

APLIKASI PLC DAN INVERTER UNTUK PENGKONTROLAN MOTOR LISTRIK 5 HP SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR 3 kW

M. Hariansyah¹, Syamsudin²

¹Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, Jl. KH Sholeh Iskandar km 2, Bogor, Kode Pos 16162

²Mahasiswa Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor, Jl. KH Sholeh Iskandar km 2, Bogor, Kode Pos 16162

E-mail: m.hariansyah@ft.uika-bogor.ac.id
din@ptpnac-eng.com

ABSTRAK

APLIKASI PLC DAN INVERTER UNTUK PENGKONTROLAN MOTOR LISTRIK 5 HP SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR 3 kW. Telah dilakukan rancang bangun alat kontrol PLC dan inverter untuk menggerakkan motor generator. Kontrol motor generator adalah salah satu pemanfaatan dari sistem komputerisasi melalui PLC sebagai pengembangan dari sistem penggunaan relai pengendali kontrol motor dan pemanfaatan inverter dari sistem pengendali motor yang menggunakan beberapa tipe pengendali tegangan seperti auto trafo, start delta dan soft stater. Kontrol motor generator ini merupakan sistem komputerisasi dengan menggunakan PLC AB Pico 1760-L18AWA-EX untuk mengolah data yang terprogram pada memori PLC menjadi suatu proses program yang diinginkan dan pada inverter merupakan sistem variable speed dengan menggunakan inverter AB Power Flex40 7,5 kW untuk mengolah frekuensi yang akan diberikan kepada motor generator melalui data-data motor yang disimpan didalam parameter inverter. Rancang bangun alat kontrol PLC dan inverter bertujuan untuk mengaplikasikan sistem kontrol motor generator dengan menggunakan PLC AB Pico 1760-L18AWA-EX dan inverter Power Flex40 7,5 kW, motor AC 5 HP, generator 3 kW dengan relai, kontaktor, thermal overload, tombol, , lampu indicator sebagai suatu proses kontrol. Dalam merancang alat ini dibutuhkan suatu proses pendekatan sistematis dengan prosedur: perencanaan sistem kontrol, penentuan komponen, perancangan pembuatan kontrol panel, pemrograman dan menjalankan sistem.

Kata kunci: PLC AB Pico 1760-L18AWA-EX, Inverter Power Flex40 7,5 kW, Motor AC 5 HP, Generator AC 3 kW.

1. PENDAHULUAN

Dalam hasil evaluasi peninjauan terhadap komponen-komponen elektrik yang berada di laboratorium riset elektro UIKA terdapat sebuah motor induksi 3 fasa AC 5 HP dan generator AC 3 kW yang belum diaktifkan. Besar mamfaat dari generator tersebut sangatlah penting untuk diujikan sebagai materi praktikum bagi mahasiswa UIKA. Pada umumnya penggerak generator sebagai *frame mover* yang salah satunya berasal dari motor induksi 3 fasa yang mentransfer energi listrik menjadi energi gerak mekanik. Pada kontrol motor induksi 3 fasa dengan kapasitas diatas 5 HP biasanya menggunakan kontrol *start delta* guna mengurangi lonjakan arus yang cukup besar dan tentunya disertai dengan beberapa kontaktor sebagai pengendali kontrol tersebut. Kontaktor adalah alat mekanik yang penggunaannya sebagai pemisah arus yang besar dan sistem *switching* seperti pengontrolan pada motor listrik 3 fasa.

Rancang bangun alat PLC dan Inverter untuk pengkontrolan motor listrik 5 hp sebagai penggerak generator 3kw ini meliputi: (a) Pemrograman PLC Pico *Controller* 1760-L18AWA-EX menggunakan picosoft6 sebagai *software* pemrogramnya (b) Cara kerja dari komponen-komponen yang digunakan dalam menjalankan motor melalui kontrol PLC dan inverter.

Berdasarkan latar belakang tersebut telah dilakukan rancang bangun alat kontrol PLC dan inverter untuk menggerakkan motor generator melalui perolehan tujuan Penelitian, Yaitu: (a) sistem pengaturan kecepatan putaran motor induksi dengan menggunakan inverter berbasis PLC, (b) program *controller* menggunakan picosoft6 *software*, (c) implementasi sistem otomatisasi menggunakan PLC Pico *Controller* 1760-L18AWA-EX dan Inverter Power Flex 40 7,5kW, dan (d) pengujian inverter terhadap beban motor

dan generator serta hasil gambar grafik torsi motor terhadap perubahan kecepatan motor.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah piranti elektronik yang sangat terbatas jumlahnya baik *output* dan *input external* yang didalamnya terdapat *Central Processing Unit (CPU)* yang berfungsi secara *digital* dengan menggunakan *memory* sebagai media penyimpanan fungsi-fungsi *digital* dengan membaca sinyal *input* dan akan dibaca oleh mikroprosesor sehingga akan mengontrol *output* berupa relai-relai. *Output* yang berupa relai-relai digunakan untuk mengontrol mesin-mesin produksi. maka *programmable logic control* adalah suatu peralatan elektronika yang bekerja secara digital dan memiliki memori yang dapat di program, menyimpan perintah-perintah untuk melakukan fungsi-fungsi khusus seperti *logic, sequencing, timing, counting* dan *arithmetic* untuk mengontrol berbagai jenis *input* dan *output module*[1]. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi *variable* secara *continue* seperti pada sistem-sistem *servo*, atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (*on/off*) saja, tetapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum dijumpai pada mesin produksi, sistem konveyor dan lain sebagainya.

PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah komputer elektronik yang digunakan untuk mengendalikan mesin-mesin industri, pertanian maupun rumah tangga dengan pengoperasian secara *digital* yang disimpan dalam memori sebagai penyimpanan data dan sistem operasi berdasarkan *digital I/O* maupun *analog*[2].

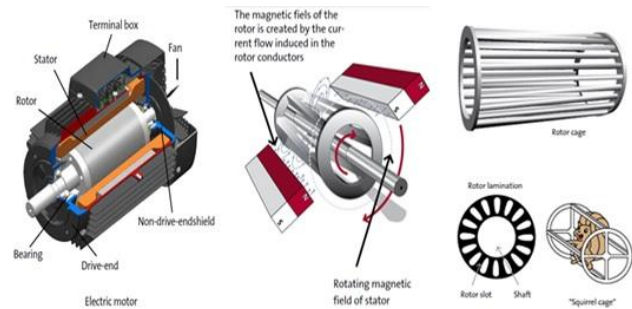
2.2 Inverter

Inverter adalah suatu alat elektronika yang berfungsi sebagai alat untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC dengan cara pembentukan gelombang tegangan yang terbentuk dari inverter tidak berbentuk sinusoidal melainkan berbentuk gelombang dengan persegi. Inverter tersebut merupakan suatu kebalikan dari *rectifier* yang mana *rectifier* tersebut berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC[3].

2.3 Motor AC induksi tiga phasa

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik dengan menggunakan gandingan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor yang sering kita kenal dengan istilah asinkron atau motor AC karena perbedaan kecepatan antara kecepatan stator dengan kecepatan rotor. Kontruksi motor listrik terdiri dari dua

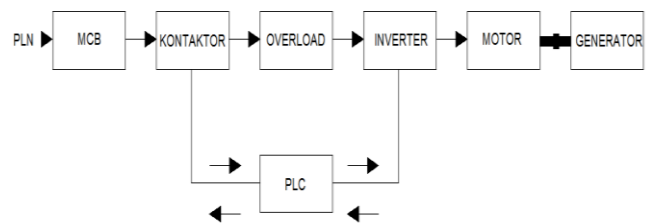
komponen yaitu rotor dan stator[4]. Berikut ini adalah Gambar 1 kontruksi motor tiga phasa



Gambar 1 Kontruksi motor tiga phasa

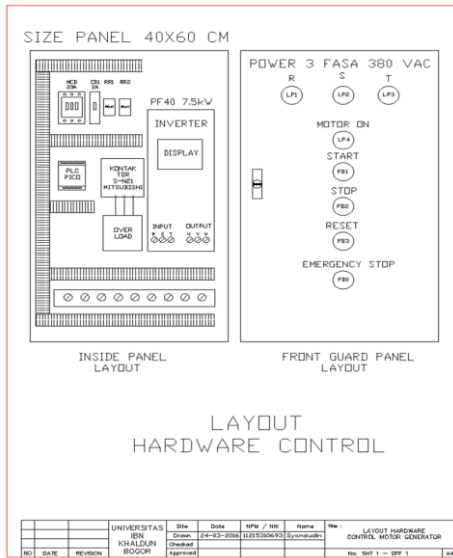
2.4 Metode Penelitian

Berikut diagram blok kontrol motor generator diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram blok kontrol motor generator

Berdasarkan Gambar 2 di atas bahwa diagram blok kontrol motor generator berasal dari proses MCB yang *outputnya* dihubungkan menuju ke kontaktor dan *overload* kemudian *output* dari *overload* dihubungkan masuk ke *input* power inverter berdasarkan intruksi dari PLC setelah itu *output* inverter disalurkan ke motor berdasarkan intruksi dari PLC sehingga generator ikut berputar karena *shaft* motor dan *shaft* generator terhubung melalui kopel. Tata letak komponen-komponen listrik untuk membuat panel kontrol motor generator diperlihatkan pada Gambar 3 *layout hardware control* di bawah ini.



Gambar 3 Layout hardware control motor generator

Berdasarkan *layout hardware control motor generator* yang diperlihatkan pada Gambar 3.2 adalah untuk memudahkan dan melancarkan dalam proses penempatan komponen-komponen listrik yang akan dialokasikan didalam panel kontrol dengan begitu mudah diketahui dari tiap-tiap komponen yang terpasang posisi dan letak komponen listrik.

1. Tahap pemasangan komponen-komponen listrik

Tahap penyediaan komponen listrik seperti yang telah disebutkan pada tabel 1 bahan dan alat, yakni secara keseluruhan pada komponen utamanya adalah inverter dan PLC selebihnya adalah komponen pendukung yang saling keterkaitan dengan ke dua alat tersebut.

Tabel 1 Bahan yang digunakan untuk membuat panel control

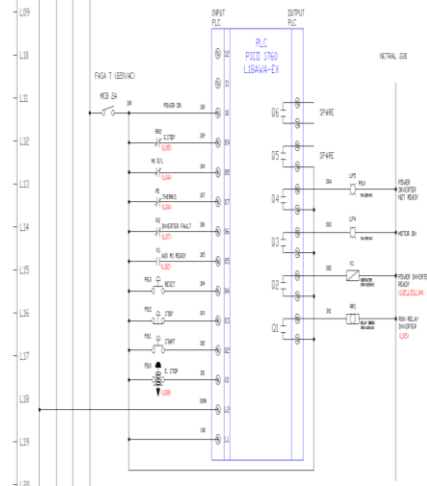
No	Nama Bahan	Jumlah
1	Panel 40x60 cm	1 bh
2	Mounrale 100 cm	1 btg
3	kabel duck 4x4x200 cm	1 btg
4	MCB 1 phasa ABB 2 A	1 bh
5	MCB 3 phasa ABB 20 A	1 bh
6	Relai Onron MKS2PIN 220 VAC	2 bh
7	Kontaktor 3 phasa Mitsubishi S-N21 220VAC	1 bh
8	Overload 3 phasa AB E1 plus 5,4-27 A	1 bh
9	PLC Pico 1760-L18AWA-EX	1 Un
10	Inverter AB PowerFlex 40 (7.5kW)	1 un
11	Motor 3 phasa Baldor 5 HP, 2850 RPM	1 un
12	Generator STC-3 AC SYNC 3KW	1 un
13	Terminal kabel jepit Phoenix contact 1.5-10mm ²	40 bh
14	kabel merah Federal NYAF 1x 0.75 mm ²	50 bh
15	Kabel putih 0.75 mm Federal NYAF 1x 0.75 mm ²	25 bh
16	Kabel hitam 4 mm Supreme NYF 1x 4 mm ²	6 mtr
17	Baut Philip 4x16 mm	20 bh
18	Tubing kabel Tube marker KSS 1.5mm ²	10 mtr
19	Lampu pilot Idec APS 220VAC ϕ 30mm	4 bh
20	Solder tombol Idec ASN ϕ 30mm	4 bh

2. Tahap memisahkan komponen input dan output

Tahap ini adalah memisahkan antara komponen *input* dan *output* yang akan diterapkan pada PLC guna mempermudah untuk disketsa dan digambar melalui autocad.

3. Tahap gambar penyusunan data input maupun output

Berikut Gambar 4 *input* dan *output* yang dituangkan dalam gambar *autocad* terhadap PLC.



Gambar 4 Input dan output PLC

Berdasarkan Gambar 4 di atas bahwa terdapat sebelas kontak input dan empat kontak *output* yang terpasang di PLC Pico dengan kapasitas terminal *input* berjumlah dua belas dan enam terminal *output* yang sumber tegangan *input* dan *output* adalah 220VAC. Sumber tegangan pada *input* dan *output* PLC diproteksi oleh MCB 2A yang mengambil jalur tegangan dari fase T.

4. Tahap pemrograman software PLC

Pemrograman dilakukan sesuai dengan maksud dan tujuan dari isi cara kerja sistem kontrol panel motor generator, tahapan ini adalah tahapan yang bisa dilakukan tanpa adanya *wiring input* maupun *output*, jadi bisa dilakukan tanpa panel melalui hubungan komunikasi dengan PLC dan komputer karena sifatnya pemrograman adalah *software*.

5. Tahap pengecekan beban inverter

Tahap pengecekan beban inverter sangat penting sekali sebelum pemasangan kabel motor dihubungkan dengan inverter karena suatu beban motor terkadang memiliki masalah baik dari tahanan impedansinya maupun dari struktur mekanik seperti *bearing motor* sudah tidak standar maupun *shaft* motor yang bengkok karena hal tersebut bisa memberikan pengaruh yang tidak baik terhadap beban yang diterima oleh inverter sehingga nilai kuat arus yang terbaca atau terdeteksi oleh inverter menjadi naik bahkan jika

tahanan impedansi tidak sama maka nilai kuat arus yang diberikan ke beban motor akan tidak sama dan akan menimbulkan over heat pada beban motor tersebut.

6. Perencanaan pemasangan motor pada generator

Perencanaan pemasangan motor pada generator terdiri dari beberapa tahapan seperti dibawah ini:

- A. Penyediaan dudukan motor dan generator.
- B. Pengukuran dimensi *shaft* motor dan *shaft* generator.
- C. Pengukuran tinggi generator dan tinggi motor.
- D. Penyediaan membran generator dan membran motor.
- E. Penyediaan *couple* untuk menghubungkan motor dengan generator.

3. HASIL DAN BAHASAN

3.1 Panel Kontrol Motor Generator

Panel kontrol motor generator adalah susunan beberapa komponen listrik yang membentuk suatu kesatuan bentuk dan fungsi. Pengontrolan pada motor generator ini masih menggunakan sistem pengontrolan manual dikarenakan beban masih tunggal dan belum adanya sistem beban yang berurutan, sistem manual ini dilengkapi dengan tombol *push button start*, tombol *push button stop*, tombol *push button reset* dan tombol emergensi. Pengontrolan manual adalah pengontrolan motor listrik yang dilayani dengan alat kontrol manual seperti pada tombol-tombol diatas. Panel kontrol motor listrik generator diperlihatkan pada Gambar 5 di bawah ini.

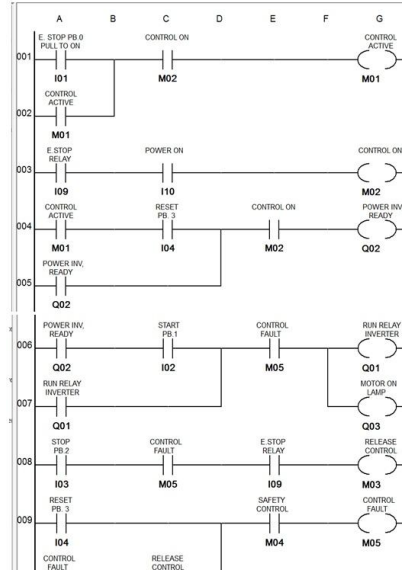


Gambar 5 Panel kontrol motor generator

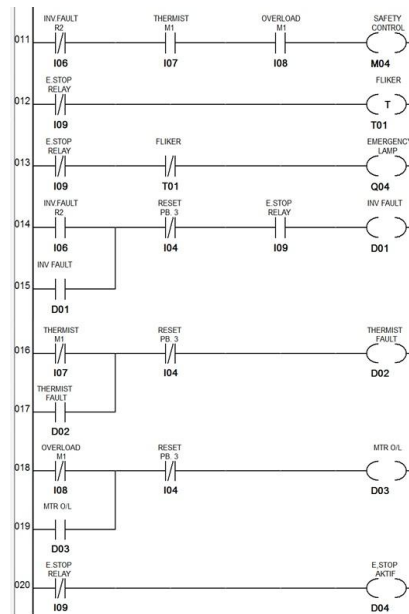
Gambar 5 menunjukkan panel kontrol *hardware* yang menggunakan inverter berbasis PLC, dan adalah kontrol operasi untuk menjalankan kontrol motor generator.

3.2 Hasil program PLC kontrol motor generator

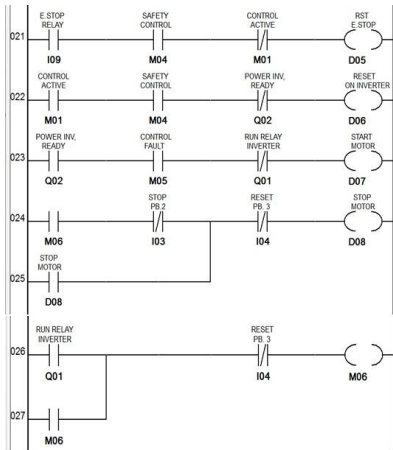
Hasil Program PLC kontrol motor generator diprogram melalui PLC Pico 1760-L18AWA-EX dengan menggunakan metode *ladder program*. Program *ladder* aplikasi PLC dan inverter untuk pengontrolan motor tiga fasa 3,75kW dalam menggerakkan generator 3kW diperlihatkan pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 diagram *ladder* kontrol berikut ini:



Gambar 6 Diagram *ladder* kontrol 1



Gambar 7 Diagram *ladder* kontrol 2



Gambar 8 Diagram ladder kontrol 3

Diagram kontrol ladder pada gambar ladder 1 sampai dengan ladder 3 ini menjelaskan bahwa dalam ladder terdapat huruf dan angka, untuk huruf dari huruf A sampai dengan huruf G mendefinisikan sebagai jumlah kontak maksimal adalah tujuh kontak dan termasuk jalur paralel kontak tiap rung sedangkan angka adalah jumlah rung dengan maksimalnya sebesar 128 rung. Sistem kerja program ladder tersebut adalah M01 akan aktif jika input I01 dan I10 aktif dan tombol darurat ditarik sehingga pada input I01 aktif hal ini adalah menandakan bahwa control M01 dan M02 aktif kemudian dengan menekan tombol reset pada input I04 maka output Q02 akan aktif untuk menghidupkan kontaktor sebagai tegangan input inverter, setelah itu Q01 dan Q03 bekerja setelah input I02 (tombol start) ditekan hal ini untuk menjalankan motor ditandai dengan signal lampu menyala, untuk Q01 sebagai run relay inverter, hal ini adalah proses kontrol untuk menjalankan motor. Pada program berikutnya adalah program untuk safety terhadap motor dan inverter dan juga kontrol untuk mematikan motor secara manual. Kontrol display panel view dilambangkan dengan huruf "D" pada tiap coil yang terdapat didalam rung 14 sampai dengan rung 27.

1. Program kontrol inverter motor 5HP

Program kontrol inverter diperlihatkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Program kontrol inverter motor Baldor 5HP

No	Parameter	Value
P031	Motor NP Volts	380
P032	Motor NP Hertz	50
P033	Motor OL Current	7.6
P034	Minimum Freq	0
P035	Maximum Freq	50
P036	Start Source	2
P037	Stop Mode	0
P038	Speed Reference	0
P039	Accel Time 1(sec)	10
P040	Decel Time 1(sec)	10

2.3 Pengukuran Motor

Pengukuran motor wajib dilakukan terlebih dahulu sebelum terpasang diatas dudukan mesin (*engine mounting*), pengukuran kondisi motor dilakukan untuk mengukur atau mengecek kondisi bearing motor, rumah bearing dan tahanan pada tiap-tiap gulungan motor baik antara fasa maupun dari fasa ke *grounding*, berikut hasil pengukuran impedansi tahanan motor antara fasa R,S dan T. Tabel 3 sebagai data hasil pengukuran impedansi kumparan motor.

Tabel 3 Data hasil pengukuran impedansi kumparan motor

No	Tahanan antara fasa	Nilai tahanan	status
1	R-S	2.5 Ω	ok
2	R-T	2.4 Ω	ok
3	S-T	2.4 Ω	ok

3.4 Hasil Uji Inverter

1. Pengujian inverter tanpa beban motor

Berikut hasil data pengujian inverter tanpa beban motor diperlihatkan pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4 Hasil pengujian inverter tanpa beban motor

No	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	5	38.8	0.12
2	10	74.8	0.12
3	15	112.8	0.12
4	20	149.9	0.12
5	25	187.8	0.12
6	30	229.9	0.12
7	35	261.9	0.12
8	40	298.8	0.12
9	45	336.8	0.12
10	50	373.8	0.12

Dari hasil analisa pengukuran inverter tanpa beban motor bahwa kenaikan rata-rata tegangan

adalah sekitar 24 % dan untuk arus dalam keadaan konstan dikarenakan beban nol pada inverter. Ringkasan dari data yang diperoleh bahwa inverter kondisi normal dan layak pakai. Besar kecilnya tegangan tergantung frekuensi yang diberikan.

2. Pengujian inverter dengan beban motor

Berikut hasil pengujian inverter dengan beban motor diperlihatkan pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5 Hasil pengujian inverter dengan beban motor

No	Frekuensi (Hz)	Kecepatan rotor (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	5	285	39	2.4
2	10	570	75	2.48
3	15	855	113	2.51
4	20	1140	150	2.52
5	25	1425	187	2.54
6	30	1710	225	2.56
7	35	1995	262	2.58
8	40	2280	298	2.6
9	45	2565	337	2.62
10	50	2850	374	2.64

Dari hasil analisa pengujian inverter dengan beban motor berbeda hasil dengan pengujian inverter tanpa beban motor yakni dari data ampere yang diperoleh semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi pula ampere yang diperoleh, rata-rata kenaikan ampere jika frekuensi dinaikan tiap 5 Hz adalah 10 %, tetapi untuk kenaikan kecepatan berdasarkan rumus putaran motor, berikut ini adalah berdasarkan pada persamaan rumus 2.1. jika melihat hasil dari nilai kecepatan (RPM) yang diperoleh bahwa motor tersebut tidak mempunyai slip pada putaran rotor karena frekwensi putaran rotor sama dengan frekwensi putaran stator berdasarkan persamaan rumus 2.2 jika rumus tersebut dimasukan nilai yang diperoleh pada RPM rotor maka:

$$5\% = \frac{(3000 - 2850)}{3000} \times 100\%$$

Hasil nilai slip pada putaran rotor adalah 5% yakni putaran rotor tidak sama dengan putaran stator dikarenakan mempunyai *gap* antara kumparan rotor dengan kumparan stator, hasil perbandingan putaran stator dengan putaran rotor diperlihatkan pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6 Perbandingan putaran stator dengan putaran rotor

Frekuensi (Hz)	Putaran Rotor(RPM)	Putaran Stator(RPM)	Slip(RPM%)
5	285	300	5
10	570	600	5
15	855	900	5
20	1140	1200	5
25	1425	1500	5
30	1710	1800	5
35	1995	2100	5
40	2280	2400	5
45	2565	2700	5
50	2850	3000	5

Perbandingan putaran stator dan putaran rotor telah dibuktikan oleh Tabel 6 bahwa pada motor AC ini terbukti mempunyai selisih antara putaran stator dengan putaran rotor sehingga slip rotasinya adalah 5% atau jika putaran stator 3000 maka putarannya rotor akan berkurang 150 RPM.

3. Pengujian Inverter Dengan Beban Motor Dan Generator

Pengambilan data pada beban generator tidak seperti hanya beban motor yakni frekuensi pada inverter max tidak boleh lebih dari 25 Hz karena berbeda *name plate* kecepatan, untuk motor maksimum kecepatan 2850 RPM sedangkan untuk generator hanya 1500 RPM. Hasil data pengujian inverter dengan beban motor dan generator diperlihatkan pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Pengujian inverter dengan beban motor dan generator

No	Frekuensi (Hz)	Kecepatan nr (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	5	284.6	38.5	2.45
2	10	569.1	76	2.53
3	15	853.7	113	2.55
4	20	1138.3	150	2.56
5	25	1422.9	189	2.85

Dari hasil analisa pengujian inverter dengan beban motor hampir mendekati sama hasilnya dengan pengujian inverter berbeban motor dan generator yakni dari data ampere yang diperoleh semakin tinggi frekuensi maka semakin tinggi pula kuat arus yang diperoleh. Untuk lebih jelasnya maka akan diperlihatkan pada tabel perbandingan tegangan, ampere pada tiap-tiap pengujian beban inverter.

4. Perbandingan Putaran Rotor Terhadap Beban Motor

Kecepatan putaran pada kumparan rotor tidak sama dengan kecepatan pada kumparan stator dan juga apabila motor dibebani oleh beban yang seimbang maka kecepatan putaran rotor akan mengalami penurunan, berikut ini ditampilkan pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8 Perbandingan putaran rotor terhadap beban motor

Satuan	Perbandingan putaran rotor terhadap beban yang berbeda				
Frekuensi (Hz)	5	10	15	20	25
Stator (RPM)	300	600	900	1200	1500
Tanpa Generator Rotor (RPM)	285	570	855	1140	1425
Dengan Generator Rotor (RPM)	284.6	569.1	853.7	1138.3	1422.9

Dari Tabel 8 di atas bahwa terjadi perbedaan kecepatan pada rotor saat motor 3.75 kW dibebani oleh generator dengan kapasitas 3 kW terjadi penurunan putaran sebesar 0.15% dari putaran rotor saat tanpa beban motor sebesar 1425 RPM.

5. Perbandingan Tegangan Dari Hasil Tiap-Tiap Pengujian Inverter

Perbandingan tegangan diperlihatkan pada Tabel 9 di bawah ini.

Tabel 9 Perbandingan tegangan terhadap perubahan frekwensi

Satuan	Perbandingan tegangan terhadap perubahan frekwensi										
Hz	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
V	A	39	75	113	150	187	225	262	298	337	374
	B	39	75	113	150	187	225	262	298	337	374
	C	39	75	113	150	187	0	0	0	0	0

dengan :

A = tanpa beban motor dan generator

B = berbeban motor

C = berbeban motor dan generator

Hasil dari tiap-tiap pengujian inverter ditampilkan pada tabel perbandingan ampere, perbandingan tegangan tersebut akan terlihat apakah ada perbedaan dari tiap-tiap pengujian beban inverter. Perbandingan ampere diperlihatkan pada Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10 Perbandingan ampere terhadap perubahan frekwensi

Satuan	Perbandingan ampere terhadap perubahan frekwensi										
Hz	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
A	X	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	Y	2.40	2.48	2.51	2.52	2.54	2.56	2.58	2.6	2.62	2.64
	Z	2.45	2.53	2.55	2.56	2.85	-	-	-	-	-

Dengan:

X = Inverter tanpa beban motor dan generator

Y = Inverter berbeban motor

Z = Inverter berbeban motor dan generator

Nilai tegangan dan ampere yang terukur oleh inverter yang dituangkan dalam suatu tabel hasil tabel 9 dan Tabel 10 tersebut diperlihatkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Perbandingan tegangan dan ampere pada perubahan frekwensi

Hz	Tegangan (V)			Arus (A)		
	A	B	C	X	Y	Z
5	38.8	39	38.5	0.12	2.40	2.45
10	74.8	75	76	0.12	2.48	2.53
15	112.8	113	113	0.12	2.51	2.55
20	149.9	150	150	0.12	2.52	2.56
25	187.8	187	189	0.12	2.54	2.85
30	229.9	225	-	0.12	2.56	-
35	261.9	262	-	0.12	2.58	-
40	298.8	298	-	0.12	2.6	-
45	336.8	337	-	0.12	2.62	-
50	373.8	374	-	0.12	2.64	-

Dengan:

A/X : Inverter tanpa beban motor dan generator

B/Y : Inverter berbeban motor

C/Z : Inverter berbeban motor dan generator

Hasil dari Tabel 11 bahwa untuk tegangan yang terukur pada posisi A,B,C adalah konstan meskipun kecepatan motor dinaikan melalui pengontrolan frekuensi dan untuk ampere yang terukur pada X adalah konstan karena inverter tidak mempunyai beban tetapi pada posisi Y,Z ampere yang terukur bervariasi dan menandakan bahwa kondisi tersebut adalah normal karena semakin beban naik maka nilai ampere akan naik sesuai dengan mengikuti batas kecepatan motor.

6. Pengaruh Torsi Terhadap Perubahan Frekwensi

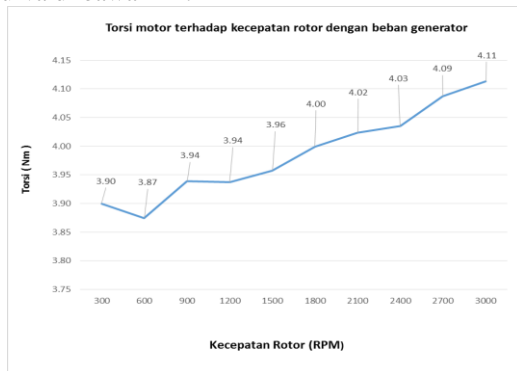
Hasil pengambilan data pada pengaruh torsi terhadap perubahan frekwensi diperlihatkan pada Tabel 12 di bawah ini.

Tabel 12 Pengaruh torsi terhadap kecepatan dengan beban motor

No	Frekwensi (Hz)	Kecepatan rotor (RPM)	Tegangan (V)	Arus (A)	Pout kW	Torsi Nm
1	5	300	39	2.4	0.1	3.90
2	10	600	75	2.48	0.2	3.87
3	15	900	113	2.51	0.4	3.94
4	20	1200	150	2.52	0.5	3.94
5	25	1500	187	2.54	0.6	3.96
6	30	1800	225	2.56	0.8	4.00
7	35	2100	262	2.58	0.9	4.02
8	40	2400	298	2.6	1.0	4.03
9	45	2700	337	2.62	1.2	4.09
10	50	3000	374	2.64	1.3	4.11

Dari hasil Tabel 12 di atas bahwa perubahan kecepatan dengan menggunakan inverter terhadap beban motor terbukti dari data-data nyata yang terukur oleh display monitor inverter bahwa tegangan, ampere dan daya akan cenderung naik sehingga dengan naiknya perubahan terhadap tegangan, ampere dan daya maka torsi yang akan diberikan kepada beban mengikuti perubahan daya yakni jika daya naik maka torsi semakin kuat untuk menggerakkan suatu beban begitu pun jika daya yang diberikan ke motor menurun maka torsi akan menurun. Nilai torsi yang dihasilkan dari tabel diatas pada saat kecepatan 300 RPM sebesar 3.9

Nm dengan daya *output* sebesar 0.1 kW kemudian kecepatan motor dinaikan hingga kecepatan maksimum sebesar 3000 RPM dengan hasil torsi sebesar 4.11 Nm pada daya 1.3 kW sehingga dengan begitu kenaikan dari 300 RPM sampai titik maksimum kecepatan motor 3000 RPM maka kenaikan perubahan pada torsi motor sebesar 4 Nm yang diperoleh, berikut grafik torsi terhadap kecepatan diperlihatkan pada Gambar 9 grafik kurva di bawah ini.



Gambar 9 Grafik kurva torsi motor terhadap perubahan kecepatan rotor

Hasil dari Gambar 9 grafik kurva torsi motor yang diperoleh disaat motor dijalankan dengan awalan kecepatan rotor 300 RPM pada torsi motor berada diposisi 3.90 Nm tetapi saat motor ada perubahan kecepatan awal menuju ke 600 RPM torsi motor menurun hingga 0.76% berada dititik 3.87 Nm karena diposisi tersebut merupakan titik terendah pada kurva kecepatan torsi untuk motor yang mempunyai *accelerations time* beban sampai mencapai kecepatan penuh kemudian perubahan kecepatan motor berikutnya cenderung naik dengan kenaikan torsi yang stabil hingga sampai kecepatan maksimum 3000 RPM mencapai titik tertinggi sebesar 4.11 Nm.

4. KESIMPULAN

Mengacu pada hasil dan bahasan, maka dapat ditarik simpulan seperti berikut:

- [1] Menghasilkan sistem pengaturan kecepatan putaran motor induksi yang diinginkan dengan menggunakan inverter berbasis PLC.
- [2] Membuat program *controller* menggunakan picosoft6 *software* dan menghasilkan berupa tulisan yang merupakan petunjuk langsung sebagai suatu proses berikutnya.

[3] Mengimplementasikan sistem otomatisasi menggunakan PLC Pico Controller 1760-L18AWA-EX dan Inverter Power Flex 40 7,5kW.

[4]Memperoleh data-data pengujian inverter terhadap beban motor dan generator serta hasil

UCAPAN TERIMAKASIH

DAFTAR PUSTAKA

- [1]<http://www.Kitomaindonesia.com/article/16/programmable-logic-controller/> (diunduh 21-10-2015 jam 3:04 PM)
- [2]SUMBODO, Wirawan. *Sistem Pengendali PLC*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2008
- [3]EKO PUTRA, Afgianto. *PLC: Konsep, Pemrograman dan Aplikasi*. Gavamedia, Yogyakarta, 2004.
- [4]M. BUDIANTO dan A. WIJAYA, *Pengenalan Dasar-dasar PLC (Programmable Logic Controller)*, Gavamedia, Yogyakarta,2003.
- [5]MN. Sujatmoko, *Dasar-dasar Kontrol Komponent dan Symac*, PT. Omron Manufacturing of Indonesia, 2000.
- [6]Allen Bradley Pico™ *controller*. Publication 1760-GR001A-EN-P-June 2000 c/2000 Rockwell International Corporation. Printed in the U.S.A
- [7]Allen Bradley Power Flex 40 *Adjustable Frequency AC Drive FRN 1.xx-4.xx* Publication 22B-QS001D-EN-P-January 2007/copyright c 2007 Rockwell Automation, Inc. All rights reserved
- [8]<https://es.grundfos.com/content/dam/Global%20Site/Industries%20&%20solutions/waterutility/pdf/motorbook.pdf>
- [9]<http://slideplayer.info/slide/2744786/>
- [10]www.quartoknows.com/Motorbooks
- [11]<http://all-thewin.blogspot.co.id/2011/11/pinsip-kerja-motor-induksi-tiga-fasa.html>
- [12]<https://suriptoinstalasi.wordpress.com/2012/07/27/kontaktor-magnet/>
- [13]<http://www.scribd.com/doc/26789954/Kontaktor-Adalah-Peralatan-Listrik-Yang-Bekerja-Berdasarkan#scribd>