

## MODUL 5

### ANALOG IO PLC SIEMENS CPU1215C AC/DC/RELAY

#### 1. Tujuan Percobaan

- Mengetahui Fitur Analog IO PLC Siemens CPU1215C AC/DC/Relay
- Memahami Proses Penanganan Data Analog
- Mampu Membuat Aplikasi yang Menggunakan Analog IO

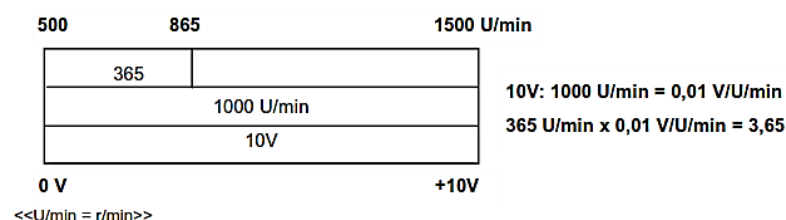
#### 2. Dasar Teori

##### a. Sinyal Analog

Berbeda dengan sinyal digital yang diasumsikan hanya terdapat dua jenis keadaan, “ada tegangan 24 V” dan “tegangan 0 V”, sinyal analog dapat memiliki nilai bervariasi pada kisaran tertentu. Sebuah contoh sensor analog adalah potensiometer, tergantung pada posisi knob pemutarnya, nilai hambatan dapat ditentukan dari minimum hingga nilai hambatan maksimum. Dibawah ini beberapa contoh besaran analog pada pengendalian industri:

- Suhu -50 ... +150°C
- Aliran 0 ... 200 l/min
- Kecepatan 500 ... 1500 r/min

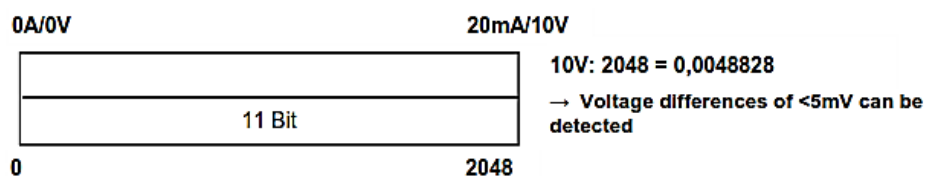
Menggunakan transduser, besaran tersebut diubah menjadi besaran elektrik seperti tegangan, arus maupun resistans (hambatan). Sebagai contoh, kecepatan putaran 500 ... 1500 rpm oleh transduser diubah menjadi tegangan 0 ... 10V. Jika kecepatan yang terukur 865 rpm maka transduser akan menghasilkan tegangan 3,65V seperti ditunjukkan oleh Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Konversi rpm menjadi volt

Tegangan, arus maupun resistans terhubung dengan modul analog yang akan mengubahnya menjadi format digital. Proses ini disebut dengan konversi analog/digital (A/D conversion). Artinya, sebagai contoh, tegangan 3,65V disimpan dalam bentuk informasi berupa sekumpulan angka biner. Semakin besar bit biner yang dipakai untuk merepresentasikan informasi digital tersebut maka makin bagus resolusinya. Sebagai contoh, bila hanya ada 1 bit yang tersedia untuk merepresentasikan tegangan 0 ... +10V, hanya satu pernyataan yang dapat diambil apakah tegangan yang terukur berada diantara kisaran 0 ... +5V atau diantara +5V ... +10V. Dengan 2 bit maka akan diperoleh empat kisaran tegangan yaitu: 0 ... 2,5/2,5 ... 5/5 ... 7,5/7,5 ... 10V.

Konverter A/D pada teknik pengendalian biasanya menggunakan resolusi 8 atau 11 bit. Dengan 8 bit maka diperoleh 256 pembagian sedangkan 11 bit menghasilkan 2048 pembagian. Contoh seperti pada Gambar 5.2.

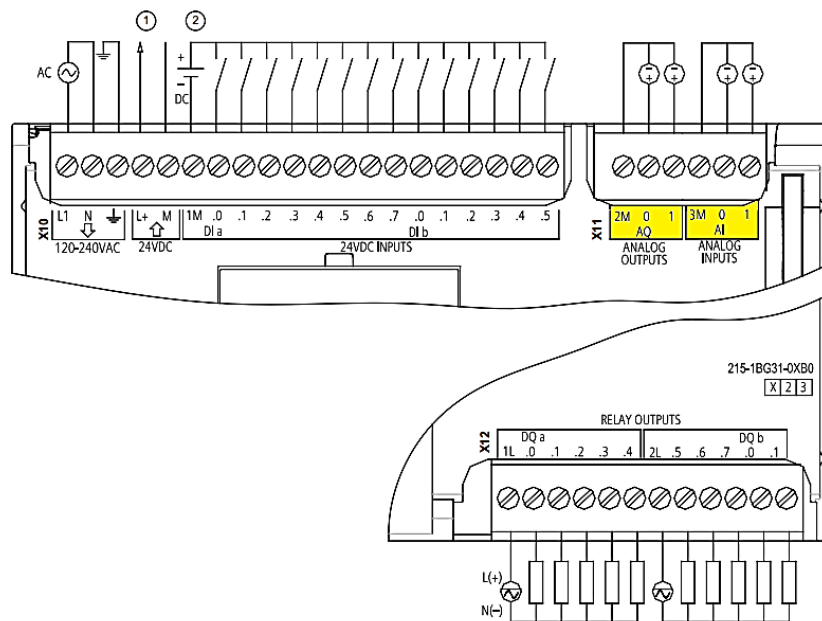


Gambar 5.2 Resolusi konverter A/D

Tipe data “INT” dan “REAL” berperan penting dalam pengolahan data/nilai analog karena nilai analog diinterpretasikan dalam format integer “INT”. Informasi yang lebih akurat dapat diperoleh bila menggunakan tipe data “REAL” karena tipe data ini menampilkan nilai pembulatan yang terjadi apabila menggunakan tipe data “INT”.

#### b. Analog IO pada PLC Siemens CPU1215C AC/DC/Relay

PLC Siemens CPU1215C AC/DC/Relay memiliki modul analog input (AI) dan output (AQ) terintegrasi. Masing-masing memiliki dua terminal, terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Modul PLC Siemens CPU1215C AC/DC/Relay

Perbedaan mendasar antara analog input dan analog output pada jenis sinyal. Analog input membaca sinyal analog tegangan 0 – 10V sedangkan analog output mengeluarkan sinyal analog berupa arus 0 – 20 mA. Deskripsi teknis untuk analog input dapat dilihat pada Tabel 5.1 sedangkan untuk analog output ditunjukkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.1 Deskripsi teknis analog input

Data Teknis	Keterangan
Number of inputs	2
Type Voltage (single-ended)	Voltage (single-ended)
Full-scale range	0 to 10 V
Full-scale range (data word)	0 to 27648
Overshoot range	10.001 to 11.759 V
Overshoot range (data word)	27,649 to 32,511
Overflow range	11.760 to 11.852 V
Overflow range (data word)	32,512 to 32,767
Resolution	10 bits

Tabel 5.2 Deskripsi teknis analog output

Data Teknis	Keterangan
Number of outputs	2
Type	Current
Full-scale range	0 to 20 mA
Full-scale range (data word)	0 to 27648
Overshoot range	20.01 to 23.52 mA
Overshoot range (data word)	27,649 to 32,511
Overflow range data word	32,512 to 32,767
Resolution	10 bits

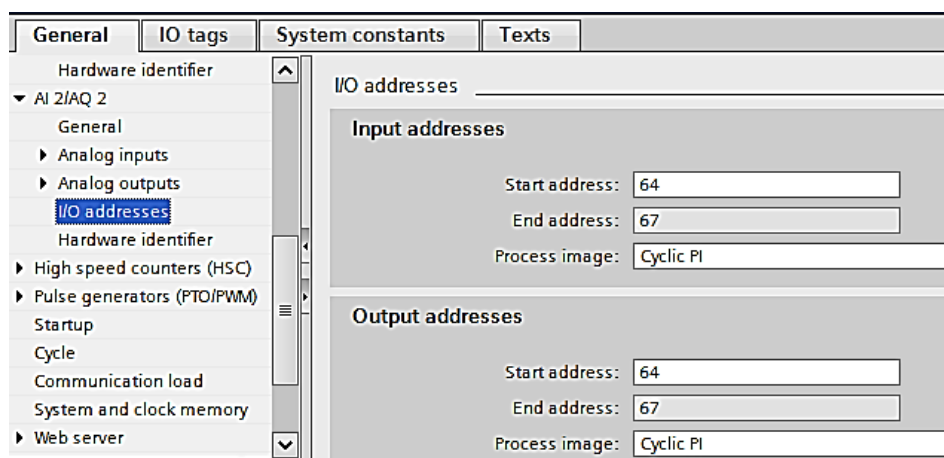
**Resolusi.** Makin besar resolusi berarti makin kecil perubahan tegangan yang dapat dibaca oleh modul analog input atau makin kecil perubahan arus yang dihasilkan oleh modul analog output. Modul analog Siemens bervariasi memiliki resolusi antara 8 bit hingga 15 bit.

Sebagai contoh modul analog input dengan resolusi 15 bit memiliki 32768 nilai yakni antara 0 ... 32767. Jumlah nilai tersebut sama dengan jumlah nilai maksimum integer (INT) yang diperbolehkan sehingga perubahan tegangan yang dapat dibaca oleh modul ini sebesar  $32768/32768 = 1$  bit atau setara dengan  $(10V / 27648) * 1 = 0,00036169V$ . Contoh yang lain, modul analog input dengan resolusi 12 bit yang menghasilkan 4096 cacahan. Perubahan terkecil modul ini sebesar  $32768/4096 = 8$  atau setara dengan  $(10V/27648)*8 = 0.0028935V$ .

PLC Siemens CPU1215C AC/DC/Relay memiliki modul analog input dan output dengan resolusi 10 bit. Modul memiliki cacahan sebanyak 1024 sehingga perubahan terkecilnya sebesar  $32768/1024 = 32$  atau setara dengan perubahan tegangan pada input sebesar  $(10V/27648)*32 = 0,011574V$  dan perubahan arus sebesar  $(20\text{ mA}/27648)*32 = 0,023148\text{ mA}$  pada analog output-nya.

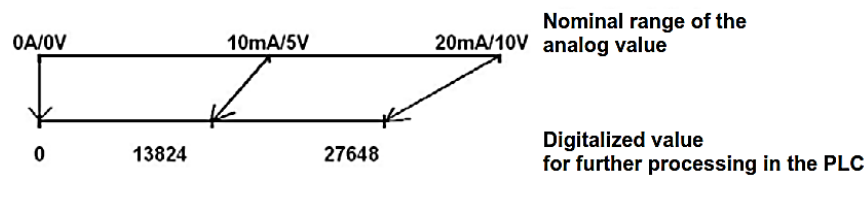
#### c. Memproses Nilai Analog (dengan TIA Portal)

Setiap nilai analog pada terminal input maupun output ditetapkan sebagai sebuah word (bilangan biner 16 bit) bertipe data INT (integer). Alamat word untuk analog IO ditetapkan melalui *device configuration/properties* seperti terlihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Pengalamatan analog IO

Contoh pengalamatan pada Gambar 5.4, alamat analog input pertama adalah %IW 64 dan analog input kedua akan memiliki alamat %IW 66. Sama dengan alamat analog input, alamat output pertama %QW 64 dan analog output kedua memiliki alamat %QW 66. Proses konversi A/D berlaku sama baik untuk analog input maupun output. Hasil konversi dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan seringkali hasil konversi ini harus melalui normalisasi lebih lanjut.



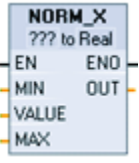
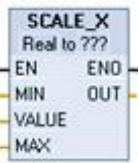
Gambar 5.5 Konversi analog ke digital

#### i. Normalisasi Nilai Analog

Nilai-nilai analog (berupa tegangan atau arus) beberapa diantaranya dipakai untuk menggambarkan kondisi seperti volume, temperatur, berat dan beberapa besaran yang lain. Nilai-nilai ini diterima oleh analog input berupa nilai INT harus dinormalisasikan dan dikonversi ke nilai REAL (floating point) dengan kisaran 0.0 hingga 1.0 (penulisan koma dengan titik menyesuaikan penulisan pada TIA Portal). Setelah itu, hasilnya diskalakan dengan nilai minimum dan maksimum dari besaran fisik yang direpresentasikan.

Pada nilai yang akan dikeluarkan sebagai analog output, nilai yang telah diskalakan sebelumnya dinormalisasikan kembali menjadi nilai antara 0.0 hingga 1.0. Selanjutnya diskalakan pada rentang 0 ... 27648 atau -27648 ... 27648 tergantung pada tipe modul analog (lihat Tabel 5.1 dan Tabel 5.2). Untuk keperluan normalisasi dan penskalaan, TIA Portal menyediakan instruksi NORM\_X dan SCALE\_X. Detail instruksi ini ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Intruksi NORM\_X dan SCALE\_X

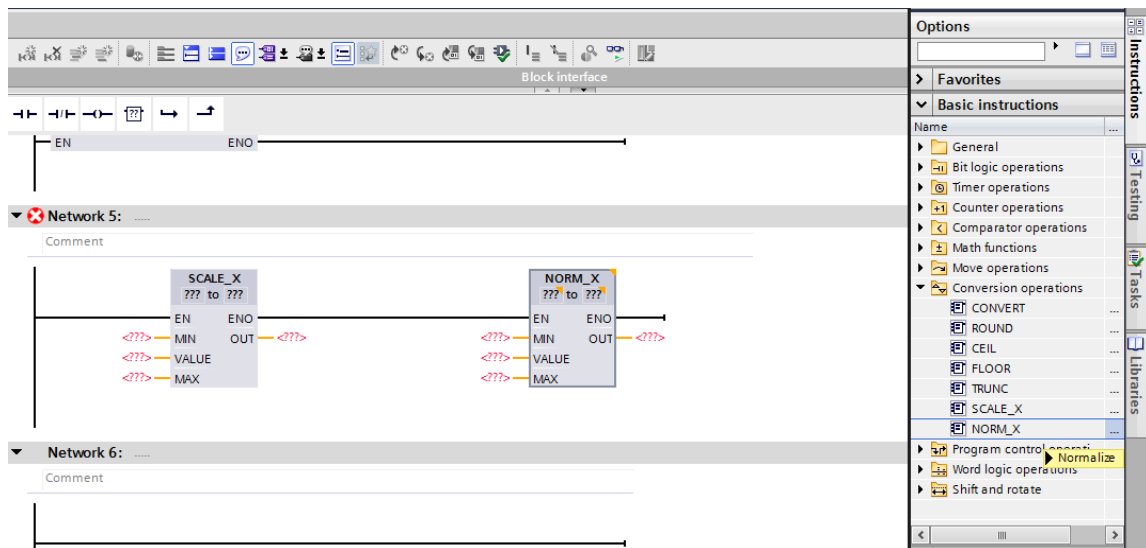
Simbol LAD/FBD	Deskripsi
	<p>Melakukan proses normalisasi terhadap parameter VALUE dengan rentang antara MIN dan MAX.</p> <p>Hasil normalisasi: <math>OUT = (VALUE - MIN) / (MAX - MIN)</math></p> <p>dengan <math>(0.0 \leq OUT \leq 1.0)</math></p>
	<p>Melakukan proses terhadap penskalaan parameter VALUE yang telah ternormalisasi dengan tipe data REAL (dengan <math>0.0 \leq VALUE \leq 1.0</math>) dengan skala antara nilai MIN dan MAX.</p> <p>Hasil penskalaan: <math>OUT = VALUE (MAX - MIN) + MIN</math></p>
Klik “???” dan pilih tipe data melalui menu drop-down	

Pilihan tipe data parameter-parameter yang terdapat pada instruksi NORM\_X dan SCALE\_X ditunjukkan oleh Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Tipe data parameter

Parameter	Tipe data	Deskripsi
MIN	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDInt, Real, LReal	Nilai minimum rentang
VALUE	SCALE_X: Real, LReal NORM_X: Sint, Int, DInt, USInt, UInt, UDInt, Real, LReal	Nilai yang akan diskalakan atau dinormalisasi
MAX	SInt, Int, DInt, USInt, UInt, UDInt, Real, LReal	Nilai maksimum rentang
OUT	SCALE_X: Sint, Int, DInt, USInt, UInt, UDInt, Real, LReal NORM_X: Real, LReal	Nilai hasil penskalaan atau normalisasi
<p>Untuk SCALE_X: Parameters MIN, MAX, and OUT harus memiliki tipe data yang sama</p> <p>Untuk NORM_X: Parameters MIN, VALUE, and MAX harus memiliki tipe data yang sama</p>		

Instruksi NORM\_X dan SCALE\_X pada TIA Portal diperoleh dengan *drag-and-drop* dari panel *Instruction* → *Basic Instruction* → *Conversion operations* seperti ditunjukkan oleh Gambar 5.6.

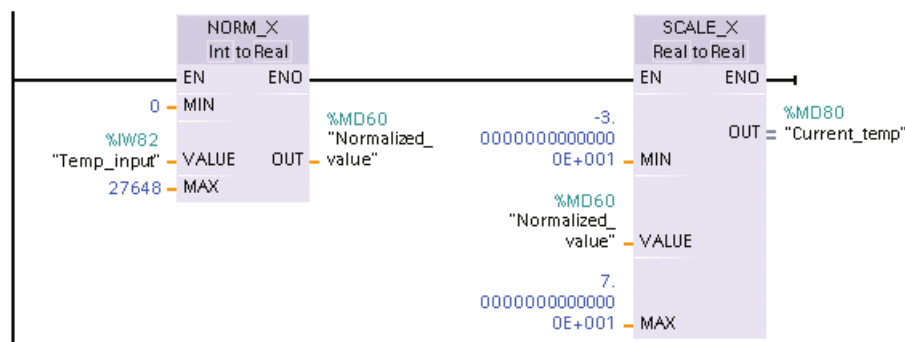


Gambar 5.6 Drag-and-drop instruksi SCALE\_X dan NORM\_X pada TIA Portal

## ii. Contoh Normalisasi dan Penskalaan Analog Input

Sebuah modul analog input (tipe tegangan) dengan rentang nilai yang valid 0 ... 27648 digunakan untuk membaca nilai temperatur. Nilai 0 pada analog input merepresentasikan temperatur -30.0 °C dan nilai 27648 merepresentasikan temperatur sebesar 70.0 °C.

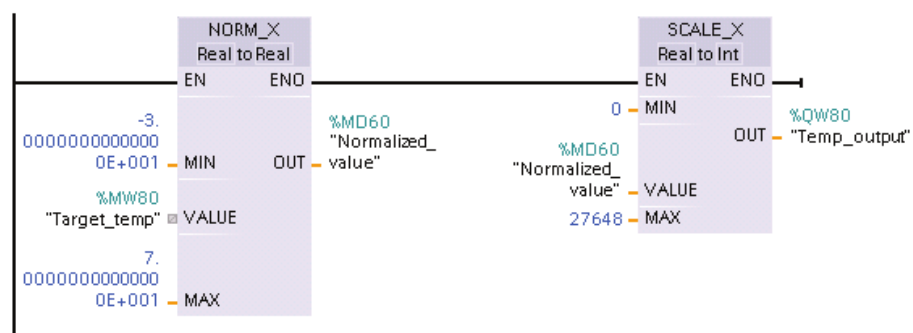
Untuk mengubah nilai analog input ke nilai besaran temperatur (celsius) maka nilai analog input dinormalisasikan ke rentang 0.0 ... 1.0 kemudian diskalakan ke rentang -30.0 °C ... 70.0 °C. Hasil dari proses ini adalah nilai temperatur dalam celsius ("current\_temp"). Parameter "Current\_temp" inilah selanjutnya yang dipakai dalam proses pengendalian. Proses normalisasi dan penskalaan analog input ditunjukkan dalam ladder diagram Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Contoh normalisasi dan penskalaan analog input

### iii. Contoh Normalisasi dan Penskalaan Analog Output

Sebuah modul analog output (tipe arus) dengan nilai valid 0 ... 27648 digunakan untuk merepresentasikan pengaturan temperatur dengan nilai 0 merepresentasikan temperatur -30.0 °C dan nilai 27648 merepresentasikan temperatur 70.0 °C. Untuk mengubah nilai temperatur -30.0 °C ... 70.0 °C yang tersimpan di memori menjadi nilai analog output pada rentang 0 ... 27648 maka nilai temperatur tersebut dinormalisasikan pada rentang 0.0 ... 1.0 kemudian diskalakan dengan rentang 0 ... 27648. Proses normalisasi dan penskalaan analog output ini ditunjukkan dalam ladder diagram pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Contoh normalisasi dan penskalaan analog output

### 3. Kebutuhan Peralatan

- Modul Power Supply – satu buah
- Modul Lampu (RED, YELLOW, GREED) – satu buah
- Lampu LED – satu buah
- Voltage Generator – satu buah
- PLC Siemens CPU-1215C (tipe AC/DC/Relay) – satu unit
- Komputer dengan TIA Portal – satu unit

### 4. Pelaksanaan dan Hasil

#### a. Percobaan I – Memproses Data Analog Input



*Peringatan! Resiko tersengat listrik dan hubungan arus pendek, pastikan semua perangkat terangkai dengan baik dan benar.*

*Lakukan tes program tanpa memasang perangkat pada keluaran PLC.*

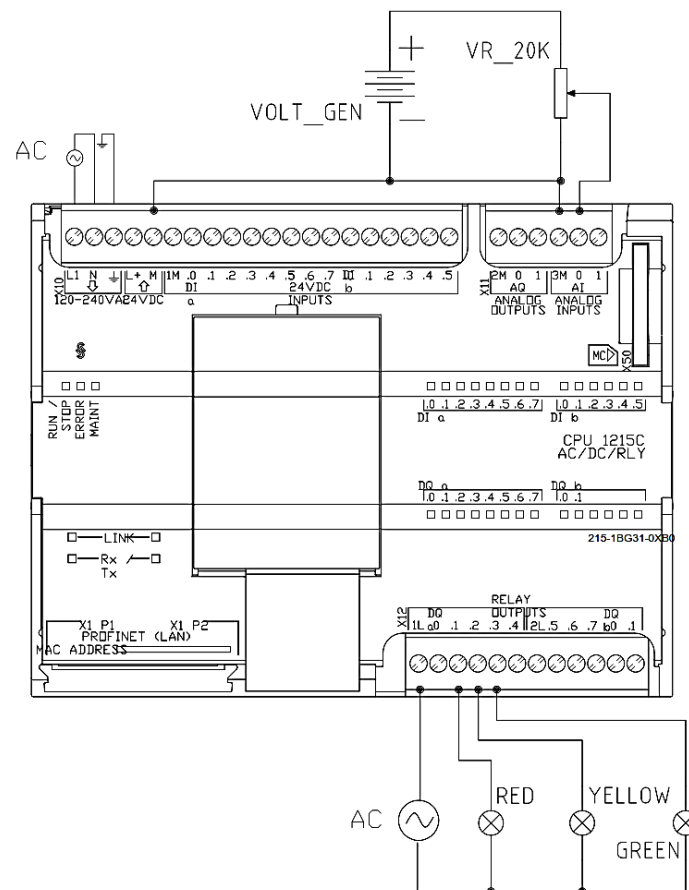


**Tujuan dari praktikum I** – Praktikan dapat memproses data analog input yang berasal dari rangkaian pembagi tegangan. Lampu RED, YELLOW dan GREEN sebagai indikator hasil perbandingan antara nilai analog yang terbaca dengan dua buah set-point (LEVEL) sesuai dengan kondisi pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Syarat lampu menyala

Lampu Menyala	Kondisi
GREEN	Intensitas cahaya $\leq$ LEVEL_A
YELLOW	LEVEL_A < Intensitas cahaya $\leq$ LEVEL_B
RED	Intensitas cahaya > LEVEL_B

i. Diagram elektrikal



Gambar 5.9 Diagram elektrikal Percobaan 1

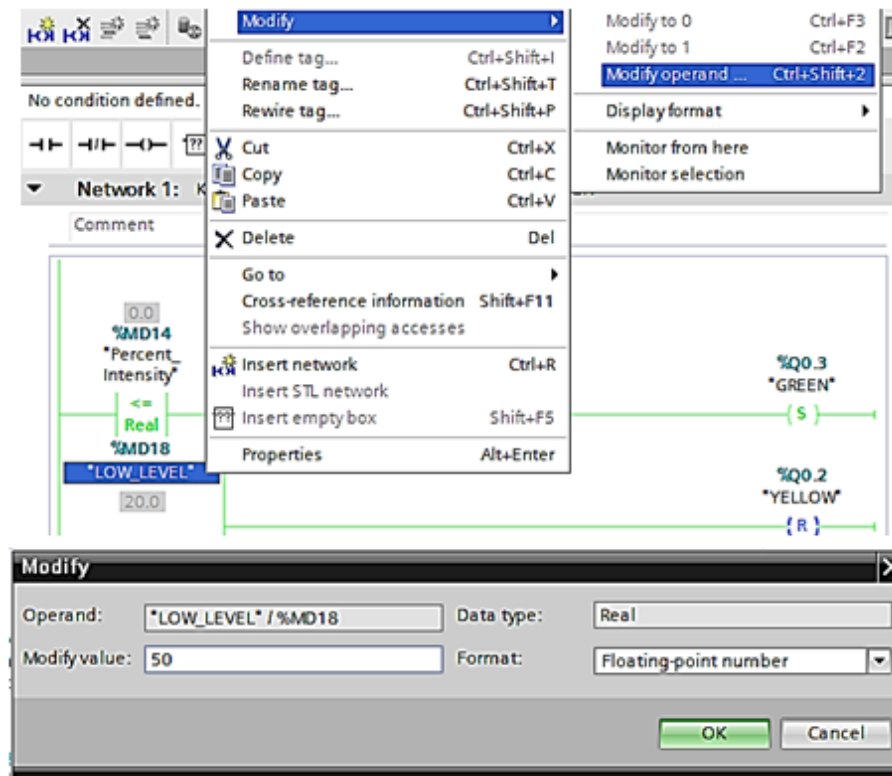
ii. Cara kerja sistem

- Ubahlah tegangan yang masuk ke terminal AI 0 dengan memutar knob potensiometer.

- Tegangan diubah oleh modul analog input menjadi nilai analog input berformat integer tersimpan pada tag “Analog\_Input\_Value”. Selanjutnya nilai ini dinormalisasi dan diskalakan menjadi “Percent\_Value”.
- “Percent\_Value” dibandingkan dengan nilai LEVEL\_A dan LEVEL\_B. Lampu yang terhubung pada modul digital out akan menyala sesuai hasil perbandingan.

iii. Petunjuk Pelaksanaan Praktikum

- Tentukan nilai LEVEL.
  - Atur potensiometer hingga diperoleh “Analog\_Input\_Value” minimum dan maksimum.
  - Buat dua buah set-point LEVEL\_A dan LEVEL\_B, beri nilai set point ini dengan nilai yang bearnya diantara “Analog\_Input\_Value” minimum dan maksimum.
- Modifikasi nilai LEVEL dilakukan dengan **mode MONITOR**, carilah tag LEVEL\_A atau LEVEL\_B pada ladder diagram kemudian klik kanan pada tag tersebut → klik Modify → klik Modify Operand akan muncul popup. Masukkan nilai yang diinginkan melalui field “Modify Value”. Perhatikan contoh pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Modifikasi nilai tag/operand

- Setelah nilai LEVEL ditentukan, ubah-ubah kembali. Amati perubahan pada lampu GREEN, YELLOW dan RED.
- Jelaskan alur kerja dari sistem secara mendetail terutama pada ladder diagram!

#### b. Percobaan II – Memproses Data untuk Analog Output



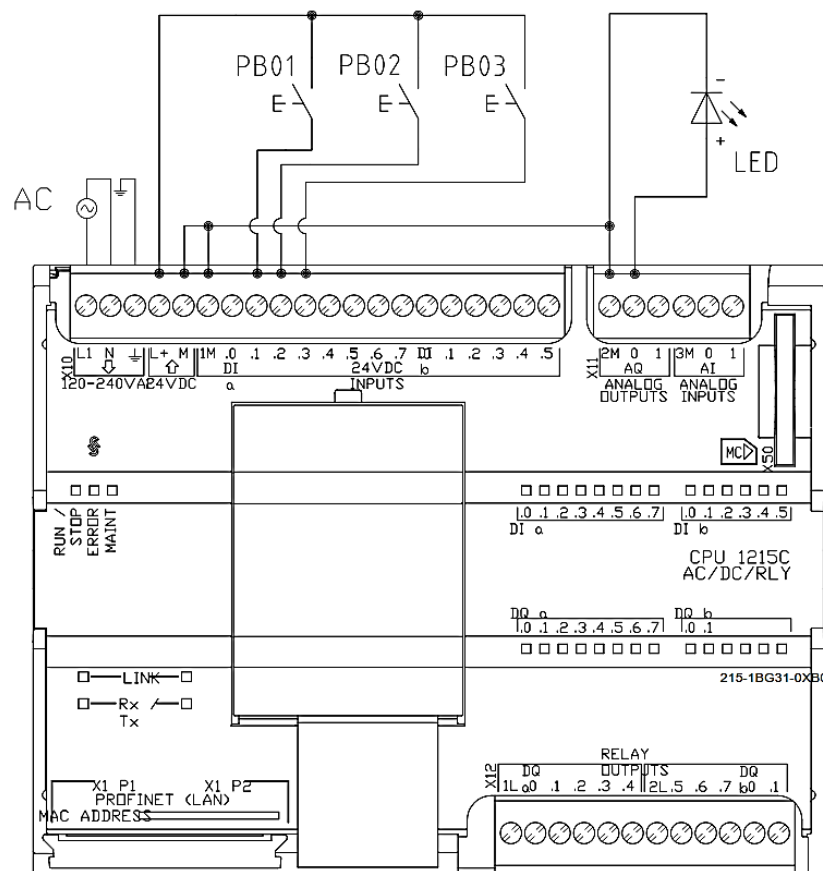
*Peringatan! Resiko tersengat listrik dan hubungan arus pendek, pastikan semua perangkat terangkai dengan baik dan benar.*

*Lakukan tes program tanpa memasang perangkat pada keluaran PLC.*

**Tujuan dari praktikum II** – Praktikan dapat memproses data yang akan digunakan sebagai nilai analog output. Besaran nilai analog output ditentukan oleh pemilihan push button yang ditekan. Lampu LED pada terminal analog output menyala dengan intensitas cahaya berbeda-beda tergantung dari push button yang ditekan.

*Hal yang perlu diperhatikan bahwa analog output PLC Siemens CPU1215C AC/DC/Relay merupakan tipe arus. Besar arus output 0 ... 20 mA sebanding dengan rentang nilai 0 ... 27648. Lihat kembali Tabel 5.2.*

## i. Diagram elektrikal



Gambar 5.11 Skematik percobaan 2

## ii. Cara kerja sistem

- Sistem menunggu push button ditekan.
  - PB01 adalah push button untuk menghasilkan nyala LED redup (LOW\_ LEVEL)
  - PB02 adalah push button untuk menghasilkan nyala LED sedang (MID\_ LEVEL)
  - PB03 adalah push button untuk menghasilkan nyala LED terang (HI\_ LEVEL)
- Setiap push button yang ditekan memberikan nilai tertentu pada LEVEL, antara 0 ... 100 (dalam persen) yang akan dikonversi (melalui normalisasi dan penskalaan) menjadi nilai analog output.
- Nilai analog output dikirim ke modul analog output dan ditransformasikan dalam bentuk arus listrik untuk menghidupkan LED.

## iii. Petunjuk Pelaksanaan Praktikum

- Tentukan nilai untuk tag/operan LOW\_LEVEL, MID\_LEVEL dan HI\_LEVEL pada ladder diagram dengan cara ONLINE dengan PLC dan masuk mode **MONITOR** terlebih dahulu, pada masing-masing tag/operan, klik kanan → Modify → Modify Operand ... Kemudian akan muncul pop-up window, masukkan nilai yang diinginkan melalui field "Modify Value". Nilai yang dimasukkan hanya 0 ... 100.
- Tekan push button yang diinginkan.
  - Amati proses normalisasi dan penskalaan yang berlangsung pada ladder diagram, catat nilai analog output yang dihasilkan!
  - Ukurlah tegangan LED.
  - Amati nyala LED dan jelaskan kaitan antara push button yang ditekan dengan intensitas cahaya LED B!
  - Ulangi proses yang sama untuk push button yang lain.
- Berilah penjelasan mengenai sistem yang telah dibuat, khususnya pada program ladder.

## 5. Pembahasan

Tuliskan pembahasan dari percobaan yang telah dilakukan pada buku catatan praktikum.

## 6. Kesimpulan

Berikan kesimpulan mengenai percobaan yang telah dilakukan.

## 7. Referensi

*SCE Training Curriculum for Integrated Automation Solutions Totally Integrated Automation (TIA) Edition 09/2012*

*SIMATIC S7-1200 Easy Book (A5E02486774-AG) January 2015*

*SIMATIC S7-1200 Programmable controller System Manual (A5E02486680-06) April 2015*

Website: <https://support.industry.siemens.com/tf/ww/en/posts/clarification-regarding-27648-value/92318/?page=0&pageSize=10#post381490>