

PENGONTROLAN POSISI SERVO PNEUMATIK

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh:

AGUS SUPRIANTO

NIRM : 0031601

SYAWALIA PRAMITA DEWI

NIRM : 0031625

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2019

LEMBAR PENGESAHAN
PENGONTROLAN POSISI SERVO PNEUMATIK

Oleh :

Agus Suprianto	NIRM 0031601
Syawalia Pramita Dewi	NIRM 0031625

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Program Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

I Made Andik Setiawan, Ph. D
NIP. 197307032012121003

Indra Dwisaputra, M.T
NIP.198811102014041002

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3

Nofriyani, M.T.
NP. 208206052

M. Iqbal Nugraha, M.Eng.
NIP. 198310262014041001

Charlothia, M.T.
NP. 207903043

ABSTRAK

Pneumatik merupakan sebuah sistem yang menggunakan tekanan udara sebagai penggerakannya. Pada umumnya silinder hanya bergerak maju dan mundur saja, namun seiring berkembangnya zaman dan tuntutan, silinder tidak hanya bisa bergerak maju dan mundur saja, juga bisa berhenti di posisi yang diinginkan dengan menggunakan servo pneumatik. Pada proyek akhir ini dibuat alat untuk mengontrol servo pneumatik yang dapat berhenti diposisi yang diinginkan. Pergerakan silinder diatur melalui program yang dimasukkan dari keypad oleh user untuk kontrolnya menggunakan PID kontroler dan PWM sebagai pengontrol, 5/3 proportional valve sebagai katup yang digunakan untuk menggerakkan double acting cylinder sebagai aktuator, dan linier potensiometer sebagai sensor posisi. Hasil uji coba menunjukkan bahwa untuk mengontrol pergerakan proportional valve berhenti menggunakan tegangan 3,4 volt sampai 3,8 volt, pada tegangan 3,9 sampai 5 volt proportional valve memberikan tekanan angin pada double acting cylinder untuk bergerak maju, dan double acting cylinder bergerak mundur pada tegangan 0 sampai 3,3 volt dengan tekanan angin yang digunakan sebesar 6 bar.

Keyword : servo-pneumatik, PID, PWM, linier potensiometer, proportional valve.

ABSTRACT

Pneumatic is a system that uses air pressure as its driving force. In general, the cylinder only moves forward and backward, but as the times and demands develop, the cylinder can not only move forward and backward, it can also stop in the desired position by using a pneumatic servo. In this final project, a tool to control pneumatic servo can be made to stop the desired position. Cylinder movement is regulated through a program entered from the keypad by the user for control using a PID controller and PWM as a controller, 5/3 proportional valve as a valve used to drive a double acting cylinder as an actuator, and a linear potentiometer as a position sensor. The trial results show that to control proportional valve stops using a voltage of 3.4 volts to 3.8 volts, at a voltage of 3.9 to 5 volts proportional valve provides wind pressure on the double acting cylinder to move forward, and the double acting cylinder moves backwards at voltage 0 to 3.3 volt with the wind pressure used at 6 bar. In the linear test of the potentiometer,

Keyword: servo-pneumatic, PID, PWM, linear potentiometer, proportional valve

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran ALLAH SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya jualah, sehingga penulis dapat menyelesaikan makalah proyek akhir ini.

Karya Tulis Proyek Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum program pendidikan Diploma III di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Penulis mencoba untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama 3 tahun mengenyam pendidikan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dan pengalaman yang penulis dapatkan selama program Praktek Kerja Lapangan pada pembuatan alat dan makalah proyek akhir ini.

Makalah proyek akhir ini dapat diselesaikan dengan adanya usaha dan kerja tim yang baik serta bantuan, saran-saran, dan informasi dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak tersebut, antara lain :

1. Keluarga besar yang selalu senantiasa memberikan kasih sayang, do'a, serta dukungan moril maupun materil.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, Ph.D selaku pembimbing I yang telah meluangkan banyak waktu, tenaga, dan pikiran di dalam memberikan pengarahan dalam penulisan makalah Proyek Akhir ini.
3. Bapak Indra Dwisaputra, M.T selaku pembimbing II yang telah memberikan saran-saran dan solusi dari masalah-masalah yang penulis hadapi selama proses perencanaan dan pembuatan alat serta penyusunan makalah Proyek Akhir ini.
4. Seluruh staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Rekan-rekan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah banyak membantu selama pengerjaan Proyek Akhir.

6. Pihak-pihak lain yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan Proyek Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna dikarenakan penulis adalah manusia biasa yang tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, sangat diharapkan segala petunjuk, kritik, dan saran yang membangun dari pembaca agar dapat menunjang pengembangan dan perbaikan penulisan selanjutnya.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih semoga proyek akhir ini dapat berguna untuk menambah wawasan dan wacana khususnya bagi penulis dan rekan-rekan mahasiswa pada umumnya.

Sungailiat, 02 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PROYEK AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan dan Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
BAB II DASAR TEORI	3
2.1 Servo Pneumatik.....	3
2.2 <i>5/3-way Proportional Valve</i>	4
2.3 Linier Potensiometer	5
2.4 PID.....	7
BAB III METODE PELAKSANAAN	9
3.1 <i>Proportional Valve</i>	10
3.2 Linier Potensiometer	11
3.3 <i>Driver</i>	12
3.4 Arduino.....	12

3.5	LCD dan <i>Keypad</i>	13
3.6	<i>Double Acting Cylinder</i>	14
BAB IV PEMBAHASAN.....		15
4.1	Linier Potensiometer	15
4.1	<i>Proportional Valve</i>	17
4.2	<i>Driver</i>	20
4.3	LCD dan <i>Keypad</i>	24
4.4	Tata Letak Komponen Pada <i>Box</i>	27
4.5	Pengaturan Posisi Menggunakan <i>On / Off</i> Kontroler	30
4.6	Pengaturan Posisi Menggunakan P Kontroler	35
4.7	Pengaturan Posisi Menggunakan PI Kontroler	37
4.8	Pengaturan Posisi Menggunakan PID Kontroler.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		45

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Koneksi Perkabelan linier potensiometer	15
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian linier potensiometer	16
Tabel 4. 3 Koneksi Perkabelan <i>Proportional Valve</i>	18
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian <i>proportional valve</i>	19
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian <i>Driver L298N</i>	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Proportional Valve</i> [8]	4
Gambar 2.2 Simbol <i>Proportional Valve</i> [8].....	4
Gambar 2.3 Linier potensiometer [12].....	5
Gambar 2.4 Rangkaian Pembagi Tegangan [14]	6
Gambar 2.5 blok diagram PID kontroler [16].....	7
Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem	10
Gambar 3. 2 Grafik 5/3 <i>Proportional Valve</i>	11
Gambar 3. 3 Arduino Mega 2560 [17].....	13
Gambar 4. 1 linier potensiometer.....	15
Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran Linier Potensiometer.....	17
Gambar 4. 3 5/3 way <i>Proportional Valve</i>	18
Gambar 4. 4 Rangkaian <i>Driver</i> L298N.....	20
Gambar 4. 5 Grafik <i>Driver</i> L298N	22
Gambar 4. 6 Gelombang PWM <i>Vout</i> Driver dengan duty cycle 41,4%	23
Gambar 4. 7 Gelombang PWM <i>Vout</i> driver dengan duty cycle 54%	23
Gambar 4. 8 Gelombang PWM <i>Vout</i> driver dengan duty cycle 63,6%	24
Gambar 4. 9 Tampilan Menu LCD	24
Gambar 4. 10 Sub Menu <i>Setpoint</i>	25
Gambar 4. 11 Tampilan Nilai PID dan <i>setpoint</i>	25
Gambar 4. 12 Sub Menu <i>Input</i> PID dan <i>Setpoint</i>	26
Gambar 4. 13 Tampilan Nilai yang di <i>Input</i>	26
Gambar 4. 14 Tampilan Nilai PID dan <i>Setpoint</i>	26
Gambar 4. 15 <i>Keypad</i>	27
Gambar 4. 16 <i>Box</i> Tampak Depan dan belakang.....	27
Gambar 4. 17 <i>Box</i> Tampak Samping	28
Gambar 4. 18 Isi Dalam <i>Box</i>	29
Gambar 4. 19 <i>Set Up</i> Alat	30
Gambar 4. 20 Blok Diagram Kontrol.....	31
Gambar 4. 21 Flowchart Kontroler	32

Gambar 4. 22 Grafik Jarak 50 mm.....	33
Gambar 4. 23 Grafik <i>setpoint</i> 100 mm.....	34
Gambar 4. 24 Grafik respon KP 0,5.....	36
Gambar 4. 25 Grafik respon KP 1,5.....	36
Gambar 4. 26 Grafik respon KP 0,5 dan KI 0,006.....	38
Gambar 4. 27 Grafik respon KP 1,5 dan KI 0,006.....	39
Gambar 4. 28 Grafik respon KP 0,5, KI 0,2 dan KD 0,1 dengan <i>setpoint</i> 100 mm	41
Gambar 4. 29 Grafik respon KP 0,5, KI 0,2 dan KD 0,1 dengan <i>setpoint</i> 180 mm	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Data Sheet *5/3-way proportional valve*

Lampiran 3: Data Sheet Linier Potensiometer

Lampiran 4: Data Sheet *Driver* L298N

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sistem servo merupakan suatu sistem kontrol yang mengupayakan agar *output* yang keluar sama dengan *input* yang dimasukkan [1]. Pneumatik adalah sebuah sistem yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga penggerak. Tekanan udara ini digunakan silinder untuk dapat bergerak baik itu maju maupun mundur. Pada umumnya silinder hanya dapat bergerak maju maksimum dan mundur minimum. Seiring dengan perkembangan jaman dan tuntutan, silinder tidak hanya bisa bergerak maju dan mundur saja namun bisa berhenti diposisi yang diinginkan dengan menggunakan servo pneumatik [2].

Servo pneumatik merupakan salah satu komponen dari materi perkuliahan yang diajarkan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Pada mata kuliah RMO (Robotika dan Mesin Otomatis) yang mempelajari pengontrolan silinder pneumatik atau aktuator dengan sistem *feedback* yang dapat memberi perintah berdasarkan *feedback* tersebut. Salah satu komponen yang digunakan pada sistem servo pneumatik ini adalah katup proporsional, dimana katup ini dapat mengatur tekanan udara yang dikontrol mencapai posisi yang diinginkan [1].

Laboratorium PLC dan pneumatik Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung memiliki seperangkat alat servo pneumatik, namun sampai saat ini pengajaran tentang materi tersebut belum dapat dilakukan karena keterbatasan alat bantu. Pada proyek akhir ini dibuat *trainer kit* sebagai media pembelajaran mengenai pengontrolan posisi servo pneumatik. Penggunaan media pembelajaran ini diharapkan dapat digunakan untuk membantu mahasiswa dalam memahami prinsip kerja dari servo pneumatik dan mempermudah mahasiswa di Polman dalam praktikum.

1.2 Rumusan dan Batasan Masalah

Rumusan masalah pada proyek akhir ini adalah :

- a. Bagaimana merakit *trainer kit* pengontrolan servo pneumatik yang dapat digunakan sebagai media praktikum dan *user* dapat menginput sendiri posisi yang diinginkan.
- b. Bagaimana cara mengontrol pergerakan silinder pneumatik sesuai dengan posisi yang diinginkan.

Batasan masalah dalam proyek akhir ini antara lain :

- a. Panjang dari silinder adalah 200 mm, namun *setpoint* yang dapat digunakan untuk pergerakan silinder 10 mm -180 mm.
- b. Tekanan udara yang digunakan pada katup 6 bar.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan dalam proyek akhir ini yaitu:

- a. Mengontrol pergerakan posisi silinder tidak hanya bergerak maju dan mundur saja tetapi juga dapat bergerak menuju posisi yang diinginkan.
- b. Agar mahasiswa lebih mudah dalam mempelajari pneumatik dan juga dapat menambah peralatan praktikum di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

BAB II

DASAR TEORI

Pada bab II ini menjelaskan teori dasar dari beberapa komponen dan sistem kontrol yang digunakan sebagai berikut :

2.1 Servo Pneumatik

Pneumatik merupakan sistem yang menggunakan tekanan angin sebagai penggerakannya, cara kerja dari sistem pneumatik ini hampir sama dengan hidrolik bedanya hidrolik menggunakan oli sebagai tenaga penggerak sedangkan pneumatik menggunakan tekanan angin [2]. Sistem pneumatik mempunyai beberapa komponen yang hampir sama dengan komponen yang ada di sistem hidrolik, berikut beberapa komponen tersebut, yaitu [3]:

1. Kompresor
2. *Regulator dan Gauge*
3. *Check valve*
4. Tanki Akumulator
5. Saluran Pipa
6. *Directional Valve*
7. Aktuator

Dalam beberapa waktu terakhir servo pneumatik banyak digunakan dan dipelajari dalam beberapa aplikasi di industri dikarenakan penggunaan servo pneumatik memiliki keunggulan dibanding sistem servo yang lain. Beberapa keunggulan dari servo pneumatik itu sendiri antara lain memiliki kecepatan tinggi, biaya yang relatif rendah, cara pengoperasian yang sederhana, dan lain lain. Jika ada keunggulan pasti juga ada kelemahan dari sistem ini, adapun kekurangan dari servo pneumatik antara lain karakteristik dari servo pneumatic yang kompleks dan non linier karena tekanan udara yang terganggu oleh faktor eksternal seperti gesekan dan perbedaan suplai tekanan [4]. Adapun beberapa

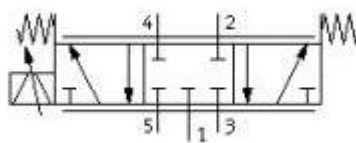
pengaplikasian servo pneumatik seperti robot modular yang di produksi oleh *Department of Engineering Production, Lough borough University of Technology, Loughborough, Leicestershire LE11 3TU, UK* [5].

2.2 5/3-way Proportional Valve

Katup proporsional digunakan dalam teknologi *servo-valve*. *Proportional valve* digunakan untuk mengendalikan arah, kecepatan, dan tekanan angin [6]. Katup proporsional ini mengkonversi nilai tegangan ke katup sehingga arah tekanan angin dapat berubah. Pada tegangan 5 volt katup tidak mengeluarkan tekanan angin dikarenakan katup berada pada posisi tengah, sehingga tidak ada angin yang keluar dari katup. Pada 0 volt tekanan angin akan mengarah ke posisi mundur sehingga silinder yang terhubung ke katup akan bergerak mundur. Sedangkan bila katup berada di 10 volt maka tekanan angin akan mengarah ke posisi maju dan membuat silinder bergerak maju. [7]



Gambar 2.1 *Proportional Valve* [8]



Gambar 2.2 Simbol *Proportional Valve* [8]

Keterangan simbol pada 5/3 *proportional valve*, yaitu:

1. Nomor 1 sebagai sumber saluran yang didapat dari kompresor.
2. Nomor 3 dan 5 sebagai pembuangan angin.
3. Nomor 2 sebagai saluran untuk memajukan silinder.
4. Nomor 4 sebagai saluran untuk memundurkan silinder.

2.3 Linier Potensiometer

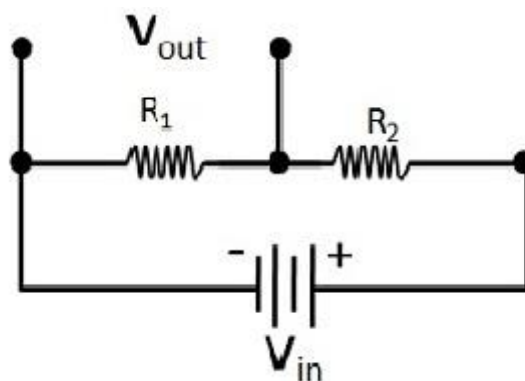
Alat ini mempunyai banyak nama seperti potensiometer linier, sensor posisi, dan masih banyak lagi. Bentuk dan tipe dari alat ini juga berbeda-beda, ada yang tipe M-13 linier potensiometer, ada yang MS- 13R linier potensiometer, dan masih banyak lagi. Namun, bagaimanapun bentuk dan jenis dari linier potensiometer pada dasarnya merupakan alat ukur yang digunakan untuk posisi *linier* atau umumnya digunakan sebagai sensor posisi [6]. Linier potensiometer merupakan perangkat yang digunakan untuk mendeteksi gerakan yang bergerak secara linier, selanjutnya sensor akan mengubah gerakan tersebut menjadi sinyal *output* yang sesuai dan kemudian akan diproses [9]. Pada dasarnya alat ini sangat mudah untuk digunakan dan juga sangat kuat, ditambah lagi tegangan *output* nya sebanding dengan tegangan *input* [10]. Adapun beberapa pengaplikasian linier potensiometer ini seperti kontrol umpan balik posisi pintu pesawat dan menekan badan pesawat untuk memberikan kenyamanan bagi penumpang pesawat [11].



Gambar 2.3 Linier potensiometer [9]

Potensiometer merupakan salah satu sensor yang mendeteksi adanya perubahan gerak seperti perpindahan atau pergeseran. Perubahan posisi tersebut dapat dilihat dari perubahan resistansi potensiometer. Potensiometer yang

digunakan sebagai sensor posisi mempunyai beberapa keuntungan antara lain mempunyai bentuk yang sederhana dan simpel sehingga mudah ditempatkan dalam posisi apapun, perubahan resistansi nya bisa di konversikan ke tegangan, linieritasnya baik, dan harganya murah. Kekurangan dari alat ini yaitu cepat aus karena sering terjadi gesekan, sering terjadi *noise* karena pergantian posisi, mudah terkena korosi, dan perlu banyak perawatan [12].



Gambar 2.4 Rangkaian Pembagi Tegangan [13]

Pada Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa rangkaian pembagi tegangan itu sendiri terdiri dari R1 dan R2 merupakan resistor yang dirangkai secara seri. Sedangkan V_{in} merupakan tegangan *input* dan V_{out} merupakan tegangan *output* yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan. Dengan rumus [13]:

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2.1)$$

Fungsi dari rangkaian pembagi tegangan itu sendiri adalah menurunkan tegangan yang besar menjadi kecil, membagi tegangan *input* nya dengan menggunakan dua buah resistor yang telah di seri sehingga *output* yang keluar nilainya akan lebih kecil dari nilai *input*. Sebagai contoh tegangan V_{in} sekarang adalah 9 volt, dengan nilai R1 1000 ohm dan nilai R2 220 ohm. Bila menurut rumus pembagi tegangan perhitungan yang digunakan sebagai berikut [13] :

$$V_{out} = V_{in} \times (R1 / (R1+R2))$$

$$V_{out} = 9 \times (1000/(1000+220))$$

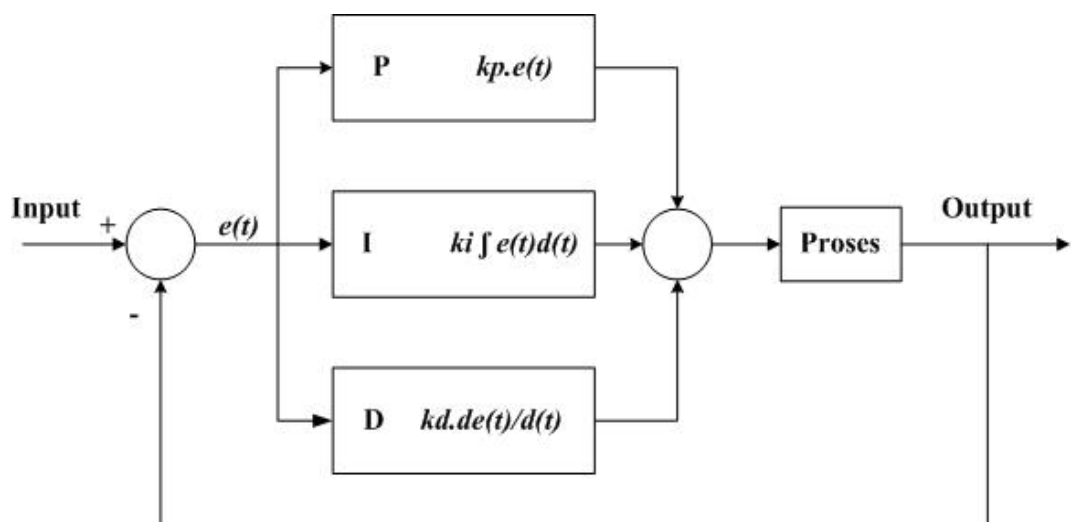
$$V_{out} = 9 \times (1000/1220)$$

$$V_{out} = 9 \times 0.82$$

$$V_{out} = 7,38 \text{ Volt}$$

2.4 PID

Kontroler PID (*Proportional-Integral-Derivative controller*) merupakan kontroler *feedback* yang biasanya dipakai dalam sistem kontrol industri. Kontroler PID secara berulang menghitung nilai *error* yang terjadi antara nilai *setpoint* dengan *variabel* yang terukur. Kontroler mencoba untuk mengurangi nilai *error* dengan mengatur *variabel* kontrolnya. PID ini terdiri dari 3 jenis yaitu *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative*. Ketiganya bisa dipakai bersamaan ataupun bisa juga bila hanya memakai salah satu nya tergantung dari sistem pemakaian yang diinginkan [14]. adapun blok diagram dan rumus dari kontroler PID, sebagai berikut:



Gambar 2.5 blok diagram PID kontroler [15]

Keterangan :

kp = Konstanta *Proporsional*

ki = Konstanta *Integral*

kd = Konstanta *Derivatif*

$e(t)$ = *Error*

Kontrol PID ini terdiri dari tiga jenis, yaitu sebagai berikut [14] :

- Kontroler *Proportional* (P)
 1. Menambah atau mengurangi nilai *error*
 2. Dapat memperbaiki respon dari *rise time* dan *settling time*.
 3. Mengurangi namun tidak menghilangkan *error steady state* yang ada.
- Kontroler *Integral* (I)
 1. Menghilangkan *error steady state*.
 2. Dibandingkan dengan *proportional* respon *integral* lebih lambat.
 3. Dapat menambah ketidakstabilan.
- Kontroler *Derivative* (D)
 1. Memberikan efek redaman pada sistem sehingga osilasi tidak akan terjadi walau nilai KP yang diberikan besar.
 2. Dapat memperbaiki respon transien dikarenakan saat terjadi perubahan *error* D bisa bertindak.

D hanya dapat bekerja bila terjadi perubahan *error*, namun bila terjadi *error* statis D tidak dapat bekerja. Sehingga D tidak bisa digunakan tanpa P dan I.

BAB III

METODE PELAKSANAAN

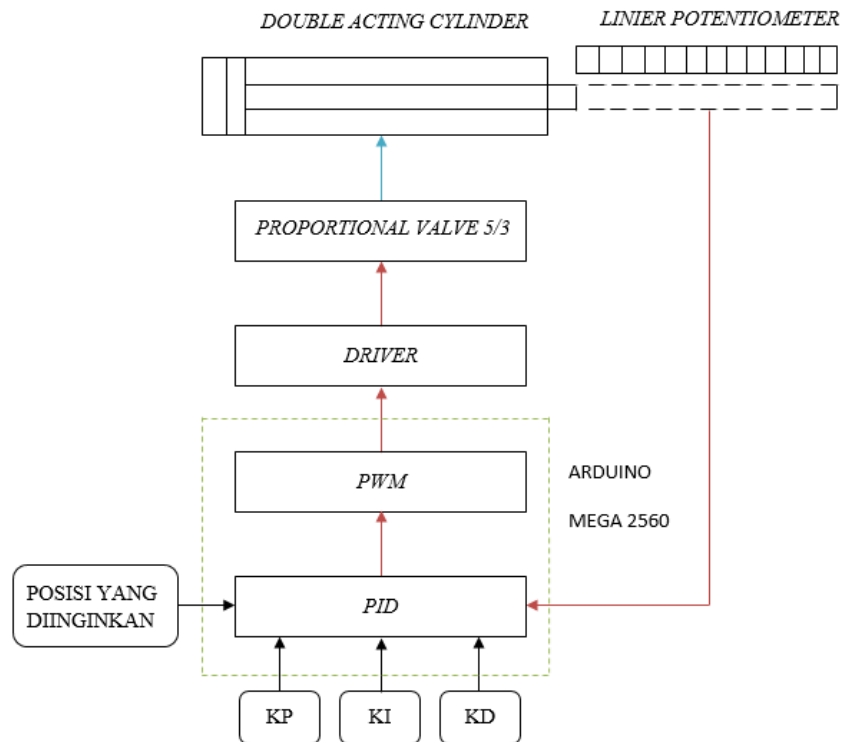
Parameter parameter yang penting dalam pembuatan proyek akhir ini antara lain :

- Silinder dapat bergerak menuju posisi yang diinginkan tidak hanya maju atau mundur.
- Posisi dapat di *input* oleh *user*.

Komponen atau peralatan yang diperlukan dalam proyek akhir ini yaitu :

- *Double acting cylinder* sebagai aktuator.
- Katup yang dapat berhenti ditengah, maju dan mundur dengan kecepatan yang berbeda-beda.
- Sensor yang mendeteksi posisi yang diinginkan.
- Metode pengontrolan untuk mengatur kecepatan silinder bergerak

Pada blok diagram Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa sistem dari proyek akhir ini adalah memasukkan nilai posisi yang diinginkan yang kemudian diproses masuk ke PID (KP, KI, dan KD di *input*). Didalam PID data yang di *input* akan dikelola dan masuk ke PWM, dari PWM data tersebut akan masuk ke *driver* dan diterima oleh *proportional valve*. Bila nilai yang dimasukkan belum sesuai dengan posisi silinder maka silinder akan bergerak cepat, dan bila posisi silinder sudah mendekati nilai yang di *input* maka pergerakannya akan melambat sehingga posisi silinder akan berhenti pada posisi yang diinginkan. Berikut rancangan alat dapat digambarkan dalam blok diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem

Keterangan :

— = Tekanan angin

— = Arah Listrik

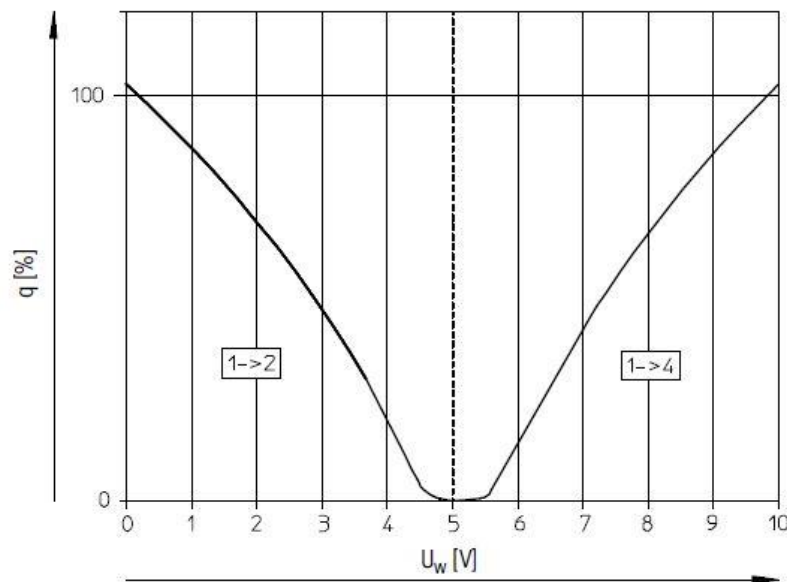
— = *Input User*

Adapun peralatan atau alat alat yang digunakan pada proyek akhir ini yaitu :

3.1 *Proportional Valve*

Proportional valve yang digunakan adalah merek Festo dengan *type* 152914. Spesifikasi dari alat ini adalah nilai tegangan yang digunakan sejumlah 0 sampai 10 *volt*, katup pada posisi tengah saat berada pada tegangan 5 *volt*, *current type* nya sejumlah 12 mA, dengan *dutycycle* 100%, untuk lebih jelasnya dapat dilihat di Lampiran 3.

Sebelum menggunakan *proportional valve*, yang harus dilakukan adalah mengecek terlebih dahulu komponen yang digunakan, pengecekan *proportional valve* dilakukan untuk mengetahui cara kerja dari *proportional valve* dan melihat keluaran angin pada katup ketika sinyal *input* yang diberikan dinaikkan dari 0-10 *volt*. *Proportional valve* berfungsi mengatur arah angin didalam katup itu sendiri sesuai dengan *input* yang masuk seperti yang terlihat pada Gambar 3.2. Cara menguji *proportional valve* adalah dengan menghubungkan *driver* dan tegangan 24 *volt*, kemudian mengatur tegangan pada sumber *driver*, akan terlihat perubahan tegangan tersebut dapat berpengaruh atau tidak pada perubahan tekanan angin didalam ruang katup dan membuat silinder berjalan.



Gambar 3. 2 Grafik 5/3 *Proportional Valve*

3.2 Linier Potensiometer

Sensor posisi yang digunakan adalah linier potensiometer *type* 152628. Linier potensiometer ini memiliki spesifikasi sendiri yaitu untuk tegangan pengoperasian yang diizinkan adalah 13 sampai 30 *volt DC*, resistansi dari potensiometer itu sendiri adalah 5 k Ω , toleransi resistansinya kurang lebih 20%,

tegangan *output* yang keluar sejumlah 0 sampai 10 *volt* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Namun sebelum menggunakan komponen ada baiknya diuji coba terlebih dahulu untuk melihat komponen berfungsi atau tidak. Uji coba pada linier potensiometer ini dilakukan untuk melihat apakah dengan diberikan tegangan 5 *volt* dan 10 *volt* linier potensiometer dapat bekerja dan melihat keluaran tegangan jika silinder didorong pada jarak antara 1 cm sampai 18 cm. linier potensiometer itu sendiri berfungsi sebagai sensor posisi yang akan mengeluarkan tegangan *analog*. linier potensiometer akan membaca pergerakan dari silinder dan mengirimkan data ke PID yang kemudian akan di kelola oleh PID lalu diterima oleh PWM dan dikelola.

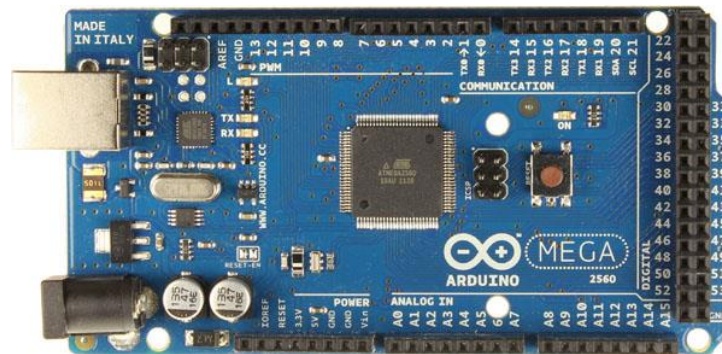
3.3 *Driver*

Driver yang digunakan adalah *driver* L298N yang memiliki spesifikasi yaitu dapat menerima *DC current* hingga 4 A, tegangan *input* yang digunakan yaitu 5 *volt* atau 12 *volt*, arus *input* nya antara 0-36 mA, dan daya maksimalnya yaitu 25W [16]. *Driver* ini berfungsi untuk mengatur dan mengontrol tegangan kebutuhan silinder yaitu 24 *volt* melalui pin PWM arduino 0 sampai 5 *volt*. *Driver* terlebih dahulu harus diuji coba untuk melihat apakah *driver* yang dibeli dapat bekerja dengan baik saat dihubungkan dengan arduino dan dapat membantu silinder bergerak dengan baik. Untuk melihat *driver* dapat berfungsi dengan baik atau tidak dengan cara menggunakan program PWM yang dihubungkan dengan *driver* kemudian akan terlihat apakah *driver* dapat membantu *proportional valve* mengatur keluaran angin atau tidak.

3.4 **Arduino**

Arduino yang digunakan adalah Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 ini mempunyai beberapa spesifikasi yaitu mempunyai 54 pin *input* atau *output* (14 diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), mempunyai 16 pin *analog*

input, dan menggunakan 5 volt sebagai tegangan pengoperasiannya. Pin 3 pada Arduino Mega 2560 yang digunakan sebagai *output* PWM. Pada pin A1 pada arduino digunakan sebagai *output* sensor linier potensiometer, untuk sumber diambil dari *power supply* 5 volt [17].



Gambar 3. 3 Arduino Mega 2560 [17]

3.5 LCD dan Keypad

Maksud dari posisi yang diinginkan pada blok diagram berupa *keypad* dan LCD yang dimana kedua komponen ini akan dihubungkan dengan arduino Mega 2560. Untuk *keypad* sendiri memiliki spesifikasi yaitu *duty cycle* nya 1/16, dengan *display format* 20 x 4 karakter, membutuhkan tegangan 5 volt, juga dapat digunakan untuk 3 volt [18].

Disini *keypad* berfungsi sebagai masukkan sedangkan LCD berfungsi untuk menampilkan *input* KP, KI, KD, dan jarak yang diinginkan. Untuk menampilkan tulisan KP, KI, KD, dan jarak yang diinginkan pada LCD harus menggunakan program tertentu, LCD dan *keypad* yang digunakan tidak menggunakan *pcb* melainkan langsung dihubungkan pada arduino [19].

3.6 Double Acting Cylinder

Double acting cylinder yang digunakan adalah merek Festo dengan *type* DGO-16-200-PPV-AB *serie* 0392R. Adapun beberapa spesifikasi dari alat ini sebagai berikut [20] :

- Rentang suhu nya -20 sampai 60°C
- Rentang tekanan nya kisaran 1,7 sampai 7 bar
- Koneksi pneumatik nya adalah M5
- Berat alat dengan stroke 0 mm adalah 620 g
- Berat tambahan stroke per 10 mm adalah 3 g

BAB IV PEMBAHASAN

Pada pembuatan tugas akhir ini, dilakukan tahapan-tahapan uji coba untuk memastikan program dan komponen yang digunakan berfungsi dengan baik didapatkan data-data uji coba yang telah dilakukan, sebagai berikut :

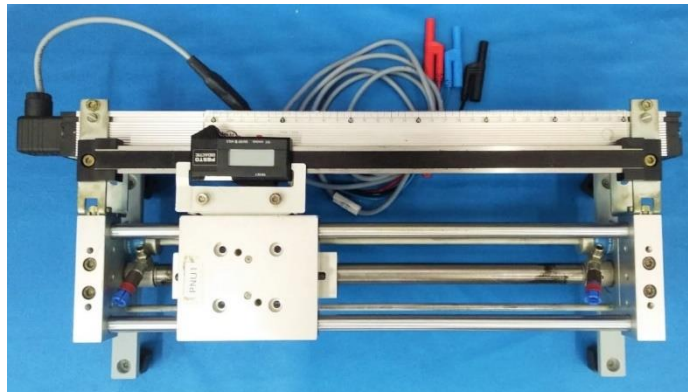
4.1 Linier Potensiometer

Linier potensiometer yang digunakan adalah merek festo dengan *type* 152920. Berdasarkan *data sheet* linier potensiometer (Lampiran 3), linier potensiometer Festo *type* 152920 mempunyai 3 kabel dengan fungsi seperti ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Koneksi Perkabelan linier potensiometer

Pin	Connection	Plug
1	<i>Power supply + 13 V+.....+30 V</i>	<i>Red</i>
2	<i>Power supply 0 v</i>	<i>Blue</i>
3	<i>Signal voltage</i>	<i>Black</i>

Gambar linier potensiometer Festo *type* 152920 ditunjukkan pada Gambar 4.1



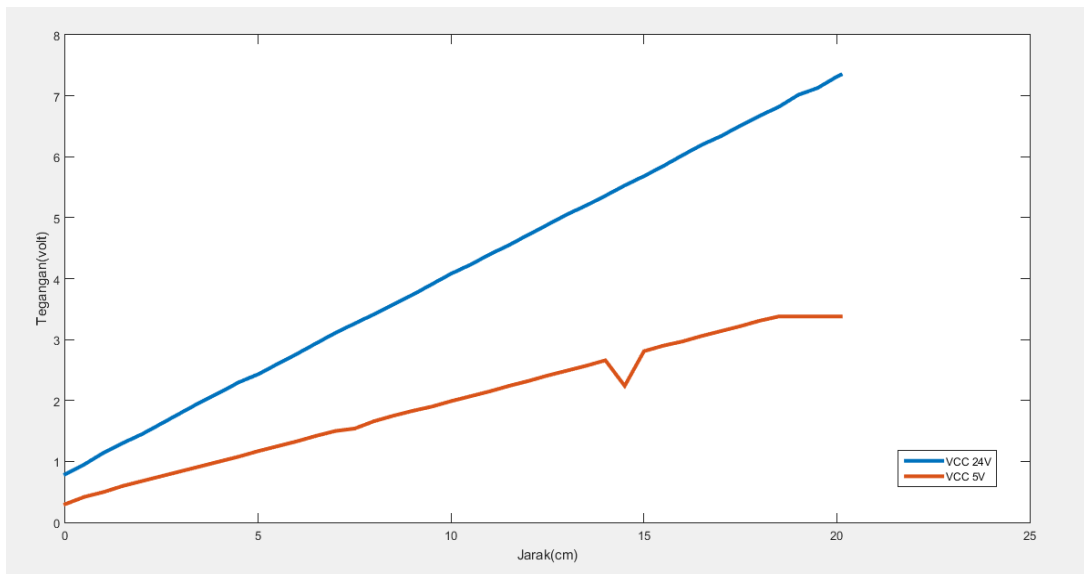
Gambar 4. 1 linier potensiometer

Hasil pengujian linier potensiometer Festo *type* 152920 dengan menggunakan sumber tegangan 24 *volt* dan 5 *volt* terhadap jarak 0 sampai 20,1 cm dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian linier potensiometer

Jarak (cm)	Tegangan 24 volt	Tegangan 5 volt	Jarak (cm)	Tegangan 24 volt	Tegangan 5 volt
0	0,791	0,3	11,5	4,551	2,24
0,5	0,954	0,42	12	4,719	2,32
1	1,146	0,5	12,5	4,885	2,41
1,5	1,305	0,6	13	5,053	2,49
2	1,452	0,68	13,5	5,2	2,57
2,5	1,625	0,76	14	5,36	2,66
3	1,799	0,84	14,5	5,53	2,24
3,5	1,972	0,92	15	5,682	2,81
4	2,13	1	15,5	5,848	2,9
4,5	2,3	1,08	16	6,026	2,97
5	2,432	1,17	16,5	6,197	3,06
5,5	2,599	1,25	17	6,34	3,14
6	2,764	1,33	17,5	6,511	3,22
6,5	2,938	1,42	18	6,672	3,31
7	3,11	1,5	18,5	6,821	3,38
7,5	3,263	1,54	19	7,016	3,38
8	3,415	1,66	19,5	7,129	3,38
8,5	3,576	1,75	20	7,315	3,38
9	3,734	1,83	20,1	7,344	3,38
9,5	3,908	1,9			
10	4,081	1,99			
10,5	4,229	2,07			
11	4,397	2,15			

Grafik linier potensiometer Festo *type* 152920 dari Tabel 4.2 dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran Linier Potensiometer

Keterangan :

— = 24 volt

— = 5 volt

Dari Gambar 4.2 dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak silinder bergerak maka semakin tinggi nilai tegangan yang terukur dari linier potensiometer. Nilai yang didapat dari pengujian tidak linier dikarenakan pengukuran jarak yang dilakukan ini tidak menggunakan alat ukur yang presisi sehingga hasil yang didapat pun tidak terlalu presisi.

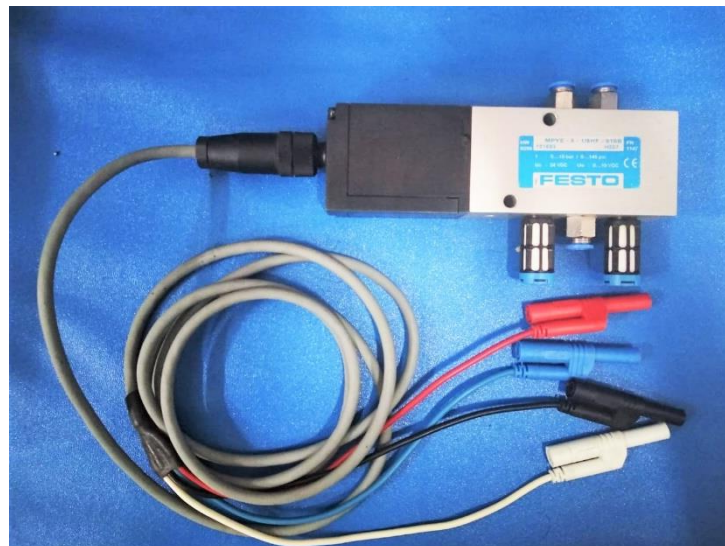
4.1 *Proportional Valve*

Proportional valve yang digunakan adalah merek Festo dengan *type* 152914. Berdasarkan data dari *data sheet 5/3 proportional valve* (lampiran 2) *Proportional valve* merek Festo dengan *type* 152914 mempunyai 4 kabel dengan fungsi seperti ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Koneksi Perkabelan *Proportional Valve*

Pin	Connection	Plug
1	<i>Power supply + 24 v</i>	<i>Red</i>
2	<i>Power supply 0 v</i>	<i>Blue</i>
3	<i>Signal voltage</i>	<i>Black</i>
4	<i>Signal ground</i>	<i>White</i>

Gambar *proportional valve* merek Festo dengan *type 152914* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 *5/3 way Proportional Valve*

Hasil pengujian untuk mengetahui berapa *volt* tegangan yang digunakan untuk bisa membuat silinder mundur, berhenti, dan maju dapat dilihat pada Tabel 4.4

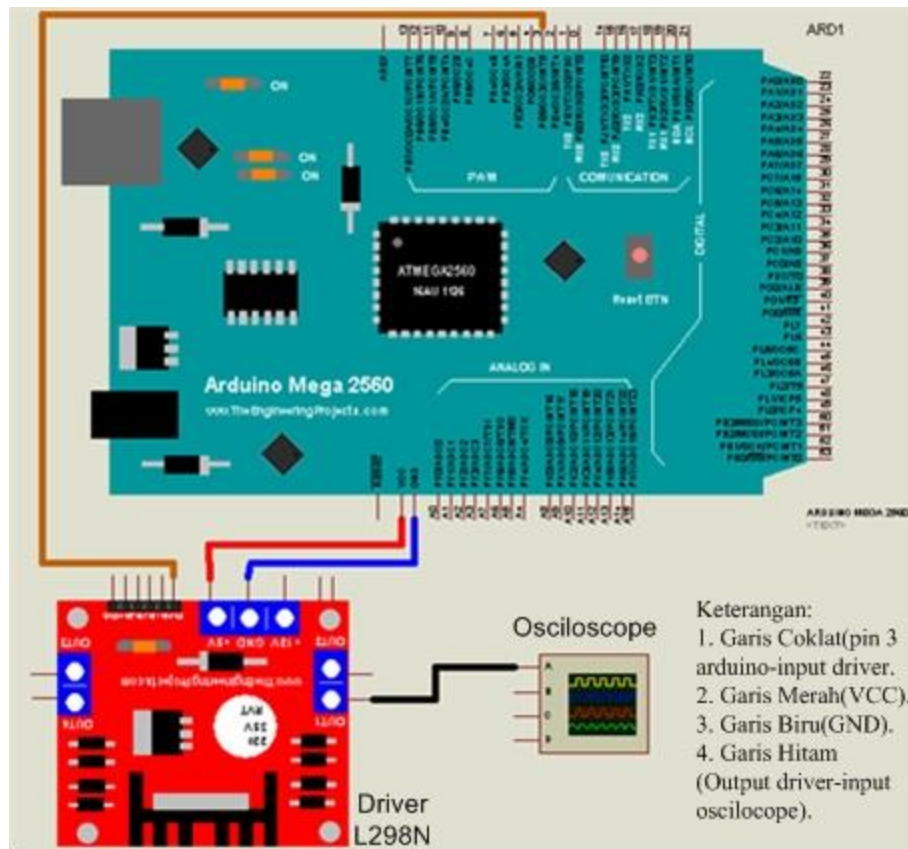
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian *proportional valve*

No.	Pergerakan Silinder	Tegangan (volt)	No.	Pergerakan Silinder	Tegangan (volt)
1	Mundur	0,1	26	Mundur	2,6
2	Mundur	0,2	27	Mundur	2,7
3	Mundur	0,3	28	Mundur	2,8
4	Mundur	0,4	29	Mundur	2,9
5	Mundur	0,5	30	Mundur	3,0
6	Mundur	0,6	31	Mundur	3,1
7	Mundur	0,7	32	Mundur	3,2
8	Mundur	0,8	33	Mundur	3,3
9	Mundur	0,9	34	Stop	3,4
10	Mundur	1,0	35	Stop	3,5
11	Mundur	1,1	36	Stop	3,6
12	Mundur	1,2	37	Stop	3,7
13	Mundur	1,3	38	Stop	3,8
14	Mundur	1,4	39	Maju	3,9
15	Mundur	1,5	40	Maju	4,0
16	Mundur	1,6	41	Maju	4,1
17	Mundur	1,7	42	Maju	4,2
18	Mundur	1,8	43	Maju	4,3
19	Mundur	1,9	44	Maju	4,4
20	Mundur	2,0	45	Maju	4,5
21	Mundur	2,1	46	Maju	4,6
22	Mundur	2,2	47	Maju	4,7
23	Mundur	2,3	48	Maju	4,8
24	Mundur	2,4	49	Maju	4,9
25	Mundur	2,5	50	Maju	5,0

Setelah melihat hasil pengujian dari Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa untuk membuat katup memberikan tekanan angin ke silinder sehingga silinder dapat bergerak maju membutuhkan tegangan 3,9 sampai 5 volt dari sumber. Sedangkan agar katup memberikan tekanan angin ke silinder pada posisi mundur membutuhkan tegangan sebesar 0 sampai 3,3 volt. Agar katup berada pada posisi tengah membutuhkan tegangan 3,4 sampai 3,8 volt.

4.2 Driver

Driver yang digunakan merupakan driver dengan *type* L298N. Driver *type* L298N disambungkan ke arduino dan oscilloscope untuk pengujian dan mendapatkan data dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Rangkaian *Driver* L298N

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat pin 3 dari arduino terhubung dengan *input* dari driver, untuk sumber driver didapat dari VCC dan ground dari arduino, sedangkan untuk *output* driver terhubung pada *oscilloscope* untuk mendapatkan data gelombang PWM dari pin 3 arduino menggunakan program sebagai berikut :

```
void setup ()  
{  
  pinMode(3,OUTPUT); ]      mengeset agar pin 3 dapat mengirim sinyal  
}  
void loop ()  
{  
  analogWrite(3,100); ]    set nilai PWM pada pin 3 dengan PWM 100
```

```

    delay(1000); ]
    jeda 1 detik
}

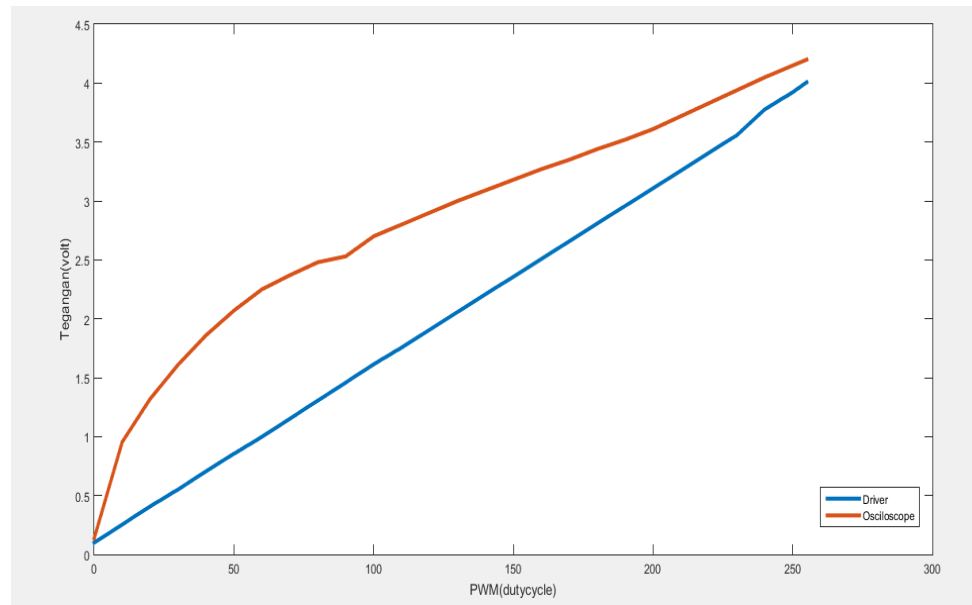
```

Dari program diatas kita dapat menguji coba dan mendapatkan data gelombang PWM, dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian *Driver* L298N

<i>Input Arduino</i>		<i>Vout Driver</i>	
PWM	Dutycycle (%)	Multimeter	Oscilloscope
0	2,76	0,1	0,138
10	19,08	0,254	0,954
20	26,4	0,408	1,32
30	32,2	0,552	1,61
40	37,2	0,705	1,86
50	41,4	0,855	2,07
60	45	0,998	2,25
70	47,4	1,152	2,37
80	49,6	1,306	2,48
90	50,6	1,459	2,53
100	54	1,614	2,7
110	56	1,756	2,8
120	58	1,907	2,9
130	60	2,058	3
140	61,8	2,208	3,09
150	63,6	2,357	3,18
160	65,4	2,508	3,27
170	67	2,658	3,35
180	68,8	2,808	3,44
190	70,4	2,958	3,52
200	72,2	3,108	3,61
210	74,4	3,258	3,72
220	76,6	3,409	3,83
230	78,8	3,558	3,94
240	81	3,778	4,05
250	83	3,923	4,15
255	84	4,008	4,2

Hasil pengukuran *output* driver pada Tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa adanya perbedaan nilai *vout* yang diukur dengan multimeter dengan *vout oscilloscope* dikarenakan adanya perbedaan pengukuran sehingga nilai yang terbaca pun berbeda. Tabel 4.5 jika digambarkan dalam bentuk grafik ditampilkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 5 Grafik *Driver* L298N

Keterangan :

— = *Vout* driver multimeter

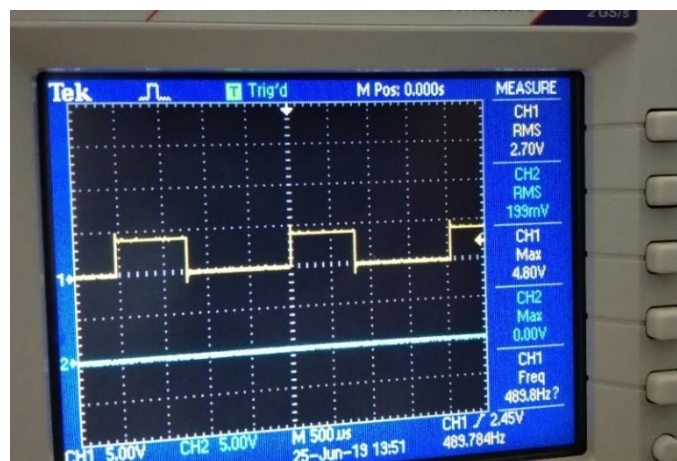
— = *Vout* driver Oscilloscope

Dari Gambar 4.6, Gambar 4.7, Gambar 4.8 dapat simpulkan bahwa semakin besar atau semakin tinggi PWM yang di *input* ke program maka semakin besar juga tegangan *output* yang keluar dari *driver*. Tegangan sumber yang diperoleh dari *input driver* sebesar 5 volt, yang mana pada hasil akhir dari PWM 255 tegangan yang terukur pada multimeter adalah 4,008 volt. Hal ini dikarenakan didalam *driver* mempunyai rangkaian termasuk beban, sehingga *output* yang keluar terpotong oleh beban yang ada di *driver*. Begitu juga dengan hasil

oscilloscope yang terukur, semakin tinggi PWM yang di masukkan ke program semakin tinggi juga tegangan keluaran yang terukur. Dari Gambar 4.6, Gambar 4.7 Gambar 4.8 dapat dilihat antara *output* Arduino dengan hasil yang diukur melalui oscilloscope sudah presisi atau sama. Gambar dari sinyal PWM *output* driver dengan *dutycycle* yang diatur dari Arduino dapat dilihat pada Gambar 4.6, Gambar 4.7, dan Gambar 4.8.



Gambar 4. 6 Gelombang PWM *Vout* Driver dengan duty cycle 41,4%



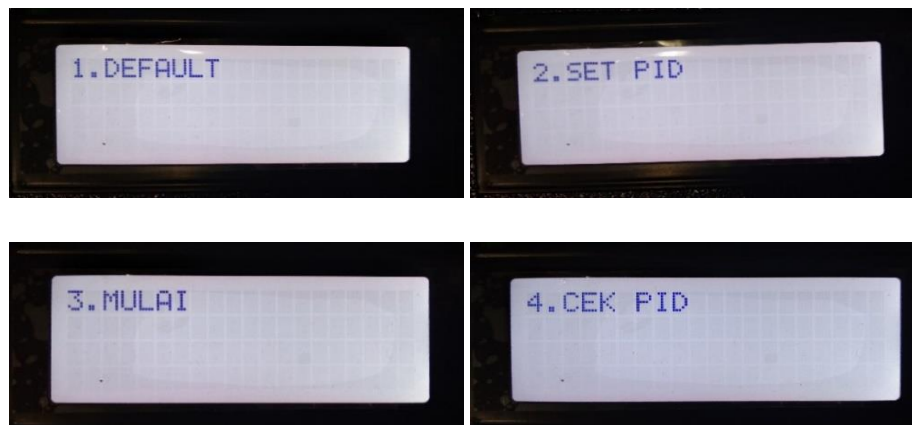
Gambar 4. 7 Gelombang PWM *Vout* driver dengan duty cycle 54%



Gambar 4. 8 Gelombang PWM V_{out} driver dengan duty cycle 63,6%

4.3 LCD dan Keypad

LCD yang digunakan di alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai *setpoint*, KP, KI, dan KD. Fungsi dari *keypad* itu sendiri sebagai masukkan nilai *setpoint*, KP, KI, dan KD. Berikut merupakan tampilan menu pada LCD :



Gambar 4. 9 Tampilan Menu LCD

Dari Gambar 4.9 terdapat keterangan “1. DEFAULT” , “2. SET PID”, “3. MULAI”, dan “4.CEK PID”. Apabila *user* memilih menu “1.DEFAULT” maka menu berikutnya *user* harus menginput “SP” atau *setpoint* yang diinginkan. Setelah menginput “SP” yang diinginkan,menu berikutnya adalah tampilan pada layar LCD berupa nilai dari KP, KI, KD, dan *Setpoint* yang sudah di *input* .

Berikut tampilan sub menu untuk *input Setpoint* seperti pada Gambar 4.10 dan tampilan nilai PID dengan nilai *Setpoint* yang di *input* seperti pada Gambar 4.11.

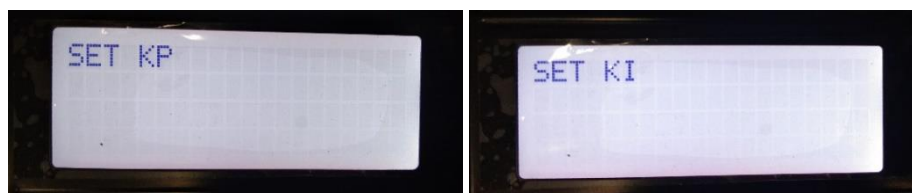


Gambar 4. 10 Sub Menu *Setpoint*



Gambar 4. 11 Tampilan Nilai PID dan *setpoint*

Apabila *user* memilih menu “2. SET PID” maka menu berikutnya *user* diharuskan menginput KP yang diinginkan pada menu “SET KD”. Setelah menginput KP, menu berikutnya *user* harus menginput KI pada menu “SET KI”. Setelah itu *user* akan masuk pada menu “SET KD” dimana *user* akan menginput KD yang diinginkan. Dan yang terakhir menu “SET SP” disini *user* dianjurkan untuk menginput *Setpoint* yang diinginkan. Setelah menginput KP, KI, KD, dan SP yang diinginkan, menu tampilan berikutnya menampilkan nilai dari hasil *inputan user* untuk memastikan benar atau tidaknya nilai yang di *input user*. Berikut tampilan sub menu *input* PID dan *Setpoint* seperti pada Gambar 4.12 dan tampilan nilai PID dengan nilai *Setpoint* yang di *input* seperti pada Gambar 4.13.





Gambar 4. 12 Sub Menu *Input* PID dan *Setpoint*



Gambar 4. 13 Tampilan Nilai yang di *Input*

Bila *user* memilih menu “3. MULAI” maka tampilan menu berikutnya adalah tampilan pada layar LCD berupa nilai dari KP, KI, KD, dan *Setpoint* seperti pada Gambar 4.14. Dan bila *user* memilih menu “4. CEK PID” *user* akan melihat layar LCD menampilkan nilai dari *input* KP, KI, KD, dan *Setpoint* seperti pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Tampilan Nilai PID dan *Setpoint*

Adapun kegunaan *keypad* adalah untuk menginput nilai KP, KI, dan KD. Setiap tombol pada *keypad* mempunyai fungsi tersendiri, seperti tombol huruf “A” berfungsi sebagai tombol *up* pada sub menu dan pembagi angka 10 saat *input* nilai PID. Tombol huruf “B” berfungsi untuk tombol *down* pada sub menu dan pembagi angka 100 saat *input* nilai PID. Tombol huruf “C” berfungsi untuk pembagi angka 1.000 pada saat *input* nilai PID. Tombol huruf “D” berfungsi sebagai enter pada sub menu, yang terakhir adalah tombol “*” berfungsi sebagai

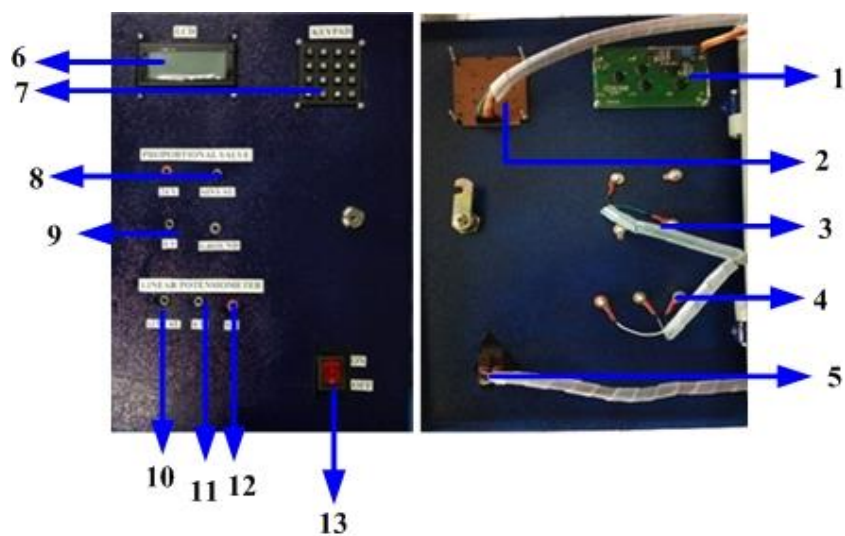
tombol *enter* pada saat menginput nilai PID, *setpoint*, dan juga sebagai tombol *reset*.



Gambar 4. 15 Keypad

4.4 Tata Letak Komponen Pada Box

Penempatan tata letak komponen pada *box* berguna untuk mengetahui letak komponen dan mengetahui komponen apa saja yang digunakan pada *box*. Berikut tata letak komponen pada *box* :



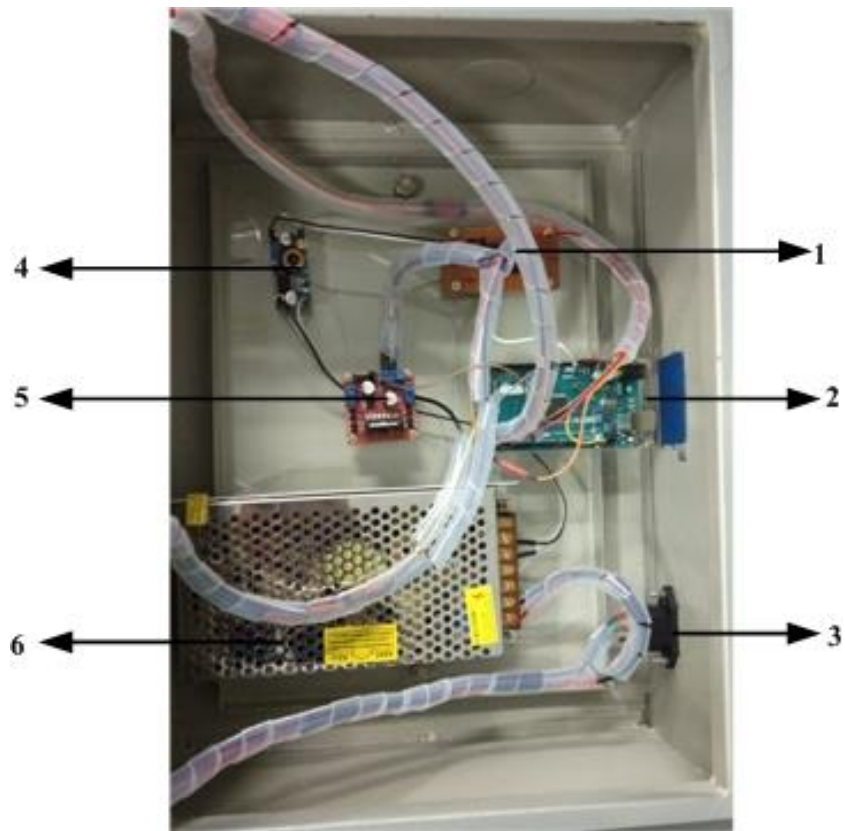
Gambar 4. 16 Box Tampak Depan dan belakang

Keterangan :

- 1 = LCD tampak belakang
- 2 = Keypad tampak belakang
- 3 = *5/3 proportional valve*
- 4 = Linier potensiometer
- 5 = *On/off* tampak belakang
- 6 = LCD tampak depan
- 7 = Keypad tampak depan
- 8 = Sinyal *5/3 proportional valve*
- 9 = *0 volt 5/3 proportional valve*
- 10 = Sinyal linier potensiometer
- 11 = *0 volt* linier potensiometer
- 12 = *5 volt* linier potensiometer
- 13 = *On/off*



Gambar 4. 17 *Box* Tampak Samping

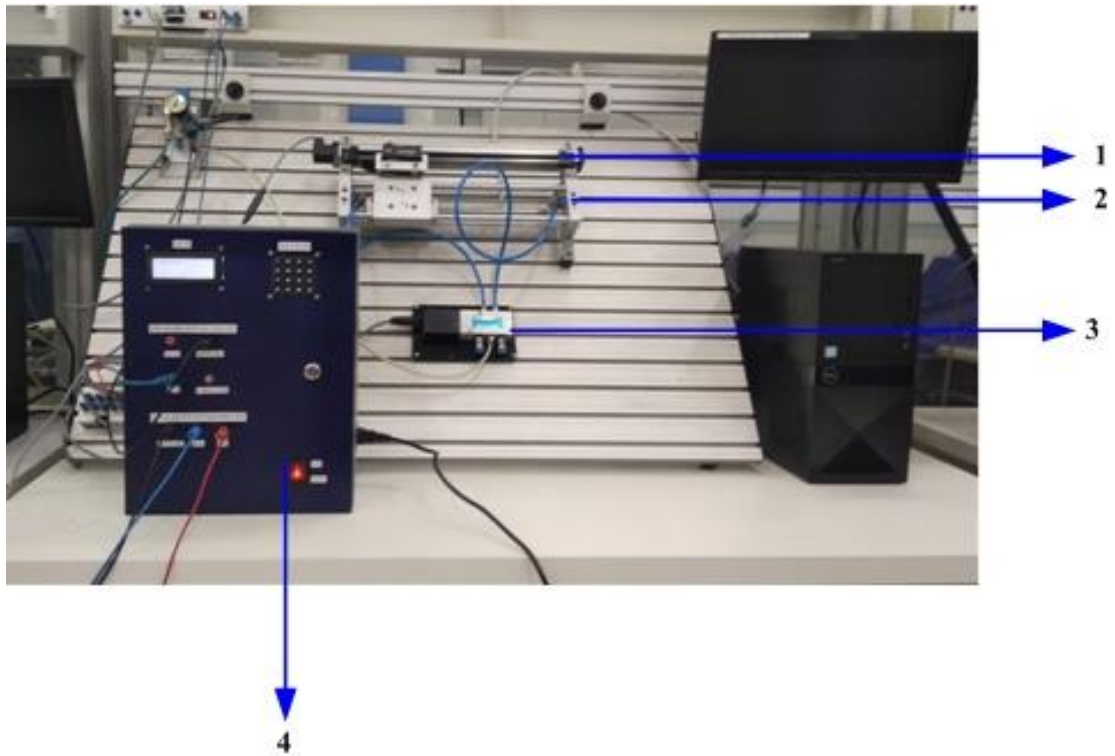


Gambar 4. 18 Isi Dalam *Box*

Keterangan :

- 1 = *Pin header*
- 2 = *Arduino Mega 2560*
- 3 = *Sumber*
- 4 = *Regulator*
- 5 = *Driver L298N*
- 6 = *Power supply*

Setelah mengetahui tata letak komponen dari *box*, yang harus diketahui selanjutnya yaitu setelah itu ialah *set-up* alat atau penempatan komponen seperti silinder dan linier potensiometer, *5/3 proportional valve*, dan *box* kontrol seperti pada Gambar 4.19



Gambar 4. 19 *Set Up* Alat

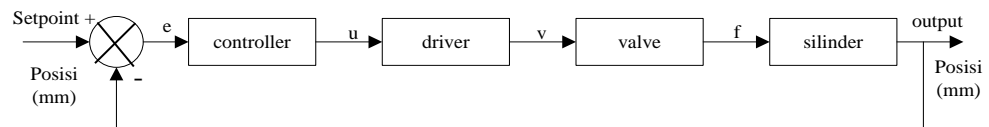
Keterangan :

- 1 = Linier potensiometer
- 2 = silinder
- 3 = *5/3 proportional valve*
- 4 = *Box* kontrol

4.5 Pengaturan Posisi Menggunakan *On / Off* Kontroler

On / off kontroler merupakan kontrol yang mengatur pergerakan silinder menuju titik yang diinginkan dengan kecepatan yang sama. Silinder akan bergerak maju jika posisi yang diinginkan belum tercapai, bergerak mundur jika telah melewati posisi yang diinginkan, dan berhenti pada titik yang diinginkan. Kecepatan pergerakan silinder dengan *on/off* kontroler ini menggunakan satu

variabel nilai *dutycycle*. Dalam sistem *on / off* kontroler digunakan PWM sebagai penggerak silinder untuk maju, berhenti, dan mundur. Pada Gambar 4.20 dan 4.21 dapat dilihat blok diagram dan flowchart kontroler.



Gambar 4. 20 Blok Diagram Kontrol

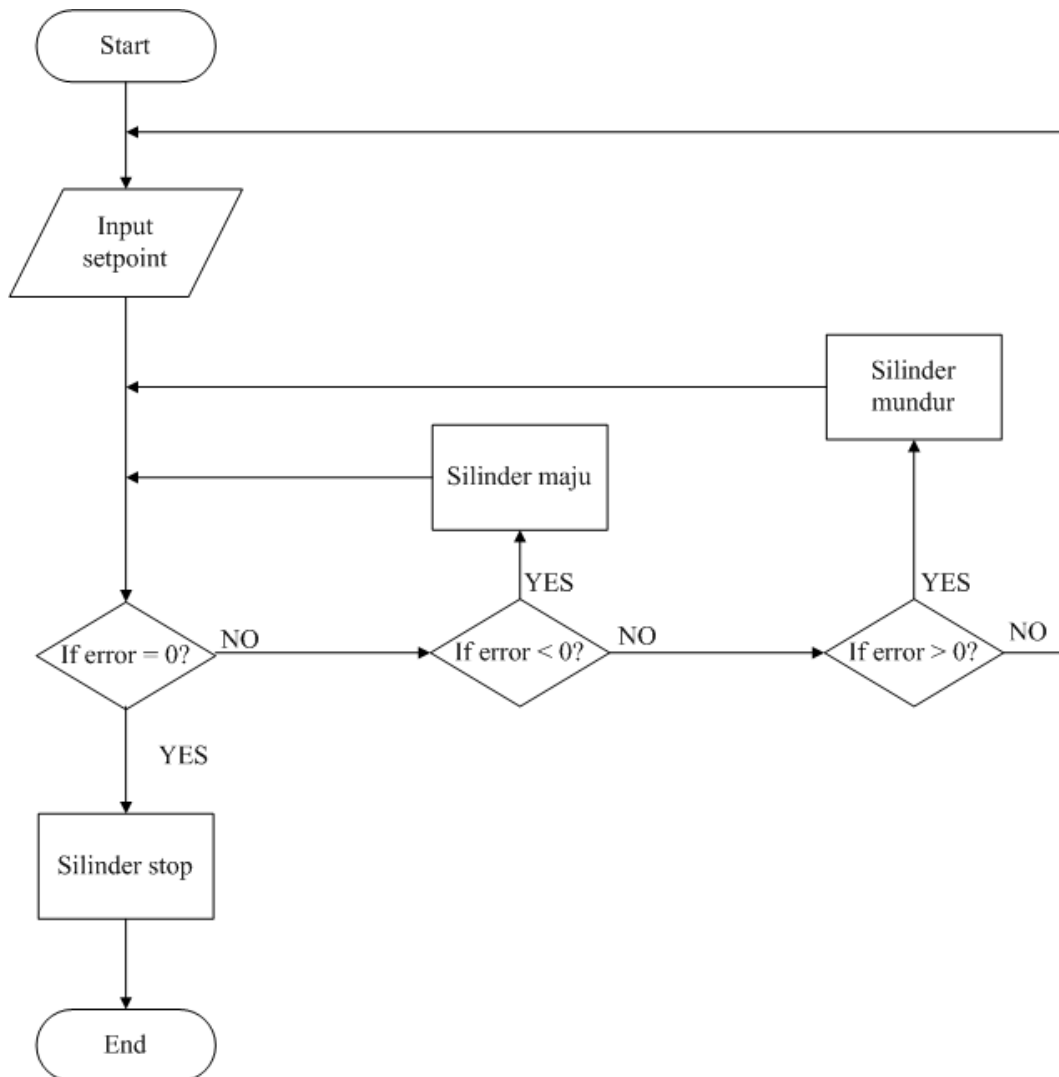
Keterangan :

$e = error(setpoint-output)$

$u = PWM$

$v = tegangan$

$f = fluida(angin)$

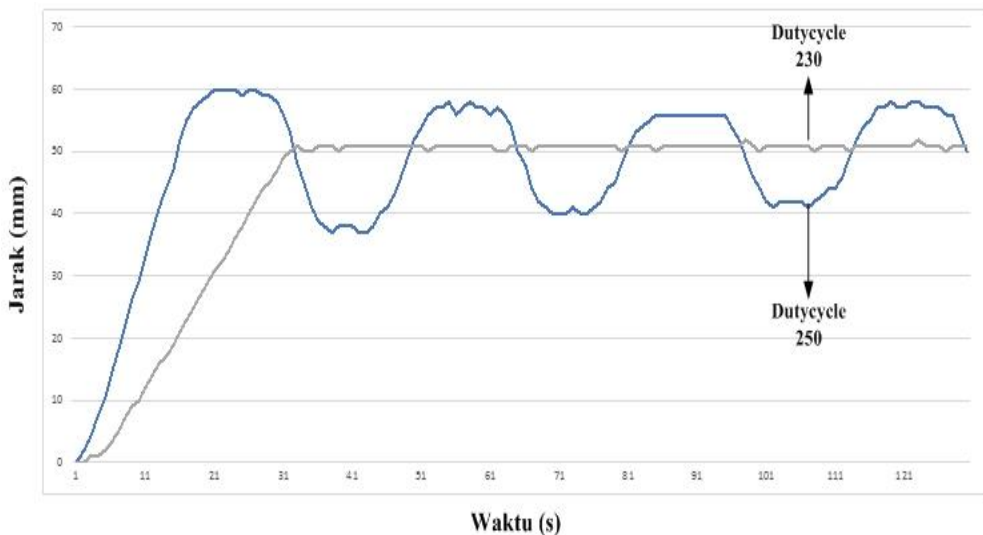


Gambar 4. 21 Flowchart Kontroler

Dari Gambar 4.21 dapat dilihat bahwa jika *error* lebih dari 0 maka silinder akan maju menggunakan *dutycycle* 210, jika *error* sama dengan 0 maka silinder akan berhenti dengan menggunakan PWM 190, dan jika *error* lebih besar dari 0 maka silinder akan mundur dengan menggunakan PWM 170. program yang digunakan dapat dilihat dibawah ini:

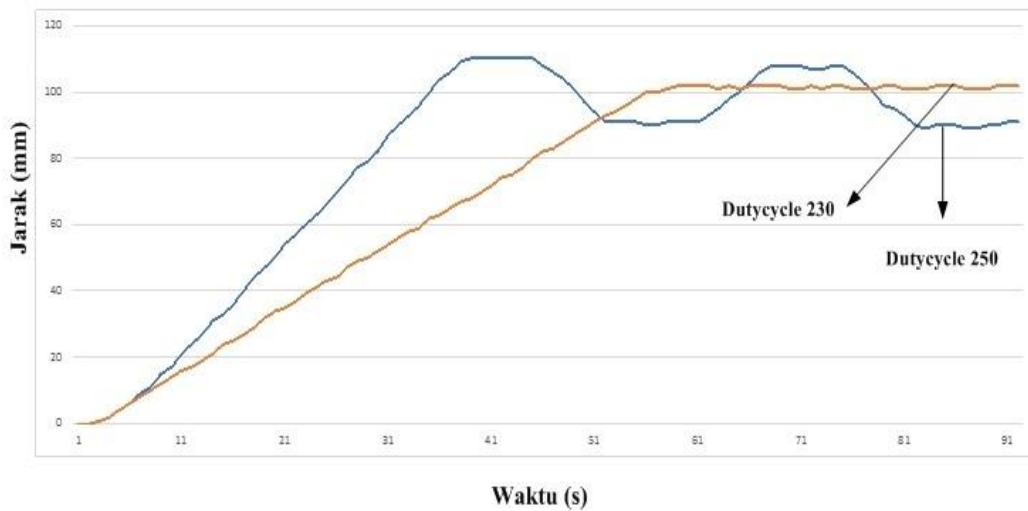
<code>if(jrk<setpoint)]</code>	jika jrk kurang dari setpoint maka
<code>{</code>	
<code> int dutycycle=210;]</code>	integer duty cycle menggunakan nilai pwm sebesar 210
<code> }</code>	
<code> analogWrite(pin_motor,dutycycle);]</code>	memberi perintah agar silinder dapat maju
<code> }</code>	
<code>if(jrk>=setpoint-5&&jrk<=setpoint+5)]</code>	jika jrk lebih dari setpoint -5 dan jrk kurang dari setpoint+5 maka
<code>{</code>	
<code> analogWrite(pin_motor,190);]</code>	pergerakan silinder berhenti dengan menggunakan PWM 190
<code> }</code>	
<code>if(jrk>setpoint+5)]</code>	jika jrk lebih dari setpoint +5 maka
<code>{</code>	
<code> int dcmundur=170;]</code>	integer dcmundur dengan PWM 170
<code> }</code>	
<code> analogWrite(pin_motor,dcmundur);]</code>	memberi perintah silinder mundur
<code> }</code>	

Adapun grafik dari respon gerakan silinder dengan menggunakan *on / off* kontroler dengan *setpoint* 50 mm dan *duty cycle* yang berbeda dapat ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Grafik Jarak 50 mm

Pada Gambar 4.23 ini merupakan grafik dari *on / off* kontroler menggunakan PWM 230 dan 250 dengan *setpoint* 100 mm.



Gambar 4. 23 Grafik *setpoint* 100 mm

Ket =
 — = PWM 230
 — = PWM 250

Seperti pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23, pengambilan data awal menggunakan PWM 230 dan 250. Hal ini dikarenakan pada PWM 230 merupakan PWM yang menggerakkan silinder agar maju dan bergerak secara lambat, sedangkan PWM 250 menggerakkan silinder maju dan bergerak secara cepat. Dari grafik juga kita dapat melihat saat PWM 230 pergerakan silinder bergerak dengan lambat dan mencapai *setpoint* yang diinginkan tanpa osilasi. Hal ini dikarenakan pada PWM 230 silinder bergerak dengan pelan sehingga kemungkinan silinder osilasi itu kecil. Sedangkan saat PWM 250 silinder bergerak secara cepat dan membuat osilasi sebelum sampai pada titik *setpoint*. Hal ini dikarenakan pergerakan silinder yang terlalu cepat tidak dapat tertanggap oleh sensor sehingga terjadi osilasi.

4.6 Pengaturan Posisi Menggunakan P Kontroler

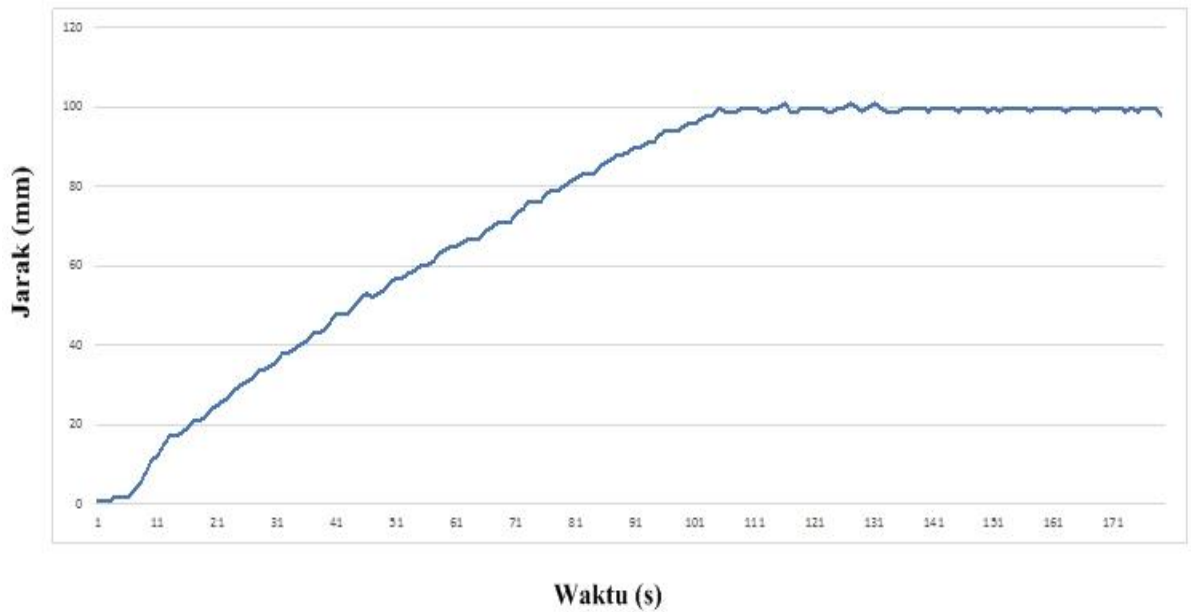
P kontroler merupakan bagian dari PID kontroler yang bertanggung jawab pada nilai *error* yang terjadi saat ini. Berikut merupakan program P kontroler yang digunakan untuk memajukan silinder :

```
{
  eror = setpoint-jrk; ]      nilai eror sama dengan nilai setpoint-jrk
  proporsional = kp*error; ]  nilai proporsional sama dengan nilai kp dikali eror
  p = proporsional/4.2; ]     nilai p sama dengan nilai proporsional dibagi sistem
  int dutycycle=210+p; ]     integer dutycycle menggunakan nilai PWM 210 di tambah
                             dengan nilai P
  if(dutycycle>255) ]        jika nilai dutycycle lebih dari PWM 255 maka
  {
    dutycycle=255; ]         nilai dutycycle sama dengan PWM 255
  }
}
```

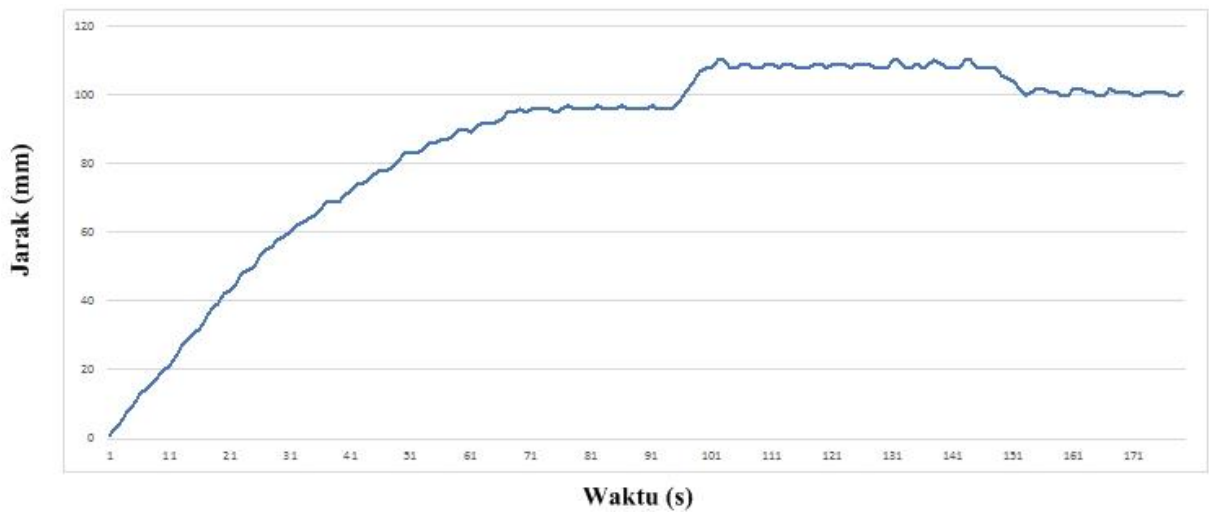
Sedangkan program P kontroler untuk memundurkan silinder menggunakan program berikut :

```
{
  eror = setpoint-jrk; ]      nilai eror sama dengan nilai setpoint-jrk
  proporsional = kp*error; ]  nilai proporsional sama dengan nilai kp dikali eror
  p = proporsional/(-1.05); ] nilai p sama dengan nilai proporsional dibagi sistem
  int dutycycle=170-p; ]     integer dutycycle adalah menggunakan nilai PWM 170 di
                             kurang dengan nilai P
  if(dutycycle<0) ]          jika nilai dutycycle kurang dari PWM 0 maka
  {
    dutycycle=0; ]           nilai dutycycle sama dengan PWM 0
  }
}
```

Pada Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 menampilkan grafik dari penggunaan P kontroler pada sistem yang digunakan dengan menggunakan KP bernilai 0,5 dan 1,5 pada *setpoint* 100 mm.



Gambar 4. 24 Grafik respon KP 0,5



Gambar 4. 25 Grafik respon KP 1,5

Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 merupakan grafik dari nilai P, pada Gambar 4.24 menggunakan KP 0,5 dan grafik yang paling bawah menggunakan KP 1,5. Pada Gambar 4.25 dapat dilihat perbedaan antara KP yang 0,5 dengan KP 1,5.

Pada penggunaan KP 0,5 gerak silinder bergerak dengan lambat namun mencapai titik *setpoint*, sedangkan pada penggunaan KP 1,5 terjadi osilasi walau kecil. Hal ini dikarenakan saat KP 0,5 gerakan silinder yang lambat membuat gerakan silinder mudah terbaca oleh sensor, sedangkan saat penggunaan KP 1,5 silinder bergerak cepat, sehingga sensor agak kesulitan membaca pergerakan dari silinder dan terjadilah osilasi. Semakin besar KP yang diberikan maka osilasi yang terjadi akan semakin besar.

4.7 Pengaturan Posisi Menggunakan PI Kontroler

Pi kontroler merupakan bagian dari PID kontroler, disini P yang bertanggung jawab pada nilai *error* yang terjadi sebelumnya. Berikut merupakan program PI kontroler yang digunakan untuk memajukan silinder :

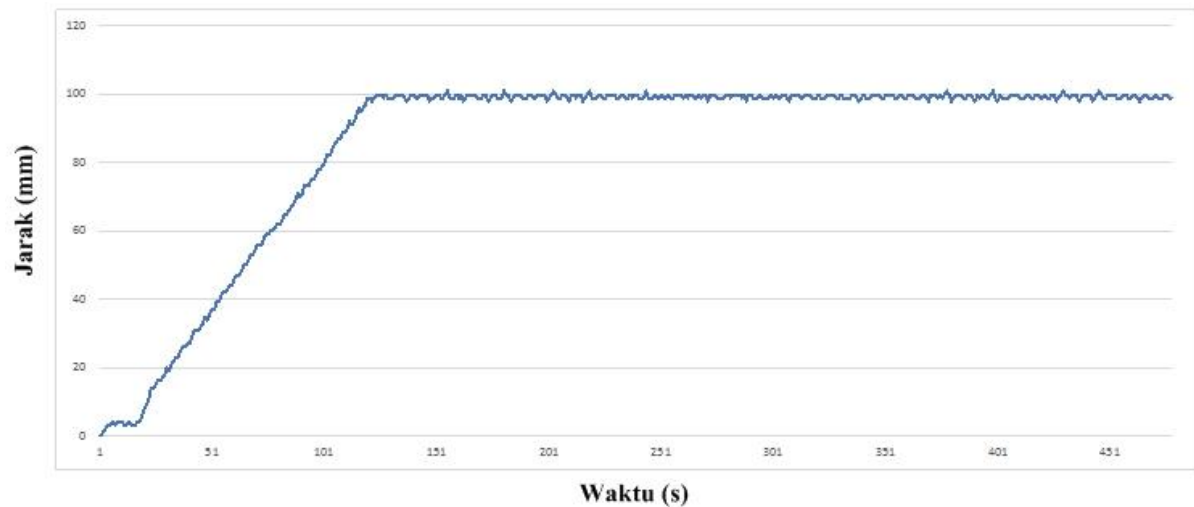
<code>{</code>	
<code>float pi;]</code>	deklarasi pi
<code>error = setpoint-jrk;]</code>	nilai eror sama dengan nilai setpoint kurang jrk
<code>proporsional = kp*error;]</code>	nilai proporsional sama dengan nilai kp dikali eror
<code>integral = integral+(error*ki);]</code>	nilai integral sama dengan nilai integral ditambah dengan nilai eror yang sudah di kali nilai ki
<code>integral ± integral;]</code>	menjumlahkan nilai integral
<code>pi = (proporsional+integral)/4.2;]</code>	nilai pi sama dengan nilai proporsional ditambah integral dibagi sistem.
<code>int dutycycle=210+pi;]</code>	integer dutycycle menggunakan PWM 210 ditambah nilai pi untuk memajukan silinder.
<code>if(dutycycle>255)]</code>	jika dutycycle lebih dari 255 maka
<code>{</code>	
<code>dutycycle=255;]</code>	nilai nya sama dengan 255
<code>}</code>	

Sedangkan program PI kontroler untuk memundurkan silinder menggunakan program berikut :

<code>{</code>	
<code>float pi;]</code>	deklarasi pi
<code>error = setpoint-jrk;]</code>	nilai eror sama dengan nilai setpoint kurang jrk
<code>proporsional = kp*error;]</code>	nilai proporsional sama dengan nilai kp dikali eror

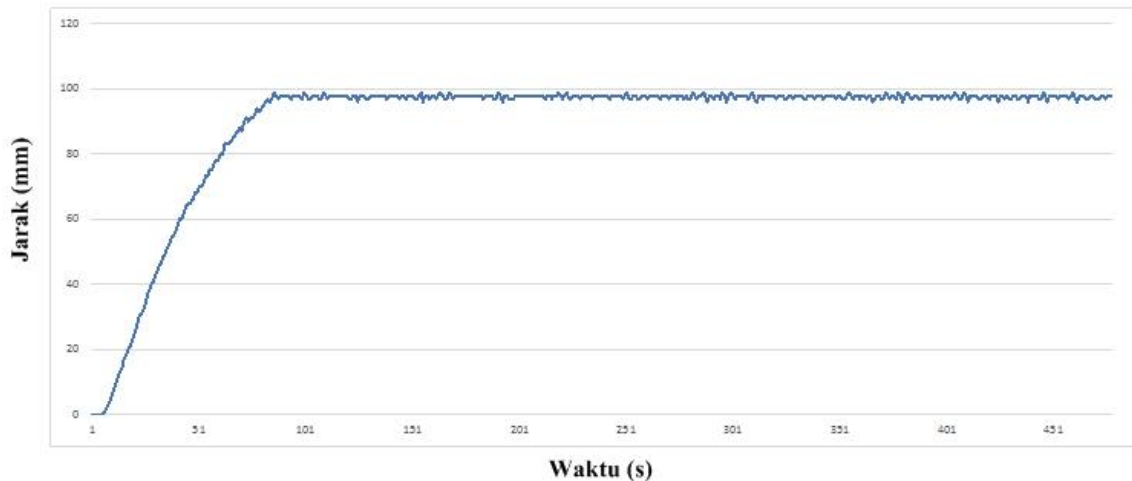
$integral = integral + (error * ki);$]	nilai integral sama dengan nilai integral ditambah dengan nilai eror yang sudah di kali nilai ki menjumlahkan nilai integral
$integral \pm integral;$]	
$pi = (proporsional + integral) / (-1.05);$]	nilai pi sama dengan nilai proporsional ditambah integral dibagi sistem.
$int\ dutycycle = 170 - pi;$]	integer dutycycle menggunakan PWM 170 dikurang nilai pi untuk memundurkan silinder
$if(dutycycle < 0)$ { $dutycycle = 0;$] }	jika dutycycle lebih dari 0 maka nilai nya sama dengan 0

Pada Gambar 4.26 menampilkan grafik dari penggunaan PI kontroler pada sistem yang digunakan dengan menggunakan KP bernilai 0,5 dengan nilai KI nya 0,006 dan pada *setpoint* 100 mm.



Gambar 4. 26 Grafik respon KP 0,5 dan KI 0,006

Pada Gambar 4.27 menampilkan grafik dari penggunaan PI kontroler pada sistem yang digunakan dengan menggunakan KP bernilai 1,5 dengan nilai KI nya 0,006 dan pada *setpoint* 100 mm.



Gambar 4. 27 Grafik respon KP 1,5 dan KI 0,006

Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 merupakan grafik dari PI, Gambar 4.26 menggunakan KP 0,5 dan KI 0,006 . Pada Gambar 4.27 menggunakan KP 1,5 dan KI 0,006. Tidak jauh berbeda dengan data nilai P, grafik yang ditunjukkan pada data menggunakan PI ini pergerakan silindernya lebih halus dan tidak ada osilasi saat KP 1,5 dimasukkan.

4.8 Pengaturan Posisi Menggunakan PID Kontroler

Kontroler PID merupakan kontroler yang secara berulang menghitung nilai *error* atau kesalahan yang terjadi antara *setpoint* yang diinginkan dengan jarak yang terukur sekarang. Disini D bertanggung jawab untuk nilai *error* yang akan datang, berikut program PID yang digunakan untuk memajukan silinder :

<code>{</code>	
<code>float pi;] deklarasi pi</code>	
<code>float pid;] deklarasi pid</code>	
<code>error = setpoint-jrk;]</code>	nilai eror sama dengan nilai setpoint kurang jrk
<code>proporsional = kp*error;]</code>	nilai proporsional sama dengan nilai kp dikali eror
<code>integral = integral+(error*ki);]</code>	nilai integral sama dengan nilai integral ditambah dengan nilai eror yang sudah di kali nilai ki
<code>integral ± integral;]</code>	menjumlahkan nilai integral
<code>derivatif = (integral-eror)*kd;]</code>	nilai derivatif sama dengan nilai integral yang sudah dikurang eror dan dikali nilai kd
<code>pid = (proporsional+integral+derivatif)/4.2;]</code>	nilai pid sama dengan nilai proporsional ditambah integral ditambah derivatif dan dibagi dengan sistem
<code>int dutycycle=210+pid;]</code>	integer dutycycle menggunakan PWM 210 ditambah nilai pid untuk memajukan silinder.
<code>if(dutycycle>255)]</code>	jika dutycycle lebih dari 255 maka
<code>{</code>	
<code> dutycycle=255;]</code>	nilai nya sama dengan 255
<code>}</code>	

Sedangkan program PID kontroler untuk memundurkan silinder menggunakan program berikut :

<code>{</code>	
<code>float pi;]</code>	deklarasi pi
<code>float pid;]</code>	deklarasi pid
<code>error = setpoint-jrk;]</code>	nilai eror sama dengan nilai setpoint kurang jrk
<code>proporsional = kp*error;]</code>	nilai proporsional sama dengan nilai kp dikali eror
<code>integral = integral+(error*ki);]</code>	nilai integral sama dengan nilai integral ditambah dengan nilai eror yang sudah di kali nilai ki
<code>integral ± integral;]</code>	menjumlahkan nilai integral

```
derivatif = (integral-error)*kd; ]
```

nilai derivatif sama dengan nilai integral yang sudah dikurang eror dan dikali nilai kd

```
integral=error; ]
```

nilai integral sama dengan nilai eror

```
pid = (proporsional+integral+derivatif)/ (-1.05); ]
```

nilai pid sama dengan nilai proporsional ditambah integral ditambah derivatif dan dibagi dengan sistem

```
int dutycycle=170-pid; ]
```

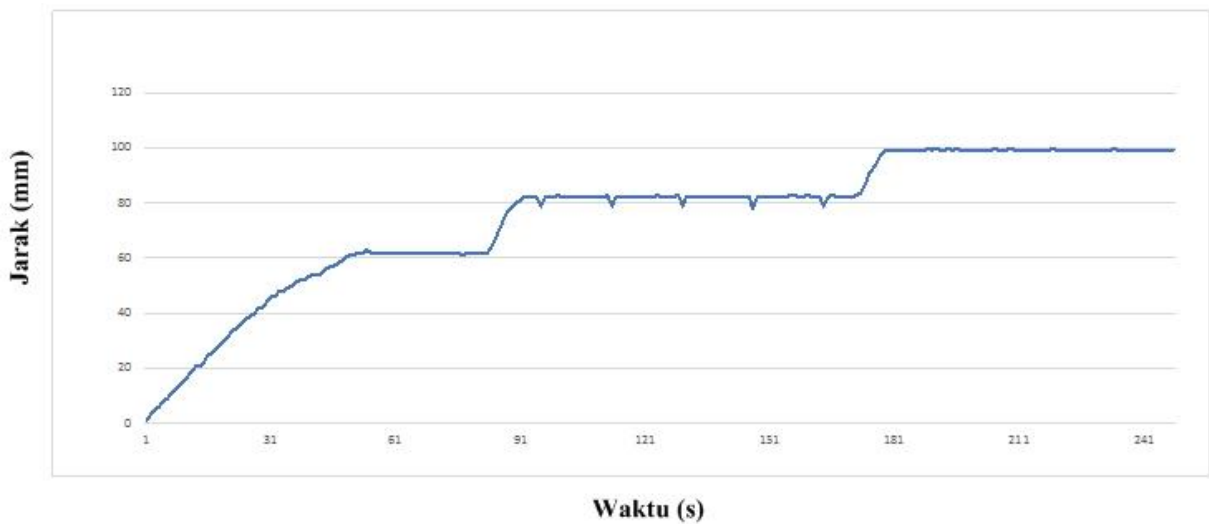
integer dutycycle menggunakan PWM 170 dikurang nilai pid untuk memundurkan silinder.

```
if(dutycycle>0) ]  
{  
  dutycycle=0; ]  
}
```

jika dutycycle lebih dari 0 maka

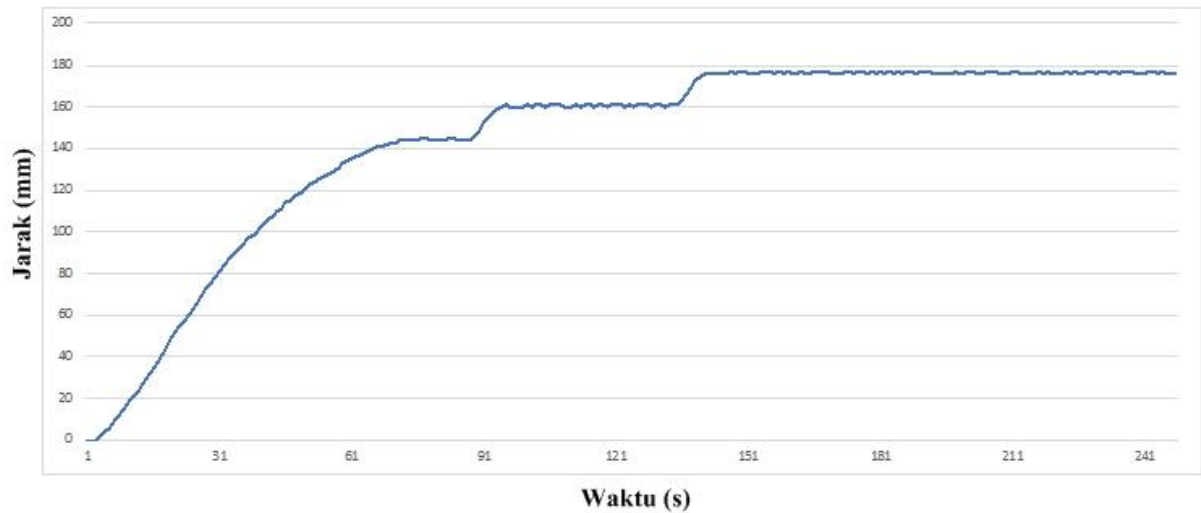
nilai nya sama dengan 0

Pada Gambar 4.28 menampilkan grafik dari penggunaan PID kontroler pada sistem yang digunakan dengan menggunakan KP bernilai 0,5, nilai KI nya 0,2 dan nilai KD nya 0,1 dengan setpoint 100 mm.



Gambar 4. 28 Grafik respon KP 0,5, KI 0,2 dan KD 0,1 dengan *setpoint* 100 mm

Pada Gambar 4.29 menampilkan grafik respon dari penggunaan PID kontroler pada sistem dengan menggunakan KP bernilai 0,5, nilai KI nya 0,2 dan nilai KD nya 0,1 dengan *setpoint* 180 mm.



Gambar 4. 29 Grafik respon KP 0,5, KI 0,2 dan KD 0,1 dengan *setpoint* 180 mm

Pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29 merupakan grafik dari PID yang mana nilai dari P, I, dan D di jumlah dan dibagi sistem yang digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29 menggunakan KP 0,5, KI 0,2, dan KD 0,1. Bentuk grafik atas terdapat cekungan dikarenakan silinder yang maju cepat akan melambatkan kecepatannya bila sudah mendekati titik *setpoint* yang di *input*, semakin mendekat maka kecepatan silinder akan semakin pelan hingga mencapai titik *setpoint*. Begitu juga dengan grafik yang ada dibawahnya, pergerakan silinder yang cepat akan melambat bila hampir mencapai *setpoint* yang diinginkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari proses pembuatan proyek akhir ini didapatkan beberapa pengetahuan dan wawasan yang dilakukan baik itu secara teori maupun praktik. Berdasarkan dari bab sebelumnya didapatkan kesimpulan dan saran sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

Dari proyek akhir yang berjudul pengontrolan posisi servo pneumatik diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat ini digunakan untuk mengontrol pergerakan silinder sesuai dengan *setpoint* dengan resolusi minimal 15 mm.
2. Terdapat perbedaan Tegangan kerja *proportional valve* pada *datasheet* dengan katup yang digunakan sekarang. Pada *datasheet* tegangan yang digunakan untuk memundurkan, memajukan, dan posisi *stop* silinder adalah 0-4,9 *volt*, 5,1-10 *volt*, dan 5 *volt*, sedangkan dengan kondisi katup sekarang tegangan yang digunakan adalah 0-3,3 *volt*, 3,9-5 *volt*, dan 3,4-3,8 *volt*. Perbedaan data antara uji coba dengan *datasheet* kemungkinan disebabkan oleh alat yang sudah lama tidak digunakan.
3. Pada proyek akhir ini nilai KP, KI, dan KD yang digunakan adalah 0,5, 0,2, dan 0,1 karena menghasilkan respon yang paling baik dengan *overshoot* nya 0%, *steady state* 5 mm, dengan *rise time* 98 s, dan *settling time* 3,62 s.
4. Pengontrolan posisi servo pneumatik ini dipakai untuk alat praktikum dan menambah peralatan praktikum di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

5.2 Saran

Alat ini masih belum cukup presisi dan perlu disempurnakan dikarenakan pergerakan silinder saat mundur terlalu cepat sehingga sensor tidak bisa membaca

gerak silinder secara cepat. Saran dari tugas akhir ini agar menggunakan komponen yang responnya lebih cepat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. collins, "servo pneumatic (not an oxymoron)," maxon, 31 agustus 2016. [Online]. Available: <http://www.liniermotiontips.com/servo-pneumatics-not-an-oxymoron>.
- [2] E. H. SkorinaID1, "Reverse pneumatic artificial muscles (rPAMs):," *Reverse pneumatic artificial muscles (rPAMs)*;, vol. 13, no. 10, p. 24, 2018.
- [3] A. Teknologi, "komponen komponen sistem pneumatik," 17 april 2014. [Online]. Available: <http://artikel-teknologi.com/komponen-komponen-sistem-pneumatik-3/>. [Accessed 15 april 2019].
- [4] C. B. Cao Junyi, "Mathematical Problems in Engineering," *Fractional-Order Control of Pneumatic Position Servosystems*, vol. 2011, p. 14, 2011.
- [5] R. H. H. W. R. M. W. Thatcher, "springer link," *Advances in Manufacturing Technology*, 2019. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4757-1355-8_31.
- [6] P.Laski, "Design of pneumatic proportional flow valve type 5/3," *Design of pneumatic proportional flow valve type 5/3*, vol. 4, p. 1, 2017.
- [7] FESTO, "5/3 way proportional valve," FESTO Didactic GmbH & Co, april 2001. [Online]. Available: <https://translate.google.com/translate>. [Accessed 2019].
- [8] anonim, "Festo AG & Co. KG," [Online]. Available: <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/online>. [Accessed 16 5 2019].
- [9] WAUCON, "linear potentiometer," [Online]. Available: <https://www.waycon.biz/products/linear-potentiometers/>. [Accessed 2019].
- [10] M. Keynes. [Online]. Available: <https://www.strainsense.co.uk/sensors/position/linear-potentiometers/>.
- [11] N. G. Raghavendra Rao KANCHI, "Design and Development of an Embedded System for Testing the Potentiometer Linearity," 2010.

- [Online]. Available: <https://doaj.org/article>.
- [12] p. S. Y. Yurish, "Sensors & Transducers," *Sensors & Transducers*, vol. 84, no. 10, 2007.
- [13] D. Kho, "Rumus dan Rangkaian Pembagi Tegangan (Voltage Divider)," 4 juni 2019. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/rumus-rangkaian-pembagi-tegangan-voltage-divider-resistor/>.
- [14] P. E. Permana, "PID (Proportional-Integral-Derivative) Controller," 21 november 2013. [Online]. Available: <https://putraekapermana.wordpress.com/2013/11/21/pid/>.
- [15] "pid," wikipedia, [Online]. Available: <https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Pid-feedback-nct-int-correct.png>.
- [16] rendhitaufiqakbar, "driver L298N," 2019. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/user/241438337/rendhitaufiqakbar>.
- [17] "robotshop," [Online]. Available: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>.
- [18] "HITACHI," [Online]. Available: https://www.e-radionica.com/productdata/Systronix_20x4_lcd_brief_data.pdf.
- [19] "components101," [Online]. Available: <https://components101.com/misc/4x4-keypad-module-pinout-configuration-features-datasheet>.
- [20] "Linear drive units DGO," [Online]. Available: <https://www.festo.com/media/pim/028/D15000100122028.PDF>.