

## REALISASI MODUL KENDALI POSISI DENGAN PID UNTUK Mendukung PRAKTIKUM DASAR SISTEM KONTROL

### REALIZATION OF POSITION CONTROL MODULES WITH PID TO SUPPORT BASIC CONTROL SYSTEM PRACTICUM

Harry Wijaya Fauzi, Dr. Erwin Susanto, ST., MT., IG. Prasetya Dwi Wibawa, ST., MT.

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

[harrywijavaf@students.telkomuniversity.ac.id](mailto:harrywijavaf@students.telkomuniversity.ac.id)

---

#### Abstrak

Tugas Akhir ini telah berhasil merealisasikan modular servo system yang bisa digunakan sebagai kit praktikum. Kit Praktikum ini digunakan untuk melakukan kontrol posisi yang akan dikendalikan menggunakan sebuah motor DC yang akan dikopel pada sebuah generator DC. Pada saat melakukan kontrol posisi, saya harus mengetahui plant yang akan dikontrol. Dalam hal ini, plant yang dikontrol adalah motor dan sensor roda sebagai pendeteksi posisi. Desain yang diinginkan adalah menginginkan perubahan posisi motor dapat tepat waktu atau error steady state bernilai nol. Selain itu saya menginginkan motor dapat dikontrol yang mendapat pengaruh dari luar dengan error steady state mendekati nol. Maka diperlukan penambahan kontroler yang tepat sehingga dapat menghasilkan sistem yang diinginkan seperti PID yang memiliki sifat menghilangkan error steady state, mempercepat rise time, menambah settling time, dan memperkecil overshoot. Pada praktikum juga terdapat LabVIEW sebagai perangkat lunak komputer untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data kendali instrumentasi.

---

#### Abstract

This final project has been successful in realizing a modular servo system that can be used as a lab kit. Lab Kit is used to controlling the position of controlled using a DC motor and coupled to a DC generator. At the time of position control, I need to know the plant to be controlled. In this case, a plant that control is motor and wheel sensor as position detection. The desired design is a change in position of the motor can be timely or error steady state is zero. Furthermore, I want the motor can be controlled under the influence from outside with the steady state error close to zero. This requires additional the proper controller, so it can produce the desired system such as PID which has characteristic eliminates error steady state, accelerating the rise time, increase turnaround time, and minimize overshoot. In the lab, there is also a LabVIEW as computer software for processing and visualization of data in the field of data acquisition instrumentation control.

---

#### 1. Pendahuluan

Pada kit praktikum seperti Modular servo system telah dirancang modul praktikum seperti kontrol kecepatan tanpa PID dan dengan PID serta kontrol kecepatan posisi tanpa PID. Hasil kendali posisi tanpa PID berdasarkan percobaan pada praktikum menunjukkan bahwa respon sistem yang diterima belumlah stabil pada parameter tertentu sehingga peran PID yang berguna untuk menstabilkan suatu error pada parameter tertentu sangat di perlukan untuk membantu sistem kerja kendali posisi.

Kecepatan putaran motor yang kurang optimal juga menjadi permasalahan dalam praktikum modul kendali posisi dimana respon sistem hanya memiliki waktu yang sedikit pada kondisi stabil sehingga masih terdapat kemungkinan bahwa kendali posisi tersebut akan terdapat error.

Pada tugas akhir ini dibuat Modular servo system yang terdiri dari beberapa peralatan seperti Power supply, Operational Amplifier (Op-Amp) Unit, Attenuator Unit, Servo Amplifier, Motor DC dimana motor akan di optimalkan kecepatannya pada parameter tertentu, Reduction Gear Tacho Analog Units, Input potensiometer & Output potensiometer, Pre-Amp unit, PID Analog Unit.

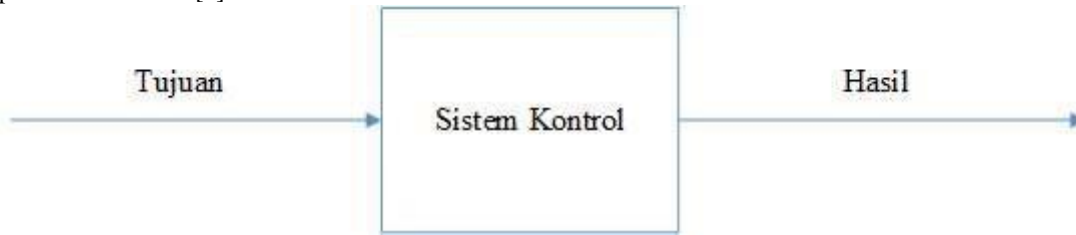
#### 2. Dasar Teori

##### 2.1 Dasar Sistem Kontrol

Sistem kontrol atau sistem kendali dapat didefinisikan sebagai suatu alat atau kumpulan alat untuk mengendalikan, memerintah dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Istilah sistem kontrol sangat banyak ditemukan pada kegiatan masyarakat yang mana untuk mencapai suatu tujuan tertentu kita harus mengatur, memerintah dan mengendalikan suatu sistem yang kita kerjakan. Dalam proses bidang industri, proses manufaktur memiliki sejumlah tujuan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Komponen dasar sistem kontrol sebagai berikut:

1. Tujuan kendali
2. Komponen sistem kendali
3. Hasil atau keluaran

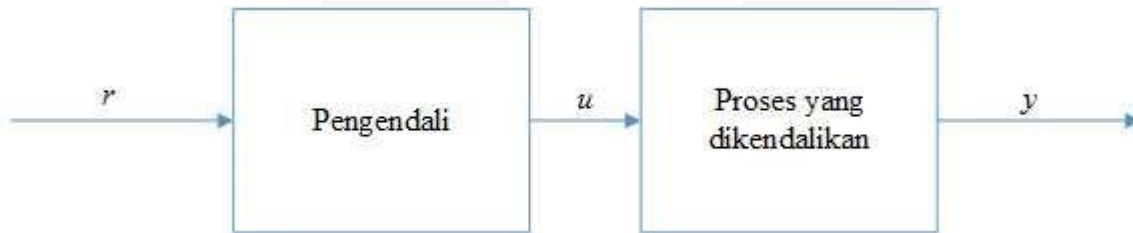
Dalam hal teknis, tujuan dapat dihubungkan dengan masukan atau sinyal penggerak ( $u$ ) dan hasilnya disebut keluaran ( $y$ ). Secara umum, tujuan sistem kendali adalah untuk mengendalikan keluaran dengan berbagai masukan tertentu melalui unsur-unsur sistem kendali. Hubungan dasar ketiga komponen tersebut digambarkan pada Gambar 1.1. [1]



Gambar 2. 1 Komponen dasar sistem kendali

2.1.1 Sistem Kontrol Open Loop

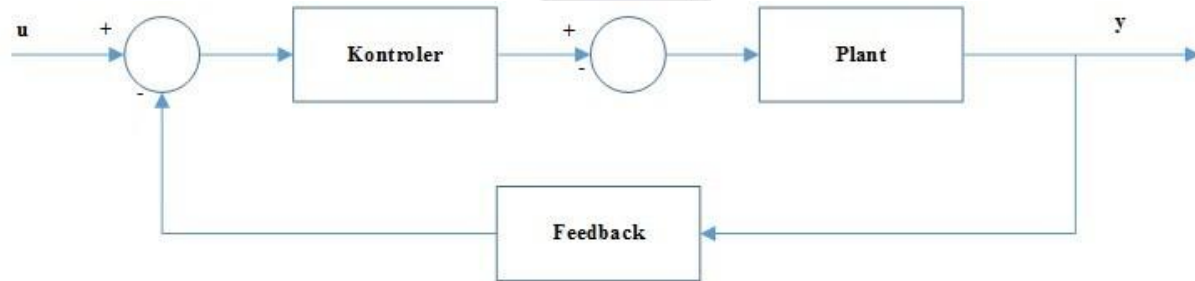
Unsur sistem kendali open loop biasanya dibagi atas dua bagian yaitu pengendali dan proses yang dikendalikan seperti pada gambar 2.2. Suatu sinyal masukan atau perintah  $r$  diberikan ke pengendali dimana keluarannya bertindak sebagai sinyal penggerak  $u$ , sinyal penggerak tersebut kemudian mengendalikan proses yang dikendalikan sehingga variable yang dikendalikan  $y$  akan dihasilkan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. [1]



Gambar 2. 2 Elemen-elemen sistem kendali open loop

2.1.2 Sistem Kontrol Close Loop

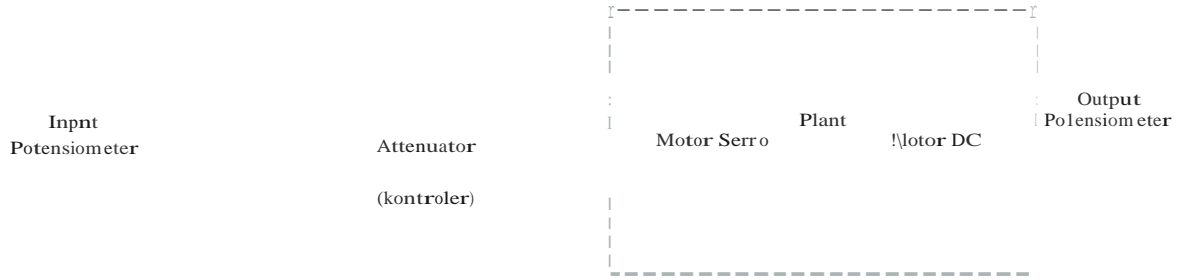
Untuk mendapatkan pengendalian yang lebih akurat, sinyal yang dikendalikan  $y$  harus dikembalikan dan dibandingkan dengan masukan referensi, dan suatu sinyal penggerak yang sebanding dengan perbedaan antara masukan dan keluaran harus dikirim keseluruhan bagian sistem untuk mengurangi galat. Sistem dengan satu atau lebih jalur yang dikembalikan disebut sistem kontrol close loop. Bentuk diagram blok dasar sistem kontrol close loop terdapat dalam gambar 2.3. [1]



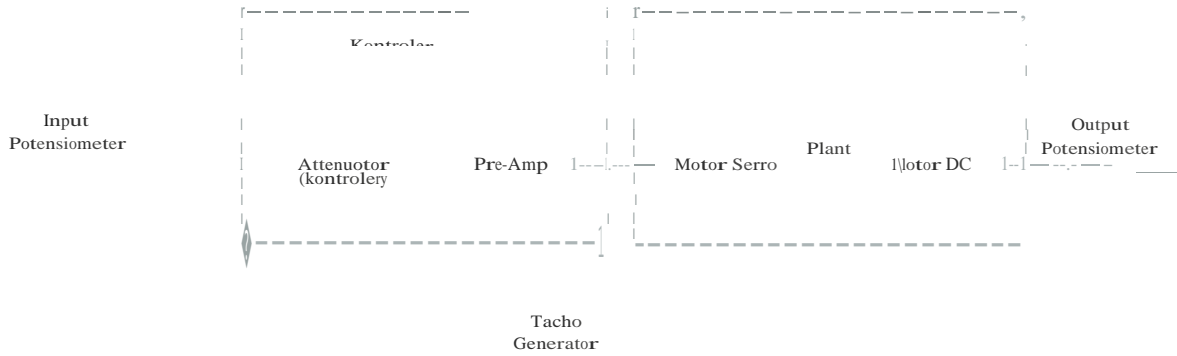
Gambar 2. 3 Elemen-elemen sistem kendali closed-loop

2.2 Kontrol Posisi

Kontrol posisi adalah suatu proses pengaturan atau pengendalian suatu besaran sehingga berada pada suatu harga/posisi yang diinginkan. Diagram blok kontrol posisi menggunakan kontrol close loop dimana terdapat umpan balik yang dapat mengoreksi kesalahan pengontrolan dimana parameter yang akan dikontrol adalah posisi. Untuk menghasilkan sinyal koreksi, maka akan digunakan amplifier dan pre-amplifier.



Gambar 2. 4 Closed-loop tanpa Pre-Amplifier



Gambar 2. 5 Close loop menggunakan Pre-Amplifier

Kontrol posisi yang menggunakan kontrol closed-loop akan menghasilkan nilai output yang diharapkan. Dengan menggunakan penambahan pre-amplifier seharusnya akan menghasilkan sinyal koreksi yang baik. [2]

**3.1 Gambaran Umum Sistem**

3. Perancangan Sistem

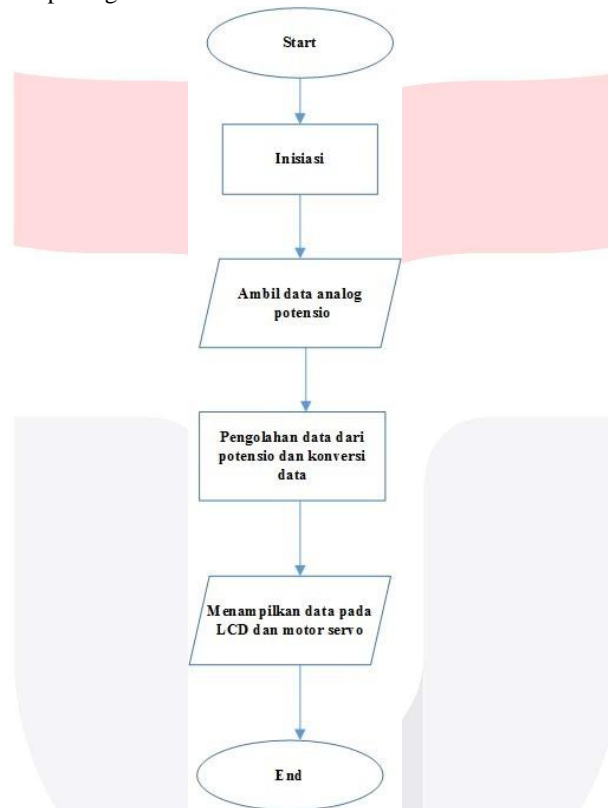
Pada tugas akhir ini telah dirancang modular servo system dengan beberapa perangkat keras seperti power supply,attenuator, PID analog, operational amplifier, servo amplifier, motor dc, reduction gear tacho analog, input & output potensiom eter dan pre-amp yang dengan konsep kendali posisi seperti gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Posisi DC sistem servo

### 3.2 Perancangan Sistem Kerja Modular Servo

Sistem kerja modular servo dimulai dengan mengkombinasikan semua hardware. Diawali dengan sebuah input potensiometer berupa kendali posisi yang memberi informasi sebuah sudut yang akan di kendalikan oleh attenuator. Kemudian attenuator akan mengirim ke tacho sebagai feedback untuk menampilkan tegangan yang diperoleh melalui motor dc sehingga output potensiometer akan menghasilkan sudut atau posisi yang sama pada output seperti pada diagram blok pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Flowchart Sistem Kontrol Posisi Open Loop

### 3.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras mempunyai spesifikasi seperti berikut:

1. Kontroler PID Modular Servo Sistem
  - IC LM348N 14-P
  - IC UA741CM
  - Potensiometer Mylar 100k $\Omega$
  - Output Servo Amp
  - Input Op-Amp
  - Catu daya +15V, -15V, 0V
2. Op-Amp Modular Servo Sistem
  - IC LM41-CN/Op-Amp 8-P
  - Potensio Alpha Big Monoc 100k $\Omega$ /1A Linier
  - Switch Encoder Alpha 12P 2Amp
  - Output Attenuator
  - Input I/O
  - Catu daya +15V, -15V, 0V
3. Attenuator Unit Modular Servo Sistem
  - Potensio Alpha Big monoc 100k $\Omega$ /1A Linier
  - Catudaya 0V
  - Ouput Data Servo Amp
  - Input Op-Amp
4. Power Supply Modular Servo Sistem
  - 220V, 50Hz, 40VA Power supply

- 24V d.c 2A output
  - Back up Fuse +24V & Back up Fuse 18 Vac
  - Input Servo Amp
  - Fuse rating 1A at 230V & 2A at 115V
  - Terhubung langsung ke amplifier servo
  - Stabilized d.c.  $\pm$ , 150mA
5. Input Potensiometer Modular Servo Sistem
    - Motor 3 fasa
    - Input Catu daya 0V
    - Low Offset PMI OP07 CP T9232
    - Potensiometer di input, dengan dikalibrasi indikator posisi..
  6. Output Potensiometer Modular Servo Sistem
    - Motor 3 Fasa
    - Potensiometer pada output, dengan poros diperpanjang untuk langsung dipasang pada unit tacho generator
    - Low Offset PMI OP07 CP T9232
  7. Servo Amplifier Modular Servo Sistem
    - Control Voltage Monitor 24V
    - Control Current Monitor 1V/Amp
    - Servo Amplifier yang dikendalikan power supply
    - Input +15V, -15V, 0V
  8. Tacho Generator Modular Servo Sistem
    - Tachogenerator dengan sebuah sistem reduksi 30/1 dengan tampilan LED dan DC output
    - Input Caru daya +15V, -15V, 0V
    - Motor DC Maxcon 7.46 mNm
    - IC MCI4070BCP
    - LED 4x20
  9. Motor DC Modular Servo Sistem
    - Drive shaft diperpanjang untuk menempelkan magnetik rem dan inersia roda.
    - Penggerak magnet permanen.

### 3.3.1 Perancangan Simulasi Rangkaian

#### a. Power supply

Unit power supply ini berfungsi sebagai catu daya untuk beberapa alat praktikum. Masukan dari power supply ini adalah 115V dan 230V, dengan frekuensi 50/60 Hz, 40VA. Unit ini memberikan tegangan 24 V dan arus 2A untuk Servo Amplifier. Terdapat 2 saluran pada panel depan yang menghasilkan  $\pm 15V$  sebagai tegangan referensi. [3]

#### b. Operational Amplifier (Op-Amp) Unit

Sebuah Amplifier yang memiliki banyak fasilitas seperti memiliki 3 input dan 3 macam pengaturan feedback pada amplifier. Perangkat Operational Unit menghasilkan penguat tegangan terbalik (inverting voltage gain) dan berfungsi juga untuk perangkat penjumlahan (summing) dua atau tiga sinyal input. [4]

#### c. Attenuator Unit

Terdiri atas 2 variabel resistor 10 K $\Omega$ , masing-masing resistor dapat di rubah hambatannya sesuai dengan besar skala yang ditunjukkan pada Attenuator Unit tersebut. Attenuator Unit ini dapat berfungsi sebagai tegangan referensi (voltage reference) ketika dihubungkan ke sumber tegangan DC ataupun sebagai gain control ketika dihubungkan pada output amplifier. [3]

#### d. Input potensiometer & Output potensiometer

Pada tugas akhir saya menggunakan Motor servo standard untuk output karena kebutuhan diperuntukkan pada alat ukur saja. Sedangkan input saya menggunakan Arduino Nano, Potensio Alpha, Stepdown Module Regulator LM2596.

Regulator LM2596 adalah sirkuit terpadu monolitik idealnya cocok untuk regulator Buck Converter yang mampu membawa sebuah beban dengan baik. Perangkat ini tersedia dalam kompensasi internal untuk meminimalkan jumlah komponen eksternal serta menyederhanakan desain catu daya. LM2596 adalah power supply switch-mode yang efisien secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan tiga terminal regulator linear yang populer, terutama dengan tegangan input yang lebih tinggi.

LM2596 beroperasi pada frekuensi 150 kHz sehingga memungkinkan komponen filter berukuran lebih kecil dari apa yang akan dibutuhkan dengan frekuensi regulator yang lebih rendah. [5]

Arduino Nano adalah sebuah papan kecil, lengkap, dan ramah-papan berdasarkan ATmega328 (Arduino Nano 3.x). Arduino ini memiliki lebih atau kurang fungsi yang sama dari Arduino Duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda yang tidak hanya kekuatan jack DC, dan bekerja dengan kabel USB Mini-B bukan satu standar. [6]

e. PID Unit

Dapat menghasilkan sebuah kontrol Proposional (P), Intergal (I) dan Derivatif.

3.2.2 Pencetakan Rangkaian ke Circuit Board

a. Pada pencecetakan rangkaian ini digunakan bahan PCB jenis FR4 dengan konduktifitas baik, tahan panas dan tidak mudah terbuka.

b. Dimensi pada papan sirkuit:

- Input Potensio : 50,80mm x 53,34mm
- PID : 90mm x 98mm
- Op-Amp : 52,05mm x 52,05mm

2.3.3 Pengemasan Hardware

- PID : Black Box 20,5x13x7cm
- Input Potensio : Black Box 20,5x13x7cm + Black Box 14x10,5x5cm
- Output Potensio : Black Box 20,5x13x7cm
- Op-Amp : Black Box 17x111,5x7cm
- Attenuator Unit : Black Box 17x111,5x7cm

4. Pengujian Sistem dan Analisis

Dalam pengujian ini akan dilakukan pengukuran dengan memasukkan input berupa indikator sudut dari potensio dengan beberapa indikator yang telah dibuat. Kemudian dengan sistem kerja dari modular servo yang telah dibuat seharusnya output akan menghasilkan sudut yang sama sampai output mendekati sudut yang sama pada input.

4.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengujikan apakah sistem dapat bekerja seperti dengan yang diharapkan dan juga untuk mengetahui performa dari sistem yang telah dibuat.

4.2 Skenario Pengujian

Langkah-langkah pengujian

1. Buatlah diagram blok sistem open loop!
2. Rangkailah alat pengujian seperti gambar dibawah ini:



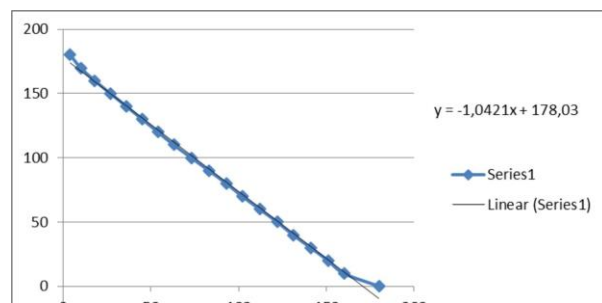
Gambar 4. 1 Rangkaian SistemKontrol Posisi

3. Beri Catu daya 9v -12v!
4. Set variable pada potensio dengan target presisi pada servo setiap 10° mulai dari 4° hingga 180°!
5. Konversi hasil servo pada LCD agar nilai sudut 0°-180°!
6. Lakukan berulang hingga nilai konversi mendekati linear!.

4.3 Hasil Pengujian

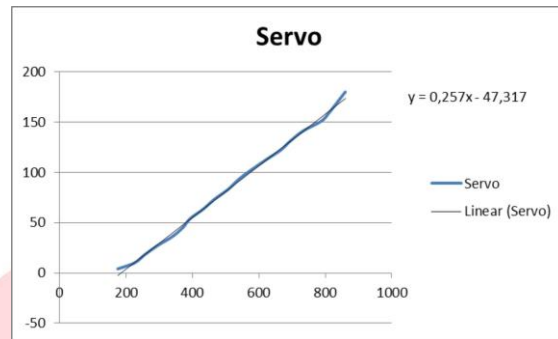
Tabel 4. 1 Pengujian I/O Kontrol Posisi

Pote nsio	Servo (sudut)	LCD
--------------	------------------	-----



860	180	0
813	160	10
788	151	20
732	141	30
694	131	40
665	122	50
619	112	60
575	102	70
539	93	80
507	83	90
465	73	100
431	63	110
393	54	120
371	45	130
339	36	140
294	27	150
256	18	160
226	10	170
175	4	180

Gambar 4. 2 Nilai Konversi Potensio ke Servo



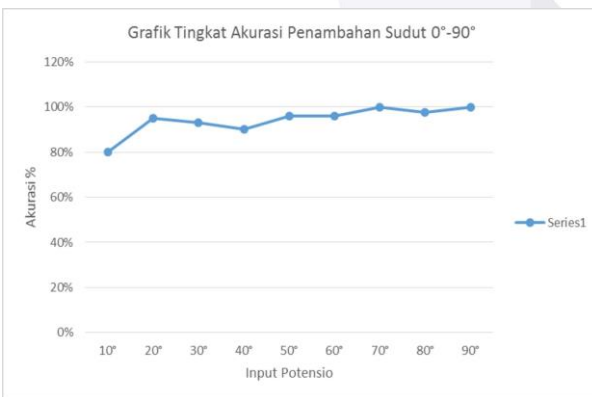
Gambar 4. 3 Nilai Konversi Servo ke LCD (nilai sudut)

Tabel 4. 2 Pengujian I Penambahan Sudut

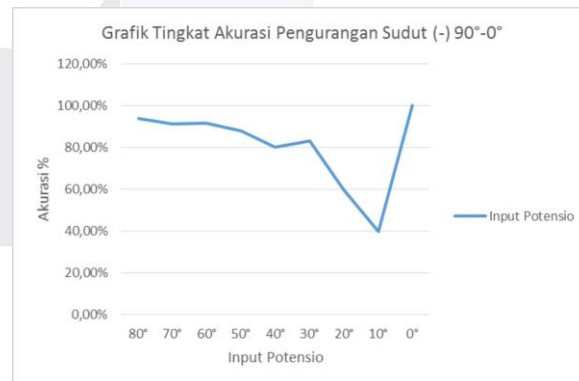
Tabel 4. 3 Pengujian I Pengurangan Sudut

N	l p t P t i	O t p t S	E	Ak i %
1	10	8	2	80%
2	20	19	1	95%
	30	28	2	93%
4	40	6	4	90%
5	50	48	2	9 %
	0	58	2	96%
7	70	70	0	100%
8	80	78	2	97 50%
	0	90	0	100%
R t t k i				94 16%

P g j i	
N	l p t P t i
1	80
2	70
3	60
4	50
5	40
6	30
7	20
8	10
9	0



Gambar 4. 2 Nilai Akurasi Penambahan Sudut



Gambar 4. 3 Nilai Akurasi Pengurangan Sudut

4.4 Analisa Pengujian

Pada pengujian pertama tidak bisa dihasilkan analisis tentang tingkat akurasi pada input dan output potensio karena alat yang sudah dibuat tidak compatible dengan input outpt potensio sehingga dilakukan pengujian 2 untuk menganalisa input dan output potensio.

Pada tabel 4.1 nilai potensio memiliki nilai maksimum 1023 dan minimum 0. Nilai sudut pada servo memiliki sudut maksimal 180° dan minimum 4° karena toleransi yang terdapat pada servo menyebabkan nilai sudut pada servo lebih besar. Seperti contoh sudut yang harusnya 0° berubah menjadi 4°.

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 4.2 terdapat rumus  $y = 0,257x - 47,317$  yang di hasilkan dari linearitas nilai variabel potensio dan sudut servo yang dihasilkan dari tabel sampel kalibrasi.

Untuk grafik pada gambar 4.3 hasil konversi servo akan di konversikan kembali ke LCD dan didapat rumus  $y = -1,0421x + 178,03$  sebagai linearitas dari tabel sampel servo dan LCD.

Pada grafik penambahan dan pengurangan pada input sudut potensio terlihat bahwa output servo memiliki tingkat akurasi yang berbeda. Grafik penambahan sudut menunjukkan rata-rata akurasi 94,16 % sedangkan pengurangan sudut menghasilkan rata-rata akurasi 80,87%. Angka tersebut didapat dari perbandingan error setiap perubahan sudut. Perbedaan terjadi karena potensio memiliki polaritas (+) ke (-) sehingga penambahan sudut akan menghasilkan tingkat akurasi yang lebih baik daripada pengurangan sudut.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian simulasi sistem Modular Servo dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

1. Sistem modular servo bisa disimulasikan dengan sistem open loop.
2. Motor servo bisa digunakan sebagai output pada kendali posisi.
3. Sistem modular servo kendali posisi tidak bisa digunakan pada close loop karena sistem yang dibangun tidak compatible dengan Tacho generator.
4. Sistem modular servo kendali posisi tidak bisa di hubungkan dengan PID, Attenuator dan Op-amp karena juga tidak compatible pada keseluruhan komponen.

### 5.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan Tugas Akhir selanjutnya:

1. Pada setiap sudut pada motor servo dipasangkan sensor yang bisa memberi feedback kepada input sehingga sistem bisa menggunakan close loop.
2. Bisa membangun satu keseluruhan sistem yang lengkap dan compatible pada tiap komponen dan alatnya. Sehingga tingkat akurasi pada kendali posisi akan lebih tinggi dengan terhubungnya PID.

### Daftar Pustaka:

- [1] B. C. KUO, Teknik kontrol otomatis, Jakarta: prehallindo, 1998.
- [2] K. Ogata, Modern Control Engineering fifth edition, New York: PrenticeHall, 2010.
- [3] Datasheet Feedback Instrument, Modular Sevo System, East Sussex: Feedback Instrument, 2013.
- [4] J. K. d. L. K. H. Roberge, Operatioanl Amplifiers: Theory and Practice Second Edition Version 1.8.1, Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2007.
- [5] Datasheet Stepdown, 3.0 A, Step-Down Swtiching Regulator, Colorado: Semiconductor Components Industries, 2008.
- [6] A. Kadir, From Zero To a Pro Arduino, Yogyakarta: ANDI, 2015.