

# *Programmable Logic Controller* Sebagai Pengatur Kecepatan Motor AC Terhadap Perubahan Suhu Sensor Termokopel

Faisal Damsi<sup>1</sup>, Iskandar Lutfi<sup>2</sup>, A. Rahman<sup>3</sup>, Johansyah Al Rasyid<sup>4</sup>, Amperawan<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, Telp 0711-353414/ Faksimili 0711-355918  
faisaldamsi1963@gmail.com<sup>1</sup>

**Abstrak** – Sensor termokopel merupakan input berupa data suhu yang dikonversikan ke analog to digital converter (ADC) berupa data digital yang bertujuan kendali kecepatan motor Alternating Current berdasar perubahan suhu dari sensor termokopel dimana kecepatan motor AC diatur menggunakan frekwensi dengan sistem kontrol menggunakan Programmable Logic Controller. Pada pengujian ini hanya dilakukan pemanasan sensor pada suhu 0 °C sampai 100 °C. Sensor termokopel mendeteksi suhu kurang dari 30 °C maka kecepatan motor AC dalam kondisi lambat dengan rpm lebih kecil dari 2309, jika suhu pada kondisi lebih dari 30 derajat dan kurang dari 100 °C akan menghasilkan 9.4 mv maka kecepatan motor akan menjadi sedang dari 2315 sampai dengan 3175 sedangkan suhu terakhir diukur sama dengan 100 menghasilkan rpm = 3176. Kecepatan dari motor AC ini tergantung dari seberapa besar sensor termokopel mendeteksi suhu. Data ADC dari pada modul termokopel konversi ADC 12 bit.

**Kata kunci** : Programmable logic controller , Termokopel, Motor alternating current

## 1. Pendahuluan

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang semakin maju menyebabkan perkembangan dalam berbagai bidang dan aspek kehidupan begitu pula dalam dunia elektronika. Elektronika berhubungan dengan sistem kendali yang dapat mempermudah kerja dari manusia. Perkembangan teknologi di bidang kendali industri dewasa ini memungkinkan manusia untuk menciptakan sistem otomasi yang diaplikasikan pada pekerjaan sehari-hari. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan dan dipergunakan secara luas di bidang pengontrolan adalah PLC.

Teknologi yang terbaru dan berkembang ini telah membawa kemajuan pada pola hidup manusia untuk bekerja dengan cepat, efektif dan efisien. Sistem kendali yang berupa PLC ini berbentuk dalam *ladder diagram* untuk melakukan pengendalian dalam sistem operasinya. Di dunia industry, system otomatis sangat diminati karena dapat menjamin kualitas produk yang dihasilkan, memperpendek waktu produksi dan mengurangi biaya untuk tenaga kerja manusia salah satu pengendali yang paling populer, khususnya untuk sistem yang bekerja secara sekuensial, PLC. juga telah digunakan untuk menjalankan proses industry [1]. Aplikasi PLC ini dapat dijumpai pada berbagai industri *modern*, mulai dari sistem pembangkit tenaga, menggerakkan *conveyor*, pengeboran, pengolahan minyak bumi, sampai industri makanan dan minuman [1]. Sistem penggerak merupakan salah satu komponen mesin listrik yang penting pada proses industry. Salah satu jenis penggerak yang banyak digunakan adalah motor AC [1].

### 1.1 Sensor Termokopel

Suhu adalah ukuran energi panas dalam suatu benda, yang merupakan panas relatif atau dinginya media dan biasanya diukur dalam derajat menggunakan salah satu jenis skala Fahrenheit (F) atau Celcius (C), Rankine (R), atau Kelvin (K) [2]. Sensor termokopel adalah

---

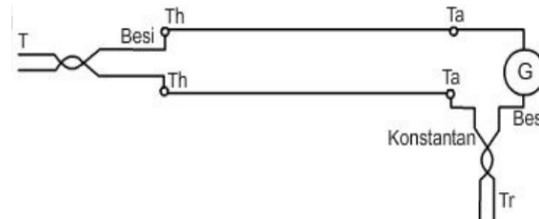
SENTER 2017, 15-16 Desember 2017, pp. 240~247

ISBN: 978-602-512-810-3

■ 240

sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik. Termokopel yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup antara  $-200^{\circ}\text{C}$  sampai  $1800^{\circ}\text{C}$  dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$  [3].

Termokopel secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan. Titik penyatuan ini disebut *hot junction*, seperti yang ada pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sensor termokopel [3]

Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (*volt*) dengan temperatur. Setiap jenis logam, pada temperatur tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadilah perbedaan tegangan (kecil sekali, miliVolt) yang dapat dideteksi. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif. Kerapatan electron untuk setiap bahan logam berbeda tergantung dari jenis logam. Jika dua batang logam disatukan salah satu ujungnya, dan kemudian dipanaskan, maka elektron dari batang logam yang memiliki kepadatan tinggi akan bergerak ke batang yang kepadatan elektronnya rendah, dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan diantara ujung kedua batang logam yang tidak disatukan atau dipanaskan. Besarnya termolistrik atau gem (gaya *electromagnet*) mengalir dari titik *hot-juction* ke *cold-juction* atau sebaliknya. Setelah terdeteksi perbedaan tegangan. Beda tegangan ini linear dengan perubahan arus, sehingga nilai arus ini bisa dikonversi kedalam bentuk tampilan display. Sebelum dikonversi, nilai arus di komparasi dengan nilai acuan dan nilai *offset* di bagian komparator, fungsinya untuk menerjemahkan setiap satuan ampere ke dalam satuan volt kemudian dijadikan besaran temperatur yang ditampilkan melalui *layar/monitor* berupa *seven segmen* yang menunjukkan temperatur yang dideteksi oleh termokopel [3].

Rumus yang digunakan menghitung Tegangan temperatur pada sensor termokopel sebagai berikut :

$$E_T = {}^{\circ}\text{C} + k \quad (1)$$

Dimana :

- $E_T$  = Tegangan temperatur (mV)
- ${}^{\circ}\text{C}$  = Nilai besar suhu (mV)
- $k$  = Koefisien tegangan hasil pengukuran

untuk menghitung nilai ADC digunakan rumus berikut :

$$\text{ADC} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 4095 \quad (2)$$

Dimana :

$V_{in}$  = Inputan yang masuk pada PLC

$V_{ref}$  = Nilai yang diambil dari tegangan temperatur

4095 = Nilai dari ADC 12 bit ( $2^n-1$ )

## 1.2 Programmable Logic Controller

PLC adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan *relay* yang ada pada sistem kontrol konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan (melalui sensor), kemudian melakukan proses dan melakukan tindakan sesuai yang dibutuhkan, berupa menyalakan atau mematikan keluaran [4]. Program yang digunakan adalah berupa *ladder diagram* yang kemudian harus dijalankan oleh PLC [5].

Pada umumnya, sebuah sistem PLC memiliki lima komponen dasar, yaitu [5] :

1. Unit *processor* atau *Central Processing Unit* (CPU) adalah unit yang berisi mikroprosesor yang menginterpretasikan sinyal-sinyal *input* dan melaksanakan pengontrolan, sesuai dengan program yang disimpan di dalam memori, lalu mengkomunikasikan keputusan-keputusan yang diambilnya sebagai sinyal-sinyal kontrol ke *interface output*.
2. Unit catu daya diperlukan untuk mengkonversi tegangan sumber menjadi tegangan rendah DC (5V dan 24V) yang dibutuhkan oleh *processor* dan rangkaian-rangkaian di dalam modul-modul antarmuka *input* dan *output*.
3. Perangkat pemrograman dipergunakan untuk memasukan program yang dibutuhkan ke dalam memori.
4. Unit memori adalah tempat program yang digunakan untuk melaksanakan tindakan-tindakan pengontrolan oleh mikroprosesor disimpan.
5. Bagian *input* dan *output* adalah antarmuka dimana *processor* menerima informasi dari *input* dan *output* sebagai kontrol ke perangkat-perangkat eksternal. Sinyal-sinyal *input* dapat berasal dari saklar-saklar serta sensor-sensor. Ada dua tipe I/O pada PLC yaitu I/O *digital* dan I/O *analog*.

*Twido* adalah sebuah perangkat yang diciptakan untuk memudahkan dalam pembuatan program otomatis kontrol listrik dari suatu proses atau system [3]. PLC *Twido* menggunakan *twido suite* sebagai *software* simulasinya. *Twido Suite* menggunakan bahasa khusus yang sudah dikenal salah satunya *ladder diagram*.



Gambar 2. PLC *schneider twido* [5]

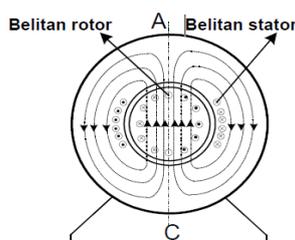
*Twido suite* adalah *software* yang digunakan untuk memprogram PLC *Twido*. *Software* ini dapat digunakan untuk memprogram semua type PLC *Twido* [6]. Pada *Twido suite* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *twido suite versi 2.3* yang menggunakan *ladder diagram* dimana program dinyatakan dalam bentuk simbol atau gambar yang mirip dengan rangkaian kontrol menggunakan rele [7].

## 1.3 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa merupakan motor jenis ini hanya memiliki satu stator winding (*main winding*) dan beroperasi dengan catu daya fase tunggal. Dalam semua fase tunggal Motor induksi, rotor adalah tipe sangkar tupai. Motor induksi fasa tunggal tidak dimulai sendiri. Bila

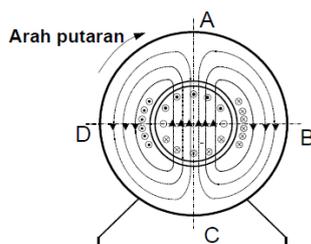
motor terhubung ke satu fasa power Pasokan utama, arus utama membawa arus bolak-balik [8]. Arus ini menghasilkan medan magnet yang berdenyut. Karena Untuk induksi, rotor diberi energi. Sebagai utama medan magnet berdenyut, torsi yang diperlukan untuk Rotasi motor tidak dihasilkan [8]. Hal ini akan menyebabkan rotor bergetar, tapi tidak berputar[8]. Makanya, motor induksi satu fasa harus dimulainya mekanisme yang bisa memberikan start kick untuk motor untuk diputar Mekanisme awal induksi fasa tunggal motor terutama merupakan tambahan *stator winding (start/ auxiliary winding)* seperti yang ditunjukkan pada Bisa memiliki kapasitor seri dan/ atau sentrifugal beralih. Bila tegangan suplai diterapkan, arus masuk lilitan utama tertinggal dari tegangan suplai akibat impedansi berliku utama. Pada saat bersamaan, arus masuk mulai berliku mengarah/ tertinggal tegangan suplai tergantung pada mekanisme awal impedansi. Interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh lilitan utama dan mekanisme awal menghasilkan resultan medan magnet berputar dalam satu arah. Motornya mulai berputar ke arah resultan magnet bidang [8].

Prinsip kerja motor induksi satu fasa dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*). Jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak-balik satu fasa maka arus bolak-balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang di tunjukkan oleh garis putus-putus pada Gambar 3.



Gambar 3. Medan magnet stator berpulsa sepanjang garis AC [3]

Arus stator yang mengalir setengah periode pertama akan membentuk kutub utara di A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub-kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator berubah-ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol serta polaritasnya terbalik secara periodik, aksi ini akan terjadi hanya sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpulsa pada posisi yang tetap (*stationary*). Seperti halnya pada transformator, tegangan terinduksi pada belitan sekunder, dalam hal ini adalah kumparan rotor. Karena rotor dari motor induksi satu fasa pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitannya terhubung singkat, maka arus akan mengalir pada kumparan rotor tersebut. Sesuai dengan hukum Lenz, arah dari arus ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dan gambar 4 adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan melawan medan magnet yang menghasilkannya [3]. Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub-kutub pada permukaan rotor. Karena kutub-kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub-kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah sehingga rotor tetap diam. Dengan demikian, motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya [3].



Gambar 4. Motor dalam keadaan berputar [3]

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini direncanakan selama 5 bulan, dimana dilakukan studi untuk menuju perkembangan alat berdasarkan hasil studi kepustakaan dan penelitian awal yang telah dilakukan. Pengujian untuk mengetahui suhu yang di baca oleh ADC yang kemudian datanya dibandingkan dengan Ladder dari PLC untuk mengatur kecepatan motor AC akan menentukan keberhasilan dalam menghasilkan prototip. Hasil yang ditargetkan adalah dapat membaca nilai suhu dan mengatur kecepatan motor AC.

Metode penelitian dilakukan 5 tahap:

1. Studi pustaka.
2. Perancangan *input* dan *output hardware* PLC.
3. Perancangan dan simulasi *ladder diagram* sensor suhu menggunakan *software twido* dari PLC Schneider.
4. Integrasi antara *hardware* dan *software*
5. Pengujian dan evaluasi untuk sistem secara keseluruhan apakah telah memenuhi kerja yang diinginkan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada pembahasan pengatur kecepatan motor AC terhadap perubahan suhu dilakukan dengan membuat *ladder diagram* menggunakan *twido suite* dan melakukan simulasi dan pengujiannya. Untuk menjalankan kerja dari PLC *twido* yang dipakai pada alat ini digunakan *software twido suite*, dimana jenis membuat program menggunakan *ladder diagram*. Jenis *ladder diagram* ini mudah dalam pembuatannya dan mudah dalam memahami saat disimulasikan. Berikut pada gambar 5 merupakan *ladder diagram* sensor termkopel pengatur kecepatan motor AC.



Gambar 5. Ladder diagram sensor termkoppel pengatur kecepatan motor AC

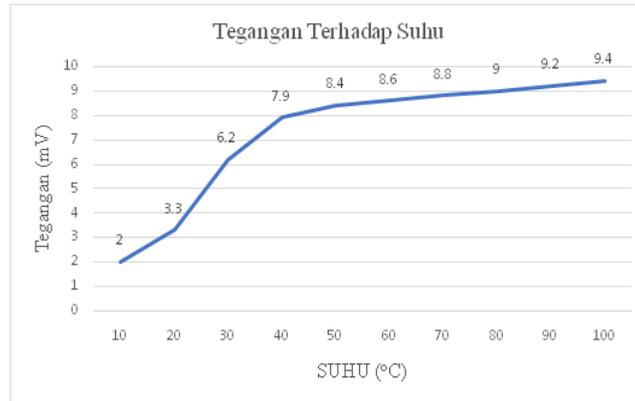
Pada gambar diatas terdiri atas tombol start/ tombol RTC yang digunakan untuk mulai mengaktifkan ADC Gambar 5 merupakan Ladder diagram saat sensor termokoppel mendeteksi suhu, sensor akan mulai mendeteksi jika real time clock/ real time base sudah dalam kondisi ON. Sensor ini mendeteksi sesuai dengan nilai adc pada PLC yang telah diambil datanya pada tabel 2.

Hasil pengukuran sensor termokoppel yang dilakukan menggunakan multimeter dan termometer analog. Pada tabel 1 merupakan hasil pengukuran pada sensor termokoppel.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Pada Sensor Termokoppel.

Suhu (°C)	Tegangan (mV)
10	2,0
20	3,3
30	6,2
40	7,9
50	8,4
60	8,6
70	8,8
80	9,0
90	9,2
100	9,4

Pada gambar 6 merupakan grafik perubahan tegangan terhadap suhu yang dideteksi oleh sensor termokoppel sesuai dengan tabel 1.



Gambar 6. Grafik Perubahan Tegangan Terhadap Suhu

Pada Tabel 2 berikut akan menampilkan nilai ADC terhadap suhu dari perubahan suhu dan data ADC akan ditampilkan oleh *software Twidosuite* berupa nilai desimal yang dikonversikan ADC. Modul ADC mempunyai data ADC 12 bit. Suhu yang terbaca pada modul akan dikonversikan ke dalam data desimal dari 0 sampai dengan 4096. Perbedaan yang dihasilkan oleh nilai ADC dari perubahan suhu akan memiliki perbandingan 1 : 3 (nilai adc 3 kali dari data suhu) setiap kenaikan suhu per 10°C.

Tabel 2. Nilai ADC Terhadap Suhu

Suhu (°C)	ADC
10	30
20	60
30	90
40	120
50	150
60	180
70	210
80	240
90	270
100	300

Tabel 3. Nilai Kecepatan Pada Putaran Motor AC Berdasarkan Suhu Yang Dideteksi.

Suhu (°C)	Kecepatan Motor (RPM)
10	1905
20	1905
30	2309
40	2315
50	2665
60	2665
70	2812
80	2812
90	3164
100	3176

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada table 1 dan table 2 sensor termokopel mempunyai nilai besar suhu, tegangan temperatur dan koefisien tegangan hasil pengukuran. Untuk mencari nilai tegangan temperatur dapat dicari dengan perhitungan dalam mencari nilai tegangan temperatur ( $E_T$ ) dan nilai ADC.

- Diketahui :
  - $10^{\circ}\text{C} = 0,397 \text{ mV}$
  - $k = 2,0 \text{ mV}$
  - $V_{in} = 24 \text{ V}$
  - $12 \text{ bit} = 4095$
- Dapat dicari Nilai  $E_T$  dan Nilai ADC.
- $E_T = ^{\circ}\text{C} + k$ 
  - $= 10^{\circ}\text{C} + 2,0$
  - $= 0,397 + 2,0$
  - $= 2,397 \text{ mV}$
- ADC  $= \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 4095$ 
  - $= \frac{24}{2,397} \times 4095$
  - $= \frac{98280}{2,397}$
  - $= 41001,25 \text{ mV}$
  - $= 41,00125 \text{ V}$ .

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada table 3 Suhu  $30^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$  untuk mengatur kecepatan motor AC antara 1905 – 3164 RPM, yang berarti bahwa kecepatan motor AC berbanding lurus dengan naiknya suhu yang dideteksi oleh sensor termokopel.

#### 4. Kesimpulan

1. Suhu yang terbaca pada Sensor termokopel akan mendeteksi dengan batasan suhu yaitu dari  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $100^{\circ}\text{C}$ , Putaran motor AC belum bekerja pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $30^{\circ}\text{C}$  sedangkan pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$  hingga  $100^{\circ}\text{C}$  motor AC mulai bekerja/ motor ac mulai berputar.
2. Pada Suhu  $30^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$  menghasilkan kecepatan motor AC antara 1905 – 3164 RPM, yang berarti bahwa kecepatan motor AC berbanding lurus dengan naiknya suhu yang dideteksi oleh sensor termokopel.
3. Perubahan tegangan dan temperatur semakin besar maka nilai ADC akan semakin besar dan sebaliknya.

#### Daftar Pustaka

- [1] Wicaksono, Handy, *SCADA Software Dengan Woderware InTouch*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2012: 2-3.
- [2] Sutarno, *Instrumentasi industri dan kontrol proses*, Graha Ilmu, Yogyakarta, 2014.O. Marina, Laporan Akhir, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika, Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia, 2017.
- [3] A. Sugeng, Laporan Akhir, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika, Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia, 2016.
- [4] F. Habib, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Elektronika, Politeknik Negeri Sriwijaya. Indonesia, 2016.
- [5] Team Schneider, *Training handout Politeknik Negeri Sriwijaya PLC dan HMI*, 2015: 4-6
- [6] Team Schneider, *Twido Suite V2.3 Programming Guide*, 2011: 163-170
- [7] P. Rakesh, *AC Induction Motor Fundamentals*, Microchip Technology Inc, 2017: 3-4