

Rancangan Observer Kecepatan untuk Motor DC pada PLC

Erlangga Maharddhika dan Bambang Lelono Widjiantoro
Departemen Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)
e-mail: bbglelono@yahoo.com

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 mengestimasikan 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 Luenberger 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.

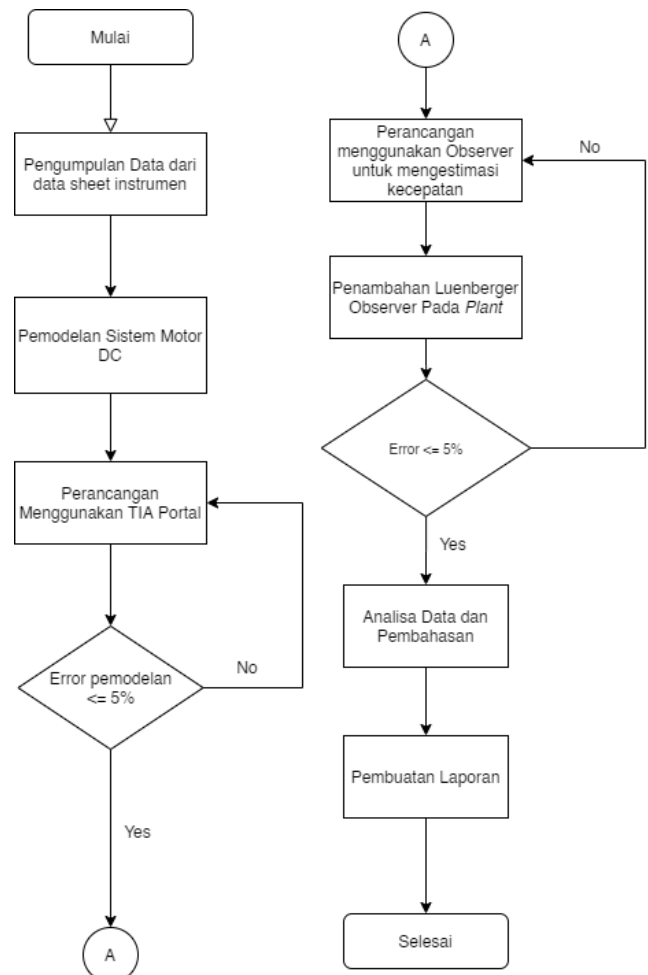
Kata Kunci—Motor DC, PLC, TIA Portal, Observer.

I. PENDAHULUAN

DALAM era otomasi modern, bidang perindustrian besi, kertas, semen, gula, makanan, pengairan menuntut 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 (*Programmable Logic Controller*). *Programmable Logic Controller* (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.

PLC (*Programmable 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. 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 dibenarkan [1].

Motor DC banyak dipergunakan di industri sebagai penggerak mesin produksi, mesin cnc [2]. Motor DC seperti



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

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 mengestimasikan suatu variabel dalam tugas akhir ini Luenberger observer digunakan untuk menggantikan sensor kecepatan pada motor DC industri.

II. METODOLOGI

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengumpulan data dari *data sheet instrument*, pemodelan sistem motor DC, Perancangan model motor DC menggunakan TIA Portal. Setelah melakukan perancangan di TIA portal dilakukan tes terhadap *plant* apakah *error* kurang dari 5% jika iya, akan dilanjutkan perancangan observer untuk pengestimasian kecepatan, lalu Dilanjutkan dengan

Tabel 1.
Nilai Variabel Parameter Motor DC

	Variabel (satuan)	Nilai
1.	Speed(RPM)	350
2.	Voltase	0-10V
3.	Gain	1
4.	Arus PLC(mA)	4-20
5.	Momen inersia(Kg m ²)	0.035
6.	Koefisien Gesek(Nm)	0.255
7.	Hambatan Internal	1.515
8.	Induktansi Internal	0.884
9.	Konstanta dari motor (Nm/Amp)	0.023

Tabel 2.
I/O PLC

No.	Jenis I/O	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

penambahan luenberger observer pada PLC jika *error* kurang dari 5% dapat dilanjut kedalam tahap analisa dan pembahasan. Setelah itu dilanjutkan dengan penatikan kesimpulan dan saran. Adapun diagram alir pada penelitian ini adalah:

A. Pengumpulan Data dari Data Sheets Instrumen

Data ayang dikumpulkan berupadata dari datasheet instrumen seperti motor DC, I/O PLC.

B. Pemodelan Sistem Motor DC

Dari persamaan pada 2.1 maka fungsi motor DC dapat di ubah menjadi fungsi dalam persamaan laplace [3].

$$(Js + b)\omega(s) = KI(s) \tag{1}$$

$$(Ls + R)I(s) = V(s) - K\omega(s) \tag{2}$$

$$P(s) = \frac{\omega(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js+b)(Ls+R)+K^2} \tag{3}$$

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:

$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R & -K \\ L & L \\ -b & K \\ J & J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} V \tag{4}$$

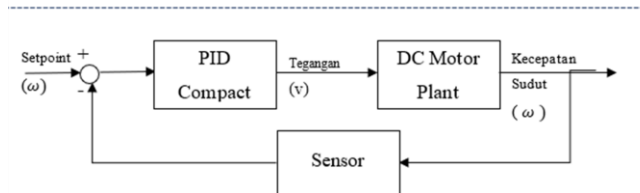
$$y = [1 \quad 0] \begin{bmatrix} \theta \\ i \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} i \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,716 & -0,026 \\ -7,286 & 0,657 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1,133 \\ 0 \end{bmatrix} V \tag{5}$$

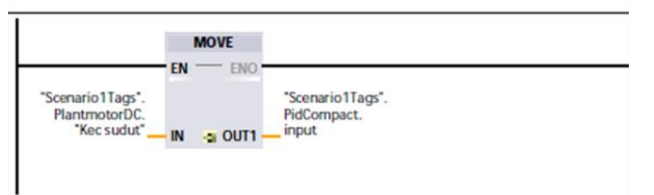
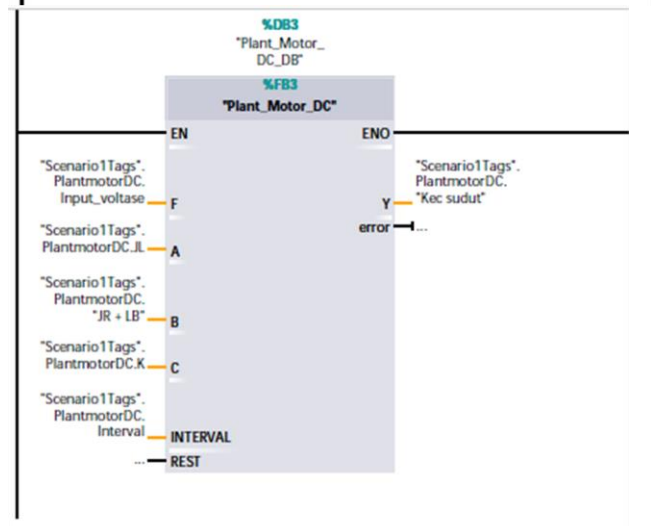
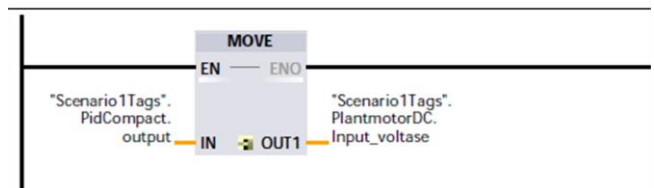
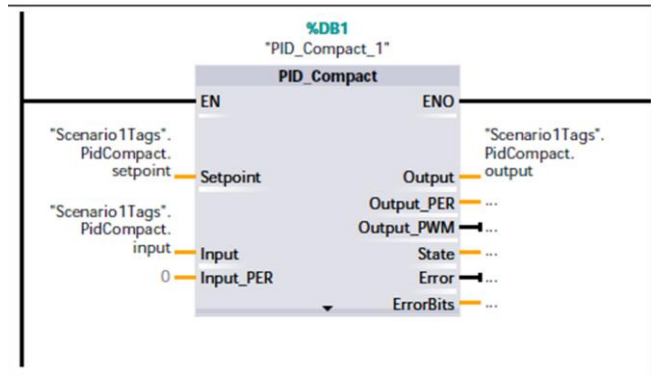
C. Perancangan Menggunakan Tia Portal

Untuk melakukan Perancangan pada TIA Portal dibutuhkan fungsi transfer untuk mengetahui input outputnya.

Pada proses ini dilakukan pembuatan simulasi pada software yang telah dirancang menjadi diagram tangga yang ada untuk pembuatan simulasi sistem pengatur kecepatan



Gambar 2. Perancangan model pada plant motor DC.



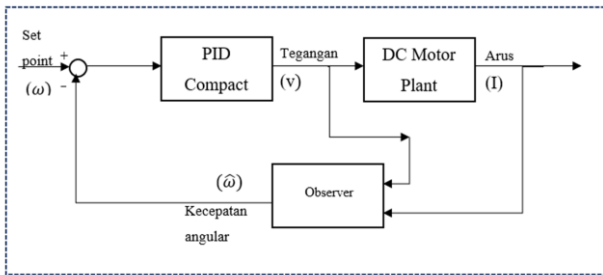
Gambar 3. Perancangan model Plant Motor pada Software TIA Portal.

```

#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 4. Perancangan model Plant Motor pada Software TIA Portal.



Gambar 5. Perancangan model pada plant motor DC.

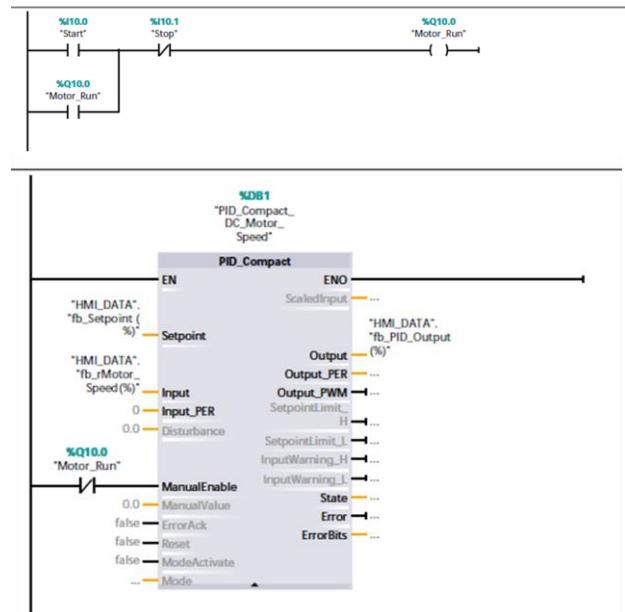
pada motor DC. Blok PID_Compact sendiri didapatkan dari blok teknologi yang dimiliki software TIA Portal, blok ini merupakan blok pengontrol PID secara universal. Pertama, dilakukan perubahan *set point* pada input PID_Compact, lalu PID Compact akan mengeluarkan output voltase seperti pada gambar 1 output PID akan masuk ke blok plant motor DC dengan penentuan input yang didapat dari data pada tabel 1. lalu akan mengeluarkan output kecepatan motor DC.

Pada gambar 2 dapat dilihat simulasi sistem kontrol pada software TIA Portal yang tertera pada gambar 3 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.

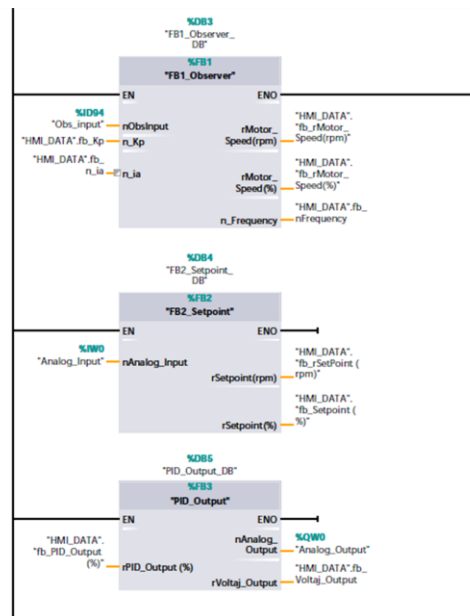
Pada gambar 4 simulasi dilakukan pada software Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 1 dan 2. Berikut merupakan hasil *ladder diagram* untuk *plant* motor DC dengan menggunakan metode *Structured Control Language* pada PLC dengan bahasa pemrograman pascal. Pada pemrograman ini digunakan metode euler.

D. Perancangan Observer

Perancangan observer digunakan untuk melakukan estimasi kecepatan pada motor DC dengan nilai voltase yang mempunyai range 0-10 V yang dapat dilihat pada Gambar 4. Observer yang digunakan merupakan *reduced order observer*. Dengan persamaan *state space* pada (3.5).



Gambar 6. Pemodelan Plant Observer pada Software TIA Portal(1).



Gambar 7. Pemodelan Plant Observer pada Software TIA Portal(2).

Sehingga persamaan *state space observer* dapat ditulis sebagai berikut:

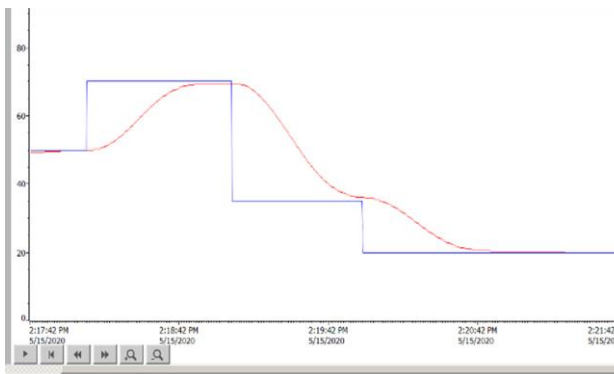
$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R/L & -K/L \\ -b/J & K/J \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix} V \tag{4}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{i} \\ \dot{\omega} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1,716 & -0,026 \\ -7,286 & 0,657 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1,133 \\ 0 \end{bmatrix} V \tag{5}$$

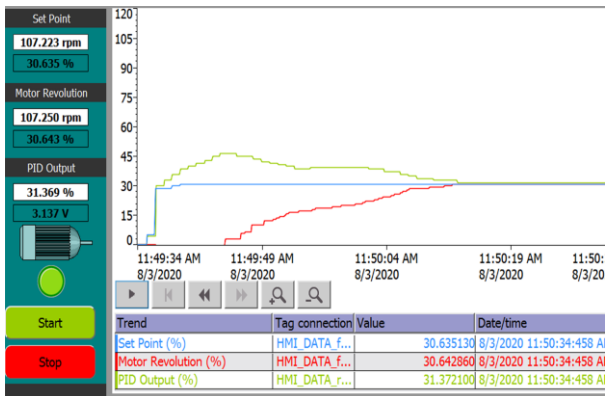
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i(t) \\ \omega(t) \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan persamaan reduced order observer,
 $A_{aa} = -R/L$
 $A_{ab} = -K/L$
 $A_{ba} = -b/J$
 $A_{bb} = K/J$
 $B_a = 1/L$
 $B_b = 0$

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 1. Berdasarkan



Gambar 8. Perancangan model pada plant motor DC.



Gambar 9. Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan setpoint 30%.

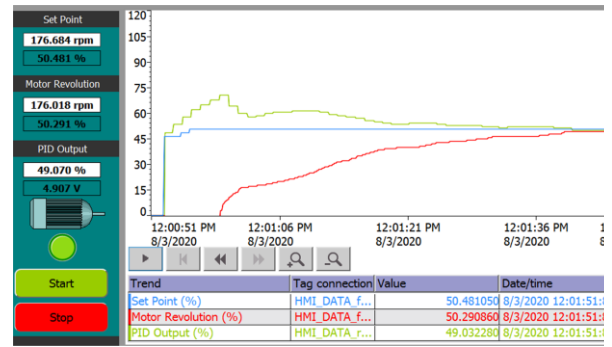
persamaan (4) maka persamaan reduced order observer didapatkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{\omega}}(t) &= \left(\frac{K}{J} + K_e \frac{K}{L}\right) \tilde{\omega}(t) - \frac{b}{J} i(t) + 0 + K_e(i(t) + \frac{R}{L} i(t) - \frac{1}{L} V) \\ \tilde{\omega}(t) &= \left(\frac{0.023}{0.035} + K_e \frac{0.023}{0.883}\right) \tilde{\omega}(t) + K_e \left(i(t) + \frac{1.515i(t)}{0.883} - \frac{1}{0.883} V\right) \\ \dot{\tilde{\omega}}(t) &= (0.657 + K_e 0.026) \tilde{\omega}(t) - 7,286i + K_e(i + 1.716i - 1.132V) \\ \dot{\tilde{\omega}}(t) &= (0.657 + 1(0.026)) \tilde{\omega}(t) - 7,286i + (1)(i + 1.716i - 1.132V) \\ \dot{\tilde{\omega}}(t) &= (0.683) \tilde{\omega}(t) - 4,57i - 1,132V \end{aligned} \quad (6)$$

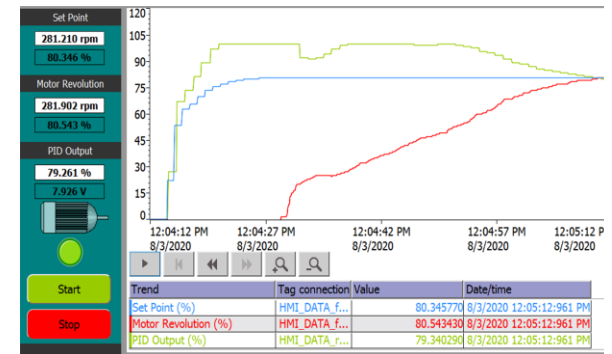
E. Penambahan Observer pada Plant Motor DC di TIA Portal

Pada TIA Portal ditambahkan observer untuk mengestimasi nilai kecepatan pada plant motor DC, yang dapat dilihat pada Gambar 5.

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



Gambar 10. Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan setpoint 50%.



Gambar 11. Respon Kecepatan Ketika penambahan observer dengan setpoint 80%.

yang terestimasi. Pemodelan Plant Observer pada Software TIA Portal dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

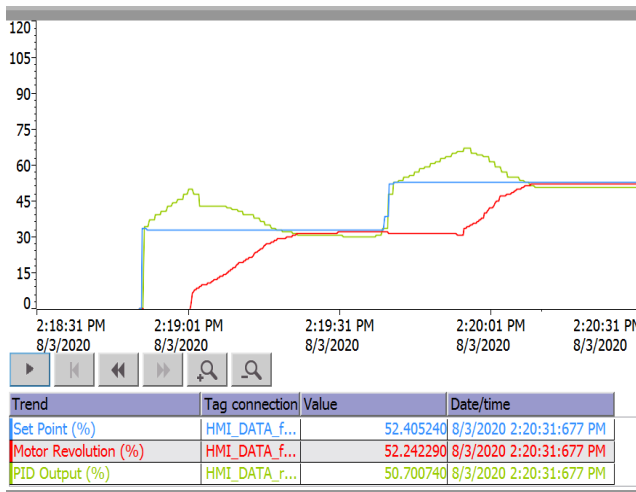
A. Hasil Uji Validasi Model Plant Motor DC dengan PID Control

Simulasi dilakukan pada software Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 3 dan berdasarkan Gambar 8. Berikut merupakan Hasil simulasi permodelan motor DC yang telah dilakukan.

Gambar 9 dan Gambar 10 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 dari setpoint. Ketika set point diubah menjadi 35% kecepatan motor DC akan mengikuti hingga mendekati 35%.

B. Hasil Simulasi PID Control dengan penambahan Observer

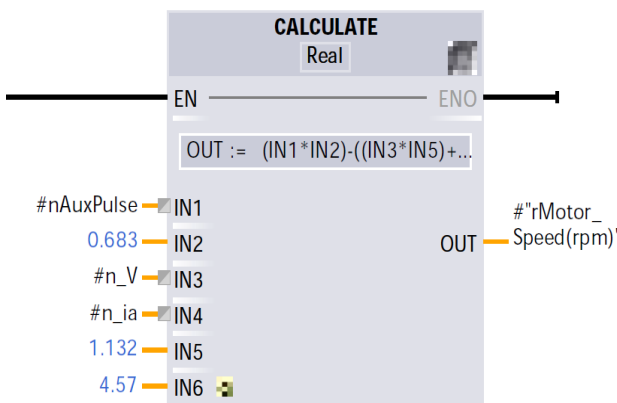
Gambar 12 menampilkan kecepatan setelah penambahan observer dalam hal ini terdapat di PID output dalam hal ini PID output, Motor revolution, setpoint semua dalam persentase (%). Ketika set point ditentukan menjadi 30, PID output akan memberikan sinyal ke plant motor DC untuk menambahkan kecepatan ketika kecepatan sudah mencapai set point perlahan PID output akan menurun hingga stabil. Kecepatan output motor DC dari gambar 12 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 13 menampilkan respon kecepatan dalam persen (%)



Gambar 12. Function block diagram pada PLC.

Tabel 3. Perbandingan Ess

Kecepatan Motor (%)	PID Output (%)	Ess (%)
30,115	29,609	1,68%
49,549	50,362	1,61%
81,406	79,607	2,21%

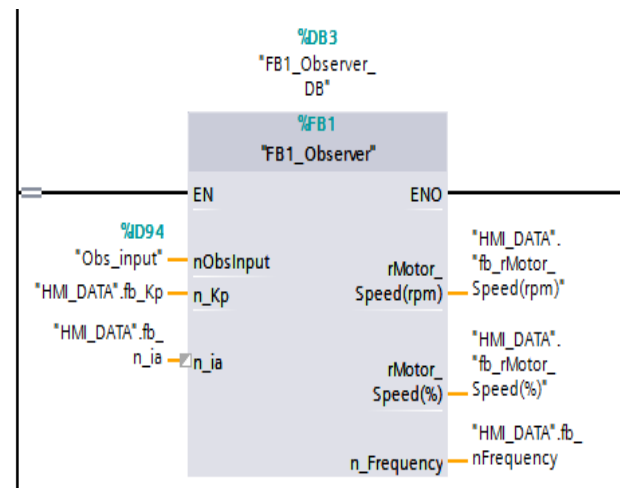


Gambar 13. Function block diagram pada PLC.

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 13 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.

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 13 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.

Pada gambar 14 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



Gambar 14. Blok observer pada main loop.

mengikuti hingga mendekati nilai 30% dari dari *set point*. Ketika *set point* diubah menjadi 50% kecepatan motor DC akan mengikuti hingga mendekati 50%.

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 *setpoint* 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.

C. Ladder Diagram Observer pada PLC

Simulasi dilakukan pada software Siemens TIA Portal V14 SP1 dengan menggunakan parameter yang terdapat pada Tabel 1 dan berdasarkan gambar 3. Berikut Merupakan Hasil Ladder diagram dan *function block* untuk observer.

Gambar 8 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 pertambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, Lalu menjadi outputnya *motor speed*. Blok ini merupakan implementasi dari persamaan (6) IN1 merupakan nilai input dari PLC dari persamaan IN3 merupakan nilai voltase dari PLC dan IN4 merupakan nilai dari arus dari PLC.

Dari gambar 9 dapat dilihat input dan output dari blok observer yang telah dibuat pada Gambar 8 yang memiliki output *motor speed* dalam rpm, *motor speed* dalam persentase, dan frekuensi untuk *inverter motor*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut; (1)Dalam mengontrol dan memvisualisasikan grafik dibutuhkan bantuan Human Machine Interface (HMI); (2)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; (3)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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Sowmiya, "Monitoring and control of a PLC based VFD fed three phase induction motor for powder compacting press machine," in *2013 7th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, 2013, pp. 90–92.
- [2] Muhammad Hariansyah, "Pengaturan arus starting dan kecepatan motor dc penguat medan seri menggunakan plc festo fec 400," *Protech*, vol. 6, no. 1, pp. 1–13, 2007.
- [3] S. Makni, M. Bouattour, A. El Hajjaji, and M. Chaabane, "Robust observer based Fault Tolerant Tracking Control for T–S uncertain systems subject to sensor and actuator faults," *ISA Trans.*, vol. 88, pp. 1–11, 2019.