



TUGAS AKHIR - TF 181801

RANCANGAN OBSERVER KECEPATAN UNTUK MOTOR DC PADA PLC

ERLANGGA TULUS MAHARDDHIKA
NRP. 02311640000148

Dosen Pembimbing:
Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T

Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT - TF 181801

SPEED OBSERVER DESIGN FOR DC MOTORS IN PLC

ERLANGGA TULUS MAHARDDHIKA
NRP. 02311640000148

Supervisors:

Dr. Bambang Lelono W., S.T., M.T.

Department Of Engineering Physics
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama : Erlangga Tulus Maharddhika
NRP : 02311640000148
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**RANCANGAN OBSERVER KECEPATAN UNTUK MOTOR AC PADA PLC**" adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya-benarnya.

Surabaya, 13 Mei 2020

Yang membuat pernyataan,



Erlangga Tulus Maharddhika

NRP. 023140000148

Halaman ini sengaja dikosongkan

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

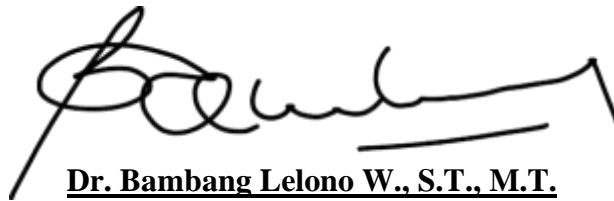
**RANCANGAN OBSERVER KECEPATAN UNTUK MOTOR DC PADA
PLC
Oleh:**

Erlangga Tulus Maharddhika

NRP. 02311640000148

Surabaya,

**Menyetujui,
Pembimbing I**



Dr. Bambang Lelono W., S.T., M.T.

NIP. 19690507 199512 1 001

Mengetahui,

Kepala Departemen

Teknik Fisika FT – IRS - ITS



Dr. Suyanto, S.T., M.T.

NIP. 19171113 199512 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANGAN OBSERVER KECEPATAN UNTUK MOTOR DC PADA PLC

TUGAS AKHIR

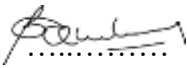



Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri & Rekayasa Sistem (FTIRS)
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ERLANGGA TULUS MAHARDDHIKA

NRP. 02311640000148

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Bambang Lelono W., S.T., M.T.  (Pembimbing I)
2. Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.  (Ketua Penguji)
3. Dr. Katherin Indriawati, S.T., M.T.  (Ketua Penguji)
4. Dr. Ridho Hantoro, S.T., M.T.  (Penguji II)

SURABAYA

2020

Halaman ini sengaja dikosongkan

RANCANGAN OBSERVER KECEPATAN UNTUK MOTOR DC PADA PLC

Nama : Erlangga Tulus Maharddhika
NRP : 02311640000148
Departemen : Teknik Fisika FTIRS - ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Bambang Lelono
Widjiantoro, S.T., M.T

ABSTRAK

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan sebuah perangkat untuk mengontrol sebuah plant. Plant yang digunakan dalam hal ini adalah motor DC. Motor DC biasanya menjadi penggerak mesin produksi dan mesin CNC, Biasanya penggunaan sensor untuk mengetahui kecepatan dari motor DC. Salah satu metode pengestimasian adalah observer. Tujuan dari tugas akhir ini merupakan pengimplementasian observer kecepatan untuk mengestimasi kecepatan dari motor DC untuk menjadi *sensorless*. Software yang digunakan untuk simulasi merupakan Totally Integrated Automation (TIA) Portal adalah Software dari Siemens yang memiliki banyak program didalamnya digunakan untuk memprogram HMI, PLC, drive. Dalam hal ini Observer yang digunakan adalah Leunberger Observer *reduced order observer*. Persamaan *reduced order observer* akan dimasukkan kepada blok perhitungan PLC. Untuk implentasi Observer pada PLC dibutuhkan output voltase dari plc sendiri 0-10 V dan pembuatan function block untuk observer. Input yang digunakan merupakan analog input. Hasil pengimplementasian observer memiliki ess dengan rata-rata 1,833%. Observer dapat diimplementasikan terhadap PLC dengan persamaan observer yang diinput terhadap function block di PLC.

Kata Kunci: Motor DC, PLC, TIA Portal, Observer

Halaman ini sengaja dikosongkan

SPEED OBSERVER DESIGN FOR DC MOTORS IN PLC

Name : Erlangga Tulus Maharddhika
NRP : 02311640000148
Department : Engineering Physics FTIRS - ITS
Supervisors : Dr. Bambang Lelono
Widjiantoro, S.T., M.T

ABSTRACT

Programmable Logic Controller (PLC) is a device for managing a factory. The plants used in this case are DC motors. DC motors are usually the driving force of production machines and CNC machines, usually using sensors to determine the speed of a DC motor. Observer is one of method for speed estimation. The purpose of this thesis is the implementation of speed observers to estimate the speed of a DC motor to be sensorless. The software used for simulations is the Totally Integrated Automation (TIA) Portal is Software from Siemens which has many programs in it that are used to program HMI, PLC, drives. In this case the Observer used is the Leunberger Observer reducing the order observer. The equation of reduced order observer will be input in calculation block in TIA Portal. To implement Observer on PLC, it needs voltage output from the PLC itself from 0-10 V and making block function for the observer. The input used is analog input. Observer observer results have ess with an average of 1,833%. The observer can be implemented with a PLC with the observer inputting the block function on the PLC.

Keywords: DC Motor, PLC, TIA Portal, Observer

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan matakuliah Tugas Akhir. Selain itu penulis juga dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul : “*Rancangan Observer Kecepatan untuk Motor DC Pada PLC*”.

Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada seluruh pihak yang turut membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir sampai penyelesaian laporan ini, yaitu:

1. Ibu Dr. Katherin Indriawati, S.T.,M.T. dan Pak Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T. selaku Pembimbing dari Penulis.
2. Orang tua penulis, Dedi Chandra dan Debby Kamelia yang selalu memberikan dukungan selama penulis melaksanakan kerja praktek.
3. Bapak Dr. Suyanto, S.T, M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika ITS
4. Mas Haqqi yang telah membantu saya untuk mendapatkan software TIA Portal dan software RS Logix.
5. Teman-teman yang menemani dan menolong penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir dan pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang terlibat dalam civitas akademik Teknik Fisika ITS yang telah turut membantu dalam kegiatan Tugas Akhir dan penyusunan Laporan Tugas Akhir, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Harapan penulis adalah laporan ini dapat bermanfaat untuk pembaca, dapat memberikan informasi serta pengetahuan khususnya pada bidang instrumentasi. Terakhir, penulis menyampaikan permohonan maaf apabila dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat ketidaksempurnaan baik dalam segi penulisan maupun isi laporan.

Jakarta, 12 Juni 2019

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
COVER PAGE.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PENGESAHAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT.....	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Laporan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Motor DC	5
2.2 State Space control	6
2.3 Programmable Logic Controller.....	9
2.4 HMI (Human Machine Interface).....	11
2.5 Totally Integrated Automation (TIA) Portal	12
2.6 PID Controller	16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Pengumpulan Data sheet instrumen	18
3.2 Pemodelan Sistem Motor DC.....	18
3.3 Perancangan Menggunakan TIA Portal	19
3.4 Perancangan Observer	22
3.5 Penambahan Observer Pada Plant motor DC di Tia Portal.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Uji Validasi Model Plant Motor DC dengan PID Control.....	29
4.2 Hasil Simulasi PID Control dengan Penambahan Observer	29
4.3 Ladder Diagram Pada PLC untuk penambahan Observer.....	33
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1 Kesimpulan.....	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	41
BIODATA PENULIS	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sistem Motor DC	5
Gambar 2. 2	PLC Siemens S7-1500	11
Gambar 2. 3	HMI Panel	12
Gambar 2. 4	Tipe Program Block Pada TIA Portal	14
Gambar 2. 5	Bahasa Pemrograman pada Step7	15
Gambar 3. 1	Metodologi Penelitian.....	17
Gambar 3. 2	Perancangan model pada plant motor DC.....	19
Gambar 3. 3	Perancangan model plant motor DC pada TIA Portal(1).....	20
Gambar 3. 4	Perancangan model plant motor DC pada TIA Portal(2).....	21
Gambar 3. 5	Pengimplementasian SCL pada TIA Portal	22
Gambar 3. 6	Perancangan Minimum Order Observer	24
Gambar 3. 7	Rancangan Plant untuk Observer	25
Gambar 3. 8	Pemodelan Plant Observer pada TIA Portal(1).....	25
Gambar 3. 9	Pemodelan plant observer pada TIA Portal(2).....	25
Gambar 3. 10	Pemodelan plant observer pada TIA Portal(3).....	26
Gambar 3. 11	Blok Setpoint.....	27
Gambar 3. 12	Blok PID Output.....	27
Gambar 4. 1	Respon kecepatan terhadap waktu.....	29
Gambar 4. 2	Tracking Setpoint menggunakan Observer.....	30
Gambar 4. 3	Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan <i>setpoint</i> 30%	30
Gambar 4. 4	Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan <i>setpoint</i> 50%	31
Gambar 4. 5	Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan <i>setpoint</i> 80%	32
Gambar 4. 6	<i>Function Block</i> diagram pada PLC	33
Gambar 4. 7	Blok Observer Pada <i>Main loop</i>	34

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1	Variabel parameter Motor DC	18
Tabel 3. 2	I/O PLC	18
Tabel 4. 1	Perbandingan Ess	33

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era otomasi modern dalam bidang perindustrian besi, kertas, semen, gula, makanan, pengairan menuntut akan keandalan dan penyajian data proses plan (SCADA) yang aktual dan faktual secara realtime. Proses penyajian tersebut merupakan hasil dari proses plan telah dijalankan oleh kontroler, salah satunya adalah PLC (Programable Logic Controller). Programmable Logic Controllers (PLC) ialah rangkaian elektronik berbasis mikroprosesor yang beroperasi secara digital, menggunakan programmable memori untuk menyimpan instruksi yang berorientasi kepada pengguna, untuk melakukan fungsi khusus seperti logika, *sequencing, timing, arithmetic*, melalui input baik analog maupun discrete / digital, untuk berbagai proses permesinan (Tang, 1998).

PLC (Programable Logic Controller) merupakan sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relai yang banyak dijumpai pada sistem kontrol konvensional, dirancang untuk mengontrol suatu proses permesinan (Agfianto, 2007). PLC mendapatkan sinyal yang dikirimkan oleh transmitter dari berbagai macam sensor. Teknologi sensor yang saat ini sangat baik digunakan adalah teknologi sensor non kontak. Sensor non kontak ini biasanya memanfaatkan gelombang elektromagnetik sebagai variabel yang berubah, dimana perubahan tersebut dapat mengindikasikan perubahan variabel yang diukur. PLC banyak digunakan dalam industri otomasi dikarenakan fleksibel digunakannya, *wiring* yang mudah dan mudah dibenarkan (Sowmiya, 2013).

Motor DC banyak di pergunakan di Industri sebagai penggerak mesin produksi, mesin cnc (Hariansyah, 2007). Motor DC seperti pada mesin terdiri dari dua bagian yang disebut stator dan bagian berputar yang disebut rotor.

Dengan sistem pengontrol kecepatan menggunakan PLC dapat mempermudah kerja manusia dibidang industri, pada tugas akhir ini dibuat prototipe dari sistem kecepatan motor DC dengan menggunakan luenberger observer. Observer merupakan sebuah algoritma untuk mengestimasi suatu variabel

dalam tugas akhir ini untuk menggantikan sensor kecepatan pada motor DC industri.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah yang akan diselesaikan yaitu:

- a) Apakah observer dapat diimplementasikan pada PLC untuk mengestimasi kecepatan motor DC?
- b) Bagaimana pembuatan Simulasi Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC menggunakan PLC (Programable Logic Controller)?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah tersebut didapatkan tujuan penelitian yang akan dilakukan, yaitu:

- a) Mengetahui Observer dapat diimplementasikan pada PLC untuk mengestimasi kecepatan motor DC
- b) Mengetahui pembuatan Simulasi Sistem Kontrol Kecepatan Motor DC menggunakan PLC (Programable Logic Controller)

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ditinjau pada pengusulan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Jenis PLC yg dipakai adalah PLC S71500 Siemens
- b) Software yang digunakan pada penelitian ini adalah software TIA Portal.
- c) Observer yang digunakan lueberger *Observer reduced order*
- d) Jenis Plant yang digunakan Plant Motor DC

1.5 Sistematika Laporan

Adapun sistematika Laporan Tugas Akhir yang terdiri dari:

- a) Bab I Pendahuluan

Bab I berisi Latar belakang, Rumusan masalah, tujuan dari tugas akhir, dan Batasan masalah dari tugas akhir

- b) Bab II Dasar Teori

Bab II berisi tentang teori penunjang untuk tugas akhir ini yaitu: Motor DC, State space control, Observer, PLC, HMI, TIA Portal, dan PID

c) Bab III Metodologi penelitian

Bab III berisi tentang metodologi yang digunakan untuk tugas akhir ini yaitu: pengumpulan data dari data sheets instrument, pemodelan sistem motor DC, perancangan menggunakan TIA Portal, Perancangan observer, Penambahan Observer pada plant motor DC di TIA Portal

d) Bab IV Analisa dan Hasil Penelitian

Bab IV berisi tentang hasil dari simulasi dan pembahasan penelitian yaitu: hasil uji validasi model plant motor DC dengan PID control, hasil simulasi PID control dengan penambahan observer, Ladder diagram observer pada PLC

e) Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab V berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan Saran untuk penelitian selanjutnya

f) Lampiran

Halaman ini sengaja dikosongkan

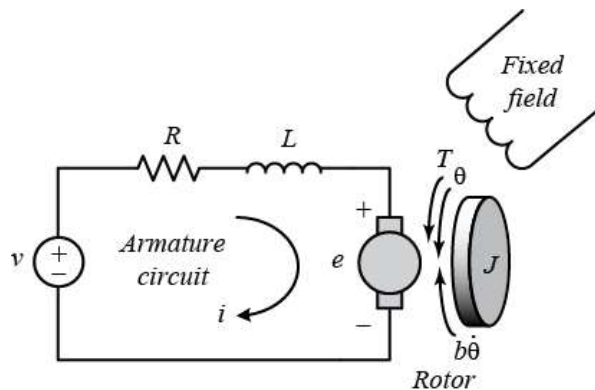
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Motor DC

Motor DC adalah peralatan elektro magnetis mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC merupakan salah satu jenis motor yang menggunakan energi listrik arus searah atau *direct current* kemudian diubah menjadi Gerakan rotasional. Motor DC digunakan motor servo, actuator untuk robot pada industri, motor penggerak extruder, pergerakan untuk peralatan mesin CNC.

Motor DC terdiri atas beberapa bagian yaitu kumparan jangkar (armature), magnet permanen, komutator (commutator), dan sikat (brush). Stator merupakan bagian motor DC yang tidak bergerak (statis) dan rotor adalah bagian yang berputar. Prinsip kerja sistem motor DC. Prinsip kerja sistem motor DC yaitu magnet permanen sebagai stator tersusun dari dua magnet yang memiliki kutub berbeda yang saling berhadapan. Jika ter putaran pada kumparan jangkar dalam medan magnet maka akan timbul tegangan yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga dapat disebut tegangan bolak-balik. Magnet permanen berfungsi sebagai penghasil medan magnet. Komutator merupakan bagian dari rotor yang terletak pada kedua ujung kumparan jangkar. Kumparan jangkar sebagai rotor motor digambarkan sebagai sebuah kawat yang memiliki bentuk persegi Panjang dan berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar (Kim, 2017)



Gambar 2. 1 Sistem Motor DC (Rajesh, Jayakar, Kalimuthu, & Tamilselvan, 2018)

Adapun hubungan antara torsi dengan arus adalah (Rajesh, Jayakar, Kalimuthu, & Tamilselvan, 2018):

$$T = K_t i \quad (2.1)$$

Persamaan dari emf dan kecepatan sudut memiliki hubungan dalam persamaan berikut

$$e = K_e \dot{\theta} \quad (2.2)$$

Berdasarkan Gambar 2.1 menggunakan hukum newton dan kirchhoff maka persamaannya akan diturunkan sebagai berikut:

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = Ki \quad (2.3)$$

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V - K\dot{\theta} \quad (2.4)$$

Persamaan ini merupakan fundamental untuk persamaan motor DC dan dapat diubah menjadi model state space dan model laplace

2.2 State Space control

State space control biasanya menggunakan sistem pole yang tepat untuk mencapai keadaan stabil. Controller mendapatkan *state feedback* dari plant sangat memungkinkan jika jenis sistem dapat dikontrol. Control ini dibutuhkan persamaan steady state dari semua variabel yang ada dalam sistem. Perhitungan dapatkan sesuai dengan apayang kita inginkan jika sistemnya memiliki sifat *observable*.

Dalam sistem control ini dibutuhkan kombinasi antara *state space control techniques* menggunakan *state observer* dan *state feedback*, state variable yang ada akan diganti dengan value estimasi dari state tersebut. State space control menggunakan variabel estimasi dan feedback dan diubah menjadi feedback control seperti fungsi transfer (Liptak, 2006).

2.2.1 Observer

Observer merupakan algoritma yang digunakan untuk mengestimasi variable keadaan (state) berdasarkan model dari dinamik sistemnya. Observer adalah suatu subsistem yang digunakan untuk merekonstruksi state dari plant. Pemodelan sistem matematis dari observer biasanya sama

dengan pemodelan matematis pada plant kecuali dilakukan penambahan syarat oleh perancang. Contoh, Error Observasi ditambahkan guna untuk mengestimasi ketidakakuratan matrik A dan B serta errornya. Error observasi adalah perbedaan antara nilai output dengan estimasi output dari observer. Error awal adalah perbedaan antara state awal dengan estimasi dengan state observer. Pada umumnya, sistem dinamik dinyatakan dalam bentuk ruang keadaan (*state space*) yang dapat didefinisikan secara umum untuk sistem diskrit (Ogata, 1997)

$$x(k + 1) = Ax(k) + Bu(k) \quad (2.5)$$

$$y(k) = Cx(k) + Du(k) \quad (2.6)$$

Dengan,

A = matriks keadaan

B = matriks kendali

C = matriks keluaran

D = matriks gangguan

$u(k)$ = masukan kendali

$x(k + 1)$ = turunan vector keadaan

$y(k)$ = vektor keluaran

$x(k)$ = vektor keadaan

2.2.2 Minimum Order Observer

Pada extended observer digunakan pada saat semua state tidak diketahui jika salah satu state sudah diketahui dan dapat terukur secara akurat maka state tidak perlu di estimasi dan dapat menggunakan minimum order observer. Secara umum dapat di definisikan sebagai berikut:

$$\dot{x} = Ax + Bu \quad (2.7)$$

$$y = Cx \quad (2.8)$$

Dimana state vector x dapat dibagi menjadi dua bagian X_a merupakan scalar dan X_b merupakan yang diestimasi.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_a \\ \dot{x}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{aa} & A_{ab} \\ A_{ba} & A_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_a \\ x_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_a \\ B_b \end{bmatrix} u \quad (2.9)$$

$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} x_a \\ x_b \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Dimana:

$$A_{aa} = \text{Skalar}$$

$$A_{ab} = 1 \times (n - 1) \text{ matriks}$$

$$A_{ba} = (n - 1) \times 1 \text{ matriks}$$

$$A_{bb} = (n - 1) \times (n - 1) \text{ matriks}$$

$$B_a = \text{Skalar}$$

$$B_b = (n - 1) \times 1 \text{ matriks}$$

Dengan menggunakan perkalian matriks biasa maka:

$$\begin{aligned} \dot{x}_a &= A_{aa}x_a + A_{ab}x_b + B_a u \\ \dot{x}_a - A_{aa}x_a - B_a u &= A_{ab}x_b \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\dot{x}_b = A_{ba}x_a + A_{bb}x_b + B_b u \quad (2.12)$$

Jika dilihat menggunakan persamaan observer full order maka minimum order observer dapat memasukkan sesuai dengan state yang ada menjadi:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$\dot{x}_b = A_{ba}x_a + A_{bb}x_b + B_b u$$

$$y = Cx$$

$$\dot{x}_a - A_{aa}x_a - B_a u = A_{ab}x_b \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{x}}_b &= (A_{bb} - K_e A_{ab})\tilde{x}_b + A_{ba}x_a + B_b u + \\ &K_e(\dot{x}_a - A_{aa}x_a - B_a u) \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\dot{\tilde{x}}_b - K_e \dot{x}_a = (A_{bb} - K_e A_{ab})\tilde{x}_b + (A_{ba} - K_e A_{aa})y$$

$$+(B_b - K_e B_a)u \quad (2.15)$$

$$= (A_{bb} - K_e A_{ab})(\tilde{x}_b - K_e y) + [(A_{bb} - K_e A_{ab})K_e + A_{ba} - K_e A_{aa}]y + (B_b - K_e B_a)u \quad (2.16)$$

$$x_b - K_e y = x_b - K_e x_a = \eta \quad (2.17)$$

$$\tilde{x}_b - K_e y = \tilde{x}_b - K_e x_a = \tilde{\eta} \quad (2.18)$$

$$\dot{\tilde{\eta}} = (A_{bb} - K_e A_{ab})\tilde{\eta} + [(A_{bb} - K_e A_{ab})K_e + A_{ba} - K_e A_{aa}]y + (B_b - K_e B_a)u \quad (2.19)$$

Dimana,

$$\hat{A} = A_{bb} - K_e A_{ab}$$

$$\hat{B} = \hat{A}K_e + A_{ba} - K_e A_{aa}$$

$$\hat{F} = B_b - K_e B_a$$

Maka persamaan (2.19) menjadi,

$$\dot{\tilde{\eta}} = \hat{A}\tilde{\eta} + \hat{B}y + \hat{F}u \quad (2.20)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_a \\ x_b \end{bmatrix}$$

$$\tilde{x} = \begin{bmatrix} x_a \\ \tilde{x}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y \\ \tilde{x}_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ I_{n-1} \end{bmatrix} [\tilde{x}_b - K_e y] + \begin{bmatrix} 1 \\ K_e \end{bmatrix} y$$

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} 0 \\ I_{n-1} \end{bmatrix}, \hat{D} = \begin{bmatrix} 1 \\ K_e \end{bmatrix}$$

$$\tilde{x} = \hat{C}\tilde{\eta} + \hat{D}y \quad (2.21)$$

Maka persamaan minimum order observer menjadi:

$$\dot{\tilde{x}}_b = (A_{bb} - K_e A_{ab})\tilde{x}_b + A_{ba}x_a + B_b u + K_e A_{ab}x_b \quad (2.22)$$

2.3 Programmable Logic Controller

PLC adalah alat yang digunakan untuk menggantikan fungsi sederetan rangkaian relai yang ada pada sistem kontrol prose konvensional. PLC biasa digunakan dalam proses otomasi seperti proses pengepakan, proses pengolahan bahan, dan pembuatan mobil.

Fungsi PLC biasanya adalah sebagai kontrol sekuensial dan *monitoring plant*. Fungsi kontrol sekuensial dapat diartikan sebagai penjagaan agar semua step

atau langkah dalam proses sekuensial (pemrosesan input sinyal biner menjadi output) berlangsung dalam urutan yang benar dan tepat sedangkan fungsi *monitoring plant* dapat diartikan sebagai proses memantau sebuah sistem (temperatur, level, aliran, tekanan).

Untuk menggunakan PLC, sensor pada bagian *input device* PLC harus dihubungkan dengan alat-alat yang dikontrol pada bagian *output device* PLC. Kemudian, program yang ada dalam PLC akan memproses data dari masukan *input device* PLC dan outputnya akan bekerja sesuai dengan pemrograman yang ada. (Netto & Bagri, 2013)

Adapun bagian-bagian dasar *PLC* yang penting untuk mendukung kerjanya sistem, yaitu:

a) *CPU (Central Processing Unit)*

CPU berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua pengoperasian dalam PLC, dan melaksanakan program yang disimpan di dalam memori.

b) Memori

Memori yang terdapat pada PLC berfungsi untuk menyimpan program memberikan lokasi-lokasi dimana hasil-hasil perhitungan dapat disimpan didalamnya.

c) *I/O*

Setiap *I/O* memiliki alamat dan nomor urutan khusus yang digunakan selama membuat program untuk memonitor satu persatu aktivitas *input* dan *output* didalam program

d) *Power Supply*

PLC tidak akan beroperasi apabila tidak ada *supply* daya listrik. *Power supply* mengubah tegangan input menjadi tegangan listrik yang dibutuhkan oleh PLC. Dengan kata lain, sebuah *supply* daya listrik dikonversikan dari yang sebelumnya *supply* daya PLN ke daya yang dibutuhkan *PLC*.



Gambar 2. 2 PLC Siemens S7-1500 (Siemens AG, 2010)

2.4 HMI (Human Machine Interface)

Human Machine Interface (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan mesin. HMI dapat berupa pengendalian dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Tujuan digunakannya HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara operator dan mesin melalui tampilan di layar monitor (inductive automation, 2018).

Dalam industri manufaktur, HMI merupakan suatu tampilan Graphic User Interface (GUI) pada layar monitor yang akan dihadapi oleh operator suatu mesin maupun pengguna yang membutuhkan data dari mesin. HMI mempunyai kemampuan dalam hal visualisasi, yaitu untuk monitoring data dari mesin yang terhubung menggunakan komunikasi tertentu. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi yang berupa peta mesin produksi di layar monitor dimana dapat dilihat bagian mesin mana yang sedang bekerja.

HMI pada umumnya tidak berhubungan langsung dengan peralatan yang dikontrol, namun melalui perantara data server. Data server dapat berupa program OPC atau driver khusus yang dibuat untuk PLC. OPC merupakan komunikasi standard industri untuk interkonektivitas sistem yang menggunakan teknologi Microsoft COM dan DCOM dalam pertukaran data antar komputer, atau bisa juga dengan server. OPC mendefinisikan setting umum interface. Sehingga aplikasi menerima data pada format yang sama persis meskipun sumber datanya dari banyak controller.

Perbedaan HMI dengan grafik biasa merupakan HMI walaupun memiliki basis data numerikal tetapi di tampilkan dengan bentuk kualitas contohnya pada

gambar bisa dilihat jika instrument sudah menuju batasnya user akan mengetahuinya sebelum itu terjadi.



Gambar 2. 3 HMI Panel (Siemens, 2017)

2.5 Totally Integrated Automation (TIA) Portal

TIA Portal merupakan sebuah *platform* untuk memprogram PLC, *Driver*, HMI, SCADA. TIA Portal merupakan *one stop solution* untuk perangkat lunak otomasi (Siemens AG, n.d.). Di dalam *software* TIA Portal terdapat beberapa perangkat lunak lainnya yaitu:

- a) *Step 7 Professional*
- b) *Win CC Basic/Advance/Professional*

Fungsi utama dari TIA Portal adalah untuk membuat proses otomasi menjadi lebih efisien, karena semua fungsi bisa didapatkan dalam perangkat lunak ini. Berikut merupakan beberapa fungsi yang ada di dalam TIA Portal, yaitu:

- a) Konfigurasi jaringan, *drives*, dan I/O
- b) Pemrograman PLC
- c) Pemrograman untuk *fail safety*
- d) Desain HMI
- e) Simulasi Plant
- f) Manajemen Data
- g) *Online diagnostics*

Karena semua fungsi terdapat dalam satu perangkat lunak, waktu dari pembuatan hingga produksi menjadi lebih efisien.

2.5.1 Step 7 Professional

Step 7 Professional merupakan perangkat lunak dari Siemens untuk memprogram PLC Siemens. Step 7 Professional menyediakan tipe Blok yang mana user program berhubungan dengan data yang disimpan. Program dapat disusun didalam Blok-Blok yang berbeda. Berikut ini adalah tipe dari program Blok (Siemens, 2016):

a) Organization Block (OB)

Merupakan bentuk *interface* di antara *operating system* dan *user program*. Seluruh program dapat disimpan didalam OB,1 yang secara siklis dikenal oleh *operating system* atau program dapat dipisah dan disimpan dalam beberapa Blok (program terstruktur) (Siemens, 2016)

b) Function (FC)

Actual user program yang fungsional. Itulah yang memungkinkan membuat program fungsi yang kompleks sehingga dengan begitu dapat ditugaskan oleh parameter sebagai hasilnya, fungsi juga cocok untuk pemrograman terulang, pemrograman fungsional yang kompleks seperti kalkulasi

c) Sistem Function (SFC)

Integrasi fungsi *parameter-assignable* didalam *operating system CPU*

d) Function Blok (FB)

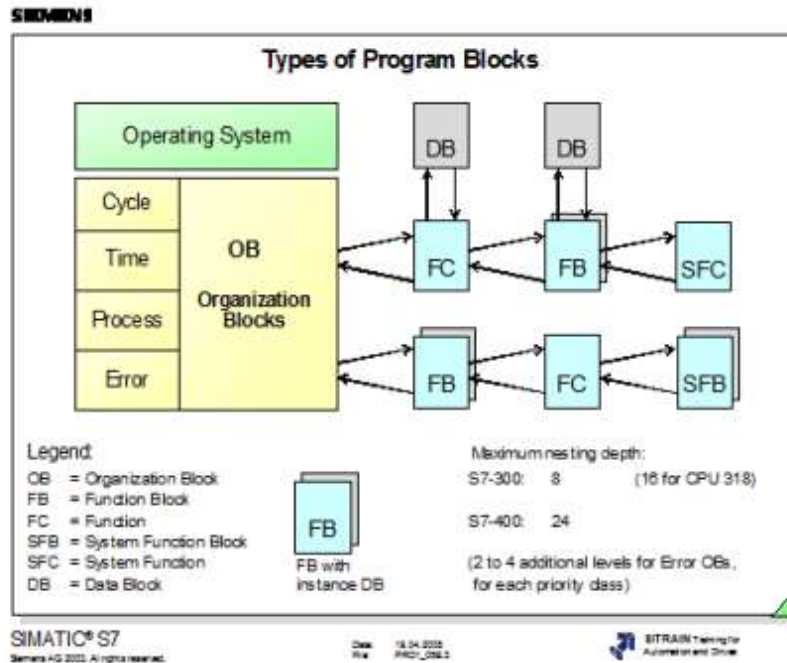
Function Blok mempunyai area *memory* tersendiri dalam bentuk data Blok. Function Blok biasanya untuk pemrograman terulang dan pemrograman fungsional seperti PID Control. (Siemens AG, 2014)

e) System Function Blok (SFB)

Fungsi *parameter-assignable* di dalam *operating system CPU*. Fungsi dan kemampuannya telah ditetapkan.

f) Data Blok (DB)

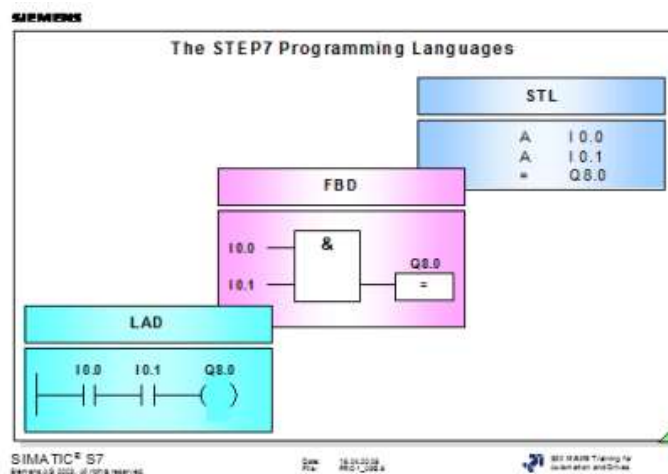
Area data dari *user program* dimana data user diatur secara terstruktur. (Siemens, 2016)



Gambar 2. 4 Tipe Program Block Pada TIA Portal (Siemens AG, 2014)

Ada beberapa pilihan Bahasa pemrograman yang dapat digunakan didalam STEP 7, yaitu:

- Ladder Diagram (LAD)*
- Statement List (STL)*
- Function Blok Diagram (FBD)*
- Structured Control Language (SCL)*



Gambar 2. 5 Bahasa Pemrograman pada Step7 (Siemens AG, 2014)

2.5.2 Win CC Professional

Win CC Professional merupakan perangkat lunak dari Siemens untuk membuat SCADA Sistem. Aplikasi ini *PC-Based Operator control* dan *monitoring system* untuk memvisualisasikan dan mengontrol proses, laju aliran, mesin, plant. Win CC Professional biasanya digunakan untuk diskrit manufacturing. Cakupan Win CC Professional biasanya untuk cakupan kecil. Win CC Professional mendapatkan server dari windows SQL Server, sehingga dapat diakses dari jauh.

Win CC Professional juga mempunyai aplikasi untuk mendesain HMI. Dalam sistem SCADA biasanya Win CC Professional untuk membuat program (Siemens, 2017):

- a. *Overview Plant*
- b. *Alarm handling acknowledgement*
- c. *Historical faults, alarms, and events monitoring*
- d. *Real time data logging system*
- e. *Remote setpoint*
- f. *Spreadsheet*
- g. *Report generator*
- h. *Archiving*
- i. *Charting and historical trending*
- j. *Redundancy and security system*

2.6 PID Controller

Kontroler proporsional-integral-derivatif (PID controller) adalah umpan balik loop control mekanisme (pengontrol) banyak digunakan dalam sistem kontrol industri. Pengendali PID menghitung nilai kesalahan sebagai perbedaan antara variabel proses yang diukur dan setpoint yang diinginkan. Pengontrol berusaha meminimalisasi kesalahan dengan menyesuaikan proses melalui penggunaan variabel yang dimanipulasi.

Algoritma pengontrol PID melibatkan tiga parameter konstan yang terpisah, dan sesuai kadang-kadang disebut kontrol tiga-istilah: nilai-nilai proporsional, integral dan derivatif, dilambangkan P, I, dan D (Yulin, 2010). Sederhananya, nilai-nilai ini dapat ditafsirkan dalam hal waktu: P tergantung pada kesalahan saat ini, I tentang akumulasi kesalahan masa lalu, dan D adalah prediksi kesalahan di masa mendatang, berdasarkan tingkat perubahan saat ini.

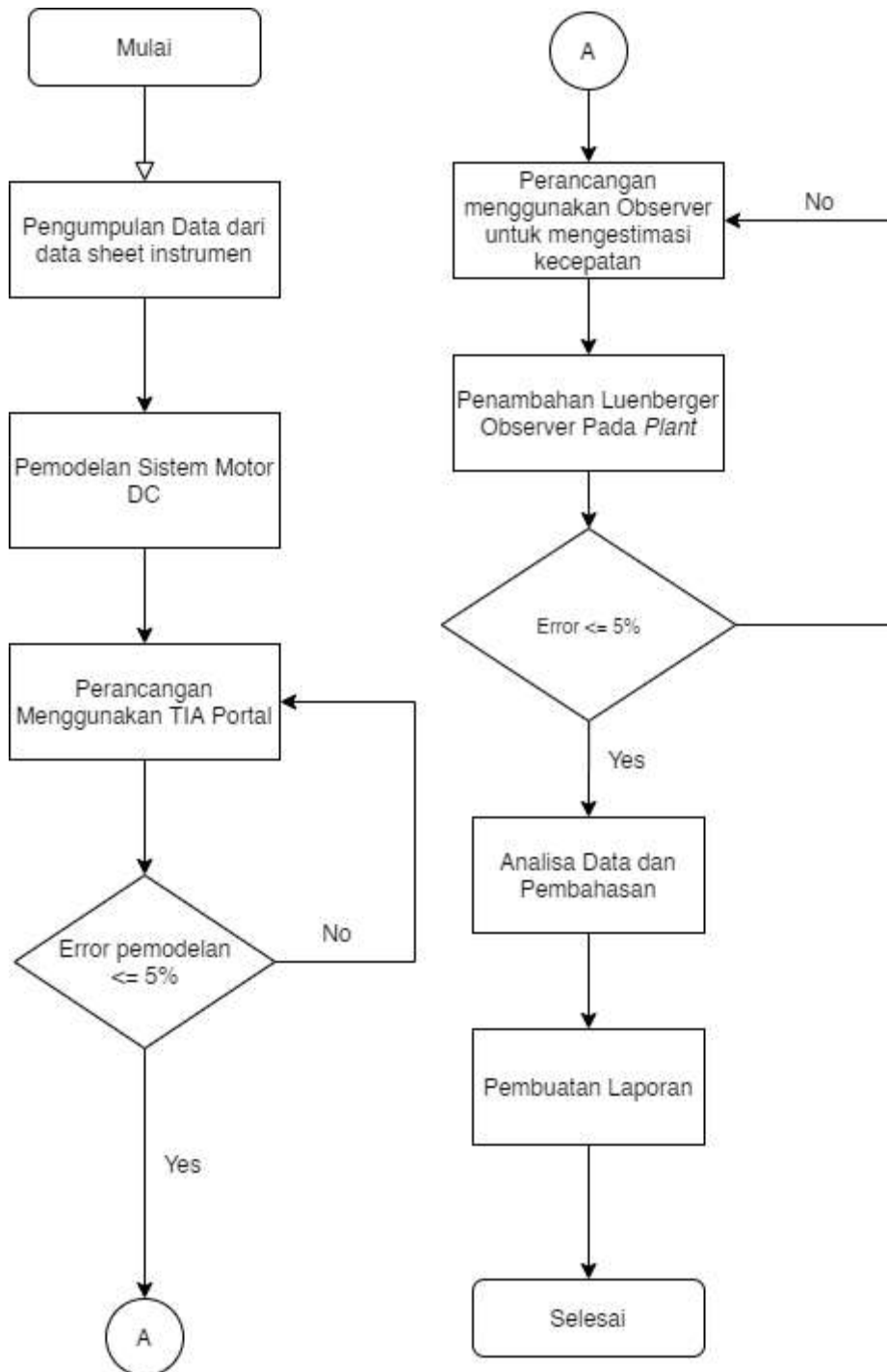
Jumlah tertimbang dari ketiga tindakan ini adalah digunakan untuk menyesuaikan proses melalui elemen kontrol seperti posisi katup kontrol, peredam, atau daya yang disuplai ke elemen pemanas. Dengan tidak adanya pengetahuan tentang proses yang mendasarinya, pengendali PID secara historis telah dianggap sebagai pengontrol yang paling berguna. Dengan menyetel tiga parameter dalam PID algoritma pengontrol, pengontrol dapat memberikan aksi kontrol yang dirancang untuk proses tertentu.

Respon pengontrol dapat dijelaskan dalam hal responsive controller ke kesalahan, sejauh mana controller melebihi setpoint, dan tingkat osilasi sistem. Perhatikan bahwa penggunaan algoritma PID untuk kontrol tidak menjamin kontrol optimal sistem atau stabilitas sistem.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun Metodologi yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini adalah:



Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian

3.1 Pengumpulan Data sheet instrumen

Data yang dikumpulkan berupa data dari datasheet instrumen seperti Motor DC, I/O PLC.

Tabel 3. 1 Variabel parameter Motor DC

No.	Variabel (satuan)	Nilai	Simbol
1.	Speed (rpm)	350	$\tilde{\omega}(t)$
2.	Gain	1	K_e
3.	Voltase PLC (V)	0-10	V
4.	Arus PLC (mA)	4-20	i
4.	Moment inersia (Kg m ²)	0.035	J
5.	Koefisien gesek (Nm)	0.255	b
6.	Hambatan internal motor(Ω)	1.515	R
7.	Induktansi internal motor (henry)	0.883	L
8.	Konstanta dari motor (Nm/Amp)	0.023	K

Tabel 3. 2 I/O PLC

No.	Jenis Input	Adress
1.	Analog input	%IW0
2.	Analog output	%QW0
3.	Digital Input	%I10.0; %I10.1
4.	Digital Output	%Q10.0
5.	High speed Counter	%ID94

3.2 Pemodelan Sistem Motor DC

Dari persamaan pada 2.1 lalala maka dapat dirubah menjadi fungsi dalam bentuk persamaan Laplace.

$$(Js + b)\omega(s) = KI(s) \quad (3.1)$$

$$(Ls + R)I(s) = V(s) - K\omega(s) \quad (3.2)$$

$$P(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js+b)(Ls+R)+K^2} \quad (3.3)$$

Dimana:

$\omega(s)$ = Kecepatan motor DC

$V(s)$ = Voltase Armatur dari motor DC

Karena voltase dan kecepatan motor DC sudah dipilih menjadi Input dan Output, maka State space dari motor DC ini adalah:

$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R}{L} & \frac{-K}{L} \\ \frac{-b}{J} & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} V \quad (3.4)$$

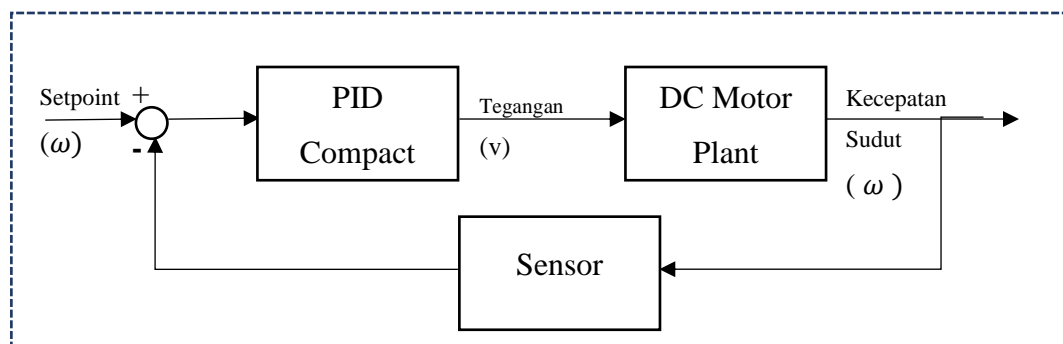
$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,716 & -0,026 \\ -7,286 & 0,657 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1,133 \\ 0 \end{bmatrix} V \quad (3.5)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

3.3 Perancangan Menggunakan TIA Portal

Untuk melakukan perancangan pada TIA portal di butuhkan fungsi transfer $F(s)$ oleh persamaan pada tahap 3.2 untuk mengetahui input outputnya.

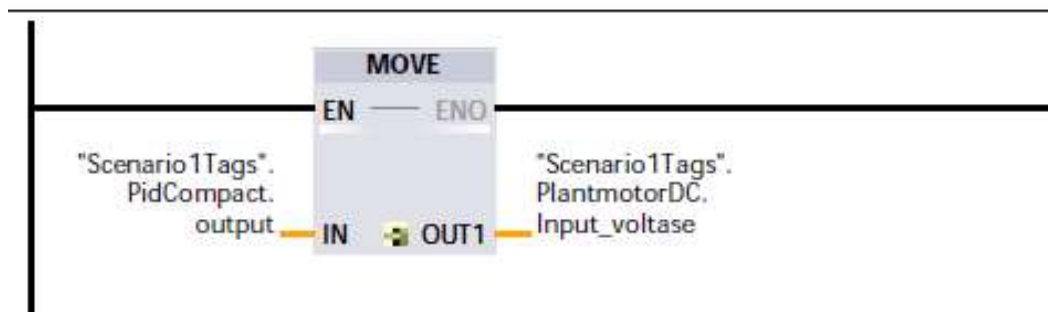
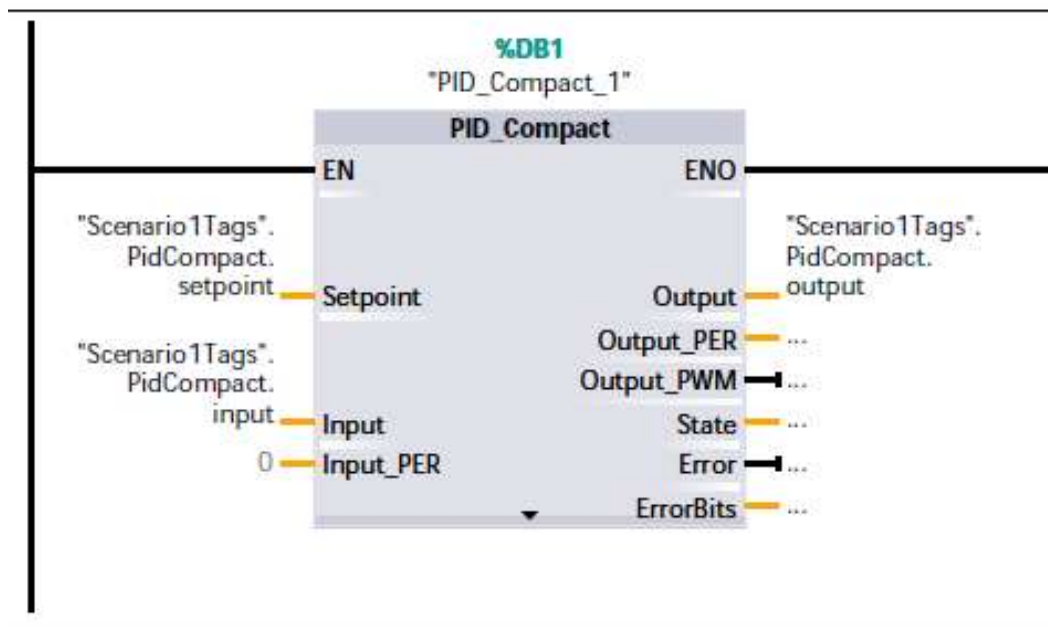
Semua ini didalam software TIA Portal menggunakan PLC s7-1500 dan HMI.



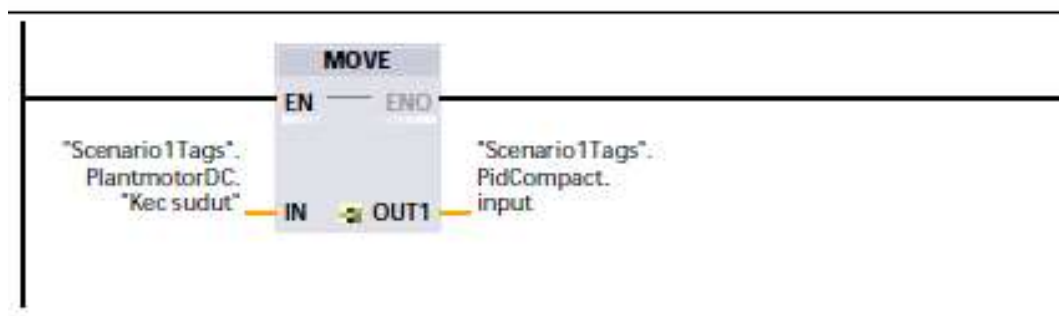
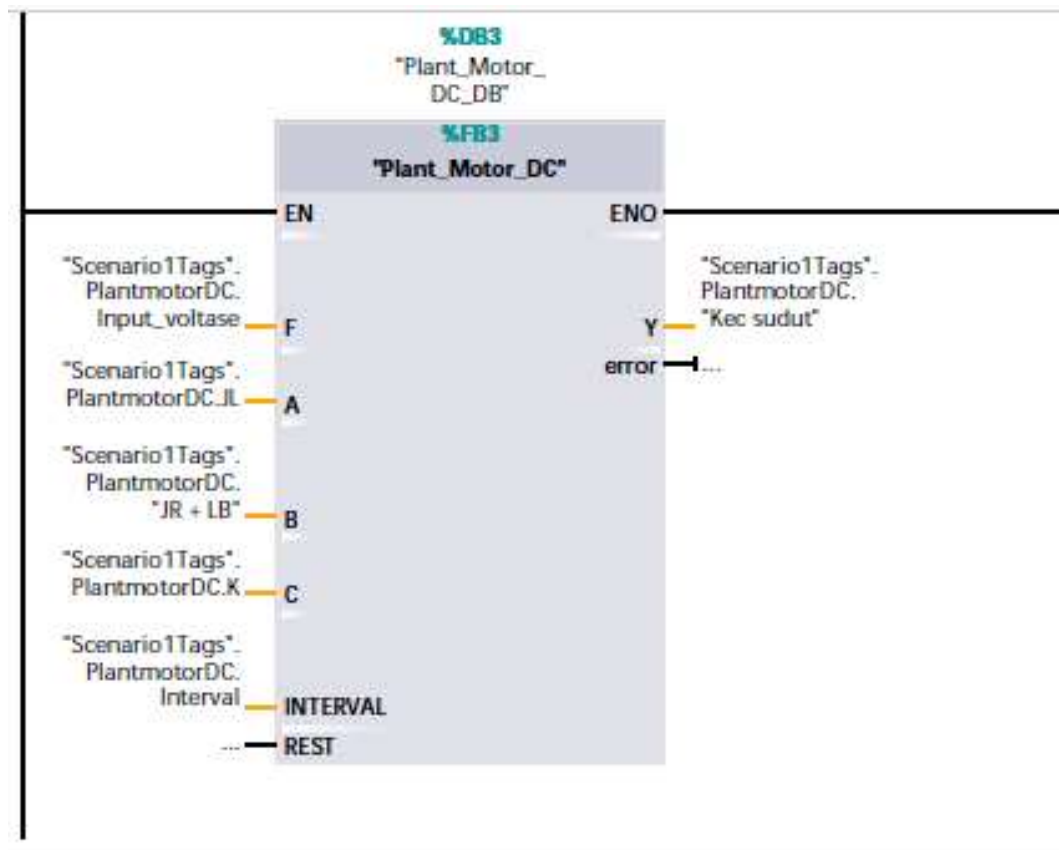
Gambar 3. 2 Perancangan model pada plant motor DC

Pada proses ini dilakukan pembuatan simulasi pada software yang telah dirancang menjadi diagram tangga yang ada untuk pembuatan simulasi sistem pengatur kecepatan pada motor DC. Blok PID_Compact sendiri didapatkan dari blok teknologi yang dimiliki software TIA Portal, blok ini merupakan blok pengontrol PID secara universal. Pertama, dilakukan perubahan *set point* pada input

PID_Compact, lalu PID Compact akan mengeluarkan output voltase seperti pada gambar output PID akan masuk ke blok plant motor DC dengan penentuan input yang didapat dari data pada tabel 3.1 lalu akan mengeluarkan output kecepatan motor DC.



Gambar 3. 3 Perancangan model plant motor DC pada TIA Portal(1)



Gambar 3. 4 Perancangan model plant motor DC pada TIA Portal(2)

```

#T_INTERNAL := (DINT_TO_REAL(TIME_TO_DINT(#INTERVAL))) / 1000.0;
IF #REST = 1 THEN
  #X1 := 0.0;
  #X2 := 0.0;
  #X1OLD := 0.0;
  #X2OLD := 0.0;
  //REST:=0;
  #Y := 0;
  #ok := false;
  #error := 1;
ELSE
  IF #A = 0 THEN
    ;
    #X1 := 0.0;
    #X2 := 0.0;
    #X1OLD := 0.0;
    #X2OLD := 0.0;
    #Y := 0;
    #ok := false;
    #error := 1;
  ELSE
    #DELTA2 := (#F - (#C * #X1OLD) - (#B * #X2OLD)) / #A;
    #X2 := #X2OLD + (#DELTA2 * #T_INTERNAL);
    #DELTA1 := #X2;
    #X1 := #X1OLD + (#DELTA1 * #T_INTERNAL);
    #X2OLD := #X2;
    #X1OLD := #X1;
    #Y := #X1;
    #ok := TRUE;
    #error := 0;
  END_IF;
;
END_IF;
;

```

Gambar 3. 5 Pengimplementasian SCL pada TIA Portal

Pada gambar 3.3 dan 3.4 dapat dilihat simulasi sistem kontrol pada software TIA Portal yang tertera pada gambar 3.2 dengan blok PID Compact sebagai controller lalu blok Plant motor DC merupakan simulasi dari plant motor DC dan fungsi MOVE merupakan fungsi untuk simulasi sensor.

Pada gambar 3.5 simulasi dilakukan pada software Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 3.1 dan (3.5). Berikut merupakan hasil *ladder diagram* untuk *plant* motor DC dengan menggunakan metode *Structured Control Language* pada PLC dengan bahasa pemrograman pascal. Pada pemrograman ini digunakan metode euler.

3.4 Perancangan Observer

Perancangan observer digunakan untuk melakukan estimasi kecepatan pada motor DC dengan nilai voltase yang mempunyai range 0-10 V. Observer yang digunakan merupakan *reduced order observer*. Dengan persamaan *state space* pada (3.5). Sehingga persamaan *state space observer* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-R}{L} & \frac{-K}{L} \\ \frac{-b}{J} & \frac{K}{J} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \\ 0 \end{bmatrix} V \quad (3.7)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,716 & -0,026 \\ -7,286 & 0,657 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1,133 \\ 0 \end{bmatrix} V \quad (3.8)$$

$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} i(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan (2.9),

$$A_{aa} = -R/L$$

$$A_{ab} = -K/L$$

$$A_{ba} = -b/J$$

$$A_{bb} = K/J$$

$$B_a = 1/L$$

$$B_b = 0$$

Karena hanya $w(t)$ saja yang diestimasi maka $y = i(t)$, $i(t)$ dan V merupakan besaran skalar arus dan voltase yang didapat dari PLC terlampir pada tabel 3.1.

Berdasarkan persamaan (2.22) maka persamaan reduced order observer didapatkan sebagai berikut:

$$\dot{\tilde{\omega}}(t) = \left(\frac{K}{J} + K_e \frac{K}{L} \right) \tilde{\omega}(t) - \frac{b}{J} i(t) + 0 + K_e (i(t) + \frac{R}{L} i(t) - \frac{1}{L} V) \quad (3.9)$$

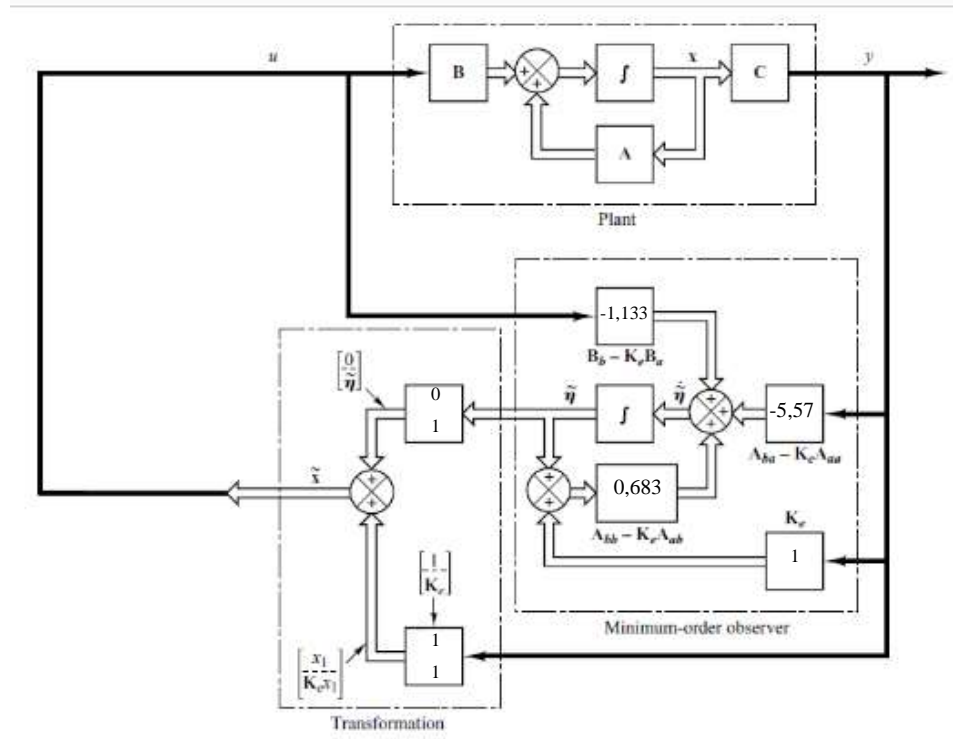
$$\dot{\tilde{\omega}}(t) = \left(\frac{0.023}{0.035} + K_e \frac{0.023}{0.883} \right) \tilde{\omega}(t) + K_e \left(i(t) + \frac{1.515i(t)}{0.883} - \frac{1}{0.883} V \right) \quad (3.10)$$

$$\dot{\tilde{\omega}}(t) = (0.657 + K_e 0.026) \tilde{\omega}(t) - 7,286i + K_e (i + 1.716i - 1.132V) \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{\omega}}(t) &= (0.657 + 1(0.026)) \tilde{\omega}(t) - 7,286i + (1)(i + 1.716i \\ &\quad - 1.132V) \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\dot{\tilde{\omega}}(t) = (0.683) \tilde{\omega}(t) - 4,57i - 1,132V \quad (3.13)$$

Dengan penambahan observer menjadi maka blok minimum order observer pada diagram menjadi seperti:

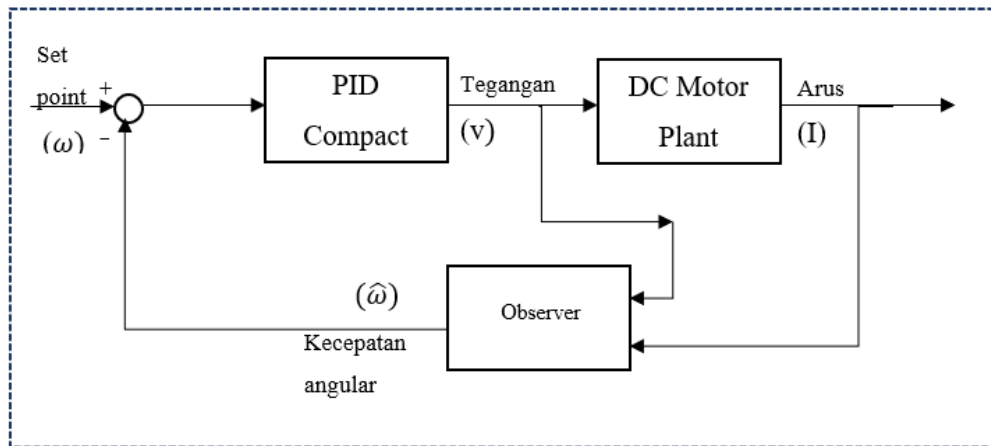


Gambar 3. 6 Perancangan Minimum Order Observer

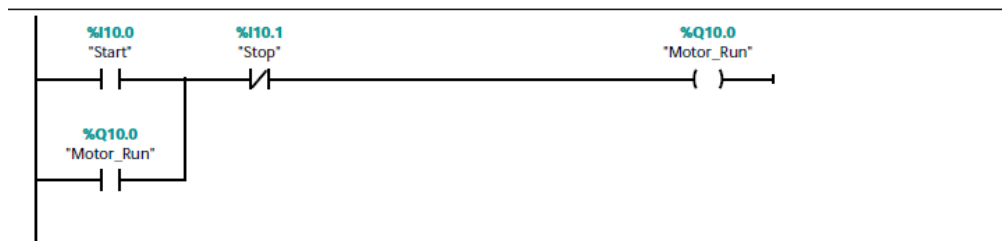
Pada gambar 3.6 dapat dijelaskan pengimplementasian persamaan minimum order observer pada plant untuk blok minimum order observer yang merupakan hasil dari perhitungan pada (3.13).

3.5 Penambahan Observer Pada Plant motor DC di Tia Portal

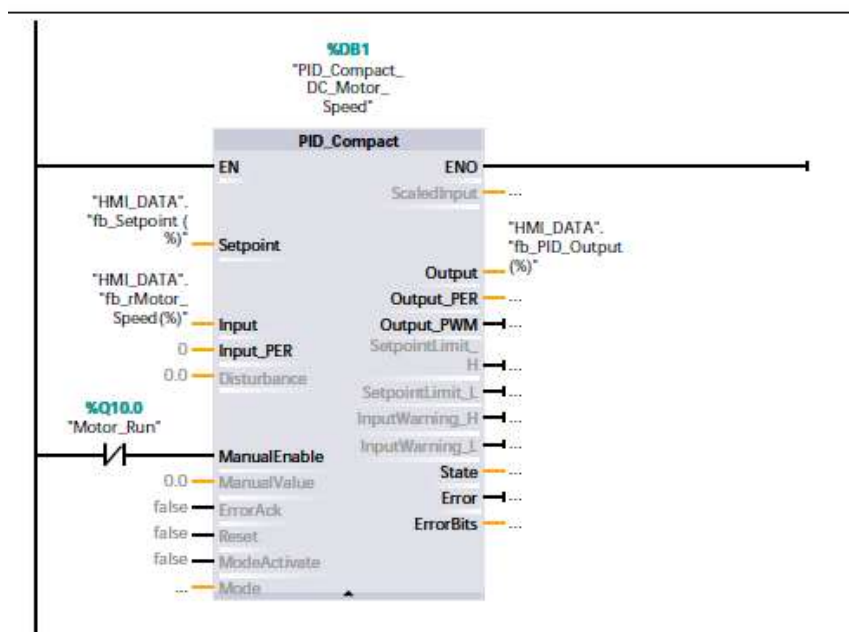
Pada TIA portal ditambahkan observer untuk mengestimasi nilai kecepatan pada plant motor DC.



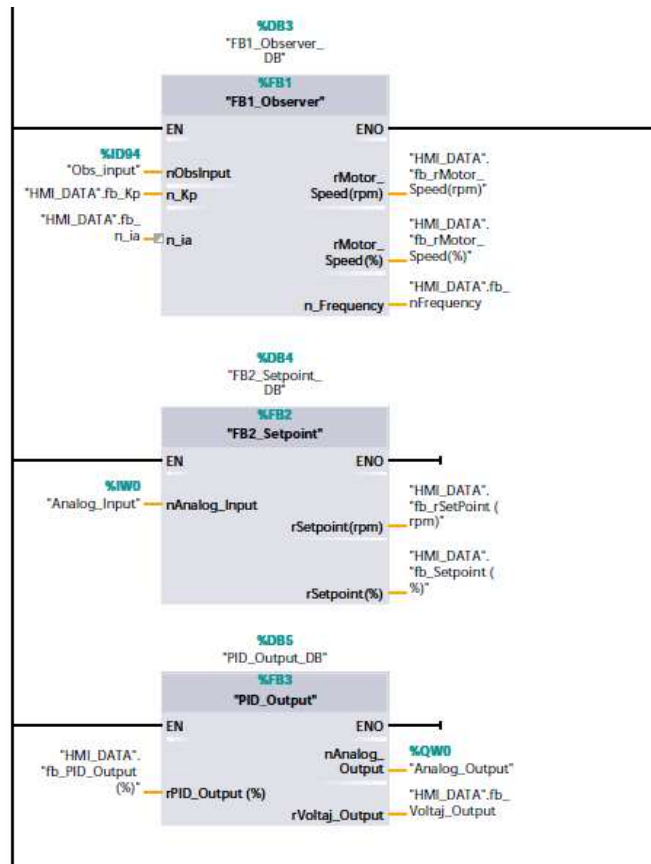
Gambar 3. 7 Rancangan Plant untuk Observer



Gambar 3. 8 Pemodelan Plant Observer pada TIA Portal(1)

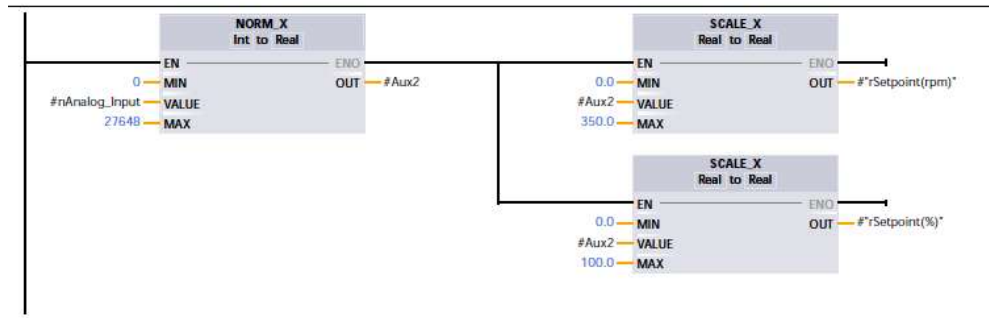


Gambar 3. 9 Pemodelan plant observer pada TIA Portal(2)



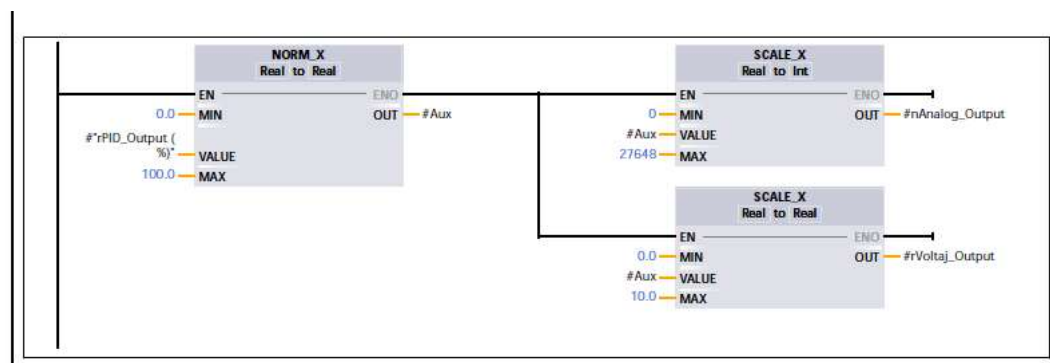
Gambar 3. 10 Pemodelan plant observer pada TIA Portal(3)

Pada proses ini dilakukan pembuatan pada software TIA Portal untuk penambahan observer. Pertama dilakukan sistem latching untuk menyalakan motor DC pada blok *set point* lalu akan dilakukan penentuan *setpoint* pada blok setpoint lalu akan dilanjutkan ke blok PID_Compact untuk mendapatkan nilai voltase untuk input observer. Dalam pemrograman ini plant motor DC berada pada blok observer input observer merupakan voltase dari observer dan arus dari motor DC plant. Output dari observer merupakan kecepatan angular yang terestimasi.



Gambar 3. 11 Blok Setpoint

Pada *Blok Setpoint* dapat dilihat untuk pengimplementasian *analog input* dilakukan menggunakan angka potensiometer nol merupakan nilai minimum dan 27648 merupakan nilai maksimum. Fungsi **SCALE_X** untuk mengkonversi nilai dari potensiometer menjadi nilai kecepatan yaitu nol untuk nilai minimum dan 350 untuk nilai maksimum dengan satuan (rpm) fungsi ini juga digunakan untuk mengkonversi nilai dari potensiometer menjadi nilai kecepatan dalam persentase (%).



Gambar 3. 12 Blok PID Output

Pada blok PID Output dapat dilihat untuk pengimplementasian blok ini digunakan fungsi **NORM_X** untuk skala nol sampai dengan seratus dalam persentase (%) nilai ini didapatkan dari output pada PID Compact. Fungsi **SCALE_X** digunakan untuk mengkonversi nilai output PID Compact menjadi kecepatan dengan skala nol sampai dengan 350 dengan satuan (rpm), fungsi ini juga dapat digunakan untuk memperlihatkan nilai voltase dari PID output dengan range nol sampai sepuluh.

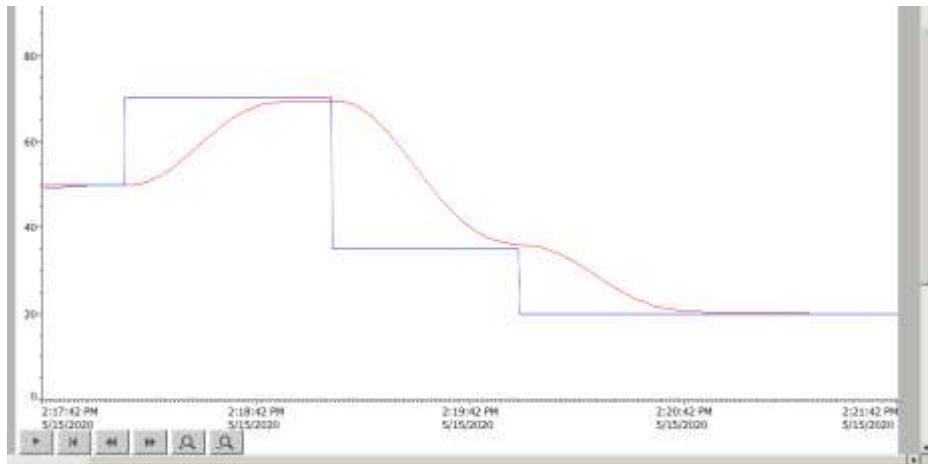
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Validasi Model Plant Motor DC dengan PID Control

Simulasi dilakukan pada *software* Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 3.1 dan berdasarkan gambar 3.2. Berikut merupakan hasil simulasi permodelan motor DC yang telah di lakukan.

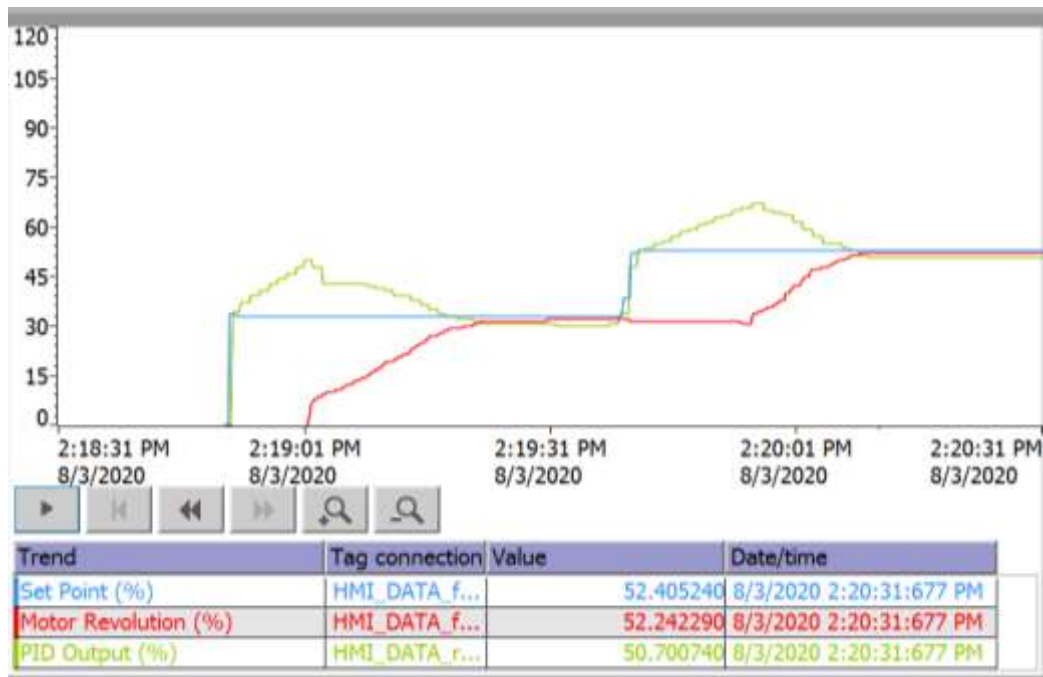


Gambar 4. 1 Respon kecepatan terhadap waktu

Gambar 4.1 menampilkan kecepatan keluaran dari plant motor DC. Garis biru merupakan kecepatan referensi dalam % dan garis merah merupakan input terhadap PLC. Ketika dilakukan uji set point 70% kecepatan motor DC juga akan mengikuti hingga mendekati nilai 70% dari *set point*. Ketika *set point* diubah menjadi 35% kecepatan motor DC akan mengikuti hingga mendekati 35%.

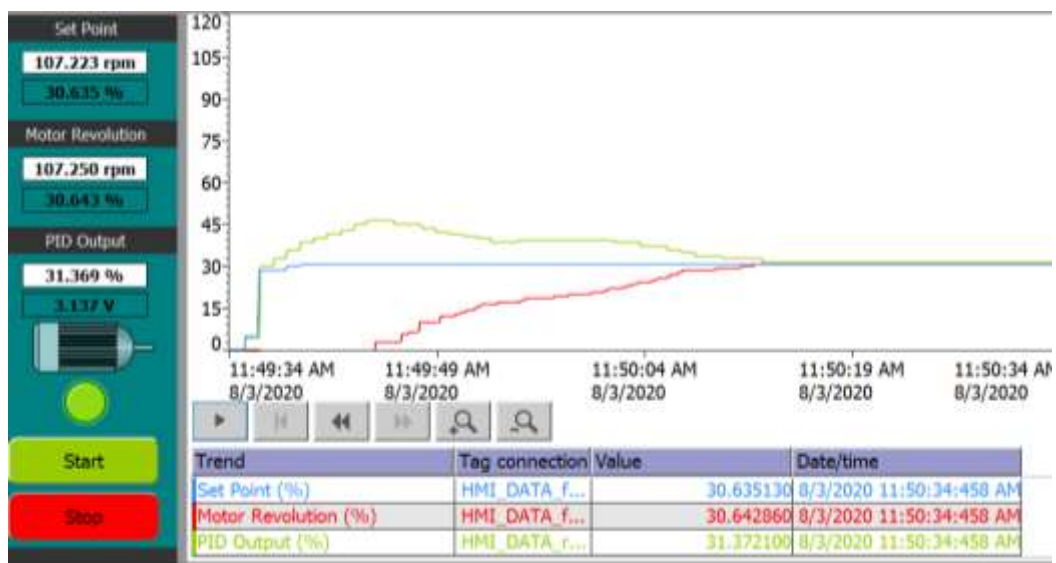
4.2 Hasil Simulasi PID Control dengan Penambahan Observer

Simulasi dilakukan pada *software* Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 3.1 dan berdasarkan gambar 3.3. Berikut merupakan hasil simulasi permodelan motor DC setelah dilakukan penambahan observer.



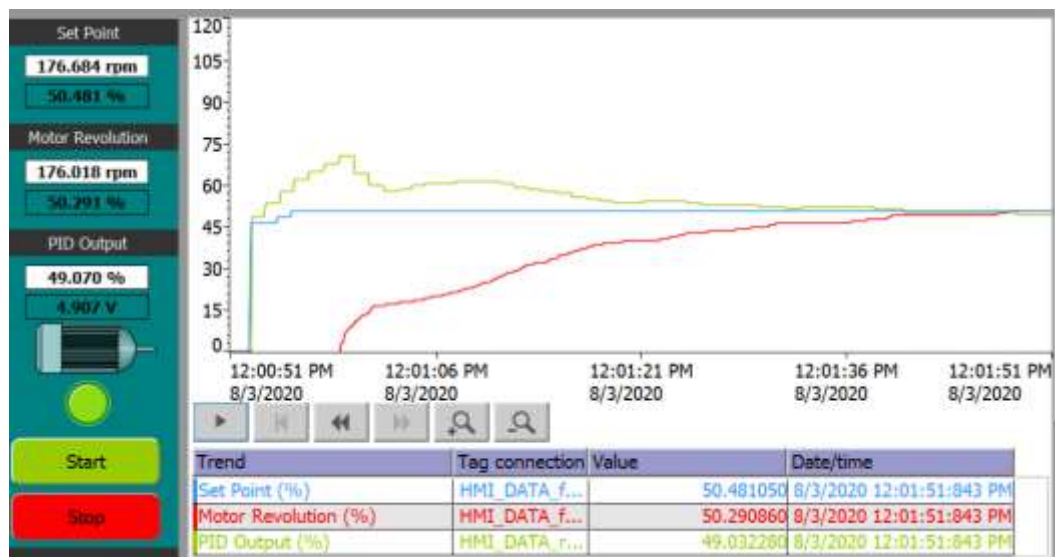
Gambar 4. 2 Tracking Setpoint menggunakan Observer

Pada gambar 4.2 menampilkan kecepatan keluaran dari plant motor DC. Garis biru merupakan setpoint dalam %, garis merah merupakan kecepatan motor DC, dan garis hijau merupakan output voltase dari PLC dalam %. Ketika dilakukan uji set point 30% kecepatan motor DC juga akan mengikuti hingga mendekati nilai 30% dari dari *set point*. Ketika *set point* diubah menjadi 50% kecepatan motor DC akan mengikuti hingga mendekati 50%.



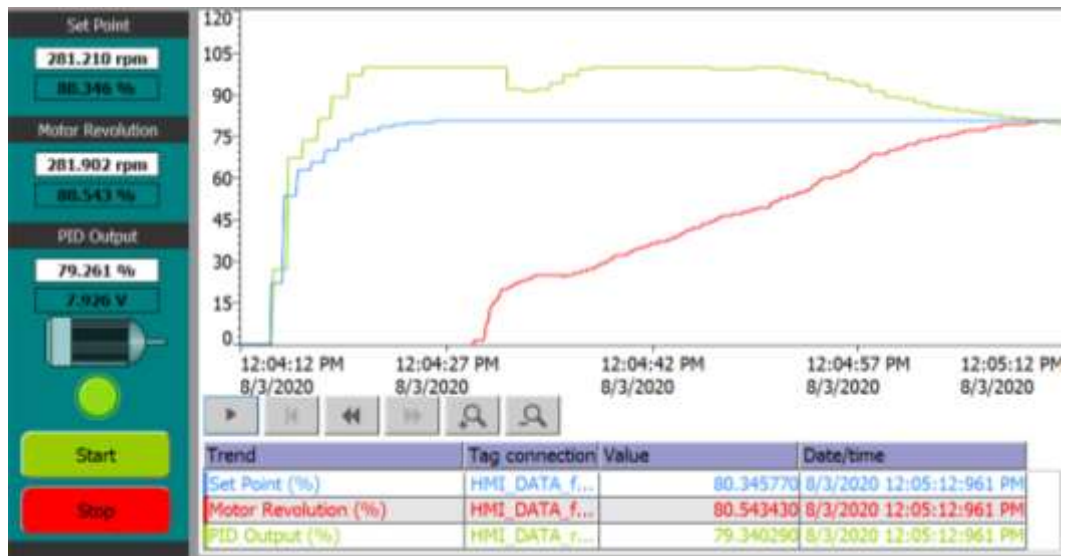
Gambar 4. 3 Respon Kecepatan Ketika pertambahan observer dengan *setpoint* 30%

Gambar 4.3 menampilkan kecepatan setelah penambahan observer dalam hal ini terdapat di PID output dalam hal ini PID output, Motor revolution, setpoint semua dalam persentase (%). Ketika set point ditentukan menjadi 30, PID output akan memberikan sinyal ke plant motor DC untuk menambahkan kecepatan ketika kecepatan sudah mencapai set point perlahan PID output akan menurun hingga stabil. Kecepatan output motor DC dari gambar 4.2 dapat dilihat mendekati nilai setpoint dengan kecepatan setpoint 107,223 rpm dan kecepatan output motor DC menggunakan observer 107,250 rpm dengan output voltase dari PLC 3.137 V.



Gambar 4. 4 Respon Kecepatan Ketika pertambahan observer dengan *setpoint* 50%

Gambar 4.4 menampilkan respon kecepatan dalam persen (%) Ketika dilakukan perubahan *set point* menjadi 50% PID output akan mengirimkan sinyal kepada observer untuk meningkatkan kecepatan motor saat kecepatan motor sudah mendekati *set point* maka PID Output akan menurun hingga mendekati *set point*. Kecepatan output motor DC dari gambar 4.2 dapat dilihat mendekati nilai setpoint dengan kecepatan setpoint 176,684 rpm dan kecepatan output motor DC menggunakan observer 176,018 rpm dengan output dari PID Compact 4.907 V.



Gambar 4. 5 Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan *setpoint* 80%

Gambar 4.5 menampilkan respon kecepatan dalam persentase (%) dengan perubahan setpoint 80%. Ketika kecepatan dari motor perlahan naik dan mendekati setpoint maka PID Output juga ikut menurun hingga nilainya mendekati nilai setpoint. Kecepatan output motor DC dari gambar 4.2 dapat dilihat mendekati nilai setpoint dengan kecepatan setpoint 281,210 rpm dan kecepatan output motor DC menggunakan observer 281,902 rpm dengan output dari PID Compact 7.926 V.

Grafik PID output tidak dapat stabil dikarenakan plant yang digunakan merupakan plant yang tidak nyata dari blok PID_Compact sendiri tidak dapat distabilkan jika tidak ada plant nyata. Nilai PID output akan mendekati *set point* lalu akan perlahan naik, tetapi perubahan PID output akan berubah jika nilai set point dan/atau nilai kecepatan motornya berubah. Jika dilakukan input nilai *set point* tetapi tidak memasukan input nilai kecepatan motor maka nilai PID output akan maksimal. Ketika nilai kecepatan motor diubah tetapi tidak melakukan input pada *set point* maka nilai PID output akan tetap nol.

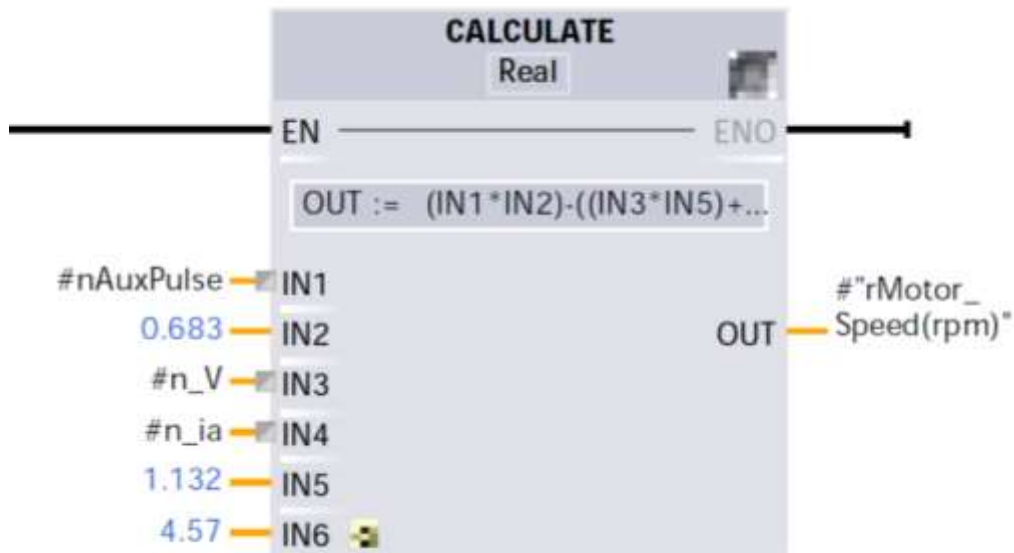
Tabel 4. 1 Perbandingan Ess

Kecepatan Motor (%)	PID Output (%)	Ess (%)
30,643	31,372	2,38%
50.290	49.032	2,50%
80,543	79,340	1,49%

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat perbedaan PID output dan kecepatan motor dalam kondisi stabil tidak berbeda jauh jika dirata-rata 2,12%. Output voltase dari PID output mempengaruhi kecepatan dari motor DC pada observer dikarenakan voltase merupakan input dari observer.

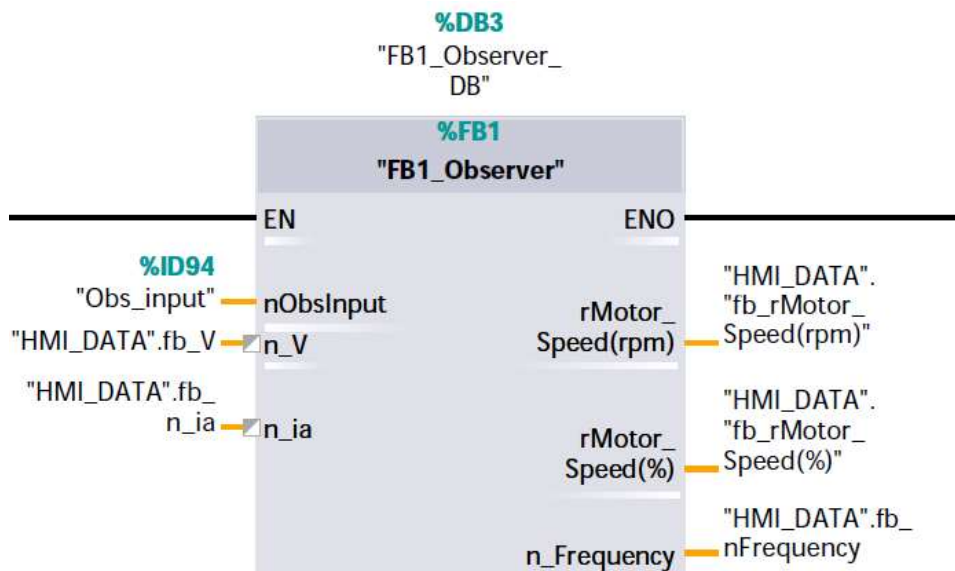
4.3 Ladder Diagram Pada PLC untuk penambahan Observer

Simulasi dilakukan pada *software* Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 3.1 dan berdasarkan gambar 3.4. Berikut merupakan hasil *ladder diagram* dan *function block* untuk observer.

**Gambar 4. 6** *Function Block* diagram pada PLC

Pada Gambar 4.6 menampilkan bentuk diagram pada Observer di dalam PLC untuk perhitungan observer digunakan fungsi matematika pada *software* TIA Portal bernama *calculate* fungsinya untuk menghitung secara langsung fungsi

matematika seperti penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, Lalu menjadi outputnya *motor speed*. Blok ini merupakan implementasi dari (3.13) IN1 merupakan nilai input dari PLC dari persamaan IN3 merupakan nilai voltase dari PLC dan IN4 merupakan nilai dari arus dari PLC.



Gambar 4. 7 Blok Observer Pada *Main loop*

Dari gambar 4.6 dapat dilihat input dan output dari blok observer yang telah dibuat pada Gambar 4.5 yang memiliki output motor speed dalam rpm, motor speed dalam persentase, dan frekuensi untuk inverter motor.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari Tugas Akhir ini untuk menjawab tujuan dari tugas akhir adalah:

- a) Dalam mengontrol dan memvisualisasikan grafik dibutuhkan bantuan *Human Machine Interface (HMI)*.
- b) Dalam simulasi plant motor DC pada PLC, PLC dapat mengontrol Motor DC tanpa menggunakan inverter atau drive selama *supply* dari plant motor DC 0-10 V.
- c) PLC dapat mengimplementasikan observer untuk mengatur kecepatan motor DC dalam bentuk sinyal output dari PLC persamaan observer dapat dimasukkan ke *function block* PLC dengan menggunakan fungsi *calculate* untuk membantu PLC mendapatkan data kecepatan dari plant motor DC. Dibutuhkan persamaan diskrit untuk pengimplementasian ini.

5.2 Saran

Adapun saran untuk melanjutkan tugas akhir ini adalah:

- a) Pembuatan rancang bangun terhadap plant ini
- b) Percobaan perancangan menggunakan Observer jenis yang lain
- c) Perubahan menggunakan filter Kalman terhadap PLC

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- agfianto, E. P. (2007). *PLC Konsep, Pemrograman, dan Aplikasi Edisi Pertama*. Yogyakarta: 2007.
- Bai, L. (2011). Electric Drive System with BLDC Motor. *International Conference on Electric Information and Control Engineering* (p. 254). Kuala Lumpur: Universiti Malaya.
- Bayindir, R., Sefa, I., Colak, I., & Bektas, A. (2008). Fault Detection and Protection of Induction Motor Using Sensors. *IEEE Trans*, 23(3).
- Blanke, M. (1999). *Fault Tolerant Control Systems*. London: Adventure World Press.
- Dorjee, G. R. (n.d.). Monitoring and Control of a Variable Frequency Drive Using PLC and SCADA. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 2(10).
- Errabelli, R. (2012). Fault-Tolerant Voltage Source Inverter for Permanent Magnet Drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27.
- Gao, Y. (2001). Electronic Braking System of EV and HEV--Integration of Regenerative Braking, Automatic Braking Force Control and ABS. *42 Volt Technology and Advanced Vehicle Electrical Systems*.
- Hariansyah. (2007). Pengaturan Arus Starting dan Kecepatan Motor DC penguat medan seri menggunakan PLC festo fec 400.
- Horvath, Z., & Molnarka, G. (2014). Design Luenberger Observer for an Electromechanical Actuator. *Acta Technica Jauriness*, 328-343 .
- inductive automation. (2018, August). *What is HMI?* Retrieved from Inductive automation: <https://www.inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>
- Kim, S.-H. (2017). *Electric Motor Control*. Amsterdam: Elsevier.
- Liptak, B. (2006). *Instrumen Engineer Handbook*. New York: CRC Press.
- Lubbers, K. (2014). Design and Analysis of a Model Based Low Level Slip Controller Based on a Hybrid Braking System. *Science in Systems and Control Delft University*.

- Murali, T. (2017). Four Quadrant Operation and Control of Three Phase BLDC Motor. *International Conference on Circuits Power and Computing Technology*.
- Netto, R., & Bagri, A. (2013). Programmable Logic Controllers. *International Journal of Computer Application*, 77, 27-31.
- Offer, G. J. (2010). Comparative analysis of battery electric, hydrogen fuel cell, and hybrid vehicle in a future sustainable road transport system. *energy policy*, 38, 24-29.
- Ogata, K. (1997). *Modern Control Engineering*. New Jersey: Prentice Hall.
- Rao, N. M., Gaikwad, V., Kashid, P., & Dandale, P. (2017). PLC Application for Speed Control of Induction Motor Through VFD. *International Research Journal of Engineering and Technology*, IV(2), 1221-1223.
- Savoia, A., Mengoni, M., Zarri, L., & Casadei, D. (2011). A Nonlinear Luenberger Observer for Sensorless Vector Control of Induction Motor. *International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics and Electromotion, Joint Conference*, (pp. 544-549).
- Shiosansi, R. (2008). Emissions Impacts and Benefits of Plug-in Hybrid Electric Vehicles and Vehicle-to-Grid Services. *Environmental Science Technology*, 1199-1204.
- Siemens. (2016). *SCE Training Curriculum*. Siemens.
- Siemens. (2017). *Win CC Professional V14 SPI System Manual*. Siemens.
- Siemens AG. (n.d.). *Totally Integrated Automation*. (Electrical and Manufacturing) Retrieved from <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industry-software/automation-software/tia-portal.html>
- Singh, C. P. (2012). State-space Based Simulink Modeling of BLDC Motor and its Speed Control Using Fuzzy PID Controller. *International Journal of Advances in Engineering Science and Technology*, 2, 359-369.
- Sowmiya, D. (2013). Monitoring and Control of a PLC Based VFD Fed Three Phase Induction Motor for Powder Compacting Press Machine. *IEEE*, 90-92.
- Tang, T. Y. (1998). *Simulator PLC (Software)*. Malaysia, johor.

- Tashakori, A. (2011). Modeling of BLDC Motor with Ideal Back-EMF for Automotive Applications. *World Congress on Engineering*. London.
- Thabet, H. (2013). Design and Implementation of a PI Controller for an automated Building Water Supply System using PLC Techniques. *Journal of Theoretical and Applied Information Technolgu*, 51(1), 22-25.
- Tur, O. (2007). An Introduction to Regenerative Braking of Electric Vehicles as Anti-Lock Braking System. *Proceedings of 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, (pp. 13-15). Istanbul.
- Westbrook, M. H. (2005). *Development and future of battery, hybrid, and fuel-cell cars*. London: The Institution of Electrical Engineers.
- Yulin, D. (2010). The analysis and Implement of PLC based PI Control for the Permanent Magnet DC Motor. *IEEE*, 448-452.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN

A. Ladder diagram pada sistem utama

Main [OB1]

Main Properties			
General			
Name	Main	Number	1
Language	LAD	Numbering	Automatic
Type	OB		
Information			
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author	
Family		Version	0.1
Comment			
User-defined ID			

Name	Data type	Default value
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		

Network 1:

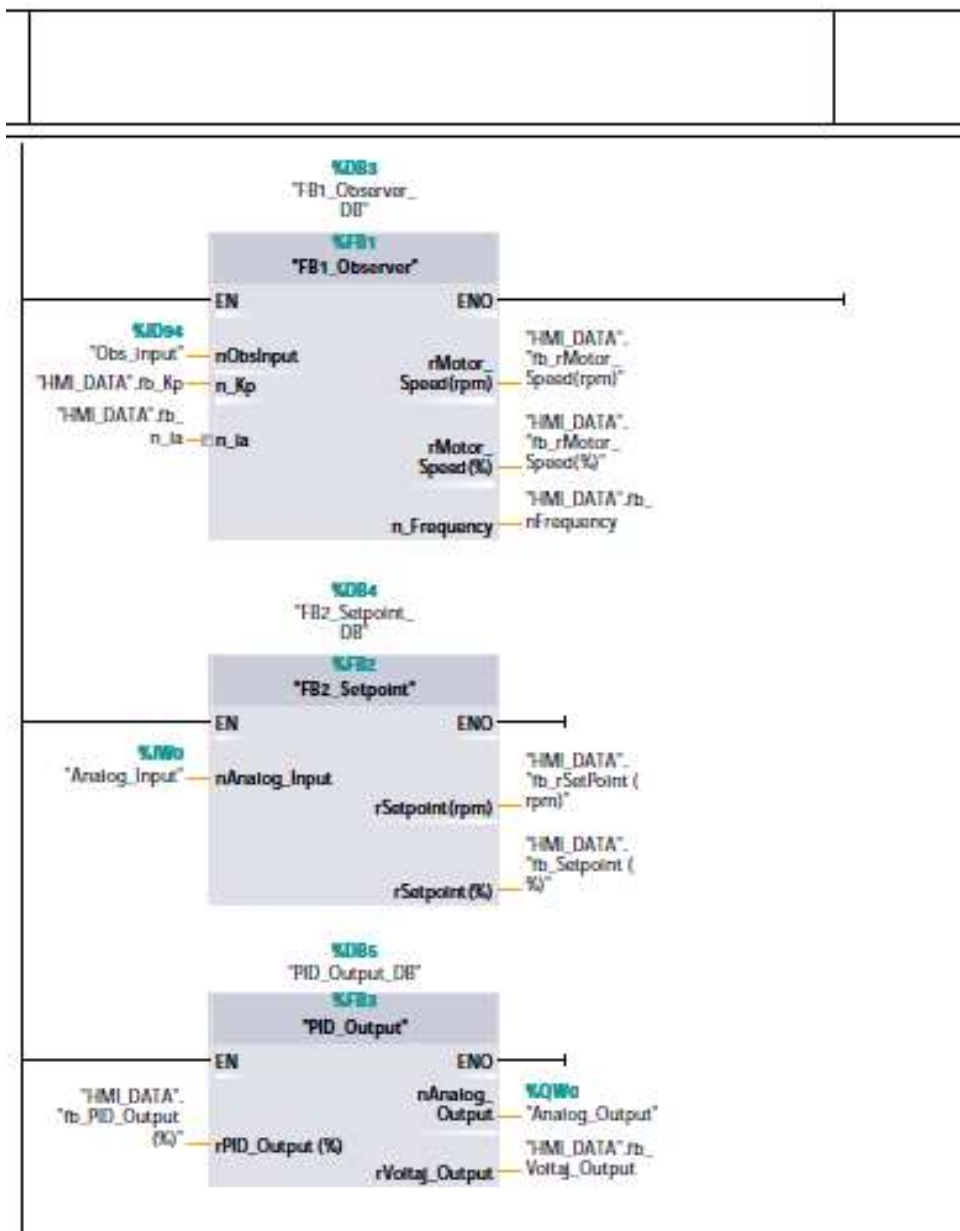
```

graph LR
    Start["%I0.0 'Start'"] --- Stop["%I0.1 'Stop'"]
    Stop --- MotorRun["%Q10.0 'Motor_Run'"]
    MotorRun --- End1[" "]
    MotorRun --- MotorRun2["%Q10.0 'Motor_Run'"]
    MotorRun2 --- End2[" "]
    End1 --- End2
  
```

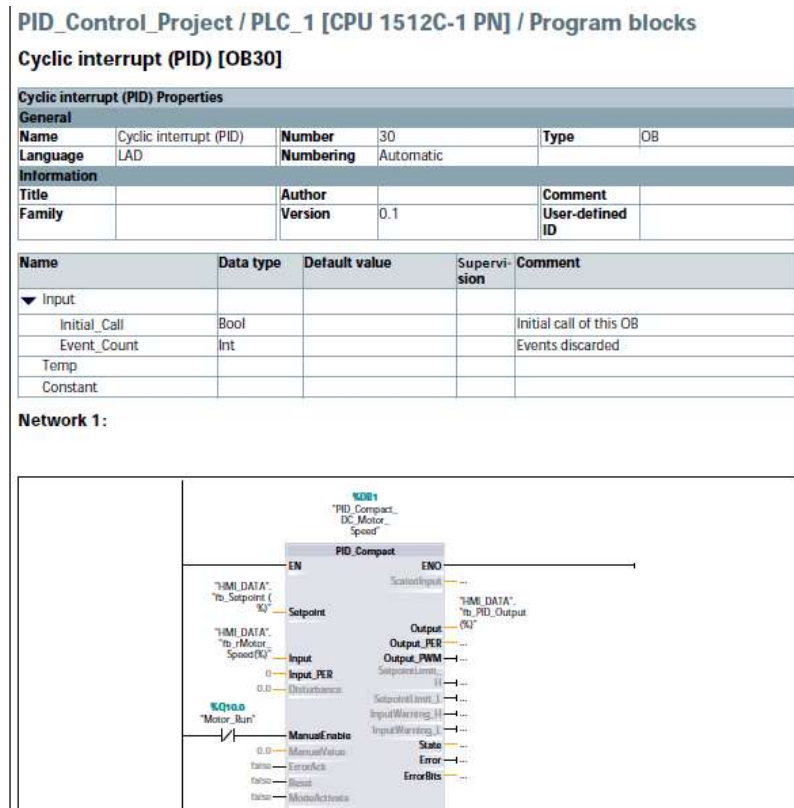
Network 2:

```

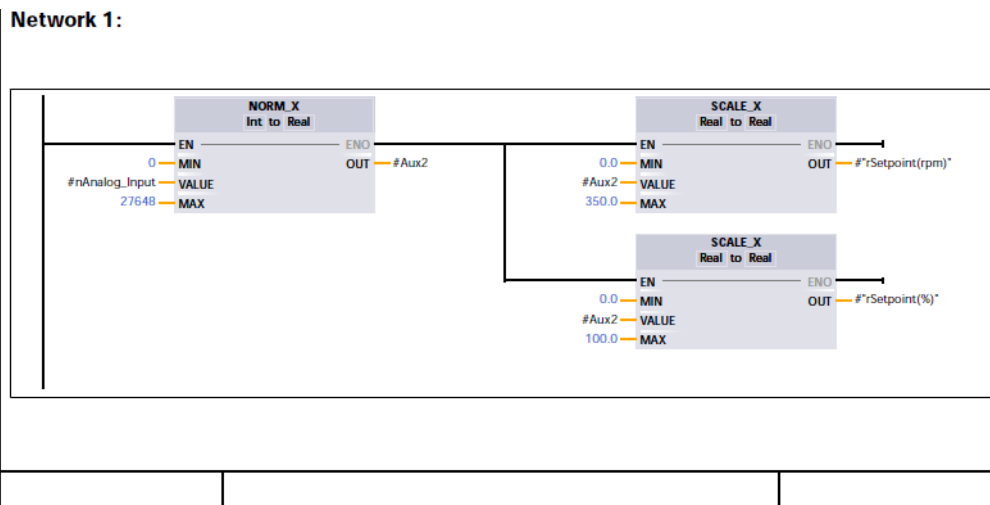
graph TD
    subgraph MOVE1
        EN1[EN] --- END1[END]
        IN1[IN: 1] --- OUT1[OUT1: 'HMI_DATA'rb_Kp]
    end
    subgraph MOVE2
        EN2[EN] --- END2[END]
        IN2[IN: 0.02] --- OUT2[OUT1: 'HMI_DATA'rb_rn]
    end
  
```



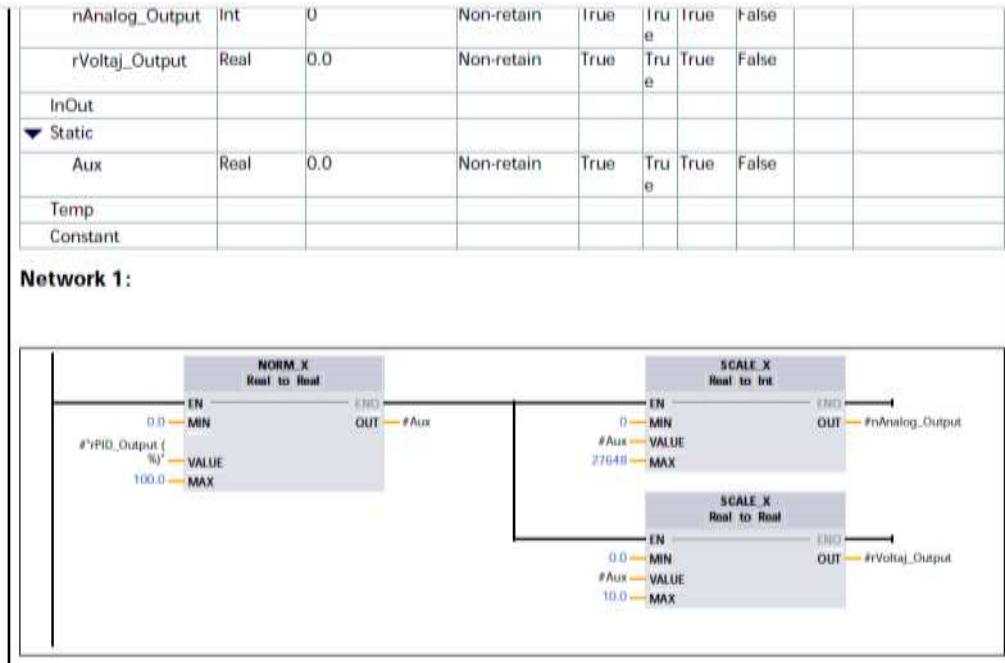
B. Ladder diagram pada PID Compact



C. Function block set point



D. Function Block PID output



E. HMI Design



BIODATA PENULIS



Nama Penulis Erlangga Tulus Maharddhika. Penulis dilahirkan di Jakarta, 11 September 1998 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jakarta. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan tingkat dasar di SDN Menteng 01 hingga tahun 2010, Pendidikan menengah pertama di SMPN 19 Jakarta hingga tahun 2013, Pendidikan menengah atas di SMAN 8 Jakarta hingga tahun 2016, dan sedang menempuh Pendidikan S1 Teknik Fisika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga saat ini.

Pada bulan Juni 2020, Penulis telah menyelesaikan tugas akhir dengan judul **RANCANGAN OBSERVER KECEPATAN UNTUK MOTOR DC PADA PLC**. Pembaca yang memili kritik serta saran ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui erlangatm1109@gmail.com.