

**PENGENDALIAN KERAN AIR UNTUK
MENGATUR DEBIT AIR BERBASIS FUZZY
LOGIC PADA MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

Oleh :

RINALDI

NIM : 4211323014

PROGRAM STUDI TEKNIK MEKATRONIKA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BATAM

2015

**PENGENDALIAN KERAN AIR UNTUK MENGATUR
DEBIT AIR BERBASIS FUZZY LOGIC PADA
MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

Oleh :

RINALDI

NIM : 4211323014

**Disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Diploma
IV**

Program Studi Teknik Mekatronika

Politeknik Negeri Batam



**PROGRAM STUDI TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI BATAM**

2015

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “Pengendalian Keran Air Untuk Mengatur Debit Air Berbasis Fuzzy Logic Pada Mikrokontroler” adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

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

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

Batam, 14-01-2015

Materai 6000

Rinaldi

NIM. 4211323014

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains Terapan (S. ST.)
di
Politeknik Negeri Batam**

**Oleh
RINALDI
NIM. 4211323014**

Tanggal Sidang : 20-01-2015

Disetujui oleh :

Dosen Penguji :

Dosen Pembimbing :

**1. Iman Fahruzi
NIK. 100007**

**1. Sumantri KR., ST., MT.
NIK.104030**

**2. Ridwan
NIK. 113113**

CONTROL OF WATER TAP WATER DISCHARGE TO SET BASED ON FUZZY LOGIC MICROCONTROLLER

Student Name : Rinaldi
NIM : 4211323014
Supervisor : Sumantri KR., ST., MT.

ABSTRACT

In charging the rechargeable gallons of water is usually still use semiauto or charging system water use On / Off button to turn on the water pump for filling water into a gallon, without knowing the amount that has been removed from the water pump to achieve the maximum amount that can be accommodated by the gallons of drinking water . If less then the operator will be on / off the pump motor to achieve the desired amount of water discharge (flow rate) is unchanged from the water pump, when excessive made available in a gallon of water to gush out and make a puddle of water in a water filling drink.

Therefore, the authors make a tool to regulate the flow of water that can later be applied as filling drinking water refills automatically by means of input amount of water discharge want mililiter issued in units or litter and water filling tool will do its job automatically issued in accordance with the amount of water discharge is entered by regulating the flow of water (flow rate) without using a water pump motor for utilizing the gravitational force of the earth, the water discharge arrangements done in the tap water channel opener.

Based on the results of tests that have been done, and get good results, ie controlling the tap water using fuzzy logic to get the value of the average error percentage of 5.71%. Setting Value 1 L / min average percentage error is 4%, the setting value of 2 L / min average percentage error is 5%, the setting value of 3 L / min average percentage error is 6%, the setting value of 4 L / min average percentage error is 6.5%, setting the value 5 L / min average percentage error is 7.07%.

Keywords: semiauto, water flow, flow rate, automatic, liquid.

PENGENDALIAN KERAN AIR UNTUK MENGATUR DEBIT AIR BERBASIS FUZZY LOGIC PADA MIKROKONTROLER

Nama mahasiswa : Rinaldi
NIM : 4211323014
Pembimbing : Sumantri KR., ST., MT.

ABSTRAK

Pada pengisian galon air isi ulang biasanya masih menggunakan sistem semiauto atau pengisian air minum menggunakan tombol On/Off untuk mengaktifkan pompa air untuk mengisi air kedalam galon, tanpa mengetahui jumlah yang sudah dikeluarkan dari pompa air untuk mencapai jumlah maximal yang dapat ditampung oleh galon air minum. Apabila kurang maka operator akan meng-On/Off kan motor pompa untuk mencapai jumlah yang diinginkan dengan debit air (*flow rate*) yang tidak berubah dari pompa air, apabila berlebihan membuat air yang ada pada galon menyembur keluar dan membuat genangan air di tempat pengisian air minum.

Oleh karena penulis membuat alat untuk mengatur debit air yang nantinya dapat diaplikasikan sebagai pengisian air minum isi ulang yang otomatis dengan cara menginputkan jumlah debit air yang ingin dikeluarkan dalam satuan mililiter atau liter dan alat pengisian air akan melakukan tugasnya secara otomatis mengeluarkan debit air sesuai dengan jumlah yang diinputkan dengan mengatur debit air (*flow rate*) tanpa menggunakan motor pompa air karena memanfaatkan gaya gravitasi bumi, pengaturan debit air dilakukan pada keran pembuka saluran airnya.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil yang cukup baik, yaitu pengendalian keran air berbasis fuzzy logic mendapatkan nilai persentase error rata-rata 5.71 %. Setting Value 1 L/min persentase error rata-rata adalah 4 %, setting value 2 L/min persentase error rata-rata adalah 5 %, setting value 3 L/min persentase error rata-rata adalah 6 %, setting value 4 L/min persentase error rata-rata adalah 6.5 %, setting value 5 L/min persentase error rata-rata adalah 7.07 %.

Kata kunci : semiauto, debit air, *flow rate*, otomatis, zat cair.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T atas limpahan karunia dan ilmu sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik, yang tidak terlepas dari bantuan dosen dan rekan-rekan mahasiswa Politeknik Negeri Batam.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk melengkapi persyaratan kelulusan tingkat Diploma IV Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Batam. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, penulis mencoba mengaplikasikan ilmu yang penulis dapatkan dalam bentuk Perancangan Pengendalian Keran Air Berbasis Fuzzy Logic Pada Mikrokontroler..

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari semua pihak yang ikut dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T, atas anugrah yang telah diberikan kepada penulis.
2. Kedua orang tua dan keluarga atas jasa Doa, bimbingan dan nasehat.
3. Bapak Dr.Priyono Eko Sanyoto, selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Ibu Desi Oktani, MT. selaku Ka. Prodi TeknikElektro Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Sumantri KR., MT. selaku dosen pembimbing Laporan Tugas Akhir.
6. Bapak Abdullah Sani S.ST. selaku dosen pembimbing Proposal Tugas Akhir.
7. Seluruh Dosen-dosen Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
8. Seluruh Alumni Tim Robot Politeknik Negeri Batam yang membimbing dalam proses pembuatan dan Tugas Akhir.
9. Seluruh teman-teman yang telah membantu atas terselesaikannya buku laporan ini.
10. Seluruh pihak lain yang pernah membantu namun tidak tersebutkan di atas.

Semoga amal dan ibadah diterima di sisi Tuhan Yang Maha Esa, atas bantuan moril maupun spiritual demi terselesaikannya laporan ini. Penulis sadar masih banyak kekurangan yang terdapat pada Laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun penulis harapkan dari semua kalangan.

Batam, 14 Januari 2015

Rinaldi

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	i
LENBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II DASAR TEORI	4
2.1 Debit Air (<i>flow rate</i>)	4
2.2 Fuzzy Logic	5
2.2.1 Pengendali Fuzzy Logic	5
2.2.2 Fuzzifikasi	6
2.2.3 Basis Aturan	7
2.2.4 Fungsi Keanggotaan	7
2.2.5 Model Fuzzy Mamdani	10
2.3 Motor Servo	12

2.4 Water Flow Sensor G1/2.....	14
BAB III PERANCANGAN SISTEM	18
3.1 Perancangan Elektronika	18
3.2 Perancangan Mekanik.....	18
3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	20
3.4 Instrument Penelitian	22
BAB IV HASIL DAN ANALISA	30
4.1 Hasil Pengujian	24
4.1.1 Pengujian Sensor Flow Meter.....	24
4.1.2 Pengujian Motor Servo Terhadap Debit Air.....	25
4.1.3 Pengujian Kesetabilan Debit Air	26
4.1.4 Pengujian Kemampuan Motor Servo Menstabilkan Debit Air.....	42
4.1.5 Pengujian Kesetabilan Debit Air Terhadap Gangguan.....	45
4.2 Analisa	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Kesimpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Wadah Penampungan Air	4
Gambar 2.2 Struktur Dasar Pengendalian Fuzzy	6
Gambar 2.3 Representasi Linear Naik	8
Gambar 2.4 Representasi Linear Turun	8
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga	9
Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapezium	10
Gambar 2.7 Proses Fuzzifikasi	11
Gambar 2.8 Pin Motor Servo	12
Gambar 2.9 Sistem Mekanik Motor Servo	13
Gambar 2.10 Pensinyalan Motor Servo	13
Gambar 2.11 Water Flow Sensor G1/2	14
Gambar 2.12 Prinsip Kerja Sensor Hall Effect	15
Gambar 2.13 Pengukuran Tegangan Hall	16
Gambar 3.1 Diagram Blok Alat Pengendalian Debit Air	18
Gambar 3.2 Desain Mekanik (tampak samping)	19
Gambar 3.3 Desain Mekanik (tampak depan)	19
Gambar 3.4 Desain Kontrol Pengaturan Debit Air	26

Gambar 3.5 Input Membership Function Error	20
Gambar 3.6 Input Membership Function Delta Error.....	21
Gambar 3.7 Output Membership Function Sudut.....	21
Grafik 4.1 Perbandingan Jumlah Pulsa Terhadap Volume Air.....	25
Grafik 4.2 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 1 L/min (Sample 1).....	27
Grafik 4.3 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 1 L/min (Sample 2).....	28
Grafik 4.4 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 1 L/min (Sample 3).....	29
Grafik 4.5 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 2 L/min (Sample 1).....	30
Grafik 4.6 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 2 L/min (Sample 2).....	31
Grafik 4.7 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 2 L/min (Sample 3).....	32
Grafik 4.8 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 3 L/min (Sample 1).....	33
Grafik 4.8 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 3 L/min (Sample 1).....	33
Grafik 4.9 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 3 L/min (Sample 2).....	34
Grafik 4.10 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 3 L/min (Sample 3).....	35
Grafik 4.11 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 4 L/min (Sample 1).....	36
Grafik 4.12 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 4 L/min (Sample 2).....	37
Grafik 4.13 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 4 L/min (Sample 3).....	38
Grafik 4.14 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 5 L/min (Sample 1).....	39
Grafik 4.15 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 5 L/min (Sample 2).....	40

Grafik 4.16 Hasil Pengujian Kesetabilan Debit Air SV = 4 L/min (Sample 5).....	41
Grafik 4.17 Hasil Pengujian Motor Servo Dengan SV = 1 L/min.....	42
Grafik 4.18 Hasil Pengujian Motor Servo Dengan SV = 2 L/min.....	43
Grafik 4.19 Hasil Pengujian Motor Servo Dengan SV = 3 L/min.....	43
Grafik 4.20 Hasil Pengujian Motor Servo Dengan SV = 4 L/min.....	44
Grafik 4.21 Hasil Pengujian Motor Servo Dengan SV = 5 L/min.....	44
Grafik 4.22 Pengujian Kesetabilan Debit Air Terhadap Gangguan SV = 1 L/min	45
Grafik 4.23 Pengujian Kesetabilan Debit Air Terhadap Gangguan SV = 2 L/min	45
Grafik 4.24 Pengujian Kesetabilan Debit Air Terhadap Gangguan SV = 3 L/min	46
Grafik 4.22 Pengujian Kesetabilan Debit Air Terhadap Gangguan SV = 4 L/min	46
Grafik 4.23 Pengujian Kesetabilan Debit Air Terhadap Gangguan SV = 5 L/min	47

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rule (Aturan)	22
Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Flow Meter	24
Tabel 4.2 Data Pengujian Motor Servo Terhadap Debit Air	26

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air merupakan salah satu sumber kehidupan bagi manusia, dalam sehari minimal manusia mengkonsumsi air sekitar 8 gelas atau 2 liter perharinya untuk di minum, dan banyak sekarang ini dijumpai minuman kemasan yang dijual di mana-mana dengan berbagai ukuran dari ukuran gelas, botol kecil, botol sedang dan botol besar bahkan menggunakan galon air untuk konsumsi di rumah. Pada pengisian galon air isi ulang biasanya masih menggunakan sistem semiauto atau pengisian air minum menggunakan tombol On/Off untuk mengaktifkan pompa air untuk mengisi air kedalam galon, tanpa mengetahui jumlah yang sudah dikeluarkan dari pompa air untuk mencapai jumlah maximal yang dapat ditampung oleh galon air minum. Apabila kurang maka operator akan meng-On/Off kan motor pompa untuk mencapai jumlah yang diinginkan dengan debit air (*flow rate*) yang tidak berubah dari pompa air, apabila berlebihan membuat air yang ada pada galon menyembur keluar dan membuat genangan air di tempat pengisian air minum. Oleh karena itu dibutuhkan pengisian air minum isi ulang yang otomatis dengan cara menginputkan jumlah air yang ingin dikeluarkan dalam satuan mililiter atau liter dan mesin pengisian air akan melakukan tugasnya secara otomatis mengeluarkan air sesuai dengan jumlah yang diinputkan dengan mengatur debit air (*flow rate*).

Untuk mengatur debit air pada pengisian air minum dapat di atur pada motor pompa airnya atau mengontrol katup bukaan air (keran air), beberapa orang telah melakukan penelitian pengaturan kecepatan motor AC tiga fasa untuk mengatur kecepatan aliran air[1]. Dengan cara mengatur kecepatan putaran motor pompanya dengan menggunakan rangkaian inverter 3 fasa yang dikontrol oleh mikrokontroler dengan metode PID dengan mengatur perubahan frekuensi pada sinyal PWM 3 fasa. Apabila menggunakan motor AC 3 fasa membutuhkan biaya yang terlalu mahal untuk membuat alat pengisian air minum otomatis tersebut karena harus mengganti motor pompa airnya dan juga membutuhkan tegangan supply 3 fasa yang kita tahu hampir semua pengisian air minum menggunakan tegangan supply 1 fasa.

Pada penelitian lainnya pengaturan kecepatan aliran air dengan mengatur kecepatan putaran motor AC 1 fasa[2]. Pada penelitian ini menggunakan sistem kontrol PI (*Proportional – Integral*) dengan memanfaatkan cara kerja triac untuk mengatur perubahan

frekuensi pada motor AC 1 fasa, pada penelitian ini di peroleh respon sistem dengan amplitudo 3cm/detik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut pada penelitian ini akan mencoba membuat alat untuk mengatur debit air (*flow rate*) pada katup bukaan airnya (keran air) menggunakan sistem fuzzy logic, dengan menggunakan wadah penampungan yang berada lebih tinggi dari krannya tanpa menggunakan motor pompa air, dengan ukuran keran air yang standar yaitu ½ inchi, dan media inputan berupa tombol keypad untuk menginputkan jumlah air yang ingin dikeluarkan dan menggunakan tampilan display LCD 16x2.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengatur debit air menggunakan keran air dengan metode fuzzy logic ?
2. Bagaimana cara mengatur motor servo sebagai aktuator pembuka keran otomatis ?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan yang dibahas dibatasi dalam hal sebagai berikut :

1. Aliran air menggunakan pipa dengan ukuran ½ inchi.
2. Pengukuran debit air tidak memperhitungkan rugi-rugi yang disebabkan oleh gesekan aliran air.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengaplikasikan metode fuzzy logic pada keran air untuk mengatur debit air.
2. Mengendalikan motor servo untuk membuka dan menutup keran air.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah alat ini nantinya dapat difungsikan pada semua jenis pengisian zat cair seperti pengisian air minum, minyak goreng, minyak kelapa, sirup dan sebagainya yang berupa cairan dan dapat digunakan pada industri rumahan atau industri kelas menengah untuk membantu proses produksinya pada pengisian zat cair secara otomatis.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan bagian dari penulisan laporan yang mempunyai tujuan untuk mempermudah pembaca dalam memahami isi yang terkandung di dalam laporan ini, untuk menghindari kesalahan dalam penafsiran .

Penulisan laporan ini di bagi menjadi beberapa bagian **BAB**, yaitu:

- BAB I.** Pendahuluan berisikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dan sistematika penulisan.
- BAB II.** Dasar teori menerangkan tentang teori dasar Debit Air, Fuzzy Logic, Motor Servo, Dan Water Flow Sensor G 1/2.
- BAB III.** Perancangan Sistem menggambarkan desain perangkat lunak (*software*) maupun keras (*hardware*) secara lengkap.
- BAB IV.** Hasil dan Analisa menjelaskan tentang cara pengujian dan menganalisa sistem.
- BAB V.** Kesimpulan dan saran merupakan ringkasan dari hasil analisa dibuat.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Debit air (*flow rate*)

Debit air (*flow rate*) merupakan jumlah volume air yang mengalir dalam waktu tertentu melalui suatu penampang air, sungai, saluran, pipa atau keran. Aliran air dikatakan memiliki sifat ideal apabila air tidak dapat dimanfaatkan dan berpindah tanpa mengalami gesekan, hal ini berarti pada gerakan air tersebut memiliki kecepatan yang tetap pada masing-masing titik dalam pipa dan gerakannya beraturan akibat pengaruh gravitasi bumi. Untuk menghitung nilai debit air dapat menggunakan persamaan di bawah ini :

$$Q = A \times V \quad (2.1)$$

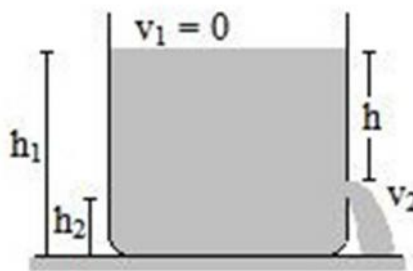
Dimana :

Q = debit (m^3/s)

A = Luas penampang (m^2)

V = Kecepatan aliran air (m/s)

Debit aliran yang di hitung adalah jumlah air yang keluar dari lubang suatu wadah penampungan air dengan nilai kecepatan (V) yang dicari adalah V_2 , yang dapat di lihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Wadah penampungan air

Untuk menentukan nilai V_2 dapat menggunakan hukum Bernoulli yang menyatakan bahwa “jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama”. Berikut ini merupakan persamaan Bernoulli :

$$P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 \quad (2.2)$$

Dimana :

P_1 = Tekanan air didalam wadah penampung (Pa)

h_1 = Ketinggian air di dalam wadah penampung (m)

V_1 = Kecepatan aliran air di dalam wadah penampung (m/s)

ρ = Massa jenis air (1000 kg/m³)

g = Gravitasi bumi (9,8 m/s²)

P_2 = Tekanan air dilubang wadah penampung (Pa)

h_2 = Ketinggian air dilubang wadah penampung (m)

V_2 = Kecepatan aliran air dilubang wadah penampung (m/s)

2.2 Fuzzy Logic

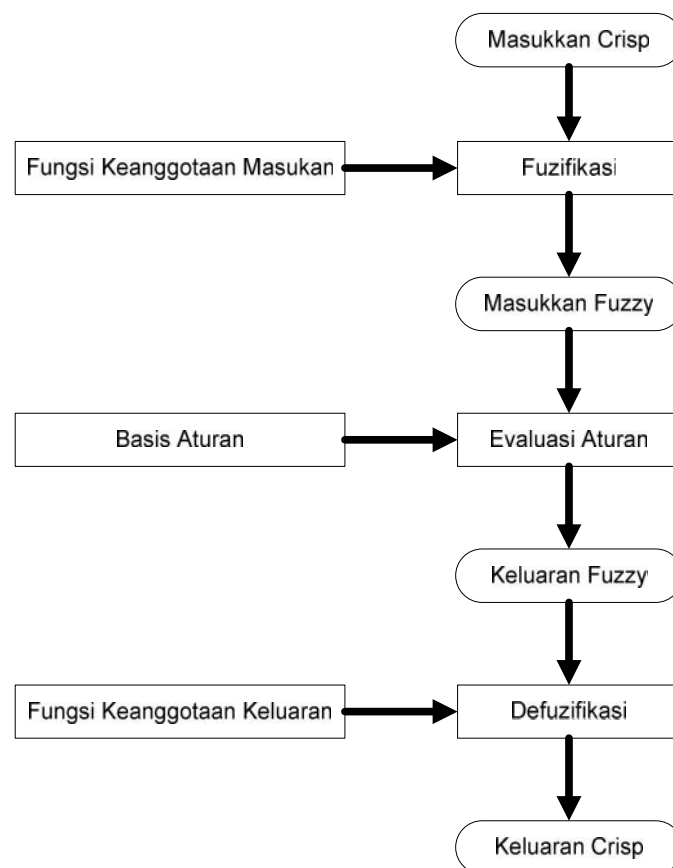
Fuzzy logic pertama kali dikenalkan kepada publik oleh Lotfi Zadeh, seorang profesor di *University of California* di Berkeley. *Fuzzy logic* digunakan untuk menyatakan hukum operasional dari suatu sistem dengan ungkapan bahasa, bukan dengan persamaan matematis. Banyak sistem yang terlalu kompleks untuk dimodelkan secara akurat, meskipun dengan persamaan matematis yang kompleks. Dalam kasus seperti itu, ungkapan bahasa yang digunakan dalam *Fuzzy logic* dapat membantu mendefinisikan karakteristik operasional sistem dengan lebih baik. Ungkapan bahasa untuk karakteristik sistem biasanya dinyatakan dalam bentuk implikasi logika, misalnya aturan jika - maka.

Pada teori himpunan klasik yang disebut juga dengan himpunan *crisp* (himpunan tegas) hanya dikenal dua kemungkinan dalam fungsi keanggotaannya, yaitu kemungkinan termasuk keanggotaan himpunan (logika 1) atau kemungkinan berada di luar keanggotaannya (logika 0). Namun dalam teori himpunan fuzzy tidak hanya memiliki dua kemungkinan dalam menentukan sifat keanggotaannya tetapi memiliki derajat keanggotaan yang nilainya antara 0 dan 1. fungsi yang menetapkan nilai ini dinamakan fungsi keanggotaan yang disertakan dalam himpunan fuzzy.

2.2.1 Pengendali Fuzzy Logic

Tujuan utama dalam system pengendali adalah mendapatka keluaran (*output*) sebagai respon dari masukan (*input*). Dalam kendali dengan cara klasik, melibatkan formula-formula

matematika yang cukup rumit. Hal ini berbeda dengan kendali fuzzy. Pengendali Fuzzy merupakan suatu sistem kendali yang berdasar pada basis pengetahuan manusia didalam melakukan kendali terhadap suatu proses. Konsep matematika yang mendasari logika fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti. Pendekatan fuzzy melibatkan aturan-aturan yang dinyatakan dalam kata-kata dan tidak memerlukan presisi yang tinggi serta ada toleransi untuk data yang kurang tepat. Struktur dasar sebuah pengendali Fuzzy diperlihatkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Struktur dasar pengendalian fuzzy

2.2.2 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 keanggotaannya masing-masing.

2.2.3 Basis Aturan

Basis aturan berisi aturan-aturan fuzzy yang digunakan untuk pengendalian sistem. Aturan-aturan ini dibuat berdasarkan logika dan intuisi manusia, serta berkaitan erat dengan jalan pikiran dan pengalaman pribadi yang membuatnya. Jadi tidak salah bila dikatakan bahwa aturan ini bersifat subjektif, tergantung dari ketajaman yang membuat. Aturan yang telah ditetapkan digunakan untuk menghubungkan antara variabel-variabel masukan dan variabel-variabel keluaran. Aturan ini berbentuk 'JIKA - MAKA' (*IF - THEN*), sebagai contoh adalah : Aturan 1 : JIKA x adalah A_1 DAN y adalah B_1 MAKA z adalah C_1 Aturan 2 : JIKA x adalah A_2 DAN y adalah B_2 MAKA z adalah C_2 . Aturan i : JIKA x adalah A_i DAN y adalah B_i MAKA z adalah C_i Dengan :

A_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) adalah himpunan Fuzzy ke i untuk variabel masukan x

B_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) adalah himpunan Fuzzy ke i untuk variabel masukan y

C_i ($i = 1, 2, 3, \dots$) adalah himpunan Fuzzy ke i untuk variabel keluaran z

2.2.4 Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.

Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol(0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Kusumadewi S, Purnomo H, 2010). Seperti terlihat pada gambar 2.3.

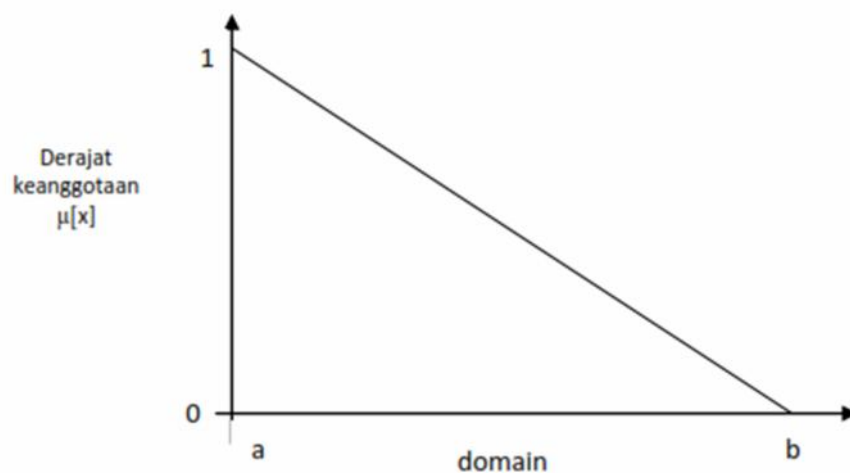


Gambar 2.3. Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.4.



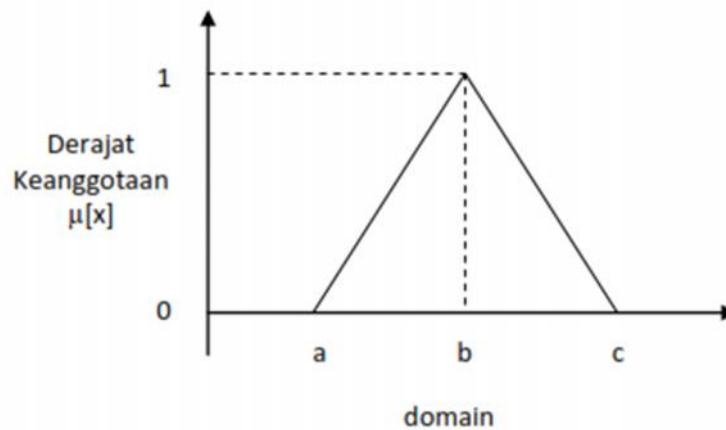
Gambar 2.4. Representasi linear turun

Fungsi keanggotaan:

$$\begin{aligned} & 0; x \leq b \\ \mu[x] &= (b-x) / (b-a) \quad a < x < b \\ & 1; x \leq a \end{aligned} \quad (2.4)$$

b. Representasi kurva segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear). Seperti terlihat pada gambar 2.5.



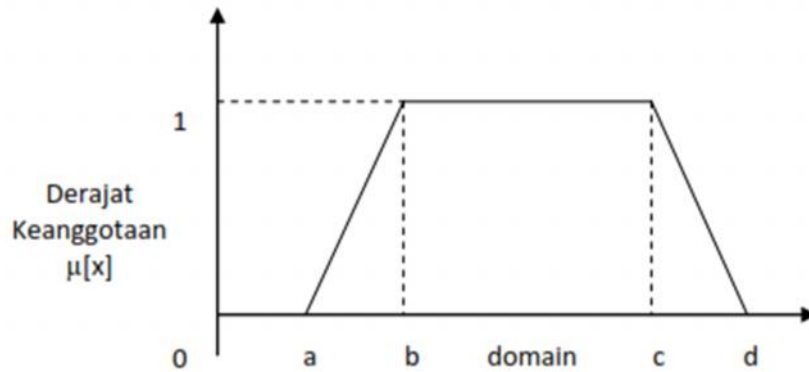
Gambar 2.5. Representasi kurva segitiga

Fungsi Keanggotaan:

$$\begin{aligned} & 0; x \leq c \text{ atau } x \leq a \\ \mu[x] &= (x-a) / (b-a) \quad a < x < b \\ & (c-x) / (c-b) \quad b < x < c \end{aligned} \quad (2.5)$$

c. Representasi kurva trapezium

Kurva trapezium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Representasi kurva trapezium

Fungsi keanggotaan:

$$0; x \leq a \text{ atau } x \geq d$$

$$\mu[x] = (x-a) / (b-a); a < x < b \quad (2.6)$$

$$(d-x) / (d-c); c < x < d \quad (2.7)$$

$$1; b \leq x \leq c$$

2.2.5 Model Fuzzy Mamdani

Metode Mamdani seringjuga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk mendapatkan output, diperlukan 4tahapan:

- 1.Pembentukan himpunan fuzzy
- 2.Aplikasi fungsiimplikasi (aturan)
- 3.Komposisi aturan
- 4.Penegasan (deffuzy)

1. Pembentukan himpunanfuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satuataulebihhimpunan fuzzy.

2. Aplikasifungsi implikasi

PadaMetode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh darikumpulan dankorelasi antaraturan.

- **Metode Max(Maximum)**

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

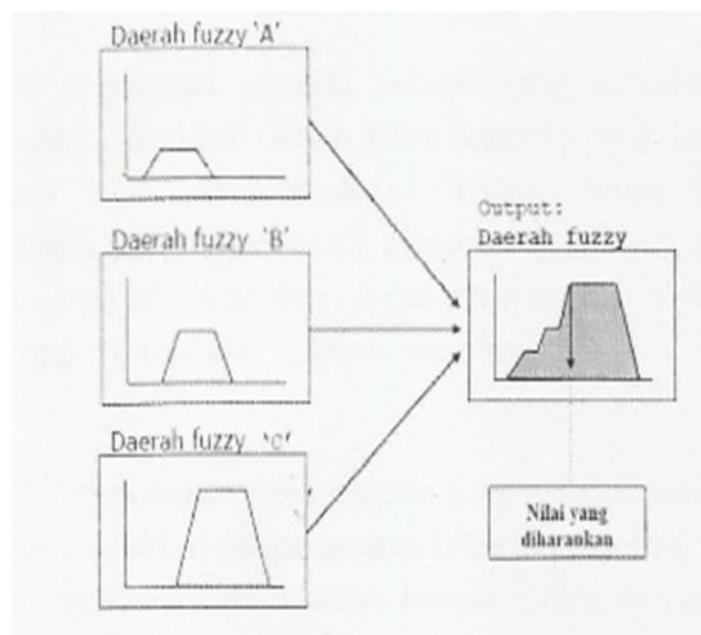
$usf[xi] = \max(usf[xi], ukf[xi])$ dengan:

$usf[xi] = \text{nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-}i$;

$ukf[xi] = \text{nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-}i$;

4. Penegasan (defuzzy)

Masukan dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan keluaran 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 keluaran.



Gambar 2.7 proses Fuzzifikasi

Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah fuzzy.

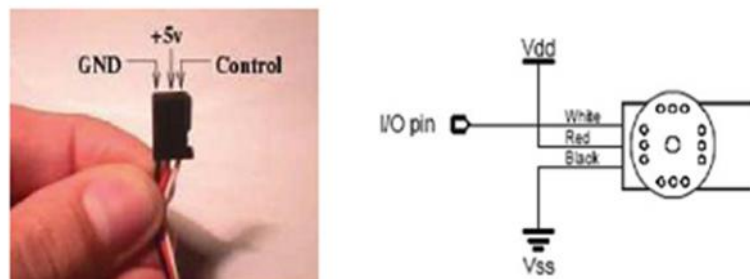
Secara umum dirumuskan :

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \quad (2.8)$$

2.3 Motor Servo

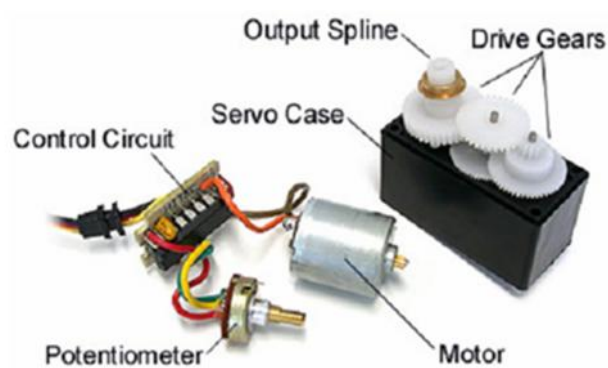
Motor servo terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, sebuah potensiometer, sebuah shaft dan rangkaian kontrol elektronik. Biasanya motor servo berbentuk kotak segi empat dengan sebuah output shaft motor dan konektor dengan 3 kabel yaitu power, ground dan kontrol. *Gear* motor yang digunakan pada proyek ini adalah *steal gear*. Di dalam motor servo terdapat potensiometer yang digunakan sebagai sensor posisi. Potensiometer tersebut dihubungkan dengan output *shaft* untuk mengetahui posisi aktual *shaft*. Ketika motor DC berputar, maka output *shaft* juga berputar dan sekaligus memutar potensiometer. Rangkaian kontrol kemudian dapat membaca kondisi. Rangkaian kontrol kemudian dapat membaca kondisi potensiometer tersebut untuk mengetahui posisi aktual *shaft*. Jika posisinya sesuai dengan yang diinginkan, maka motor DC akan berhenti. Sudut operasi motor servo (*Operating Angle*) bervariasi tergantung jenis motor servo.

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) pada bagian pin kontrolnya. Konfigurasi pin motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini :



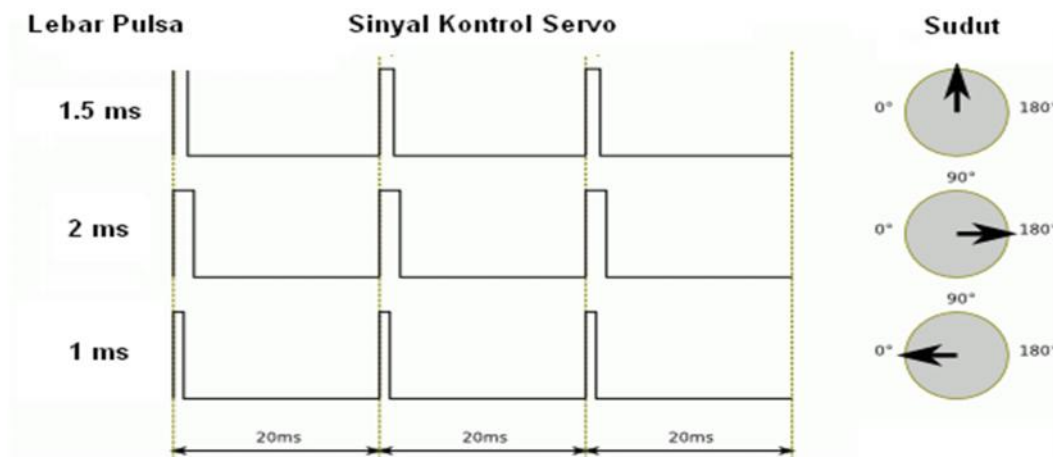
Gambar 2.8 Pin Motor Servo

Motor servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian kontrol elektronik dan *internal* gear untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. Motor servo adalah motor yang berputar lambat, dimana biasanya ditunjukkan oleh rate putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena *internal* gearnya. Bentuk dan sistem mekanik motor servo dapat di lihat pada Gambar 2.9 di bawah ini :



Gambar 2.9 Sistem Mekanik Motor Servo

Mode pensinyalan motor servo dapat di lihat pada Gambar 2.10 di bawah ini :



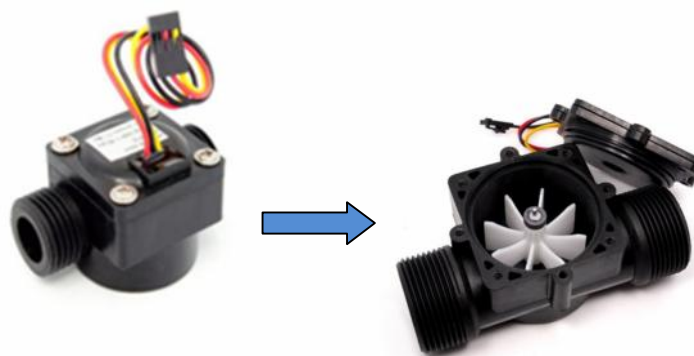
Gambar 2.10 Pensinyalan Motor Servo

Cara kerja dari motor servo adalah dengan memberikan pulsa (PWM) ke input sinyal. Dari Gambar 2.10 dapat dilihat besarnya pulsa yang dimasukkan berkisar dari 1ms – 2ms yang merupakan kondisi *high* pulsa, dengan posisi tengah adalah 1.5ms. Selain dari lamanya pulsa *high* aktif selebihnya adalah kondisi *low* dengan total waktu 20ms dari penjumlahan

kondisi *high* dan *low*. Sehingga perioda yang harus dikeluarkan setiap memberikan data adalah dengan memberikan perioda sebesar 20ms. Pada saat pulsa *high* yang diberikan kurang dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kiri dan bertahan diposisi tersebut dan sebaliknya jika diberikan lebih dari 1.5ms, maka rotor akan berputar ke arah kanan dan akan bertahan diposisi tersebut.

2.4 Water Flow Sensor G1/2

Water Flow sensor terdiri dari tubuh katup plastik, rotor air, dan sensor hall efek. Ketika air mengalir melalui, gulungan rotor-rotor. Kecepatan perubahan dengan tingkat yang berbeda aliran. Sesuai sensor hall efek output sinyal pulsa. Kelebihan sensor ini adalah hanya membutuhkan 1 sinyal (SIG) selain jalur 5V dc dan Ground. Perhatikan Gambar 2.11.

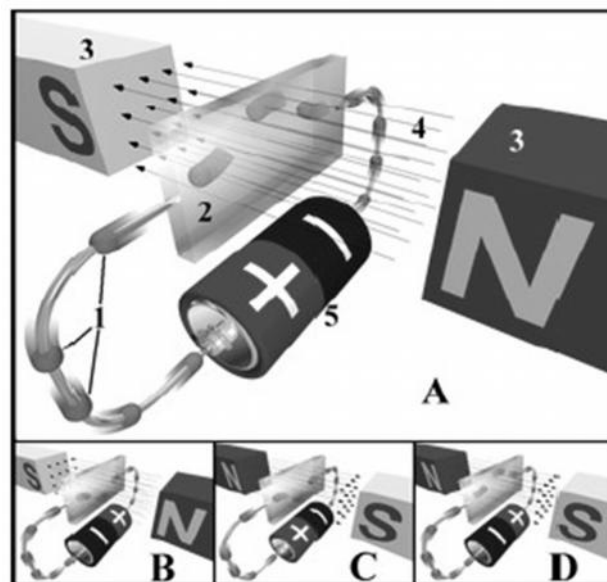


Gambar 2.11 Water Flow Sensor G1/2

Spesifikasi Sensor Flow

- Bekerja pada tegangan 5V DC-24VDC
- Arus Maksimum saat ini 15 mA(DC5V)
- Berat sensor 43 g
- Tingkat Aliran rentang 0,5~ 60L / menit
- Suhu Pengoperasian 0°C~ 80°
- Operasi kelembaban 35%~ 90% RH
- Operasi tekanan bawah 1.75Mpa
- Store temperature -25°C~+80°
- Store humidity 25%~90% RH

Water flow sensor ini terdiri atas katup plastik, rotor air, dan sebuah sensor hall-effect. Prinsip kerja sensor ini adalah dengan memanfaatkan fenomena efek Hall. Sensor *Hall Effect* digunakan untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis (yang) menggunakan suatu jarak kritis. Pada dasarnya ada dua tipe Half-Effect Sensor, yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor dan fungsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai limit switch, sensor keberadaan (*presence sensors*), dsb. Sensor ini memberikan logika output sebagai *interface* gerbang logika secara langsung atau mengendalikan beban dengan *buffer amplifier*.



Gambar 2.12 Prinsip Kerja Sensor Hall Effect

Keterangan gambar :

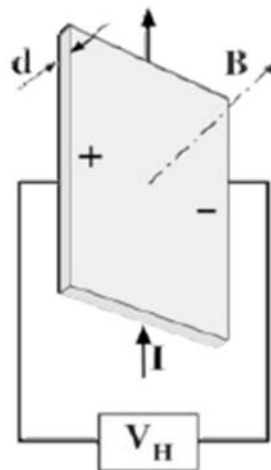
1. Elektron
2. Sensor Hall atau Elemen Hall
3. Magnet
4. Medan Magnet
5. Power Source

Gambar diagram *hall effect* tersebut menunjukkan aliran elektron. Dalam gambar A menunjukkan bahwa elemen Hall mengambil kutub negatif pada sisi atas dan kutub

positif pada sisi bawah. Dalam gambar B dan C, baik arus listrik ataupun medan magnet dibalik, menyebabkan polarisasi juga terbalik. Arus dan medan magnet yang dibalik ini menyebabkan sensor Hall mempunyai kutub negatif pada sisi atas. *Hall Effect* tergantung pada beda potensial (tegangan Hall) pada sisi yang berlawanan dari sebuah lembar tipis material konduktor atau semikonduktor dimana arus listrik mengalir, dihasilkan oleh medan magnet yang tegak lurus dengan elemeh Hall. Perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh jumlah arus dikenal dengan tahanan Hall, dan tergantung pada karakteristik bahan. Dr. Edwin Hall menemukan efek ini pada tahun 1879.

Hall Effect dihasilkan oleh arus pada konduktor. Arus terdiri atas banyak beban kecil yang membawa partikel-partikel (biasanya elektron) dan membawa gaya Lorentz pada medan magnet. Beberapa beban ini berakhir di sisi – sisi konduktor. Ini hanya berlaku pada konduktor besar dimana jarak antara dua sisi cukup besar.

Salah satu yang paling penting dari *Hall Effect* adalah perbedaan antara beban positif bergerak dalam satu arah dan beban negatif bergerak pada kebalikannya. *Hall Effect* memberikan bukti nyata bahwa arus listrik pada logam dibawa oleh elektron yang bergerak, bukan oleh proton. Yang cukup menarik, *Hall Effect* juga menunjukkan bahwa dalam beberapa substansi (terutama semikonduktor), lebih cocok bila kita berpikir arus sebagai “holes” positif yang bergerak daripada elektron.



Gambar 2.13 Pengukuran Tegangan Hall

Dengan mengukur tegangan Hall yang melalui bahan, kita dapat menentukan kekuatan medan magnet yang ada. Hal ini bisa dirumuskan :

$$V_H = \frac{IB}{ned}$$

Dimana VH adalah tegangan yang melalui lebar pelat, I adalah arus yang melalui panjangpelat, B adalah medan magnet, d adalah tebal pelat, e adalah elektron, dan n adalah kerapatan elektron pembawa. Dalam keberadaan kekuatan medan magnetik yang besar dan temperatur rendah, kita dapat meneliti *quantum Hall effect*, yang dimana adalah kuantisasi tahanan Hall.

Dalam bahan ferromagnetik (dan material paramagnetik dalam medan magnetik), resistivitas Hall termasuk kontribusi tambahan, dikenal sebagai *Anomalous Hall Effect* (*Extraordinary Hall Effect*), yang bergantung secara langsung pada magnetisasi bahan, dan sering lebih besar dari *Hall Effect* biasa. Walaupun sebagai sebuah fenomena yang dikenal baik, masih ada perdebatan tentang keberadaannya dalam material yang bervariasi. *Anomalous Hall Effect* bisa berupa efek ekstrinsik bergantung pada putaran yang menyebar dari beban pembawa, atau efek intrinsik yang dapat dijelaskan dengan efek *Berry phase* dalam momentum *space* kristal.

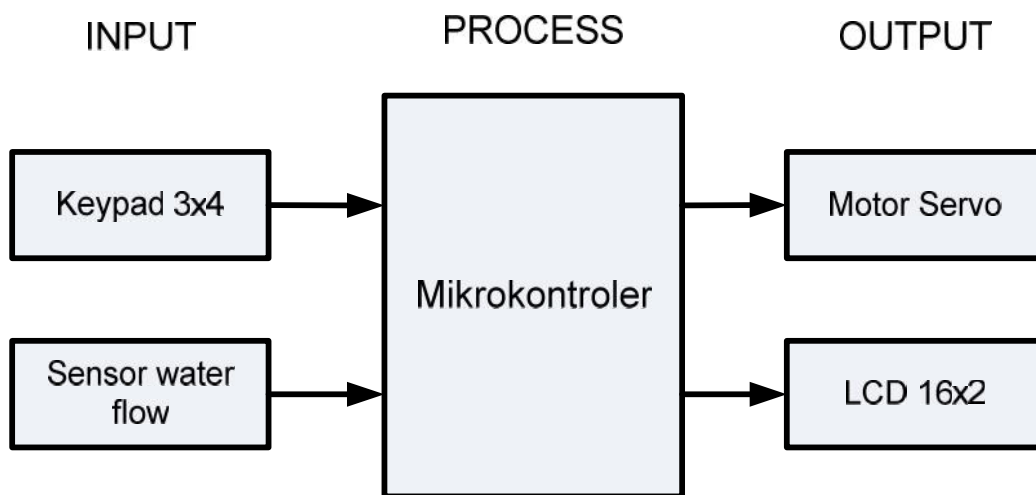
Hall effect menghasilkan level sinyal yang sangat rendah dan membutuhkan amplifikasi. Amplifier tabung vakum pada abad 20 terlalu mahal, menghabiskan tenaga dan kurang andal dalam aplikasi sehari-hari. Dengan pengembangan IC berharga murah maka *Hall Effect Sensor* menjadi berguna untuk banyak aplikasi. Alat *Hall Effect* saat disusun dengan tepat akan tahan dengan debu, kotoran, lumpur dan air. Sifat ini menyebabkan alat *Hall Effect* lebih baik untuk sensor posisi dari pada alat alternatif lainnya seperti sensor optik dan elektromekanik. Hall effect sensor sering dipakai untuk *Split ring clamp-on sensor*, *Analog multiplication*, *Power sensing*, *Position and motion sensing*, *Automotive ignition* dan *fuel injection* serta *Wheel rotation sensing*. Sensor ini banyak tersedia di berbagai macam pabrik, dan digunakan untuk sensor-sensor yang bervariasi seperti sensor aliran cairan, sensor power dan sensor tekanan. Sensor *Efek Hall* digunakan untuk mendeteksi kedekatan (*proximity*), kehadiran atau ketidak hadirannya suatu objek magnetis (yang) menggunakan suatu jarak kritis. Pada dasarnya ada dua tipe *Hall-Effect Sensor*, yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor dan fungsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai *limitswitch*, sensor keberadaan (*presence sensors*), dsb. Sensor ini memberikan logika output sebagai *interface* gerbang logika secara langsung atau mengendalikan beban dengan *buffer amplifier*.

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Elektronika

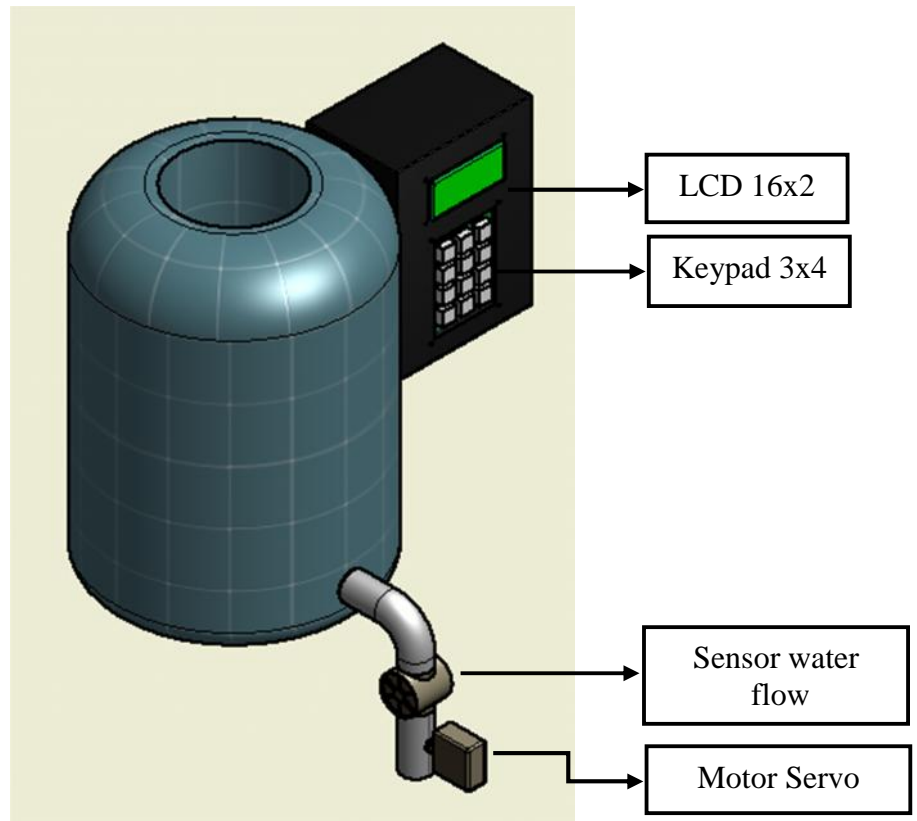
Perancangan elektronika sistem alat ini secara umum dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini, dimana input pemrosesan berasal dari keypad dan sensor water flow yang kemudian diproses oleh mikrokontroler, yang kemudian mengeluarkan output berupa PWM untuk mengendalikan motor servo dan sinyal data yang ditampilkan pada LCD.



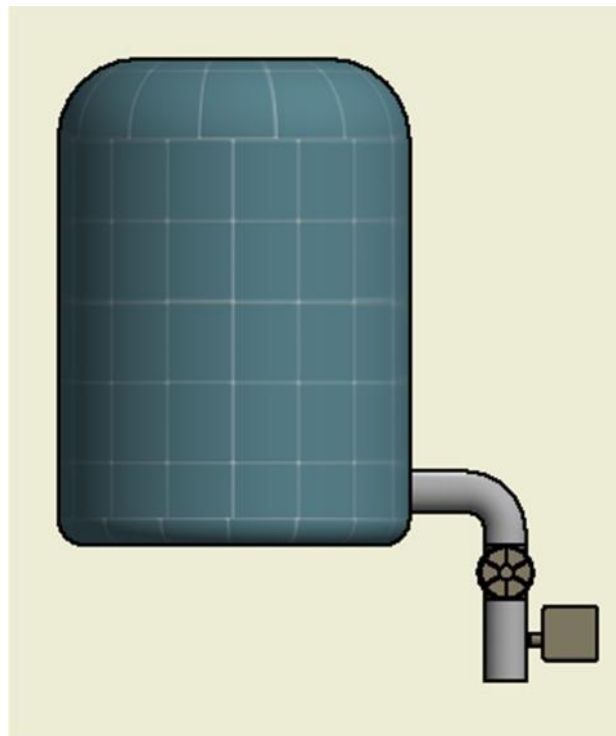
Gambar 3.1 Diagram Blok Alat Pengendalian Debit Air

3.2 Perancangan Mekanik

Desain alat menggunakan wadah penampungan air yang di bawahnya di lubangi sebesar ukuran pipa $\frac{1}{2}$ inchi, menggunakan sensor water flow, menggunakan keran air yang di modifikasi menggunakan motor servo sebagai aktuator yang mengatur debit air yang keluar, menggunakan keypad 3x4 sebagai nilai inputan debit air yang ingin di keluarkan dan menggunakan LCD 16x2 sebagai display tampilan seperti pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.



Gambar 3.2 Desain Mekanik (tampak isometrik)



Gambar 3.3 Desain Mekanik (tampak samping)

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

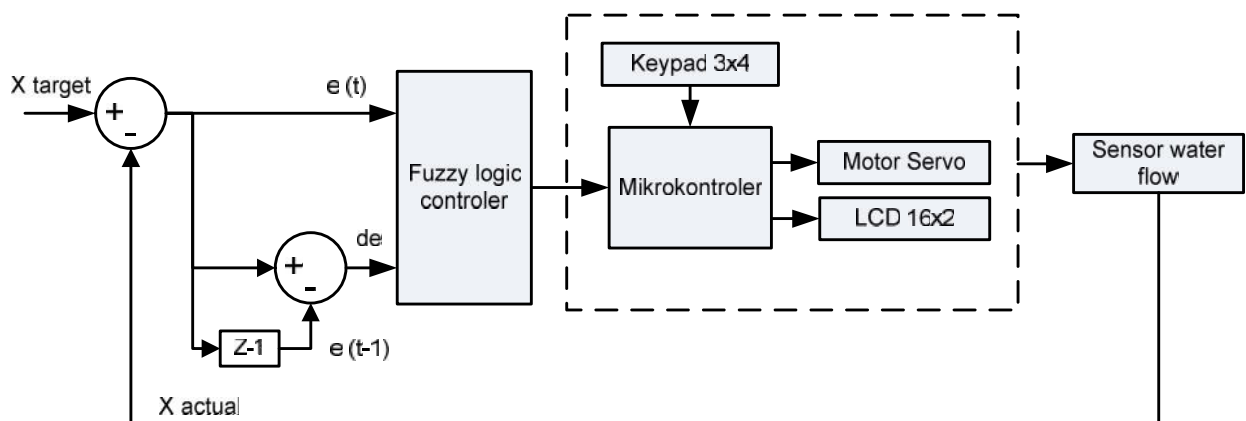
Metode yang digunakan pada alat ini adalah menggunakan metode fuzzy logic setting point untuk mengatur debit air yang dikeluarkan dengan mengontrol keran air yang menggunakan aktuator motor servo, masukan nilai fuzzy di dapat dari nilai error dan delta error dari nilai (x) debit air yang diinginkan dan nilai output yang di dapat untuk mengatur besar sudut motor servo() pada keran air. Dimana error ($e(t)$) di dapat dari persamaan berikut :

$$e(t) = x_{actual} - x_{target} \quad (3.1)$$

Sedangkan delta error (de) adalah selisih error saat ini $e(t)$ dengan error sebelumnya $e(t-1)$, yang dapat ditulis dengan persamaan berikut :

$$de = e(t) - e(t-1) \quad (3.2)$$

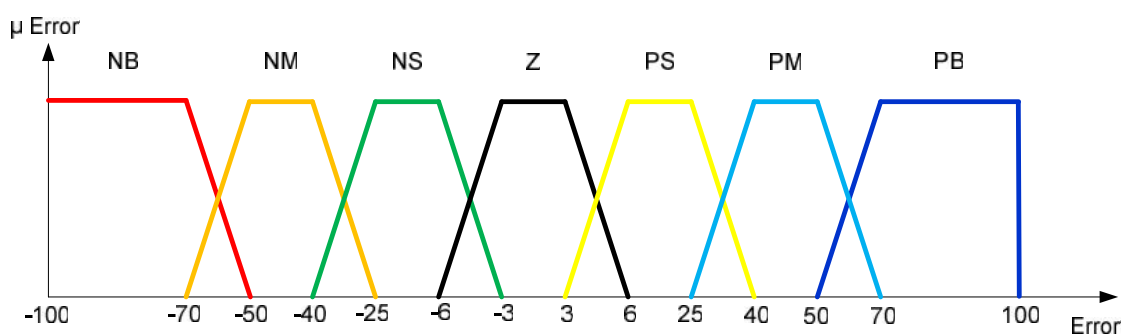
Maka dapat didesain sistem seperti berikut :



Gambar 3.4 Desain Kontrol Pengaturan Debit Air

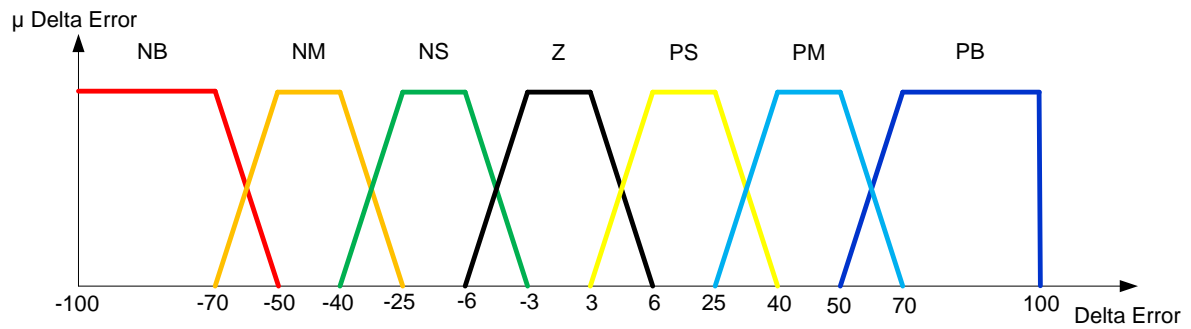
Membership function dan fuzzy rule sebagai berikut :

- Input Membership Function Error



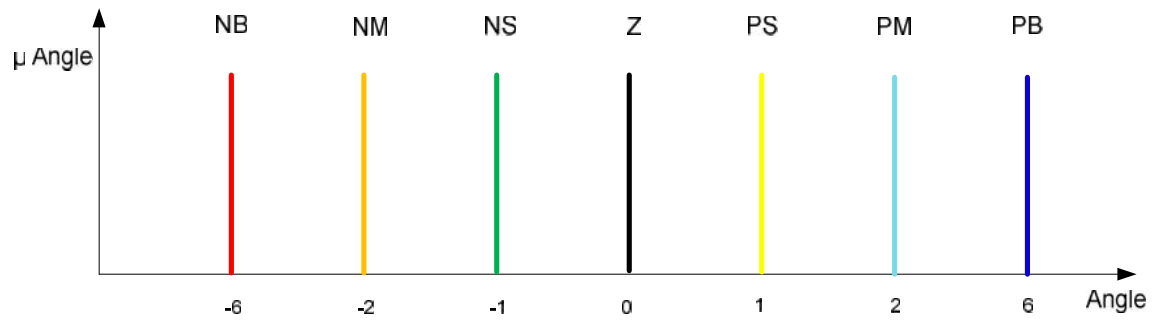
Gambar 3.5 Input Membership Function Error

- Input Membership Function Delta Error



Gambar 3.6 Input membership Function Delta Error

- Output Membership Function Increment Sudut



Gambar 3.7 Output Membership Function Increment Sudut

Keterangan :

PB = Positive Big

PM = Positive Middle

PS = Positive Small

Z = Zero

NS = Negative Small

NM = Negative Middle

NB = Negative Big

- *Fuzzy Rule*

Tabel 3.1 Rule (aturan)

		Error						
		PB	PM	PS	Z	NS	NM	NB
Delta Error	dPB	PB	PB	PB	PM	PS	PS	Z
	dPM	PB	PB	PM	PS	PS	Z	NS
	dPS	PB	PM	PS	PS	Z	NS	NS
	dZ	PM	PS	PS	Z	NS	NS	NM
	dNS	PS	PS	Z	NS	NS	NM	NB
	dNM	PS	Z	NS	NS	NM	NB	NB
	dNB	Z	NS	NS	NM	NB	NB	NB

3.4 Instrumen Penelitian

Alat ini akan diuji dengan cara menginputkan nilai debit air yang ingin dikeluarkan dari 200 ml – 5000 ml, air tersebut akan ditampung dan diukur menggunakan gelas takar dan kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai yang tertera pada LCD display dan dicari nilai % erronya. Dalam pengujian pengambilan data penelitian dilakukan dalam beberapa tahap pengujian yaitu :

1. Pengujian sensor debit air (flow metter).

Pengujian sensor *flow* metter ini dilakukan untuk mencari nilai *resolusi pulsa* sensor dalam satuan litter yaitu dengan cara membuka keran air dalam posisis maximal dan kemudian air yang keluar tersebut akan diukur menggunakan gelas takar dari 0.4 litter - 2 litter dan jumlah pulsa setiap litternya akan disimpan untuk mencari nilai pulsa per litter.

2. Pengujian motor servo terhadap debit air.

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan cara memberi pulsa PWM menggunakan mikrokontroler untuk menggerakkan motor servo dari sudut 0° - 90° dengan kelipatan 5°, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui debit air maximal yang dapat dikeluarkan oleh alat ini dan sebagai acuan untuk menginputkan nilai debit air maximal.

3. Pengujian kesetabilan debit air.

Pengujian kesetabilan debit air dilakukan dengan cara mnginputkan nilai SV (Setting Value), lalu diamati nilai debit air yang diukur oleh alat ini dan di bandingkan dengan

volume air yang diukur menggunakan gelas takar selama 1 menit untuk mendapatkan % error hasil pengukuran pada alat ini. Nilai SV diinputkan mulai dari 1 L/min sampai 5 L/min.

4. Pengujian kemampuan motor servo menstabilkan debit air.

Pengujian kemampuan motor servo menstabilkan debit air dilakukan dengan cara menginputkan nilai SV (setting Value) dari 1 L/min sampai 5 L/min kemudian diamati pergerakan motor servo untuk menstabilkan debit air dan sekaligus sebagai aktuator pembuka keran air otomatis.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1 Hasil Pengujian

Pengujian keseluruhan sistem meliputi pengujian data pembacaan sensor *flow* meter, pengujian posisi motor servo terhadap debit air, pengujian kesetabilan debit air, pengujian kemampuan motor servo menstabilkan debit air, dan pengujian kesetabilan debit air terhadap gangguan.

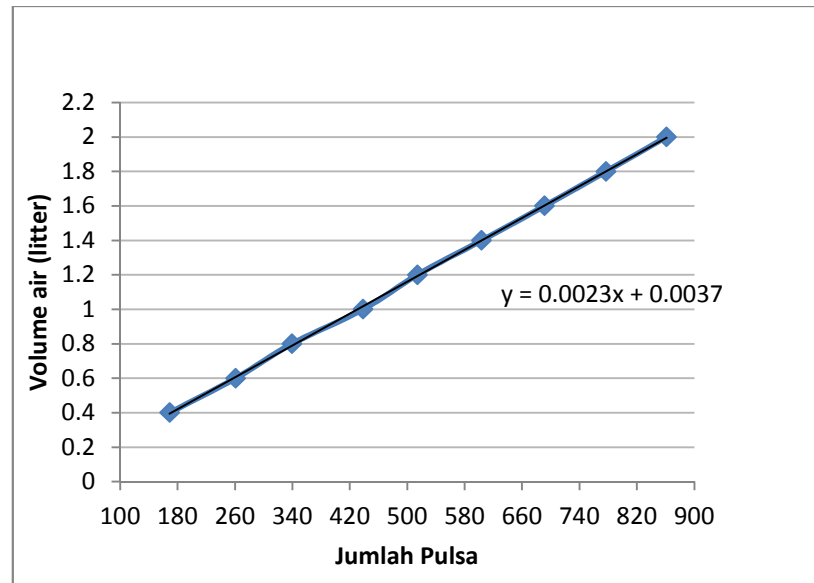
4.1.1 Pengujian Sensor *Flow* meter

Pengujian sensor *flow* meter ini dilakukan untuk mencari nilai *resolusi pulsa* sensor dalam satuan liter yaitu dengan cara membuka keran air dalam posisi maksimal dan kemudian air yang keluar tersebut akan diukur menggunakan gelas takar dari 0.4 liter - 2 liter dan jumlah pulsa setiap liternya akan disimpan untuk mencari nilai pulsa per liter. Data hasil pengujian diatas dapat dilihat hasilnya pada table 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor *Flow* meter

Sample	Jumlah Pulsa								
	0.4 Litter	0.6 Litter	0.8 Litter	1 Litter	1.2 Litter	1.4 Litter	1.6 Litter	1.8 Litter	2 Litter
1	166	262	327	428	505	597	691	779	865
2	159	259	329	435	510	608	679	781	859
3	171	262	338	444	521	604	696	778	869
4	171	254	336	437	506	599	695	781	863
5	168	262	348	437	522	609	691	770	863
6	168	259	334	441	507	604	689	776	851
7	171	263	343	446	511	604	693	775	858
8	177	266	345	431	518	598	691	774	862
9	174	259	351	442	526	610	695	774	864
10	163	262	344	444	515	603	694	781	858
Rata-rata	168.8	260.8	339.5	438.5	514.1	603.6	691.4	776.9	861.2

Dari data diatas didapatlah rata-rata nilai jumlah pulsa dari 0.4 liter – 2 liter dan kemudian nilai rata-rata pulsa tersebut dimasukkan kedalam grafik untuk mencari nilai persamaan garis lurus terhadap volume air dalam satuan liter, dapat dilihat pada grafik 4.1 berikut.



Grafik 4.1 Perbandingan jumlah pulsa terhadap volume air

Dari hasil grafik diatas didapatkan rumus untuk mencari nilai volume air terhadap nilai jumlah pulsa

$$Volume\ air\ litter = 0.0023 \times jumla\ pulsa + 0.0037$$

4.1.2 Pengujian Motor Servo Terhadap Debit Air

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan cara memberi pulsa PWM menggunakan mikrokontroler untuk menggerakkan motor servo dari sudut 0° - 90° dengan kelipatan 5° , pengujian ini bertujuan untuk mengetahui debit air maximal yang dapat dikeluarkan oleh alat ini dan sebagai acuan untuk menginputkan nilai debit air maximal. Data hasil pengujian dapat dilihat pada table 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Data Pengujian Motor servo terhadap debit air

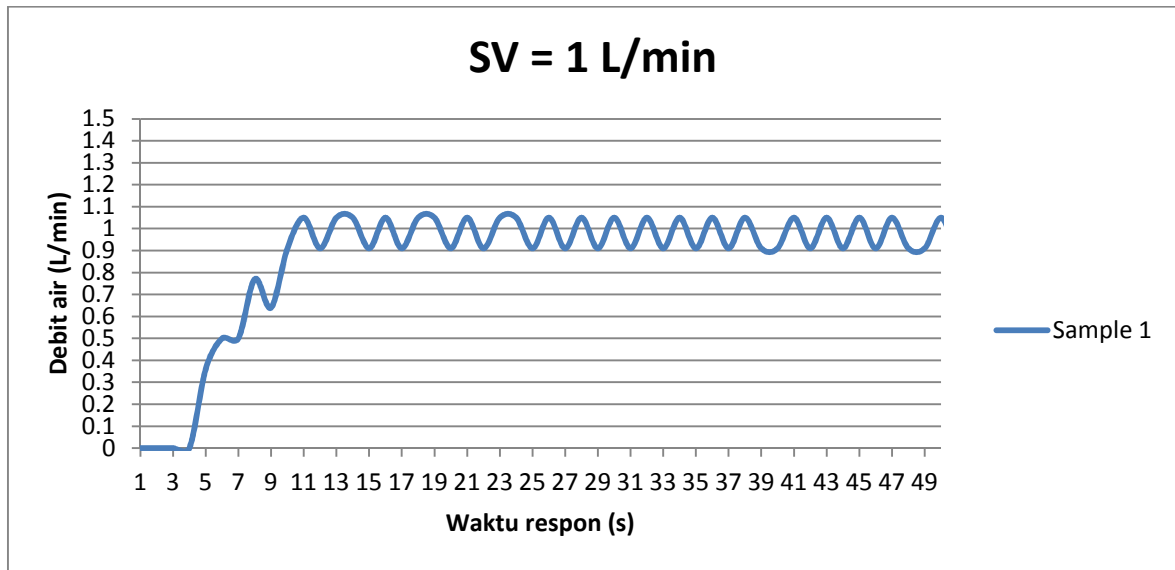
No	Servo posisi (°)	Nilai Debit Air pada LCD (L/min)
1	0	0
2	5	0
3	10	0
4	15	0
5	20	0
6	25	0
7	30	0
8	35	0
9	40	0
10	45	0.77
11	50	1.33
12	55	1.74
13	60	2.43
14	65	2.98
15	70	3.53
16	75	4.36
17	80	4.91
18	85	5.47
19	90	5.88

Dari data diatas diketahui nilai debit air minimal adalah 0.77 L/min pada posisi servo 45° dan nilai debit air maximal adalah 5.88 L/min pada posisi servo 90°.

4.1.3 Pengujian Kesetabilan Debit Air

Pengujian kesetabilan debit air dilakukan dengan cara mnginputkan nilai SV (Setting Value), lalu diamati nilai debit air yang diukur oleh alat ini dan di bandingkan dengan volume air yang diukur menggunakan gelas takar selama 1 menit untuk mendapatkan % error hasil pengukuran pada alat ini. Nilai SV diinputkan mulai dari 1 L/min sampai 5 L/min, data hasil pengujian dapat dilihat pada grafik berikut ini.

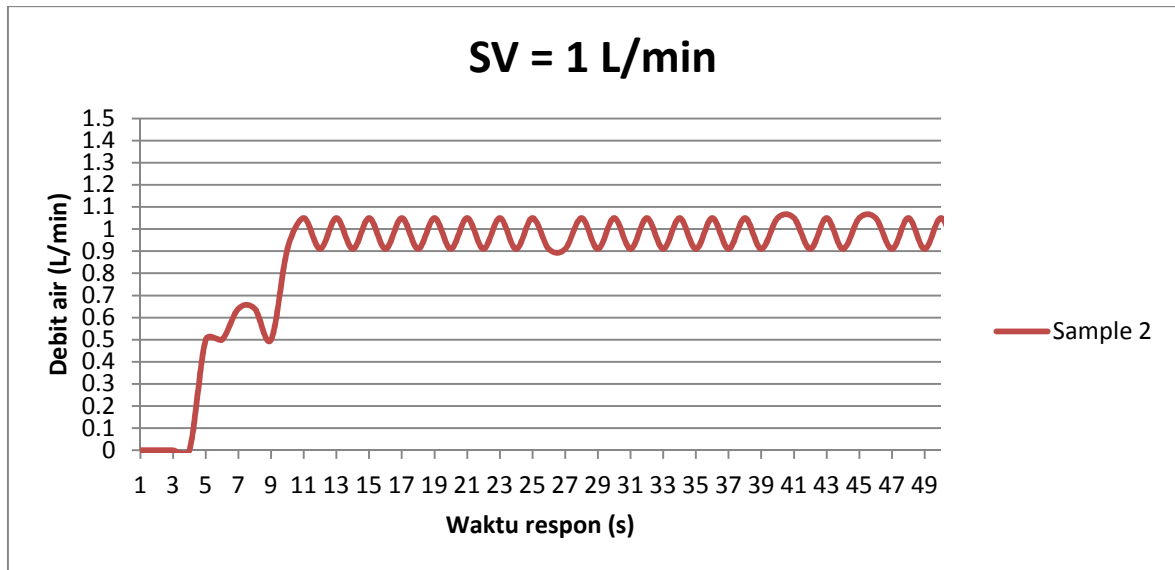
a. Setting Value 1 L/min



Grafik 4.2 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 1 L/min (Sample 1)

Dari grafik diatas diketahui :

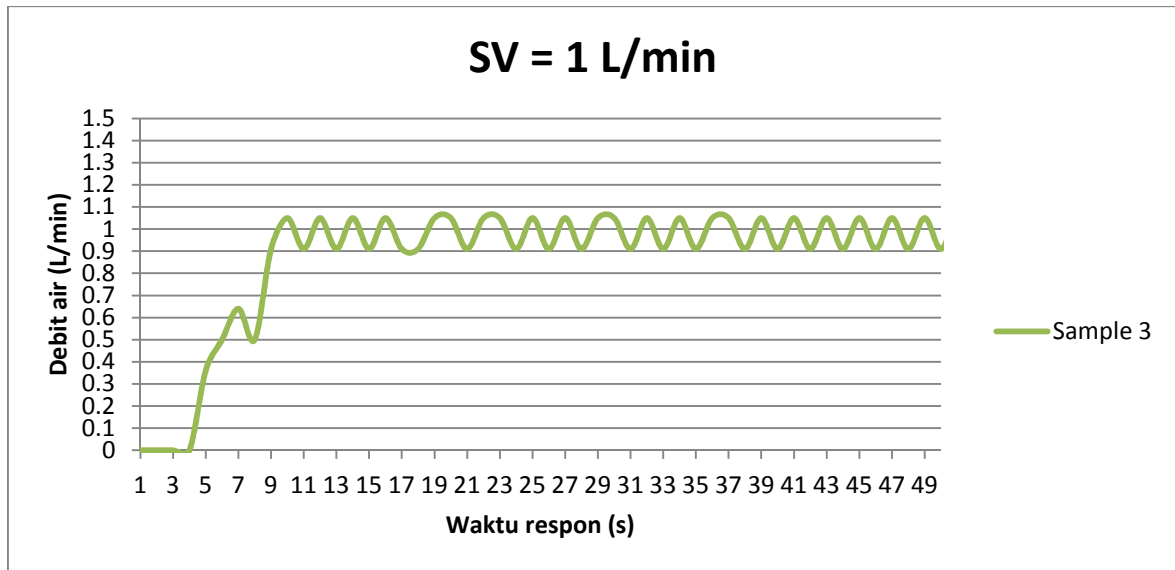
- Error MAX = 1.05 L/min
- Error MIN = 0.91 L/min
- Delta error = $1.05 - 0.91$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 0.96 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((1 - 0.96) / 1) \times 100$
= 4 %



Grafik 4.3 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 1 L/min (Sample 2)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 1.05 L/min
- Error MIN = 0.91 L/min
- Delta error = $1.05 - 0.91$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 0.96 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((1 - 0.96) / 1) \times 100$
= 4 %



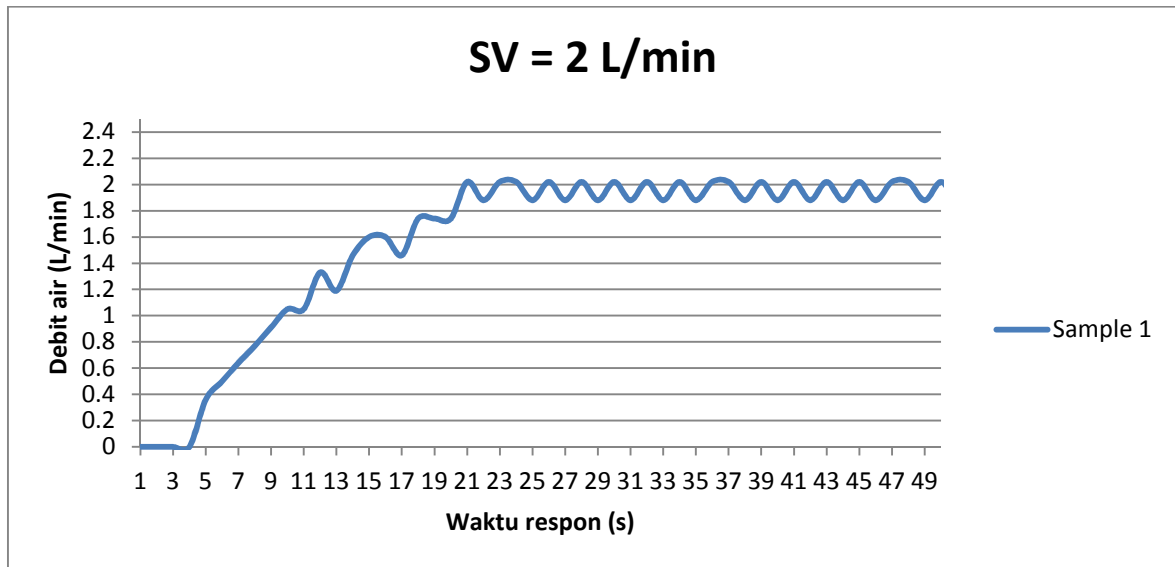
Grafik 4.4 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 1 L/min (Sample 3)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 1.05 L/min
- Error MIN = 0.91 L/min
- Delta error = $1.05 - 0.91$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 0.96 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((1 - 0.96) / 1) \times 100$
= 4 %

Dari tiga sample yang telah dilakukan dengan Setting Value 1 L/min didapatkanlah % error rata-rata adalah 4 % dengan volume air 0.96 Litter menggunakan gelas takar yang diukur selama 1 menit.

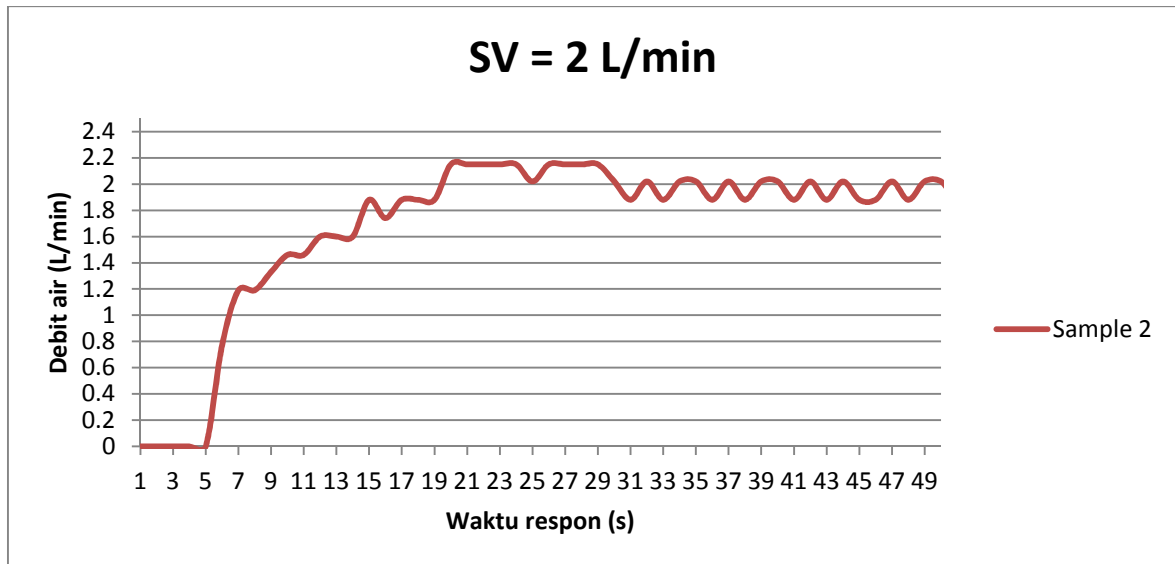
b. Setting Value 2 L/min



Grafik 4.5 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 2 L/min (Sample 1)

Dari grafik diatas diketahui :

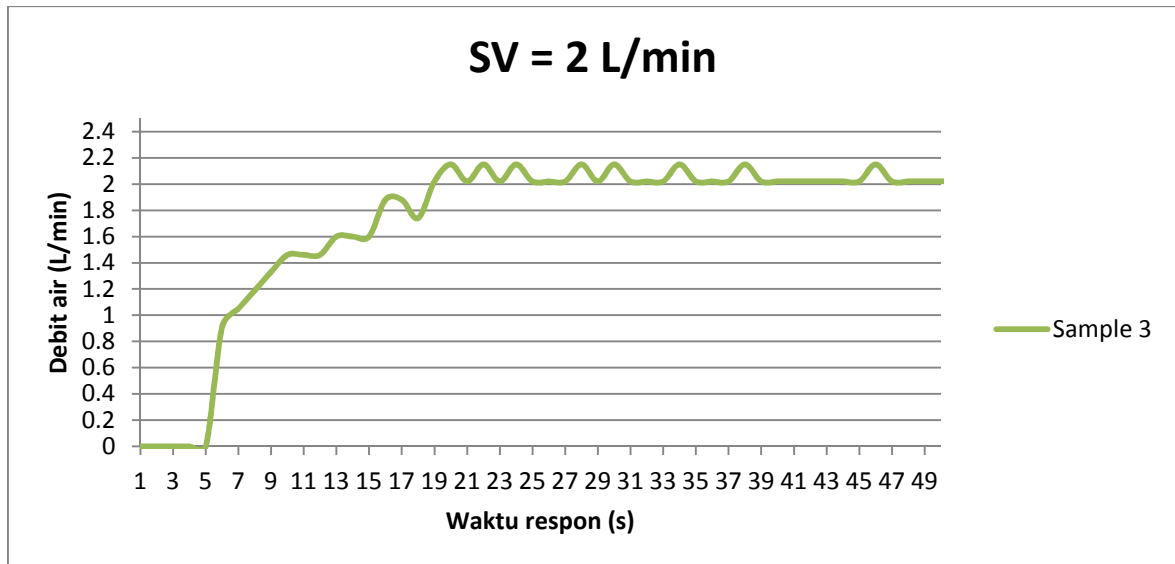
- Error MAX = 2.02 L/min
- Error MIN = 1.88 L/min
- Delta error = $2.02 - 1.88$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 1.9 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((2 - 1.9) / 2) \times 100$
= 5 %



Grafik 4.6 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 2 L/min (Sample 2)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 2.15 L/min
- Error MIN = 1.88 L/min
- Delta error = $2.15 - 1.88$
= 0.27
- Volume air gelas takar (1 menit) = 1.9 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((2 - 1.9) / 2) \times 100$
= 5 %



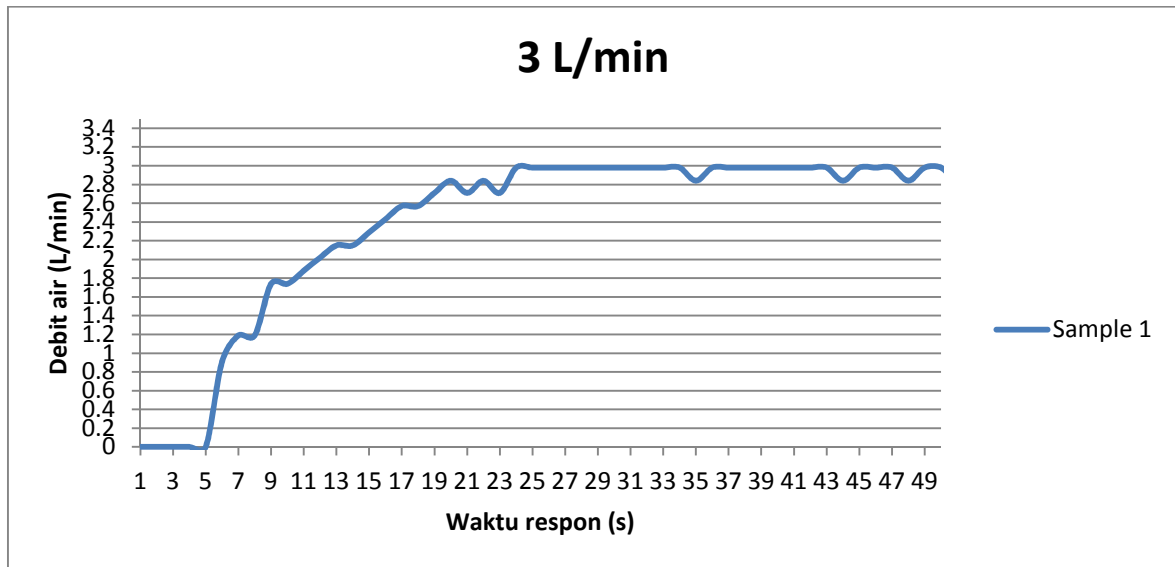
Grafik 4.7 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 1 L/min (Sample 3)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 2.15 L/min
- Error MIN = 2.02 L/min
- Delta error = 2.15 – 2.02
= 0.13
- Volume air gelas takar (1 menit) = 1.9 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((2 - 1.9) / 2) \times 100$
= 5 %

Dari tiga sample yang telah dilakukan dengan Setting Value 2 L/min didapatkan % error rata-rata adalah 5 % dengan volume air 1.9 Litter menggunakan gelas takar yang diukur selama 1 menit.

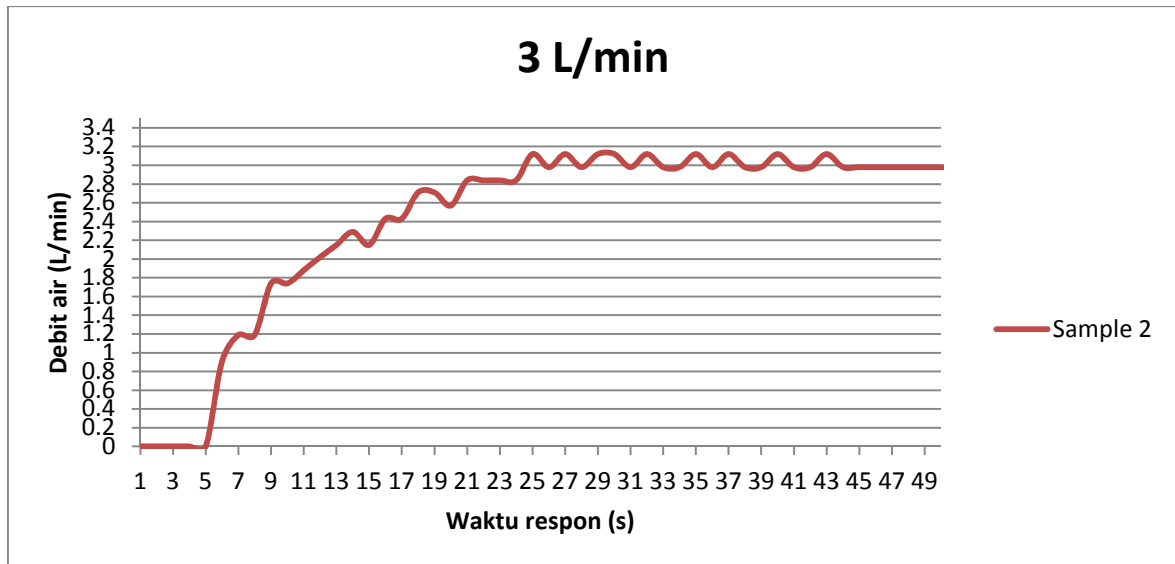
c. Setting Value 3 L/min



Grafik 4.8 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 3 L/min (Sample 1)

Dari grafik diatas diketahui :

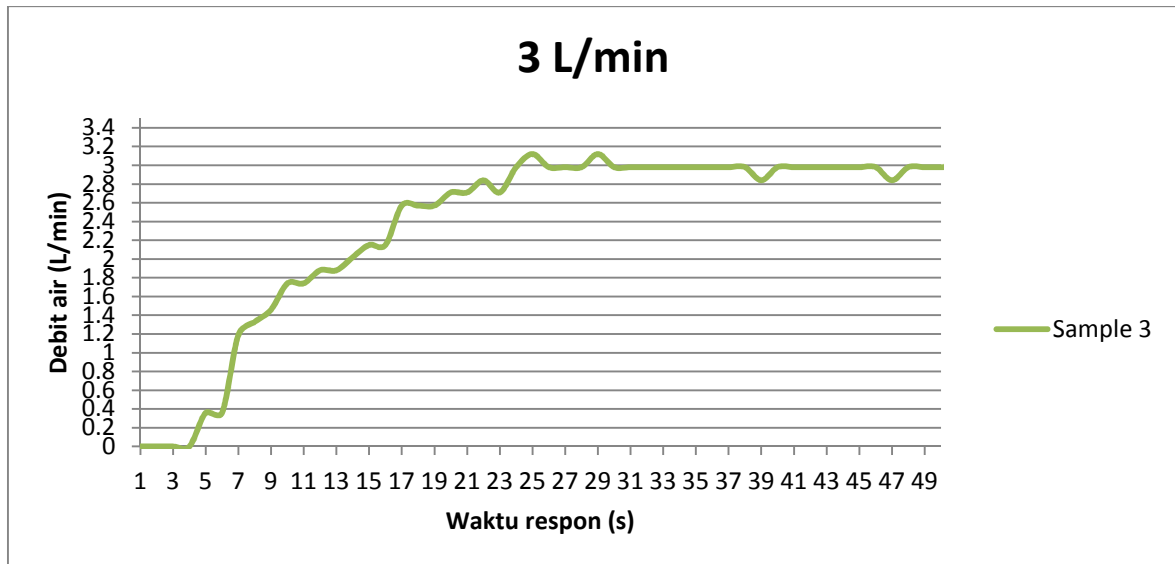
- Error MAX = 2.98 L/min
- Error MIN = 2.84 L/min
- Delta error = $2.98 - 2.84$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 2.82 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((3 - 2.82) / 3) \times 100$
= 6 %



Grafik 4.9 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 3 L/min (Sample 2)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 3.12 L/min
- Error MIN = 2.98 L/min
- Delta error = $3.12 - 2.98$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 2.82 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((3 - 2.82) / 3) \times 100$
= 6 %



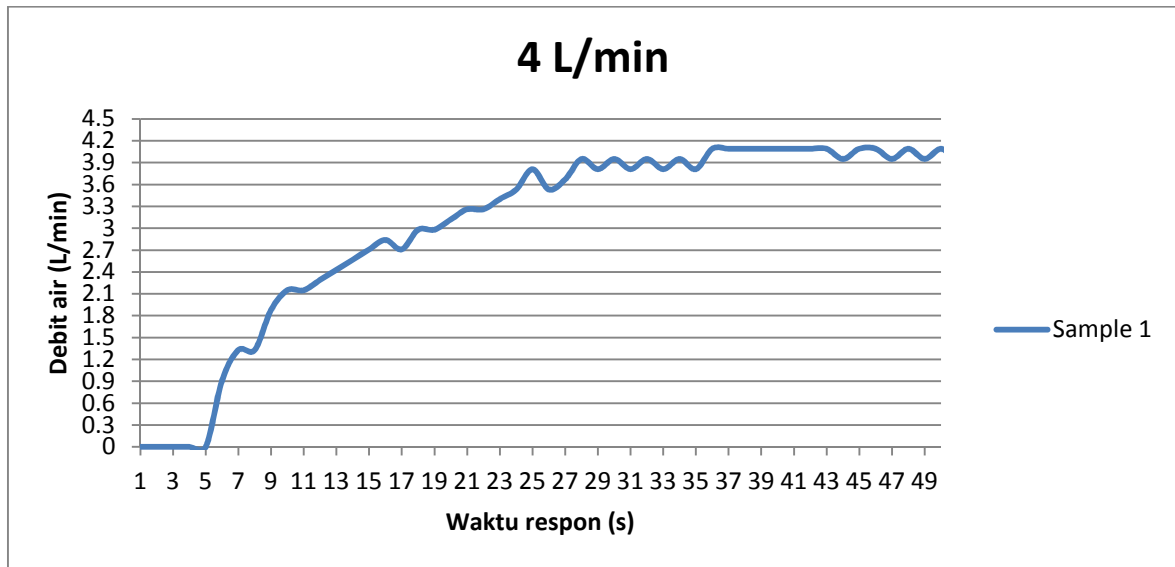
Grafik 4.10 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 3 L/min (Sample 3)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 3.12 L/min
- Error MIN = 2.84 L/min
- Delta error = 3.12 – 2.84
= 0.28
- Volume air gelas takar (1 menit) = 2.82 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((3 - 2.82) / 3) \times 100$
= **6 %**

Dari tiga sample yang telah dilakukan dengan Setting Value 3 L/min didapatkanlah % error rata-rata adalah 6 % dengan volume air 2.82 Litter menggunakan gelas takar yang diukur selama 1 menit.

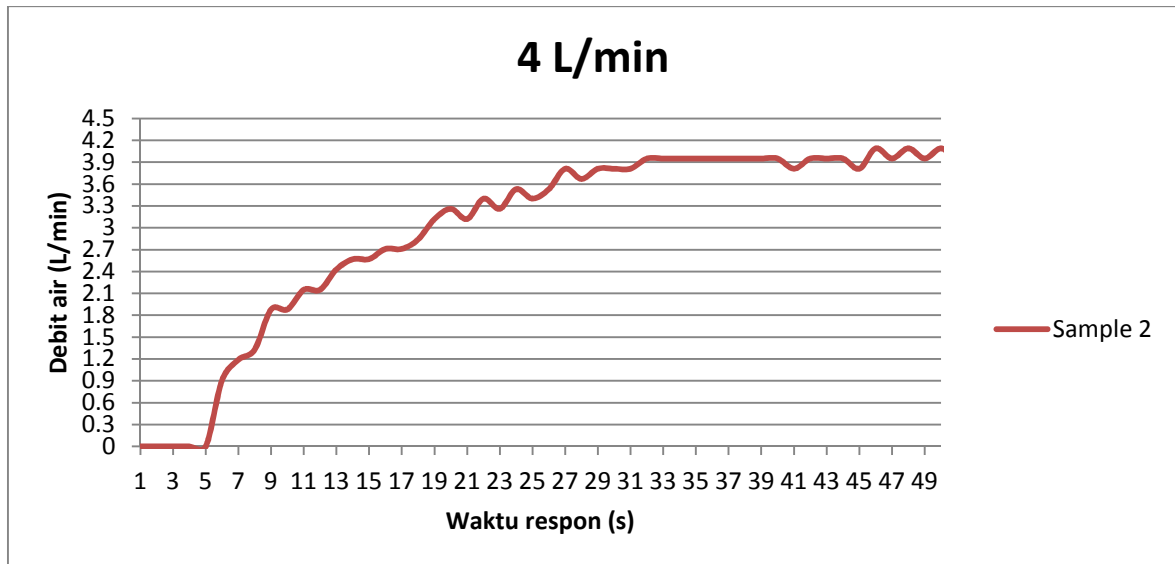
d. Setting Value 4 L/min



Grafik 4.11 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 4 L/min (Sample 1)

Dari grafik diatas diketahui :

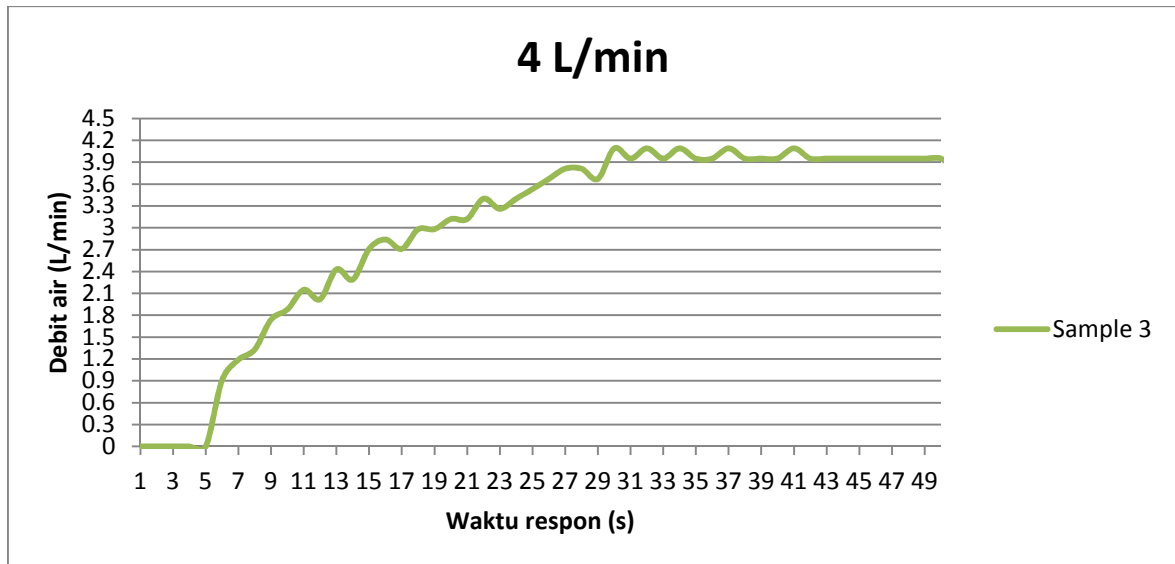
- Error MAX = 4.09 L/min
- Error MIN = 3.95 L/min
- Delta error = $4.09 - 3.95$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 3.74 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((4 - 3.74) / 4) \times 100$
= 6.5 %



Grafik 4.12 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 4 L/min (Sample 2)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 4.09 L/min
- Error MIN = 3.81 L/min
- Delta error = $4.09 - 3.81$
= 0.28
- Volume air gelas takar (1 menit) = 3.74 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((4 - 3.74) / 4) \times 100$
= 6.5 %



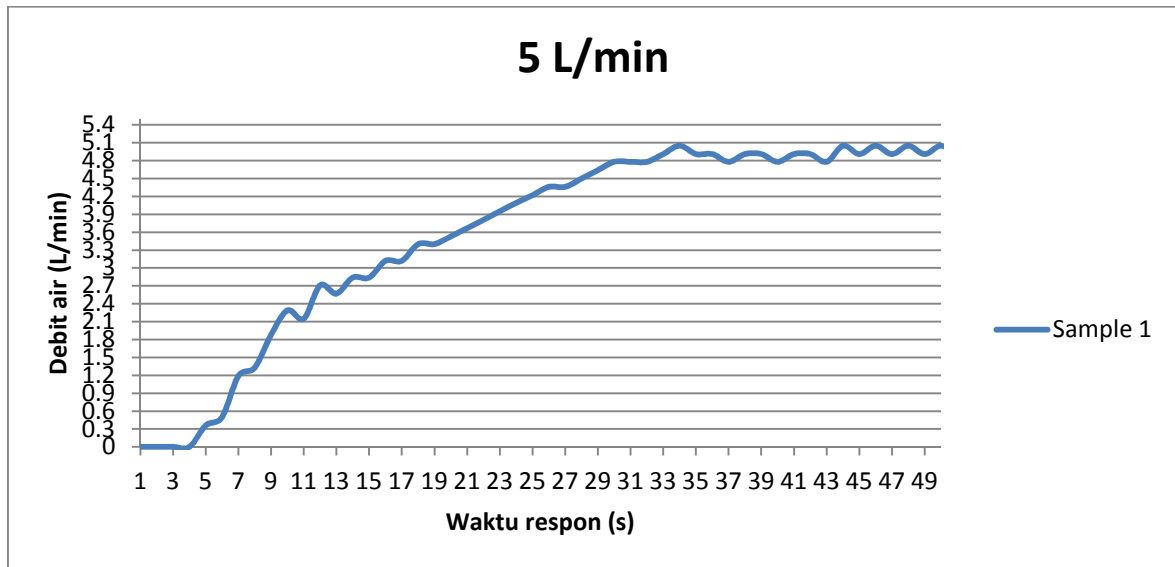
Grafik 4.13 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 4 L/min (Sample 3)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 4.09 L/min
- Error MIN = 3.95 L/min
- Delta error = $4.09 - 3.95$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 3.74 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((4 - 3.74) / 4) \times 100$
= **6.5 %**

Dari tiga sample yang telah dilakukan dengan Setting Value 4 L/min didapatkanlah % error rata-rata adalah 6.5 % dengan volume air 3.74 Litter menggunakan gelas takar yang diukur selama 1 menit.

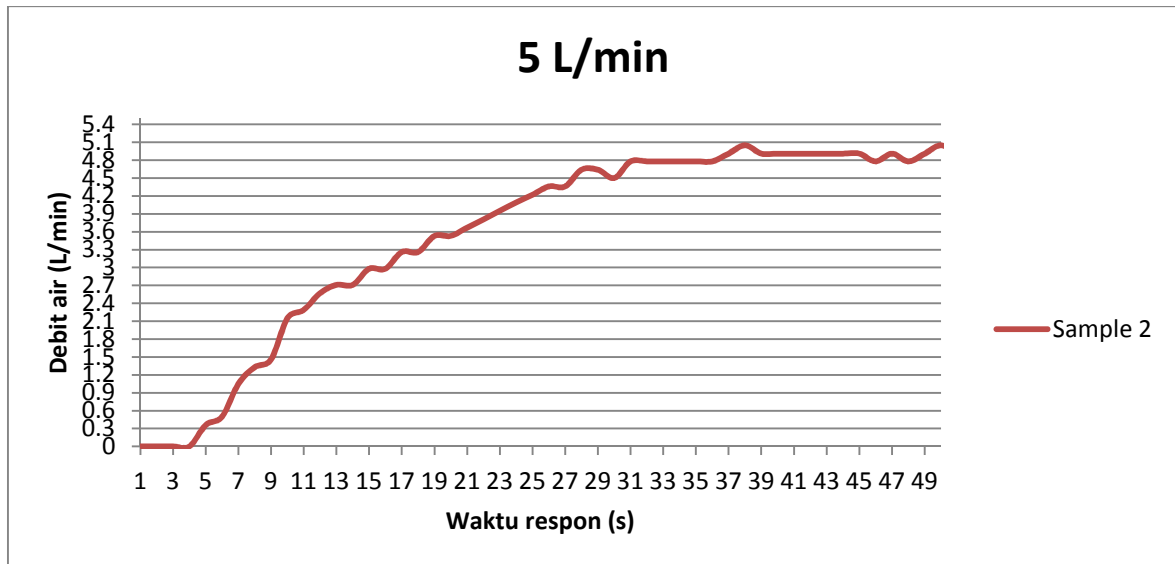
e. Setting Value 5 L/min



Grafik 4.14 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 5 L/min (Sample 1)

Dari grafik diatas diketahui :

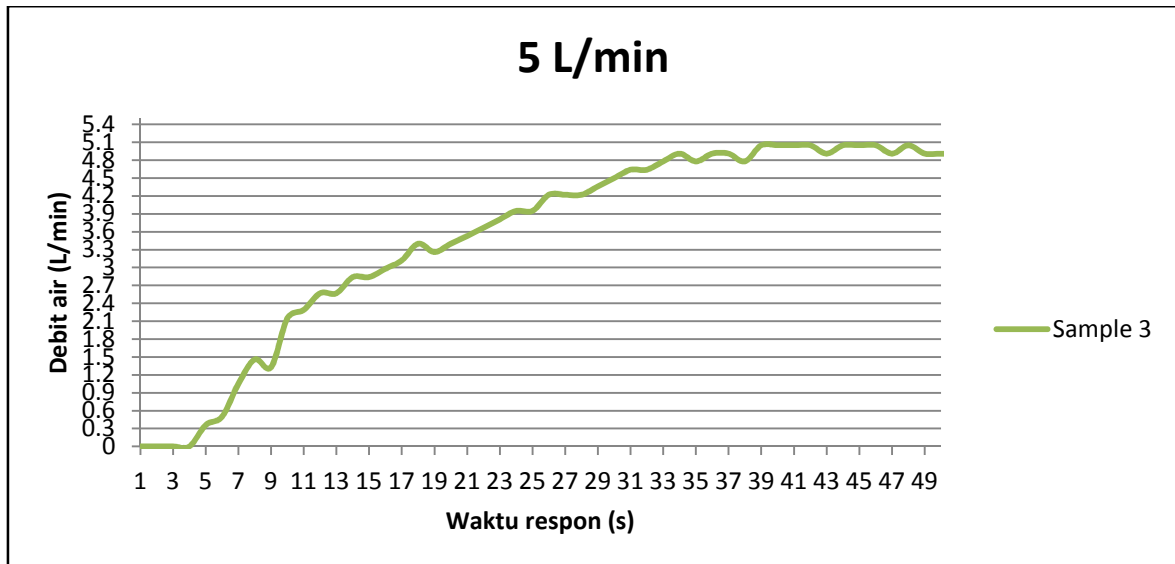
- Error MAX = 5.05 L/min
- Error MIN = 4.91 L/min
- Delta error = $5.05 - 4.91$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 4.62 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((5 - 4.62) / 5) \times 100$
= 7.6 %



Grafik 4.15 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 5 L/min (Sample 2)

Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 5.05 L/min
- Error MIN = 4.78 L/min
- Delta error = $5.05 - 4.78$
= 0.27
- Volume air gelas takar (1 menit) = 4.68 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((5 - 4.68) / 5) \times 100$
= 6.4 %



Grafik 4.16 Hasil pengujian kesetabilan debit air SV = 5 L/min (Sample 3)

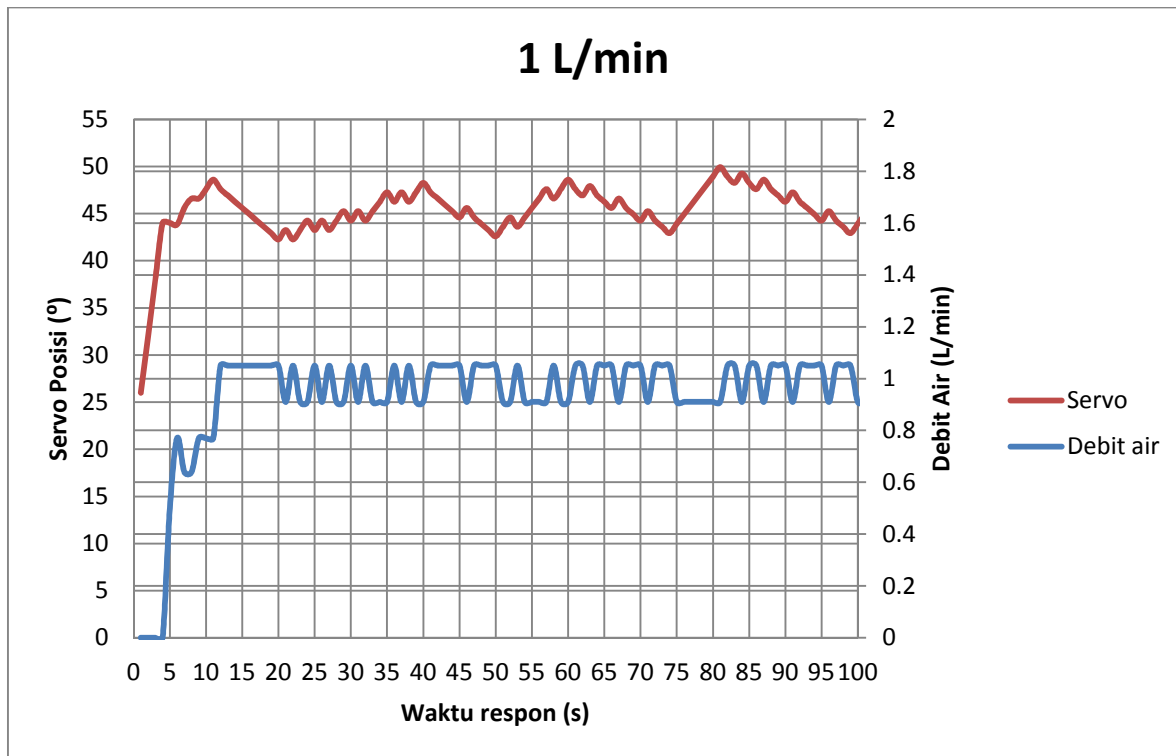
Dari grafik diatas diketahui :

- Error MAX = 5.05 L/min
- Error MIN = 4.91 L/min
- Delta error = $5.05 - 4.91$
= 0.14
- Volume air gelas takar (1 menit) = 4.64 Litter
- % error = $((SV - PV) / SV) \times 100$
= $((5 - 4.64) / 5) \times 100$
= 7.2 %

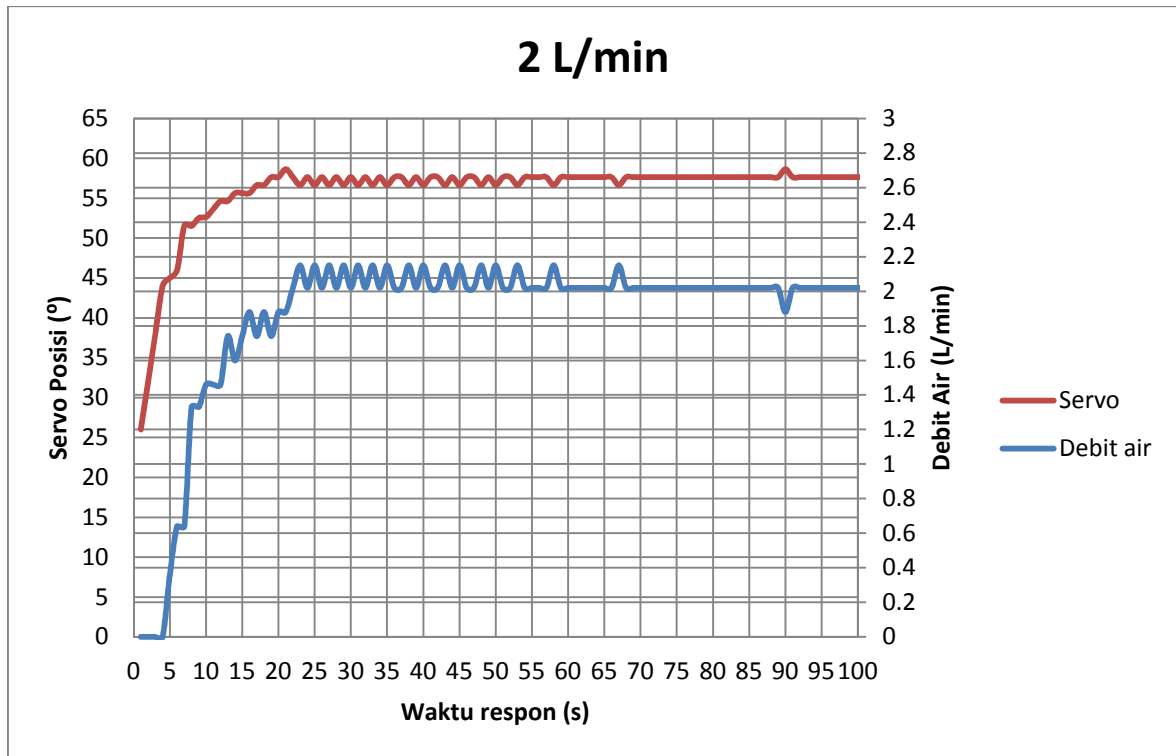
Dari tiga sample yang telah dilakukan dengan Setting Value 5 L/min didapatkanlah % error rata-rata adalah 7.07 % dengan volume air 4.65 Litter menggunakan gelas takar yang diukur selama 1 menit.

4.1.4 Pengujian Kemampuan Motor Servo Menstabilkan Debit Air

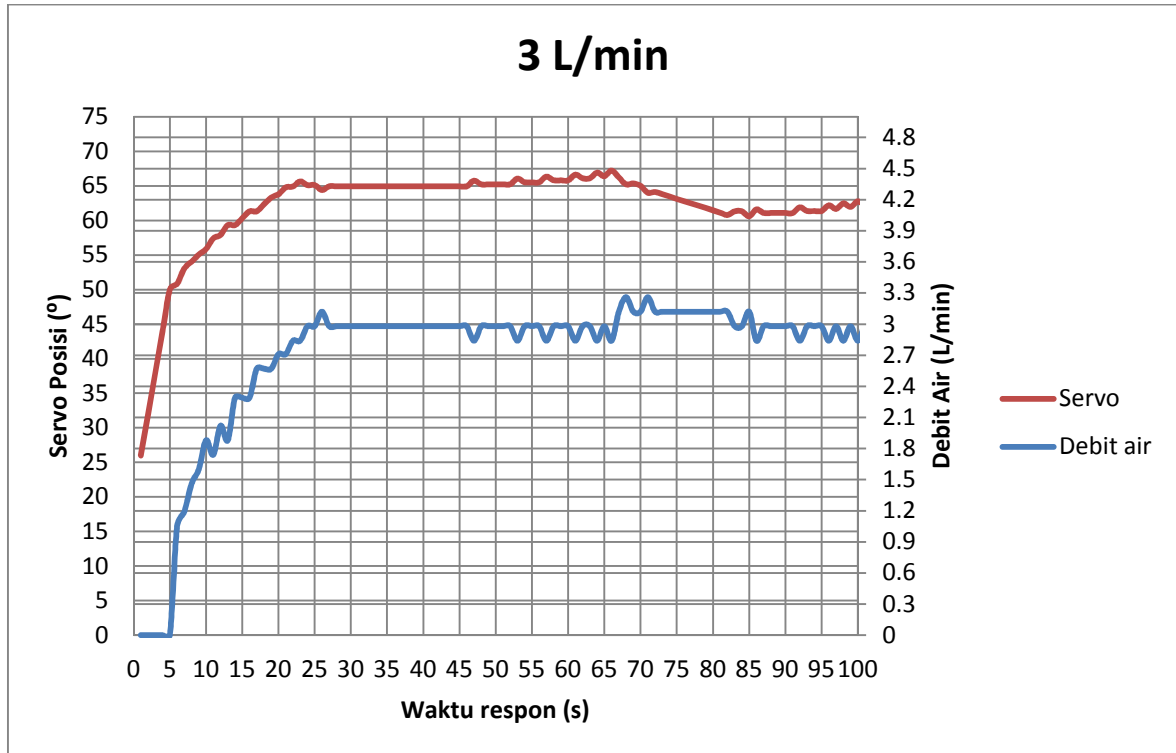
Pengujian kemampuan motor servo menstabilkan debit air dilakukan dengan cara menginputkan nilai SV (setting Value) dari 1 L/min sampai 5 L/min kemudian diamati pergerakan motor servo untuk menstabilkan debit air dan sekaligus sebagai aktuator pembuka keran air otomatis.



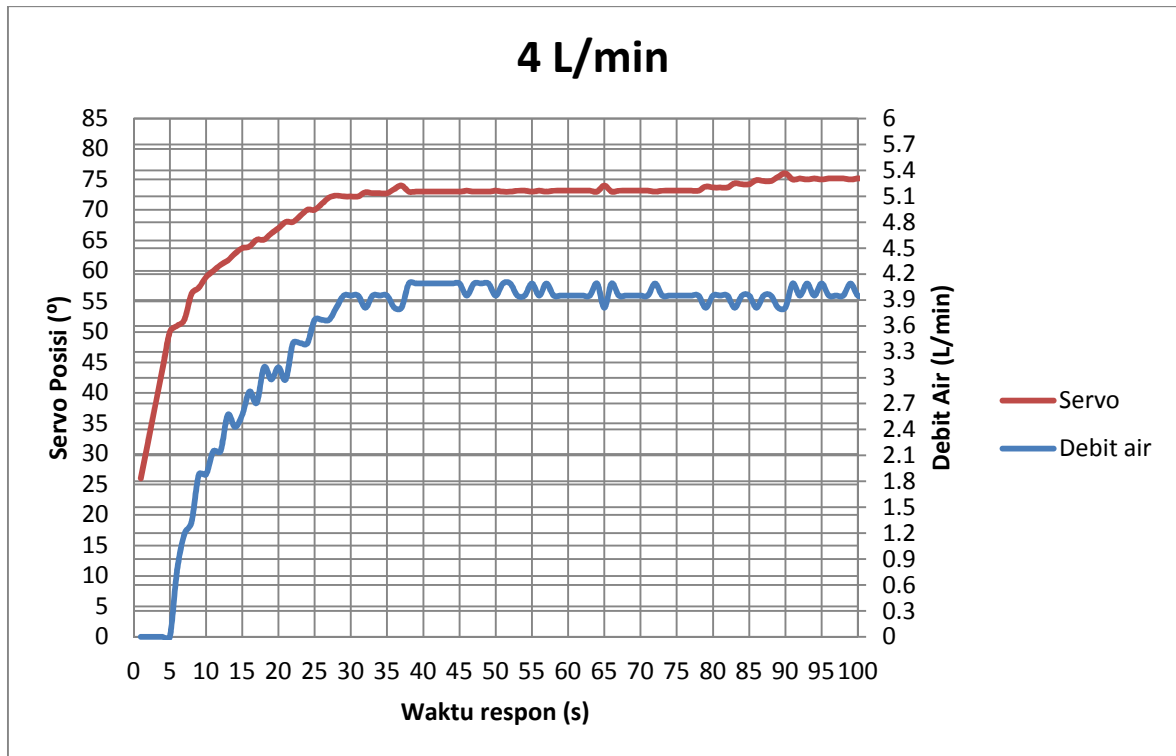
Grafik 4.17 Hasil pengujian motor servo dengan SV = 1 L/min



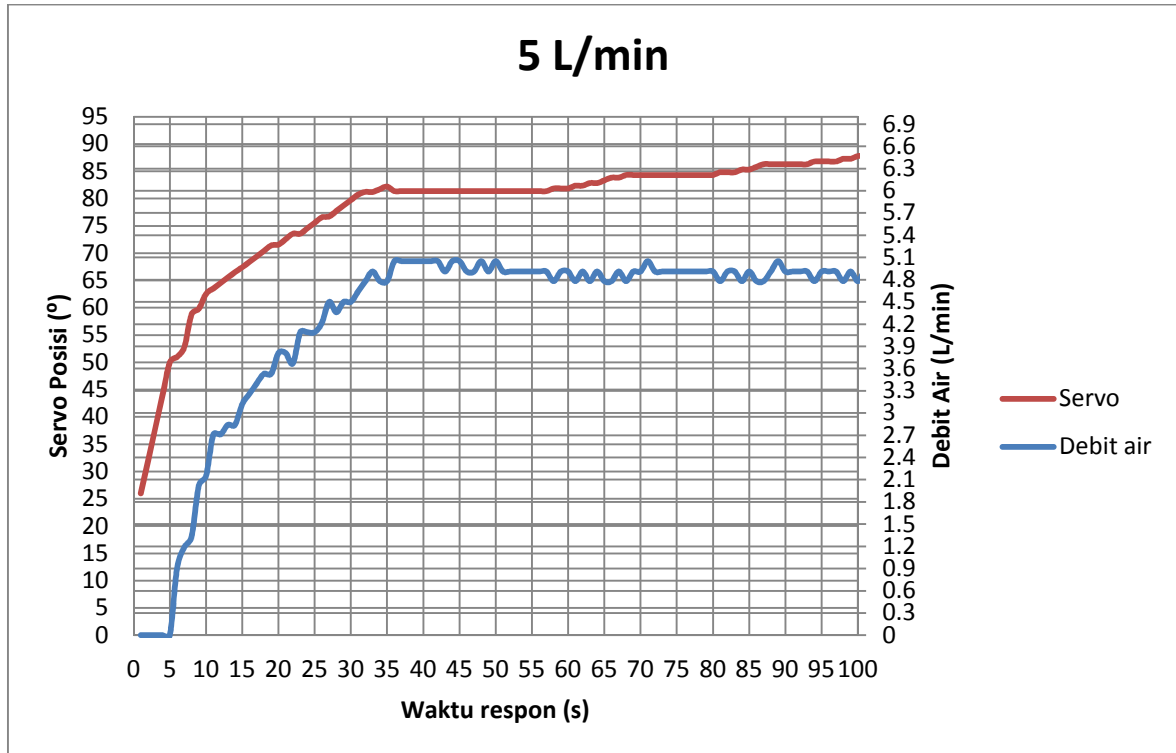
Grafik 4.18 Hasil pengujian motor servo dengan SV = 2 L/min



Grafik 4.19 Hasil pengujian motor servo dengan SV = 3 L/min



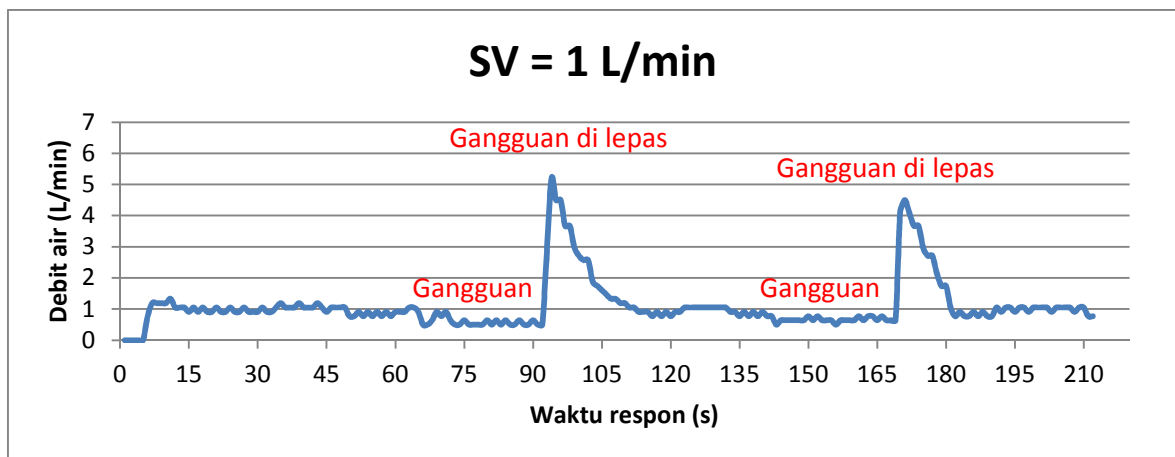
Grafik 4.20 Hasil pengujian motor servo dengan SV = 4 L/min



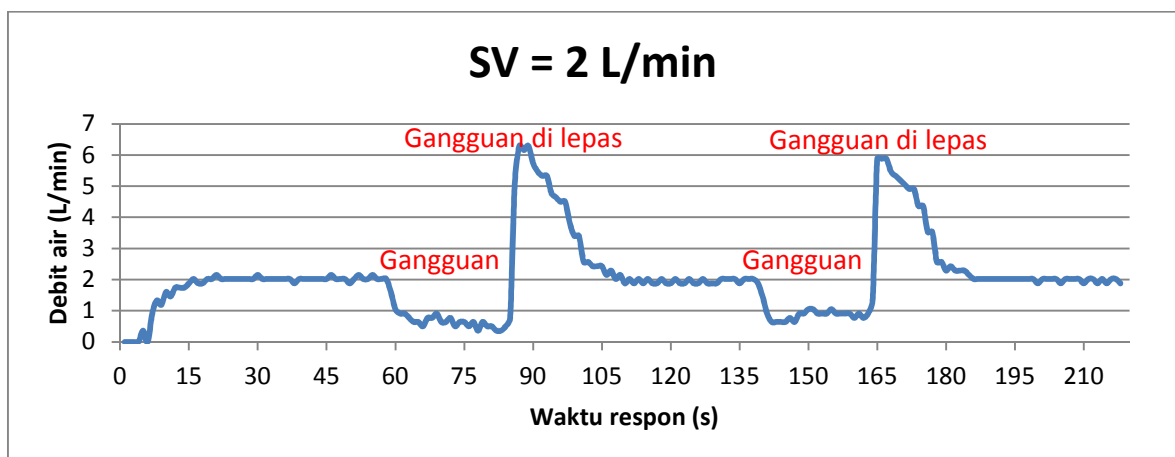
Grafik 4.21 Hasil pengujian motor servo dengan SV = 5 L/min

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat dari grafik diatas bahwa perubahan posisi motor servo bertolak belakang terhadap debit air. Yaitu apabila nilai debit air berada pada posisi lebih kecil dari Setting Value maka posisi motor servo semakin besar dan sebaliknya jika nilai debit air lebih besar dari Setting Value maka posisi motor servo semakin kecil.

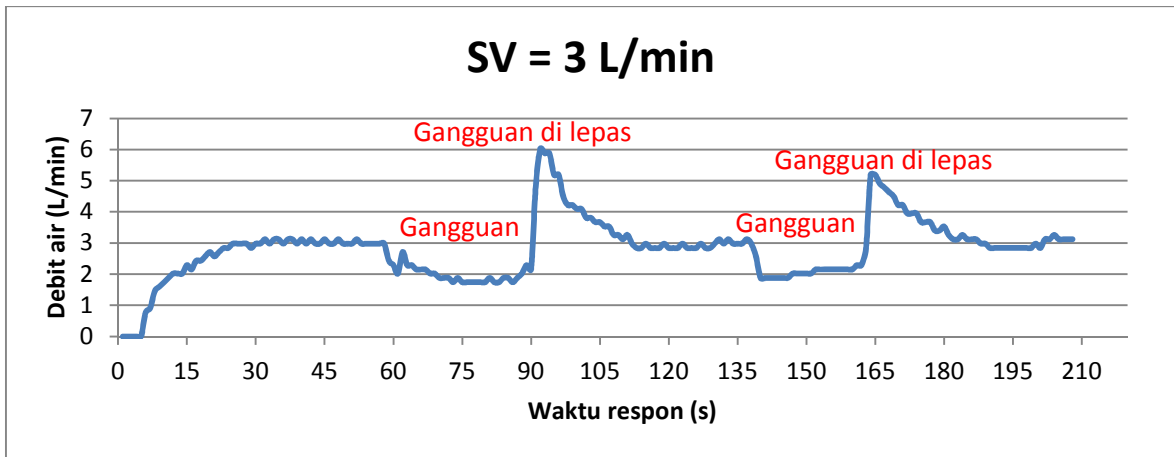
4.1.5 Pengujian Kestabilan Debit Air Terhadap Gangguan



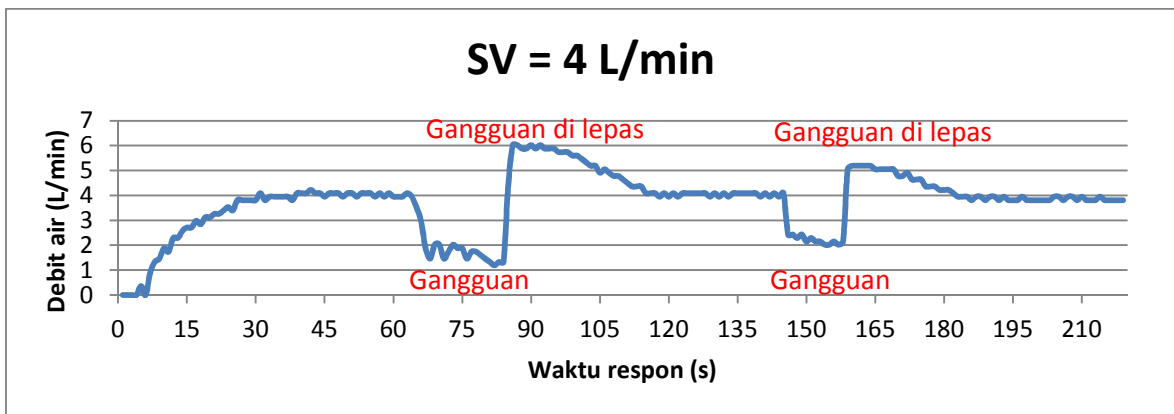
Grafik 4.22 Pengujian kestabilan debit air terhadap gangguan dengan SV = 1 L/min



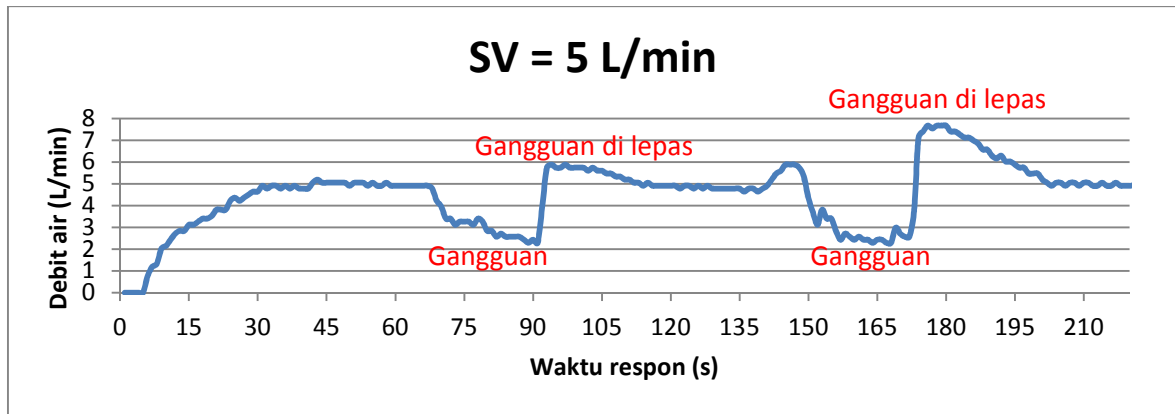
Grafik 4.23 Pengujian kestabilan debit air terhadap gangguan dengan SV = 2 L/min



Grafik 4.24 Pengujian kesetabilan debit air terhadap gangguan dengan SV = 3 L/min



Grafik 4.25 Pengujian kesetabilan debit air terhadap gangguan dengan SV = 4 L/min



Grafik 4.26 Pengujian kesetabilan debit air terhadap gangguan dengan SV = 5 L/min

Dari hasil pengujian, kesetabilan debit air terhadap gangguan dapat tercapai, dapat dilihat dari grafik diatas pada saat gangguan dilepas maka nilai debit air bergerak menuju ke titik nilai Setting Value yang diinginkan.

4.2 Analisa

Pengendalian keran air untuk mengatur debit air berbasis fuzzy logic pada mikrokontroler dapat tercapai dengan memberi nilai setting value atau nilai debit air yang diinginkan. Dari hasil pengujian kesetabilan nilai debit air tanpa adanya gangguan didapatkanlah % error rata – rata adalah 5.71 % dari nilai debit air yang diinginkan, semakin besar nilai setting value yang diinginkan maka % error akan semakin besar, hal ini dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik kesetabilan semakin lama dan ketinggian air di dalam wadah penampung semakin berkurang yang mengakibatkan kecepatan aliran air berkurang karena kecepatan aliran air mempengaruhi nilai dari debit air tersebut.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari laporan tugas akhir ini adalah :

1. Pengendalian keran air untuk mengatur debit air dengan metode fuzzy logic dapat tercapai, dengan % error rata – rata adalah 5.71 % dari nilai debit air yang diinginkan.
2. Pengaturan motor servo sebagai aktuator pembuka keran otomatis dapat diterapkan, dari hasil pengujian kesetabilan debit air apabila nilai debit air melebihi dari nilai Setting Value maka posisi motor servo akan mengecil dan sebaliknya jika nilai debit air lebih kecil dari nilai Setting Value maka posisi motor servo akan membesar.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian yang dilakukan masih terdapat beberapa kekurangan sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Saran-saran untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Dibutuhkan sensor debit air yang lebih bagus dan akurat untuk mengurangi error kesetabilan pengukuran debit air.
2. Perancangan mekanik yang baik untuk mendapatkan nilai debit air yang besar yang dapat dikeluarkan dari alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nur Sa'adah dan Ir. Anang Tjahjono, MT, "Pengaturan Kecepatan Motor AC Tiga Fasa Untuk Mengatur Kecepatan Aliran Air Ada Implementasi Wireless Sensor Network (WSN) Sebagai Pendeteksi Sumber Polutan Yang Potensial", Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010.
- [2] Muvy Nurwidi Pramudito, "Pengaturan Kecepatan Aliran Air Dengan Mengatur Kecepatan Putar Moter Dengan Metode Kontrol Fasa", Makalah Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, 2009.
- [3] Ridwan,S.ST., "Pengendalian Kecepatan Motor DC Dengan PD-Logika Fuzzy Terhadap Gangguan Pengereman Berbasis Mikrokontroller", Buku Tugas Akhir Diploma IV, Jurusan Mekatronika, Politeknik Negeri Batam, 2013.
- [4] Rinaldi, "Proses Pencarian Bola dan Navigasi Robot Cerdas Bareleng 4.1", Buku Tugas Akhir Diploma III, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, 2012, Tidak dipublikasikan.
- [5] Hendawan Soebakti,*Pengendalian Motor Servo*, Mata Kuliah Mikrokontroler, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, 2007.
- [6] Tower Pro. "Data sheet Motor Servo MG996R" Internet :
https://skippy.org.uk/wp-content/uploads/MG996R_Tower-Pro.pdf
[04 September 2014].
- [7] SeedStudio." Water Flow Sensor G 1/2" Internet :
http://www.seeedstudio.com/wiki/G1/2_Water_Flow_sensor
[04 September 2014].

BIOGRAFI PENULIS



Nama : Rinaldi
Tempat/tanggal lahir : Batam/9 Juni 1991
Agama : Islam
Alamat Rumah : Batu Aji Kav.Lama, Sagulung Bahagia RT: 04 RW: 08
Email : rinaldi9691@gmail.com
Telp : +6287894163902
Riwayat Pendidikan :

1. Diploma III Politeknik Negeri Batam Teknik Elektronika
2. SMK Negeri 1 Batam
3. SMP Negeri 11 Batam
4. SD Negeri 007 Batam