

Pengendali dan Monitoring Motor 3 Phase, Berbasis Scada Wonderware 10.1 dan Touch Panel Omron Type NB10-TW1B

Aeri Sujatmiko¹, Setyo Supratno²

Universitas Islam '45 Bekasi

Jl. Cut Mutiah No.83 Bekasi 17113, Telp. 021-88344436

ari.sujatmiko@gmail.com¹, setyo2017@gmail.com²

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk membuat kendali berbasis PLC, yang dapat mengendalikan dan dapat memonitoring parameter motor induksi tiga fasa dengan touch panel atau layar sentuh dengan software aplikasi NB Designer. Pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa yang dikendalikan dari touch panel atau programmable terminal dalam penelitian ini menggunakan inverter omron 0,2 Kw sebagai konverter frekuensi. Untuk kontrol menggunakan PLC Omron CP1E 20N. Perubahan frekuensi pada inverter diatur dengan mengatur perubahan bit switch yang merupakan fasilitas yang tersedia pada inverter ini. Pada inverter ini tersedia 3 bit switch untuk variasi kecepatan, sehingga pada penelitian ini variasi kecepatan yang digunakan adalah tujuh kecepatan. Pengendali motor dan hasil pembacaan putaran motor menggunakan programmable terminal Omron NB 10 TWB. Pada penelitian ini pengujian kesalahan pengukuran yang terbaca pada programmable terminal, dengan cara membandingkan antara pengukuran dengan tachometer dan pembacaan yang terdapat pada Programmable Terminal (PT). Untuk menentukan penyimpangan baku atau standar deviasi dalam percobaan ini dilakukan dengan 5 sampel pada masing- masing keadaan. Dari percobaan yang ada didapat bahwa nilai penyimpangan baku atau standar deviasi rata- rata sebesar 25,000 dan rata – rata standar error sebesar 2,236.

Kata kunci: Programable Logic Controller, pengaturan kecepatan motor induksi, touch panel., scada, NB Designer.

1. Pendahuluan

Penggunaan motor induksi 3 fasa pada dunia industri banyak digunakan untuk mesin – mesin produksi. Penggunaan motor 3 fasa diantaranya untuk menggerakkan sabuk berjalan(konveyor), mesin Milling, Mesin Frais, pompa-pompa air, penggerak kompressor dan lain sebagainya. Lebih dari 80% penggerak mesin industri menggunakan motor induksi, karena selain lebih mudah penggunaannya, motor induksi lebih mudah dalam perawatannya.

Banyaknya penggunaan motor induksi di industri, dibutuhkan pengendali dan kontrol untuk menjalankan dan memonitoring keadaan motor tersebut. Pengendalian dan kontrol motor saat ini banyak menggunakan PLC (Programable Logic Controller) sebagai controller, tetapi belum banyak yang menggunakan touch panel dan scada sebagai pusat kendalinya. Pengendalian motor dengan sistem konvensional dan rangkaian elektromagnet akan memerlukan pengkabelan(wiring) yang cukup rumit, sehingga bila ada kerusakan akan memerlukan waktu lama dalam perbaikan. Dalam proses produksi kehilangan waktu produksi berarti kehilangan jumlah produksi, dan mengakibatkan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan. Sistem monitoring mesin dengan konvensional tidak dapat mendapatkan data yang akurat dan real time. Terkadang terjadi kesalahan ketika pencatatan parameter pada motor, tegangan, dan arus, yang terbaca pada alat ukur. Kesalahan yang terjadi bisa disebabkan kesalahan pembacaan (human error) atau kesalahan alat ukur.

Guna memudahkan pengontrolan kecepatan motor induksi 3 fasa, yang termonitoring dan memiliki data yang real time, maka pengenlian dan kontrol motor di hubungkan dengan Human Machine Interface berbasis touch panel dan scada. Dalam penelitian ini diharapkan kecepatan

motor induksi 3 fasa dapat diatur dengan interface touch panel dan Personal komputer dengan aplikasi NB Designer. Nilai kecepatan putaran motor bisa ditampilkan di komputer dan datanya per detik dapat terekam dan tercatat di komputer.

1.2. Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada:

- a) Pengendali motor induksi 3 fasa dengan dibatasi pada kecepatan 1800 rpm, dengan daya motor 0,37 KW dan tegangan kerja 220 V AC.
- b) Pengendalian kecepatan motor, dengan pengaturan perubahan frekuensi dari sebuah inverter.
- c) Pengukuran yang ditampilkan pada PC hanya dibatasi pada pengukuran nilai RPM.
- d) Software aplikasi dalam perancangan pengaturan kecepatan motor tiga fasa menggunakan NB Designer.

1.3. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan melalui penelitian ini adalah:

- a) Bagaimana merancang pengaturan kecepatan putaran motor tiga fasa dengan berbasis aplikasi NB Designer.
- b) Bagaimana membuat Human Machine Interface dengan Layar Sentuh / Touch Panel atau Panel Terprogram dan berbasis PC.
- c) Bagaimana membuat data pengukuran berbasis PC dengan NB Designer.

1.4. Tujuan Penelitian

- a) Menghasilkan pengaturan kecepatan putaran motor yang dapat diatur dari Touch Panel dan PC berbasis NB Designer.
- b) Menghasilkan hasil pengukuran nilai kecepatan putaran motor yang ditampilkan pada Panel Terprogram.
- c) Sebagai dasar untuk menghasilkan modul diktat mata kuliah dan petunjuk praktek pada mata kuliah aplikasi dan rekayasa PLC di Fakultas Teknik Elektro Unisma Bekasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Kegiatan penelitian diharapkan bermanfaat bagi peneliti, akademis di Lingkungan UNISMA dan praktisi di industri. Adapun manfaat penelitian yang diharapkan adalah sebagai berikut:

- a) Dapat menerapkan pengaturan kecepatan motor dengan inverter, yang terintegrasi dengan PC.
- b) Menghemat daya listrik, pada pemakaian motor induksi dibandingkan dengan pengaturan kecepatan konvensional.
- c) Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa, tentang penggunaan inverter pada pengontrol motor induksi.

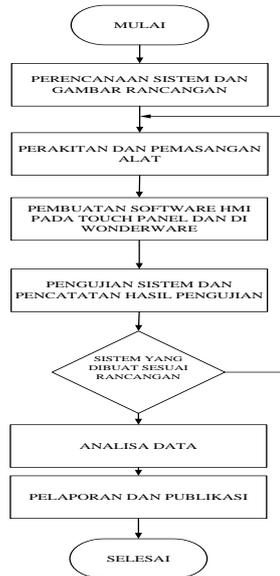
2. Metodologi Penelitian

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika 2 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNISMA Bekasi. Kegiatan penelitian dititikberatkan pada perancangan kendali kecepatan putaran motor induksi 3 fasa, yang dikendalikan melalui touch panel dan PC dengan software aplikasi NB Designer. Data hasil pengujian dan pengukuran akan di monitoring pada PT. Data akan ditampilkan berupa grafik pada touch panel dan PC.

2.2 Prosedur Penelitian

Secara lebih jelas, prosedur penelitian ini digambarkan sebagai berikut :



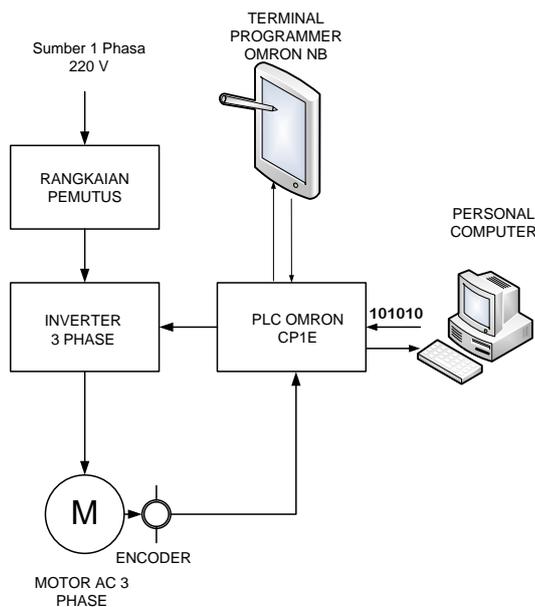
Gambar 2.1 Flow Chart Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

A. Perencanaan Sistem dan Gambar Rangkaian.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika 2 Fakultas Teknik Universitas Islam 45, yang merupakan laboratorium computer dan PLC sehingga peralatan pendukung dan software untuk PLC sudah tertanam pada komputer. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : PLC menggunakan PLC Merk Omron Type CP1E 20 IO, Touch Panel Menggunakan Merk Omron NB Designer 10 Inch, dan Inverter Omron 3G3MX2 200 Watt, dan beberapa komponen pendukung untuk control dan proteksi.

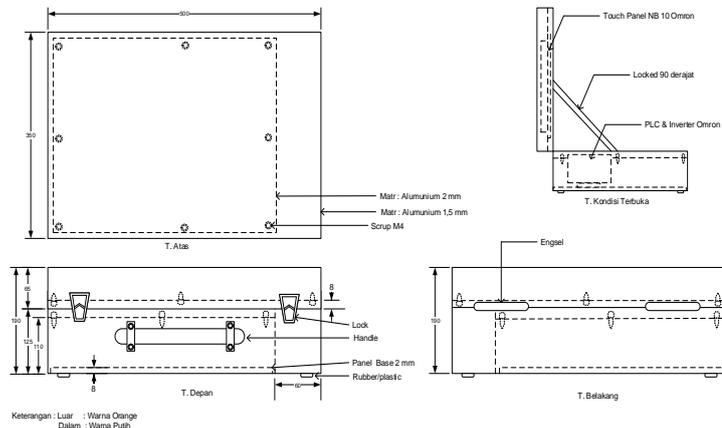
Gambar Sistem yang dibuat sebagai berikut:



Gambar 2.2 Diagram Blok Sistem Kendali Motor

B. Perakitan dan Pemasangan Alat.

Untuk perakitan dan pemasangan alat, peneliti telah merancang alat trainer ini dengan ukuran box yang relevan untuk praktek mahasiswa dan dari bahan aluminium. Sehingga selain mudah dibawa dan disimpan alat ini lebih ringan sehingga mudah dalam membawa dan menyimpannya. Alat trainer ini dilengkapi gambar diagram sehingga diharapkan mahasiswa lebih mudah dalam mempelajarinya. Berikut rencana ukuran box dan papan trainer seperti gambar di bawah ini :



Gambar 2.3. Box Panel Kontrol Motor

Dalam penelitian ini akan membutuhkan beberapa komponen pengindera/ sensor kecepatan putaran motor, yaitu dengan encoder.

C. Pembuatan Software HMI dan NB Designer.

Software yang digunakan dalam perancangan untuk touch panel menggunakan NB Designer ver 1.23, dari Omron. Jika software telah dibuat baru akan dilakukan pengujian sistem.

D. Pengujian Sistem dan Pengukuran.

Setelah aplikasi dibuat dan terinstal pada sistem, maka dilakukan pengujian berupa pengujian perubahan kecepatan putaran motor (rpm). Hasil Pengujian akan dibandingkan antara data yang terbaca di data layar Programmable Terminal (PT) dengan data yang diperoleh dengan pengukuran menggunakan Tachometer atau alat ukur untuk mengukur rpm. Pengujian dan pengukuran dilakukan menggunakan tachometer untuk mengukur kecepatan putaran motor, dan voltmeter digital untuk pengukuran tegangan dan arus yang melalui motor.

E. Tahap selanjutnya adalah sistem, jika hasilnya tidak sesuai dengan rancangan awal, maka akan dilakukan perbaikan di perencanaan awal dari sistem yang diinginkan

F. Jika telah diperoleh hasil pengujian pengaturan kecepatan putaran motor dengan touch panel, dan hasilnya sesuai dengan rancangan, maka akan disimpulkan hasil dari perancangan ini.

G. Pengolahan data hasil pengujian dilakukan dengan melakukan 5 kali sampel percobaan, dan dari data ini akan ditentukan error dari pembacaan alat tersebut.

3.1 Hasil dan Analisa

3.1.1 Hasil Perancangan Alat

Alat yang telah dibuat dalam penelitian ini berupa alat peraga sekaligus Modul Trainer kit. Alat trainer ini terbuat dari box aluminium dengan ukuran box: 500 mm x 350 mm x 190 mm. Trainer kit ini dapat disuplay dengan tegangan 220 V AC 1 phasa, sehingga dapat digunakan di laboratorium yang tidak memiliki sumber tiga phasa. Keluaran atau output dari trainer dapat dihubungkan dengan motor induksi 3 phasa dengan kapasitas 0,37 KW. Trainer kit ini dapat digunakan sebagai proses belajar PLC, Pemrograman Human Machine Interface dan pembelajaran inverter.

Trainer kit yang dibuat terdiri dari :

- HMI Programmable Terminal (PT) Merk Omron Type NB 10 TWB 24 V.
- PLC Omron Type CP1E 20 N 20 IO, 220 V AC dengan Output Relay.
- Inverter Omron 3 phasa 0,2 KW type 3G3MX2-A2002-V1, 3 Phasa 200V.
- Lampu indikator sebagai Peralatan Output, terdiri dari 8 lampu 24 VDC.
- Sakelar tekan sebagai Peralatan Input , terdiri dari 6 sakelar tekan (push button)
- Selektor switch sebagai peralatan input, terdiri dari 2 selektor switch.
- Togel switch, untuk pengoperasian inverter secara manual.
- Sakelar dan indikator lampu lain untuk pengoperasian trainer.
- Banana plug dan terminal kabel, sebagai penghubung ke peralatan luar, untuk penghubung ke motor dan lain-lain.

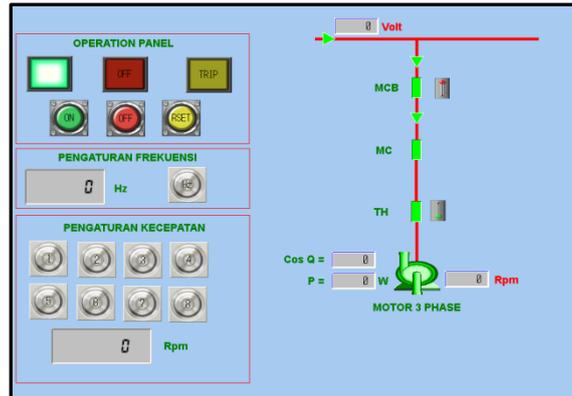
Hasil dari rancangan panel yang dibuat adalah seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.1 Trainer PT dan PLC

3.1.2 Hasil Perancangan Interface pada PT

Pada pembuatan interface antara PT dan motor yang akan dikendalikan, data layar dibuat dengan menggunakan NB Designer. Data layar dibuat di Laptop dengan membuat tombol ON – Off, data display numeric untuk menampilkan nilai kecepatan putaran RPM motor induksi, membuat input numeric untuk memasukkan kecepatan motor yang diinginkan, dan indicator lampu sebagai indicator on atau off nya motor. Pada penelitian ini variasi kecepatan putaran motor selain dapat diatur dengan memasukkan nilai pada data numeric, juga dapat dengan memilih atau menekan tombol pengaturan kecepatan. Pada penelitian ini variasi pemilihan kecepatan putaran motor dengan memanfaatkan variasi multispeed pada fasilitas yang disediakan oleh inverter. Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan motor sebanyak tujuh pemilihan kecepatan. Adapun rancangan display data layar pada PT yang telah dibuat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2 Tampilan Dislpay Interface Pada PT untuk pengendali Motor

Pada tampilan Human Mahine Interace yang dibuat terdiri dari:

1. Bagian operation Panel
 Pada bagian operastional panel ini adalah bagian untuk pengoperasian motor induksi tiga phasa. Terdiri dari tiga buah bit sakelar, dan tiga buah bit lampu.
2. Bagian pengaturan frekuensi
 Pada bagian pengaturan frekuensi terdiri dari sebuah numerik input untuk memasukan data numerik. Yaitu nilai frekuensi yang diinginkan. Dan sebuah bit sakelar yang difungsikan sebagai tombol pengaturan (sett) atau untuk menyimpan data setelah set value dimasukan.
3. Bagian pengaturan Kecepatan.
 Pada bagian pengaturan kecepatan berfungsi sebagai pengaturan kecepatan motor yang diinginkan. Pengaturan kecepatan terdiri tujuh kecepatan. Bagian ini terdiri dari delapan bit sakelar. Masing - masing sakelar sebagai sett value dari kecepatan. Terdapat satu numeric display yang berfungsi untuk menampilkan nilai rpm yang diinginkan berdasarkan pilihan bit sakelar yang dikehendaki.
4. Tampilan Visual Operational dan Rpm
 Pada bagian ini untuk menampilkan kondisi plan agar lebih menarik. Di bagian ini kcepatan motor atau nilai rpm akan ditampilkan. Terdiri dari numerik dsplay untuk menampilkan rpm.

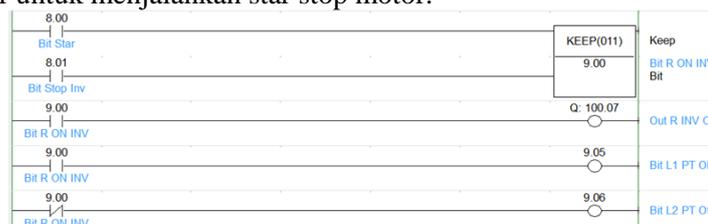
3.1.3 Hasil Perancangan Ladder pada PLC

Pada pembuatan ladder (diagram tangga) pada pembuatan sistem ini menggunakan CX Designer V 9.4 dari Omron. Pada penelitian ini tidak ditampilkan secara keseluruhan ladder yang dibuat. Secara umum program ladder yang dirancang terdiri terdiri dari :

- 1) Diagram ladder untuk menjalankan atau pengoperasian star stop motor.
- 2) Diagram untuk pemilihan kecepatan putaran motor.
- 3) Diagram ladder untuk pembacaan encoder.
- 4) Diagram ladder untuk menampilkan rpm.

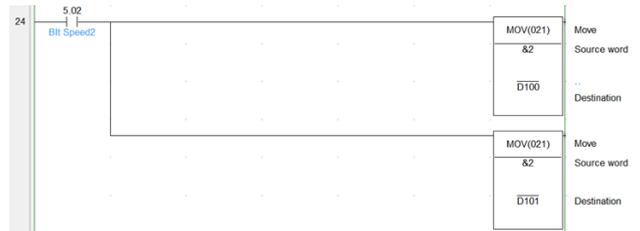
Berikut adalah sebagian diagram ladder yang telah dibuat dalam percobaan ini:

- a. Diagram ladder untuk menjalankan star stop motor.



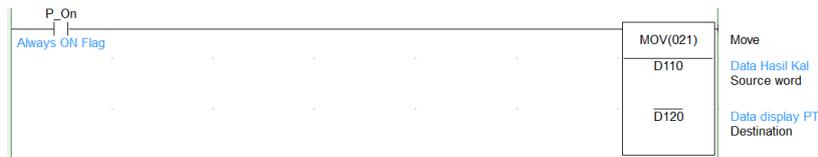
Gambar 3.3 Ladder diagram untuk menjalankan motor

b. Diagram untuk pemilihan kecepatan putaran motor.



Gambar 3.4 Ladder diagram untuk pemilihan kecepatan

c. Diagram ladder untuk menampilkan nilai rpm di Programmable Terminal



Gambar 3.5 Ladder diagram untuk menampilkan nilai Rpm

d. Diagram ladder untuk pembacaan encoder.



Gambar 3.6 Ladder diagram untuk pembacaan encoder

3.2 Pengujian Kecepatan Motor dengan Tachometer

Pengujian kecepatan motor bertujuan untuk membuktikan bahwa putaran rotor pada akan dipengaruhi oleh frekuensi. Dengan menggunakan inverter frekuensi dari jala jala PLN sebesar 50 Hz, dapat diatur bervariasi dari 0 Hz sampai dengan 120 Hz. Pada pengujian yang dilakukan peneliti membatasi frekuensi pengujian sampai dengan 60 Hz. Pengaturan Frekuensi ditentukan dengan memilih tombol kecepatan. Dalam penelitian ini kecepatan yang di buat terdiri dari delapan kecepatan.

Dalam penelitian ini untuk menentukan hubungan antara medan putar stator dan frekuensi dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$N_s = (120 \times f) / P \tag{1}$$

- Keterangan :
- Ns = Kecepatan medan putar stator (rpm)
 - f = Frekuensi (Hz)
 - P = Jumlah kutub

Dalam penelitian ini pengukuran kecepatan putaran motor dengan menggunakan tahometer digital. Merk Shimpo Type 200 L. Berikut gambar pengujian pengukuran putaran rotor dengan tachometer digital.



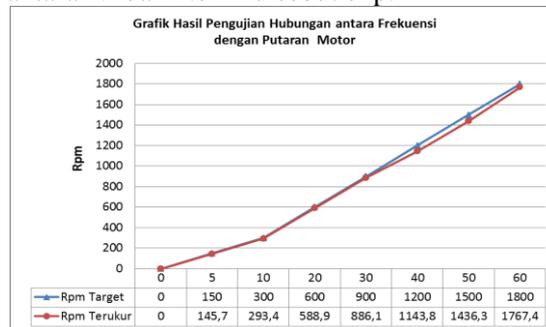
Gambar 3.7 Pengukuran rpm dengan Tachometer

Pengukuran yang dilakukan kemudian dicatat dan dibuat grafik hubungan antara frekuensi dan putaran motor. Berikut merupakan tabel dan gambar grafik yang dihasilkan dari pengujian dan pengukuran motor yang telah dilakukan :

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Kecepatan Motor Tanpa Beban

No	Kecepatan	Rancangan Kecepatan		Input Bit Inverter			Hasil Pengukuran	
		Pengaturan Frekuensi (Hz)	Rpm Target	S1	S2	S3	Frek pada Inverter (Hz)	Rpm Terukur
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	5	150	0	0	1	5	145,7
3	2	10	300	0	1	0	10	293,4
4	3	20	600	0	1	1	20	588,9
5	4	30	900	1	0	0	30	886,1
6	5	40	1200	1	0	1	40	1143,8
7	6	50	1500	1	1	0	50	1436,3
8	7	60	1800	1	1	1	60	1767,4

Dari data yang didapat, antara rpm yang diinginkan dan rpm yang terukur ada perbedaan. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan antara putaran stator (Ns) dan putaran rotor (Nr). Perbedaan putaran antara Nr dan Ns ini disebut slip.



Gambar 3.8 Grafik pengujian putaran

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar frekuensi, maka putaran motor (Nr) akan semakin besar. Sehingga jelas bahwa Nr sangat dipengaruhi oleh Frekuensi. Dan besarnya putaran medan stator(Ns) tidak sama dengan putaran pada rotor (Nr), hal ini dikarenakan adanya slip. Pada penelitian ini besarnya slip dinyatakan dengan persamaan :

$$S = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100 \% \tag{2}$$

Dimana :

- S = Slip
- Nr = Putaran Rotor
- Ns = Putaran Stator

Dibawah ini merupakan besarnya slip rata – rata dari pengujian motor tanpa beban, yang dikendalikan dengan inverter.

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Slip Motor Tanpa Beban

No	Pengaturan Frekuensi (Hz)	Putaran Stator (Ns)	Putaran Rotor (Nr)	Slip (s)
1	5	150	145,7	2,87%
2	10	300	293,4	2,20%
3	20	600	588,9	1,85%
4	30	900	886,1	1,54%
5	40	1200	1143,8	4,68%
6	50	1500	1436,3	4,25%
7	60	1800	1767,4	1,81%
Slip Rata- Rata =				2,74%

Dari tabel 3.2 dapat dilihat besarnya nilai slip untuk masing – masing frekuensi berbeda-beda. Dengan mengambil sampel tujuh kecepatan dan tujuh pengukuran, didapat nilai rata-rata slip sebesar 2,74 %. Kondisi ini adalah ketika motor tidak berbeban. Dalam praktek biasanya slip akan lebih besar ketika motor dalam kondisi berbeban.

3.3 Pengujian Penyimpangan pada Pembacaan rpm di Programmable Terminal.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar penyimpangan pengukuran yang dibaca pada programmable terminal. Acuan atau referensi pengukuran adalah yang terukur atau terbaca dengan tachometer. Pada pengujian ini hanya dilakukan sampel sebanyak 5 kali pada masing – masing keadaan. Dalam pengujian ini terdapat perbedaan hasil pembacaan terhadap nilai pengukuran. Maka dari itu perlu menghitung standar deviasi dan standar error untuk mengetahui toleransi penyimpangan baku pembacaan dari nilai yang dimasukkan. Berikut ini persamaan standar deviasi dan standar error.

$$\sigma = \sqrt{((\sum (x - \text{mean})^2) / (n-1))} \tag{3}$$

Dimana : σ = Standar Deviasi
 x = Nilai x ke- i
 mean = Nilai rata-rata

Untuk menentukan standar error

$$SE = \sqrt{(\sigma/n)} \tag{3}$$

Dimana : SE = Standar Error
 σ = Standar Deviasi
 n = Banyaknya sampel

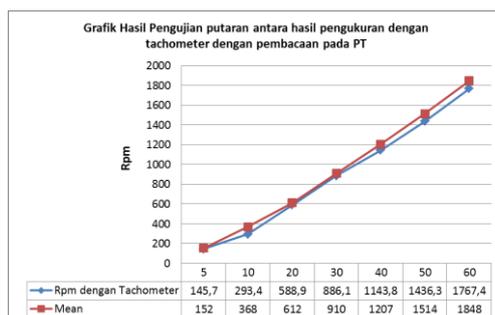
Pada pengujian pembacaan penyimpangan ini dilakukan dengan 5 sampel percobaan. Masing masing keadaan dilakukan 5 kali percobaan. Terdapat 7 kecepatan yang akan dibandingkan dengan nilai refererensi hasil pengukuran dengan tachometer. Berikut ini adalah data pengujian yang dilakukan pada sistem yang dibuat.

Tabel 3.3 Data pengujian kecepatan dan Nilai Standar deviasi

No	Pengaturan Frekuensi (Hz)	Putaran Stator (Ns)	Rpm dengan Tachometer	Pembacaan Rpm pada PT					Mean	x-mean	(x-mean) ²	SD	Se	
				Uji 1	Uji 2	Uji 3	Uji 4	Uji 5						
1	5	150	145,7	152	156	146	156	152	152	-6,70	44,89	3,350	0,819	
2	10	300	293,4	308	312	292	308	620	368	-74,60	5565,16	37,300	2,731	
3	20	600	588,9	610	620	588	616	624	612	-22,70	515,29	11,350	1,507	
4	30	900	886,1	904	912	890	920	924	910	-23,90	571,21	11,950	1,546	
5	40	1200	1143,8	1204	1212	1182	1212	1224	1207	-63,00	3969,00	31,500	2,510	
6	50	1500	1436,3	1508	1516	1484	1528	1536	1514	-78,10	6099,61	39,050	2,795	
7	60	1800	1767,4	1824	1848	1832	1862	1876	1848	-81,00	6561,00	40,500	2,846	
Rata- Rata =											25,000	2,236		

Pada data yang terdapat pada tabel 3.3 diatas bahwa hasil percobaan yang dilakukan sebanyak 5 kali di masing-masing keadaan menunjukkan kecenderungan nilai yang terbaca pada programmable terminal lebih besar dari nilai yang terbaca pada tachometer atau rpm referensi. Nilai standar deviasi atau penyimpangan baku dari tabel diatas bisa dilihat, bahwa semakin besar nilai rpm yang maka kecenderungan nilai standard deviasi juga semakin besar. Demikian juga dengan nilai standar error, akan berbanding lurus dengan nilai standar deviasi. Dari tabel diatas besar rata rata penyimpangan baku (standar deviasi) yang di dapat sebesar $\sigma = 25.000$ dan rata – rata standar error sebesar $se = 2,236$.

Dari data yang didapat sesuai dengan tabel 3.3, maka dapat direpresentasikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar grafik dibawah ini. Berikut grafik hubungan antara nilai yang terbaca pada tachometer dengan nilai rata-rata pengukuran yang terbaca pada programmable terminal.



Gambar 3.9 Grafik hubungan antara pembacaan dengan tachometer dan PT

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai rpm, maka akan semakin besar nilai rata-rata putaran motor yang terbaca pada programmable terminal.

Adanya perbedaan dan error dalam pembacaan pada pembacaan rpm di programmable terminal dikarenakan penggunaan encoder dengan revolusi yang rendah, yaitu sebesar 30 pulse/rev dan kemungkinan pengolahan data pada ladder yang belum sempurna.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembuatan alat ini, maka dapat diperoleh kesimpulan penelitian ini sebagai berikut :

1. Sistem yang dibuat telah bekerja sesuai rancangan, pengontrolan dan monitoring kecepatan putaran motor dapat dikendalikan melalui aplikasi NB Designer dengan ditampilkan pada layar data di Panel Terprogram.
2. Pengujian putaran motor antara alat ukur tachometer dan yang ditampilkan pada data layar di Panel terprogram, masih ada penyimpangan. Besar Penyimpangan baku atau standar deviasi yang di dapat sebesar 25,000 dan rata standar error sebesar 2,236.
3. NB Designer sebagai aplikasi Human Machine Interface mudah digunakan untuk komunikasi dengan PLC, lebih murah secara ekonomis.
4. PLC CP1E yang digunakan tidak memiliki modul analog output, sehingga pemilihan dan pengaturan frekuensi dengan pengaturan bit output, menyebabkan kenaikan putaran tidak bisa linier.

Daftar Pustaka

- [1] Nader N. Barsoum, Pin Rui Chin , Ethernet Control AC Motor via PLC Using LabVIEW, Journal Ica, 2011.
- [2] Dedid Cahya Happyanto, Dr. M.T., Mauridhi Hery Purnomo, Prof., Ir., M.Eng., Ph.D, Teknik Kendali Motor Tiga Fasa Berbasis Kecerdasan Komputasional Sebagai Penggerak Mobil Listrik, Graha Ilmu, 2014.
- [3] CP1E-series Built-in I/O CP1E CPU Units Operation Manual, OMRON, 2015.
- [4] Hugh Jack, Automating Manufacturing System With PLC, 2008.
- [5] SYSDRIVE MX2 Series User's Manual, OMRON, 2010.
- [6] Labview User Manual, National Instrument, 2005.
- [7] Programmable Terminal NB Designer Operation Manual Omron, Tahun 2014.