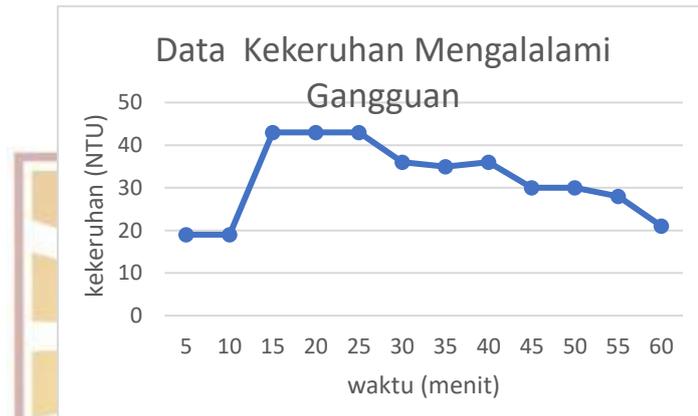
4.10 Pengujian Alat Jika Input Sensor *Turbidity* Mengalami Perubahan

Pada pengujian ini dilakukan suatu pengamatan dengan menggunakan sensor *turbidity* untuk mendapatkan suatu data dari hasil pengukuran kekeruhan seperti yang dilakukan pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Pengukuran Sensor *Turbidity*

Pada Gambar 4.9 didapatkan hasil pengukuran sensor *turbidity* 19, namun pada pengujian kali ini hasil pengukuran diatas akan diberikan gangguan berupa penambahan kekeruhan pada air yang diuji ketika dalam pengukuran yang akan dihasilkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik Pengukuran *turbidity* Saat Mengalami Gangguan

Dari Gambar 4.10 dapat disimpulkan bahwa setelah mengalami gangguan hasil dari pengukuran sensor *turbidity* tidak mengalami *delay* dan langsung menghasilkan perubahan nilai 19 menjadi 43 setelah diberi gangguan dengan menambahkan kekeruhan pada air yang diukur dengan sensor.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa *prototype* mampu bekerja sesuai yang diharapkan baik secara *software* yaitu berupa *fuzzy logic* mampu berjalan dengan baik apabila mendapatkan data masukan dari sensor yang digunakan. Secara *Hardware prototype* mampu bekerja dengan baik bisa disimpulkan dari kinerja sensor yang baik dengan akurasi mencapai 98% untuk sensor pH.

5.2 Saran

Rancang bangun *filter* air dengan metode *fuzzy* berbasis arduino uno pada penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk membantu masyarakat dalam mendapatkan air bersih dan layak digunakan.

Saran untuk selanjutnya yaitu :

1. Untuk penggunaan sampel bisa diperbanyak dan divariasikan sampel air nya agar mendapatkan hasil yang lebih banyak dan akurat.
2. Pompa DC bisa dipertimbangkan untuk mencari yang lebih cepat agar hasil filter lebih efisien dan efektif.
3. Pada alat yang telah dibuat dan diuji posisi dari sensor yang digunakan sangat mempengaruhi hasil dari pengukuran data.
4. Pada sistem *filter* kekeruhan dan pH serta rangkaian pada *prototype* bisa digunakan kaca akrilik agar lebih kokoh dan rangkaian pada *prototype* tidak mudah terkena cipratan air.
5. Pada pengembangan selanjutnya dapat menggantikan metode lain agar mendapatkan hasil yang lebih mutakhir.

DAFTAR PUSTAKA

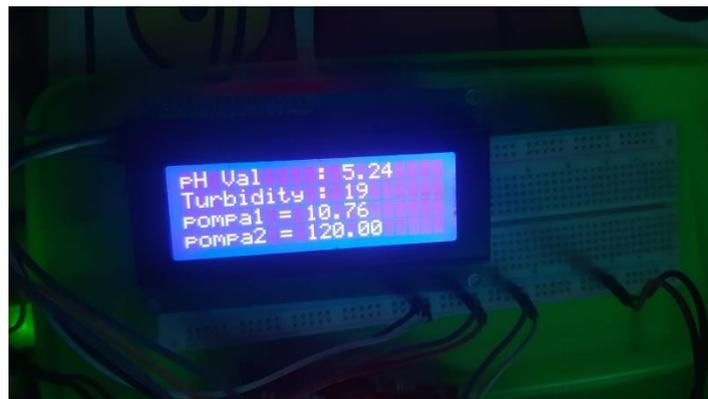
- Abdullah, M., 2016, *Fisika Dasar I*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Abdullah, M., 2017, *Fisika Dasar II*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- ARIFANDI, A., 2019, Studi Penggunaan Catu Daya Metode PWM (PULSE WIDTH MODULATION) 2 Pulsa Berbeda 180 Pada Lampu LED (LIGHT EMITTING DIODE), , *Skripsi, Univertas Andalas*, Univertas Andalas.
- Atina, 2015, Tegangan Dan Kuat Arus Listrik Dari Sifat Asam, Vol. 12, Hal. 28–42.
- Baco, S., Musrawati, M., Anugrah, A., Iskandar, I., 2020, *Rancang Bangun Sistem Pemantauan Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler*, *ILTEK : Jurnal Teknologi*, Vol. 14, Hal. 2105–2109, DOI: 10.47398/iltek.v14i2.425.
- Cakra, R., Sony, S., Faisal, B., 2019, *Perancangan dan Implementasi Filter Air Otomatis Dengan Pengukuran Kekeruhan*, *e-Proceeding of Engineering*, Vol. 6, Hal. 2849–2854.
- Chuzaini, F., Dzulkiflih, 2022, IoT Monitoring Kualitas Air dengan Menggunakan Sensor Suhu , pH , dan Total Dissolved Solids (TDS), *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, Vol. 11, Hal. 46–56.
- Febrina, L., Ayuna, A., 2014, Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik, *Jurnal Teknologi*, Vol. 7, Hal. 36–44.
- Ilyas, I., Tan, V., Kaleka, M., 2021, Penjernihan Air Metode Filtrasi untuk Meningkatkan Kesehatan Masyarakat RT Pu'uzeze Kelurahan Rukun Lima Nusa Tenggara Timur, *Warta Pengabdian*, Vol. 15, Hal. 46, DOI: 10.19184/wrtp.v15i1.19849.
- Kautsar, M., Rizal Isnanto, R., Didik Widiyanto, E., 2015, 143285-ID-sistem-

- monitoring-digital-penggunaan-dan, *Teknologi dan Sistem Komputer*, Vol. 3.
- Maemunnur, A.F., Goib Wiranto, ;, Waslaluddin, ;, Fisika, J.P., Matematika, P., Ilmu, D., Alam, P., 2016, Rancang Bangun Sistem Alat Ukur Turbidity Untuk Analisis Kualitas Air Berbasis Arduino Uno, *Fibusi(Jurnal Online Fisika)*, Vol. 4, Hal. 2–9.
- Mufida, E., Anwar, R.S., Khodir, R.A., Rosmawati, I.P., 2020, Perancangan Alat Pengontrol pH Air untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno, *INSANtek*, Vol. 1, Hal. 13–19.
- Mulia, M.H., 2021, Pengolahan Air Bersih Dengan Metode Filtrasi Menggunakan Media Arang Aktif Kulit Durian, *Skripsi, Univertas Islam Negeri Ar-Raniry*, Vol. 20, Hal. 38–52.
- Nadhif, M., 2015, Aplikasi Fuzzy Logic untuk Pengendali Motor DC Berbasis Mikrokontroler ATmega8535 dengan Sensor Photodiode, , *Skripsi, Univertas Negeri Semarang*, Univertas Negeri Semarang.
- Nusyirwan, D., Aritonang, M.D., Perdana, P.P.P., 2019, Penyaringan Air Keruh Menggunakan Sensor Ldr Dan Bluetooth Hc-05 Sebagai Media Pengontrolan Guna Meningkatkan Mutu Kebersihan Air Di Sekolah, *LOGISTA - Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, Vol. 3, Hal. 37, DOI: 10.25077/logista.3.1.37-46.2019.
- Prasatya, Y.B., 2022, Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kekeruhan Air Dengan Penyaringan Air Dalam Tandon Menggunakan Internet Of Things (IoT) Berbasis Wemos D1 Mini Via Android, , *Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*, Univertas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Prayudha, R., 2020, Sistem Pendeteksi Kualitas Air Bersih Menggunakan Sensor Ph Dan Sensor Tds Berbasis Mobile, , *Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*, Univertas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

- Rasyid, R., Wildian, Hendrizon, Y., 2013, *Uji Sensitivitas Sudut Hamburan Kekeruhan Air Bersih Dari Rancang Bangun Alat Ukur Nephelometer, Prosiding Semirata*, Vol. 4, Hal. 345–348.
- Rindengan, A.J., Langi, Y.A.R., 2019, *Sistem Fuzzy*, CV. Patra Media Grafindo, Bandung.
- Setiawan, A., Yanto, B., Yasdomi, K., 2018, *Logika Fuzzy Dengan Matlab*, Jayapangus Press, Jayapangus Press, Bali.
- Sri Handayani dkk, 2023, ANALISIS KUALITAS AIR MINUM BERDASARKAN KADAR PH AIR MINERAL DAN REBUSAN SEBAGAI SUMBER ENERGI TERBARUKAN, Vol. 7, Hal. 385–395.
- Sulistyo, M.T., 2019, Sistem Pengukuran Kadar Ph , Suhu , Dan Sensor Turbidity Pada Limbah Rumah Sakit Berbasis Arduino UNO Waterproof Temperature Sensor DS18B20, *Jurnal Elektro SI ITN Malang*, Hal. 1–10.
- Togomi, Z., Studi, P., Pengairan, T., Teknik, F., Makassar, U.M., 2020, Pengaruh Ketebalan Media dan Waktu Filtrasi Terhadap Pengolah Limbah Rumah Tangga, , Univertas Muhammadiyah Makassar.
- Wahyuni, I., 2023, *Logika Fuzzy Tahani*, Komojoyo press, Sleman.
- Wiguna, P., Hannats, M.H.I., Fitriyah, H., 2018, Rancang Bangun Filter Air Berbasis Arduino Pada Penampungan Air Menggunakan Metode Fuzzy, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, Hal. 3442–3450.
- Wijayanto, A.W., 2022, Perancangan Alat Pendeteksi Kekeruihan Air dan Wastafel Otomatis Berbasis Arduino, , *Skripsi, Univertas Muhammadiyah Makassar*, Univertas Muhammadiyah Makassar.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Pengujian Alat Jika Data Sensor pH dan Turbidity Mengalami Perubahan

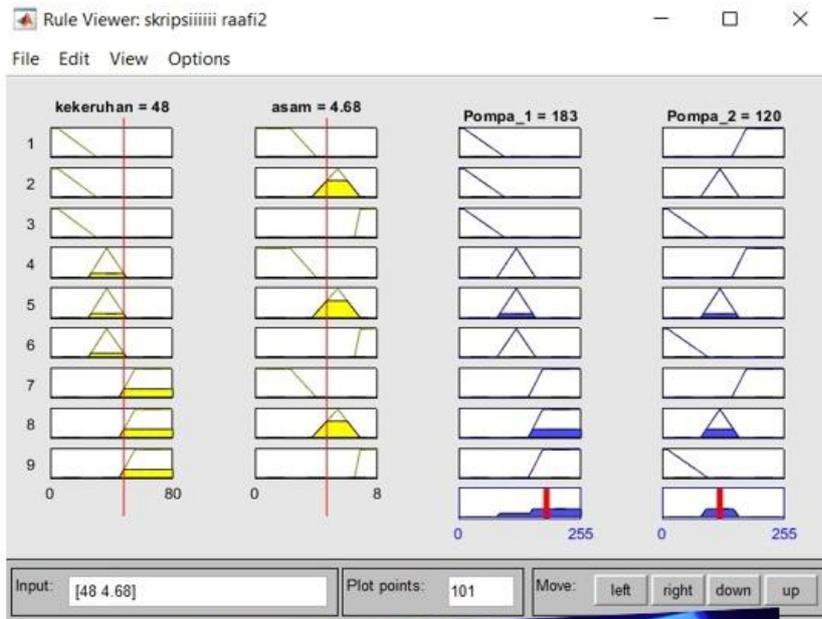


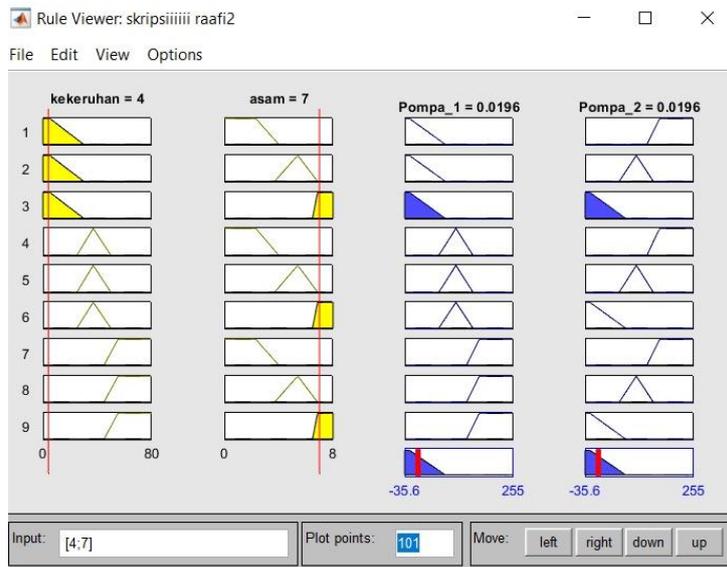
Data Sensor pH yang Mengalami Perubahan



Data Sensor Turbidity yang Mengalami Perubahan

Pengujian logika Fuzzy





Pengujian LCD (Liquid Crystal Display)



Pengujian Perbandingan Data Sensor pH dengan Tegangan



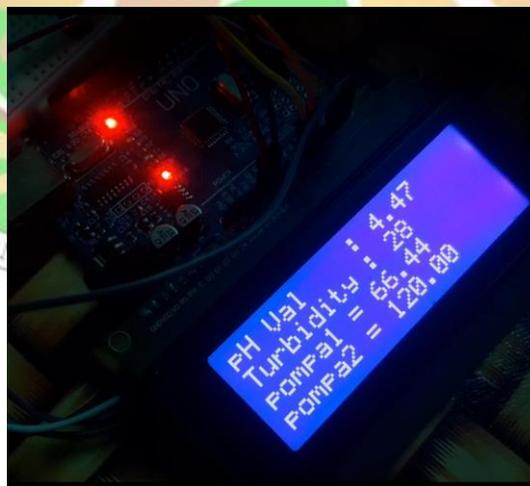
Pengujian Perbandingan Data Sensor Turbidity dengan Tegangan



Pengujian Sistem Filter Kekeruhan dan Filter Asam



Filter Kekeruhan



Filter Asam

Pengujian Akurasi Sensor pH

