



TUGAS AKHIR - TE 145561

**KONTROL KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA PADA
MESIN SENTRIFUGAL MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER**

Yulia Dewi Pratiwi
NRP 2214039005
Oktiawan Ando Prakoso
NRP 2214039016

Dosen Pembimbing
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
Agus Suhanto, S.Pd

PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----



FINAL PROJECT - TE 145561

***INDUCTION MOTOR SPEED CONTROL 3 PHASE ON
CENTRIFUGAL MACHINE USING MICROCONTROLLER***

Yulia Dewi Pratiwi
NRP 2214039005
Oktiawan Ando Prakoso
NRP 2214039016

Supervisor
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
Agus Suhanto, S.Pd

*INDUSTRY ELECTRONICS STUDY PROGRAM
Electrical and Automation Engineering Department
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017*

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “**Kontrol Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Mikrokontroler**” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017

Yulia Dewi Pratiwi
2214039005

Oktiawan Ando Prakoso
2214039016

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

**KONTROL KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA PADA
MESIN SENTRIFUGAL MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada

Program Studi Elektronika Industri
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng

NIP. 19621005 199003 1 003

Agus Suhanto, S.Pd

NIP. 19650821 198603 1 010

**SURABAYA
JUNI, 2017**

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

Kontrol Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Mikrokontroler

Nama Mahasiswa 1 : Yulia Dewi Pratiwi
NRP : 2214 039 005
Nama Mahasiswa 2 : Oktawan Ando Prakoso
NRP : 2214 039 016
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
NIP : 19621005 199003 1 003
Dosen Pembimbing 2 : Agus Suhanto, S.Pd
NIP : 19650821 198603 1 010

ABSTRAK

Mesin sentrifugal merupakan salah satu bagian yang penting di pabrik gula. Dimana pada mesin sentrifugal ini menggunakan motor induksi 3 fasa sebagai penggerak. Pada mesin sentrifugal terdapat siklus kecepatan yaitu *Charging*, *Spinning*, dan *Discharging*. Agar mempermudah untuk mendapatkan siklus kecepatan dalam mesin sentrifugal maka dibutuhkan mikrokontroler, dengan metode mengubah frekuensi kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan *inverter sinamics G110* sebagai pengkonversi tegangan menjadi frekuensi. Dan juga menggunakan kontrol PI yang ada pada *software LabVIEW*, selain itu motor juga dihubungkan dengan beban untuk mengetahui *respon* motor terhadap pembebanan. Dengan menggunakan kontrol *Propositional Integral* (PI) maka kecepatan dengan spesifikasi yang diinginkan pada *plant* dapat di kontrol sesuai kebutuhan, dengan memberikan nilai $K_p = 2,85$ dan $t_i = 1,6$ kurva sentrifugasi dapat mempercepat *respon* dan mencapai *steady state*.

Kata Kunci : Motor Induksi 3 fasa, Mikrokontroler Arduino, *Rotary Encoder*, *PI*, *LabVIEW*

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

***Induction Motor Speed Control 3 Phase On Centrifugal Machine
Using Microcontroller***

Name of Student 1 : Yulia Dewi Pratiwi
Number of Registration : 2214 039 005
Name of Student 2 : Oktiawan Ando Prakoso
Number of Registration : 2214 039 016
Supervisor 1 : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
ID Number : 19621005 199003 1 003
Supervisor 2 : Agus Suhanto, S.Pd
ID Number : 19650821 198603 1 010

ABSTRACT

Centrifugal machine is one of the important at sugar factory. Where centrifugal machine it uses 3 phase induction motor as motor. On a cycle centrifuges is speed is Charging, Spinning, and Discharging. To simplify to get cycle speed in centrifugal machine it takes microcontroller, with the change the frequency of 3 phase induction motor speed using inverter sinamics G110 as converter voltage be frequency. And also use control PI is on the software LabVIEW, besides motor also connected with a to know response to encumbering motor. Using controller proposional integral (PI) so the velocity with the specifications desired on plant can be in control as needed , by giving value $K_p = 2.85$ and $\tau_i = 1.6$ curve centrifugation can speed response and reached steady state.

Key Words : 3-Phase Induction motor, Arduino Microcontroller Rotary Encoder, PI, LabVIEW

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma pada Bidang Studi Elektro Industri, Program Studi Elektro Industri, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul :

" Kontrol Kecepatan Motor induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Mikrokontroler "

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini, Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan dengan tulus tiada henti.
2. Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto M.Eng selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Agus Suhanto, S.Pd selaku dosen pembimbing dari BLKIP.
4. Teman - teman Elektro D3 Teknik Elektro DE09 yang selalu memberikan doa, bantuan, semangat, dan dukungannya.
5. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat diterapkan pada bidang industri serta bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika.....	3
1.6 Relevansi.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG.....	5
2.1 Mesin Sentrifugal.....	5
2.2 Motor Induksi 3 Fasa.....	6
2.2.1 Konstruksi Motor AC 3 Fasa.....	7
2.3 Mikrokontroler Arduino.....	8
2.3.1 Arduino Mega 2560.....	8
2.4 Kontroler.....	9
2.4.1 Kontroler <i>Proporsional</i> (P).....	10
2.4.2 Kontroler <i>Proporsional Integral</i> (PI).....	10
2.5 <i>Inverter Siemens Sinamic G110</i>	12
2.6 <i>Rotary Encoder</i>	15
2.6.1 Autonics E50S8-100-3-N-5.....	16
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....	17
3.1 Blok Fungsional Sistem.....	17
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	18
3.2.1 Perancangan <i>Power Supply</i>	18

3.2.2	Perancangan Panel <i>Box</i>	19
3.2.3	Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi .	21
3.2.4	<i>Wiring</i> Diagram <i>Inverter Sinamics G110</i>	23
3.2.5	Perancangan <i>Pulley Rotary Encoder</i>	25
3.2.6	Perancangan Pembacaan <i>Rotary Encoder</i>	26
3.2.6.1	Perancangan Pembacaan Kecepatan	26
3.2.6.2	<i>Wiring</i> Sensor E50S8-100-3-N-5.....	26
3.3	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	28
3.3.1	Inisialisasi <i>Inverter Sinamics G110</i>	28
3.3.2	Perancangan <i>Software</i> Pembacaan <i>DAC</i>	30
3.3.3	Perancangan <i>Software</i> Pembacaan Kecepatan.....	31
3.3.4	Perancangan Kontroler	33
3.3.5	Perancangan <i>Software</i> Kontrol Kecepatan	36
3.3.6	Perancangan <i>Software LabVIEW</i>	37
3.3.6.1	Tampilan <i>Software LabVIEW</i>	37
BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISA		39
4.1	Pengukuran Rangkaian <i>Power Supply</i>	39
4.2	Pengukuran Rangkaian <i>DAC</i> dan Penguat <i>Non Inverting</i> .	41
4.3	Pengujian Frekuensi Inverter <i>Sinamic G110</i>	46
4.4	Pengukuran Kecepatan Tanpa Sistem Kontrol Otomatis	47
4.4.1	Pengukuran Kecepatan Tanpa Kontrol	48
4.4.2	Pengukuran dengan Beban	49
4.5	Pengujian Kontroler.....	50
4.5.1	Pengujian Respon <i>Step</i> dengan Beban Menggunakan Metode <i>Trial Error</i>	51
4.5.1.1	Pengujian Respon Motor dengan Beban Terhadap Kontrol P	51
4.5.1.2	Pengujian Respon Motor dengan Beban Terhadap Kontrol P dan I	52
4.6	Pengujian Respon Motor dengan Beban.....	54
BAB V PENUTUP		57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN A (FOTO ALAT).....		A-1
A.1	Sistem Alat Keseluruhan	A-1

A.1	Motor Dikopel dengan Mesin Sentrifugal.....	A-1
A.1	Peletakkan Sensor Kecepatan	A-2
A.1	Peletakkan Komponen Panel <i>Box</i>	A-2
LAMPIRAN B	(PROGRAM).....	B-1
B.1	Pemrogram Keseluruhan	B-1
B.1	Pemrogram DAC MCP 4725	B-3
B.1	Pemrogram Pembacaan Sensor Di Arduino	B-4
LAMPIRAN C	(<i>DATASHEET</i>).....	C-1
C.1	<i>Datasheet Inverter Sinamic G110</i>	C-1
C.2	<i>Datasheet Sensor Rotary Encoder</i>	C-14
C.3	<i>Datasheet LM 741</i>	C-18
C.4	<i>Datasheet MCP 4725</i>	C-21
LAMPIRAN D	(INISIALISASI <i>INVERTER</i>).....	D-1
LAMPIRAN E	(DAFTAR RIWAYAT HIDUP)	E-1

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 2.1	<i>Setting</i> Kecepatan Motor Sentrifugal	6
Gambar 2.2	Motor Induksi 3-Fasa	7
Gambar 2.3	Komponen Motor Induksi	7
Gambar 2.4	Arduino Mega 2560	9
Gambar 2.5	Diagram blok <i>Proposional</i>	9
Gambar 2.6	Diagram blok <i>Proposional Integral</i> PI.....	11
Gambar 2.7	Diagram blok Orde Pertama dengan Kontroler PI	11
Gambar 2.8	Bentuk Fisik <i>Inverter Siemens Sinamics G110</i>	12
Gambar 2.9	Operator <i>Panel BOP</i>	13
Gambar 2.10	Blok Penyusun <i>Rotary Encoder</i>	15
Gambar 2.11	Sensor <i>Rotary Encoder</i> Autonics E50S8-100-3-N.....	16
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem <i>Close Loop PI</i>	17
Gambar 3.2	Rangkaian <i>Power Supply</i>	19
Gambar 3.3	Panel Kelistrikan Bagian Dalam	20
Gambar 3.4	Panel Kelistrikan Bagian Luar	21
Gambar 3.5	Perancangan Pembacaan Kecepatan Motor Induksi	22
Gambar 3.6	<i>Wiring Diagram Inverter Sinamics G110</i>	23
Gambar 3.7	<i>Hardware Wiring Diagram Inverter Sinamics G110</i>	24
Gambar 3.8	Konfigurasi Pin Kontrol <i>Inverter Sinamics G110</i>	24
Gambar 3.9	Dimensi <i>Rotary Encoder Tipe Shaft Incremental</i>	25
Gambar 3.10	Perancangan <i>Pulley Rotary Encoder</i>	26
Gambar 3.11	Perancangan <i>Pulley</i> Pada Poros Beban Untuk Sensor	26
Gambar 3.12	Perancangan Pembacaan Kecepatan Motor Induksi	27
Gambar 3.13	<i>Wiring Kabel Sensor Rotary Encoder</i>	28
Gambar 3.14	<i>Flowchart</i> Pembacaan <i>Digital Analog Converter</i>	31
Gambar 3.15	<i>Flowchart</i> Pembacaan Kecepatan <i>Sensor Rotary</i>	32
Gambar 3.16	Kurva Linearitas <i>Plant</i> Beban 3,5 Kg	33
Gambar 3.17	Kurva Step Respon Pada <i>Plant</i>	34
Gambar 3.18	<i>Flowchart</i> Pengaturan Kecepatan Motor	36
Gambar 3.19	Tampilan <i>Front Panel</i> Pada <i>LabVIEW</i>	37
Gambar 3.20	Tampilan <i>Blok Diagram</i> Pada <i>LabVIEW</i>	38
Gambar 4.1	Pengukuran Tanpa Beban	39
Gambar 4.2	Pengukuran Menggunakan Beban.....	41

Gambar 4.3	Skema Pengukuran Tegangan <i>Output</i> DAC	43
Gambar 4.4	Konfigurasi Pengambilan Data Kecepatan Motor	46
Gambar 4.5	<i>Respon</i> Motor Tanpa Kontroler	48
Gambar 4.6	Hasil Perbandingan.....	49
Gambar 4.7	Tampilan Pengaturan Nilai K_p dan τ_i Pada LabVIEW ...	51
Gambar 4.8	<i>Respon</i> Motor saat nilai K_p	53
Gambar 4.9	<i>Respon</i> Motor saat nilai τ_i	54
Gambar 4.10	Hasil Pengujian PI Kurva Sentrifugasi 3,5 Kg	55

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1	Fungsi Tombol <i>Inverter Micromaster G110</i>	13
Tabel 2.2	Fungsi Tombol <i>Inverter</i>	14
Tabel 2.3	Spesifikasi <i>Rotary Encoder</i> Autonics E50S8-100-3-N-5 ..	15
Tabel 3.1	Koneksi Kabel Sensor <i>Rotary Encoder</i>	28
Tabel 3.2	<i>Name Plate</i> Motor	29
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> 9 Volt Tanpa Beban	40
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> 12 Volt Tanpa Beban	40
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> -12 Volt Tanpa Beban...	40
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> 9 Volt dengan Beban	41
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> 12 Volt dengan Beban...	41
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i> -12 Volt dengan Beban .	42
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Rangkaian DAC	43
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Rangkaian DAC Penguat Tegangan	45
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Frekuensi <i>Inverter Sinamic G110</i>	47
Tabel 4.10	Hasil Pengukuran <i>Plant</i> Motor Tanpa Beban.....	48
Tabel 4.11	Hasil Pengukuran <i>Plant</i> Motor Beban 3,5 Kg.....	49
Tabel 4.12	Hasil Pengukuran Respon <i>Plant</i> Perubahan Nilai K_p	51
Tabel 4.13	Hasil Pengukuran Respon <i>Plant</i> Perubahan Nilai τ_i	53
Tabel 4.14	Hasil Nilai PI Berbeban 3,5 Kg.....	54

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin sentrifugal merupakan salah satu bagian yang penting di pabrik gula. Proses sentrifugal adalah suatu proses yang relatif sulit karena disini kita dihadapkan pada pengaturan percepatan dan perlambatan dari beban yang memiliki *inertia* yang tinggi dan berubah pada setiap tahapan dalam satu siklus operasional sebuah mesin sentrifugal. Pada proses sentrifugal ini penting dilakukan karena dengan proses sentrifugal pemisahan gula kristal dapat dilakukan dengan baik.

Dimana pada mesin setrifugal ini menggunakan motor induksi 3 fasa sebagai penggerak seperti yang terdapat di industri pada umumnya menggunakan motor induksi 3 fasa dikarenakan mempunyai konstruksi yang sederhana, mudah perawatannya dan menghasilkan putaran yang konstan.

Namun, Pengaturan kecepatan suatu mesin sentrifugal umumnya dilakukan dengan merubah kutub motor induksi (*pole changing*). Tidak ada kendali atas aselerasi maupun deselerasi. Pengaturan motor dengan metode ini mengakibatkan arus start atau arus awal yang sangat tinggi yang diambil dari jaringan listrik terutama pada saat sentrifugal melakukan percepatan dan saat terjadinya penggantian kutub. Sehingga apabila terjadi perubahan beban oleh karena itu, pada siklus kecepatannya pada mesin sentrifugal terdapat proses *Charging*, *Spinning* dan *Discharging*. Pengaturan dengan metode ini mengakibatkan kecepatan motor akan sulit dikendalikan sesuai dengan yang diharapkan. Pengaturan kecepatan yang tidak tepat juga dapat mengakibatkan hasil produksi gula yang kurang maksimal.

Berdasarkan hal tersebut peran Mikrokontroler sebagai kontroler kecepatan motor induksi 3 fasa. Mikrokontroler merupakan hal yang penting karena untuk memudahkan dalam kontrol kecepatan di mesin sentrifugal.

1.2 Rumusan Masalah

Pengoperasian mesin sentrifugal, sebagian besar kontrol kecepatannya diatur oleh operator secara manual, dengan melihat kondisi gula secara langsung. Dikarenakan proses pembuatan gula membutuhkan kecepatan *Charging*, *Spinning* dan *Discharging* sehingga membuat hasil gula tidak seperti yang diharapkan oleh industri gula.

Penggunaan dan pemilihan mikrokontroler yang sesuai dengan kriteria inverter yang digunakan sebagai penggerak motor induksi 3 fasa harus memiliki *input* = 0-10 V. Serta mikrokontroler yang berfungsi sebagai *interface* dari perangkat elektronik dan dapat menyimpan program didalamnya.

Ketika mesin sentrifugal dioperasikan, motor AC berputar dengan kecepatan konstan (yang diinginkan). Namun kecepatan motor dipengaruhi oleh beban jika beban motor bertambah maka kecepatannya akan turun dan sebaliknya. Sehingga performansi (kurva) yang dihasilkan dari motor masih belum optimal (relatif kurang stabil).

1.3 Batasan Masalah

Dari perumusan masalah di atas, maka batasan masalah dari tugas akhir ini adalah :

1. Motor Induksi yang digunakan hanya terbatas pada spesifikasi motor yang disediakan di lab saja, yaitu motor induksi 3 fasa 1/4 PK.
2. Pengontrolan yang dilakukan hanya terbatas pada pengontrolan kecepatan saja.
3. Sistem kontrol yang digunakan adalah dengan pengaturan PI dengan metode *Trial Error*.
4. Sensor yang digunakan sebagai pembaca putaran motor adalah sensor *rotary encoder*.

Dengan adanya batasan masalah ini diharapkan hasil akhir atau tujuan dari Tugas Akhir ini dapat dicapai dengan baik.

1.4 Tujuan

A. Tujuan Yulia Dewi P. dalam membuat Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memodifikasi *prototype* mesin sentrifugal yang diputar oleh sebuah motor induksi AC 3 fasa.
2. Merancang dan membuat rangkaian mikrokontroler untuk mengatur kecepatan *driver* motor.

B. Tujuan Oktiawan Ando P. dalam membuat Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat rangkaian mikrokontroler untuk membaca sensor kecepatan motor.
2. Merancang dan membuat program *software LabVIEW* sebagai tampilan grafik kecepatan motor.

1.5 Sistematika

Sistematika pembahasan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu Pendahuluan, Teori Penunjang, Perancangan dan Pembuatan Alat, Pengujian dan Analisa Alat, serta Penutup.

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, maksud dan tujuan, sistematika laporan, serta relevansi.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Membahas tentang teori-teori penunjang yang diperlukan dan dipergunakan sebagai penunjang pengerjaan Tugas Akhir

Bab III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas tentang perencanaan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) yang terdiri dari perancangan elektronik dan perancangan mekanik serta pembuatan dan perancangan perangkat lunak (*software*).

BAB IV : PENGUKURAN DAN ANALISA ALAT

Membahas tentang pengujian dengan cara pengukuran alat yang terdiri dari pengujian pengukuran perangkat keras dan juga perangkat lunak.

BAB V : PENUTUP

Menjelaskan tentang kesimpulan dari tugas akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan dapat membantu proses pembuatan gula pada industri gula menggunakan motor industri 3 fasa dan mikrokontroler untuk proses pembuatan gula kristal.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

TEORI PENUNJANG

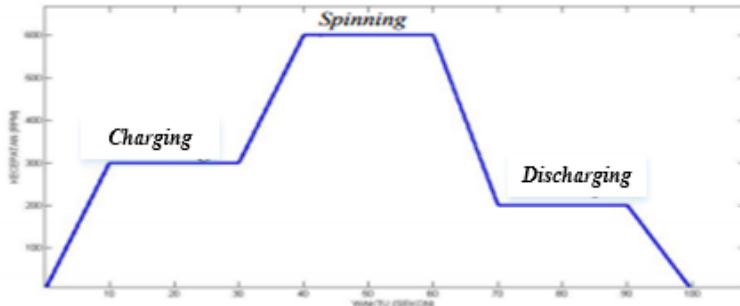
Pada bab ini dibahas mengenai teori-teori yang menunjang dalam proses pembuatan alat Tugas Akhir. Pada Teori penunjang ini dibagi tiga bagian. Pada *point* 2.1 sampai 2.3 merupakan tugas dari Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P., kemudian pada *point* 2.4 sampai 2.5 merupakan tugas dari Yulia Dewi P., dan pada *point* 2.6 sampai 2.7 merupakan tugas dari Oktawan Ando P. Pembahasan yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P. yaitu pembahasan mesin sentrifugal, motor induksi 3 fasa dan mikrokontroler arduino. Pembahasan yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. yaitu Kontrol PI dan *Inverter Siemens Sinamic G110* . Pembahasan yang dilakukan oleh Oktawan Ando P. yaitu *Rotary Encoder*.

2.1 Mesin Sentrifugal [1]

Pada materi ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P. Gaya sentrifugal adalah kebalikan dari gaya sentripental, yang mendekati pusat lingkaran. Contoh dari aplikasi penggunaan gaya sentrifugal pada industri dapat dilihat pada mesin sentrifugal (pabrik gula). *Massecuite* merupakan campuran dari kristal gula dan cairan pekat yang dinamakan strup atau sirup. *Massecuite-massecuite* yang telah didinginkan dan kristalnya dibiarkan pada palung-palung pendingin, kemudian perlu diputar pada alat pemutar yang disebut *centrifugal* untuk memisahkan kristal dan cairan yang pekat itu.

Proses sentrifugal adalah suatu proses yang relatif sulit karena pada proses ini perlu dilakukan pengaturan percepatan dan perlambatan dari beban yang memiliki inersia tinggi dan berubah pada setiap tahapan *Charging, Spinning dan Discharging* dalam satu siklus operasional mesin sentrifugal. Pada pengaturan kecepatan sebelumnya suatu mesin sentrifugal umumnya dilakukan secara mekanik yaitu dengan cara merubah puli atau ukuran poros dari mesin sentrifugal. Secara periodik selama proses sentrifugal berlangsung seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Waktu yang dibutuhkan setiap siklus ini tergantung dari inersia mesin sentrifugal yang digunakan. Selain itu tahapan dalam proses sentrifugal seperti *Charging, Spinning dan Discharging* juga berbeda-beda pada setiap mesin sentrifugal, hal tersebut tergantung dari kualitas nira/cairan kental yang diputar.



Gambar 2.1 Setting Kecepatan Motor Sentrifugal

2.2 Motor Induksi 3 Fasa [2]

Pada materi ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktiawan Ando P. Motor induksi adalah alat penggerak yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Hal ini dikarenakan motor induksi mempunyai konstruksi yang lebih sederhana, kokoh, harganya relatif murah serta perawatannya yang mudah, Sehingga motor induksi mulai menggeser penggunaan motor DC pada industri. Selain keunggulan di atas motor induksi juga memiliki kelemahan yaitu pengaturan motor induksi lebih rumit dari motor DC. Hal ini disebabkan motor induksi memiliki beberapa parameter yang bersifat *non-linier*, terutama resistansi rotor, yang memiliki nilai bervariasi untuk kondisi operasi yang berbeda.

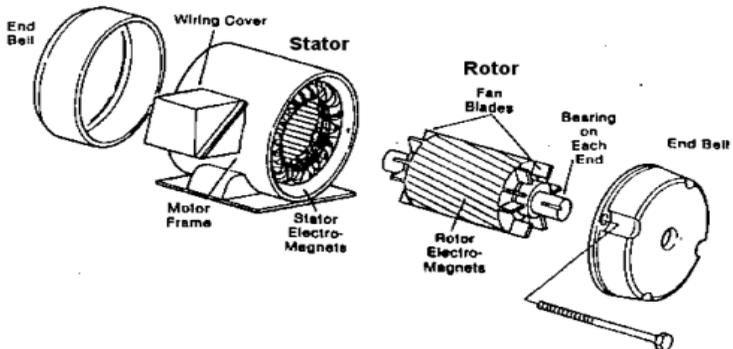
Pada dasarnya motor induksi (Gambar 2.2) dioperasikan pada kecepatan yang konstan, jika beban berubah maka kecepatan motor juga akan berubah. Karena itu untuk mempertahankan agar kecepatan tetap konstan maka tegangan dan frekuensi harus diatur. Namun untuk mengatur tegangan agar didapatkan unjuk kerja yang diharapkan perlu mengatur ulang jumlah kutub stator dan cara lainnya adalah dengan mengubah frekuensi jaringan yang men-*supply* motor tersebut. Hal tersebut diperlukan dengan tujuan antara lain untuk mengurangi besarnya arus *start*, meredam getaran dan hentakan mekanis saat *starting*. Karena itu, banyak dilakukan penelitian tentang pengaturan putaran motor induksi tersebut. Salah satunya adalah dengan cara mengubah frekuensi catu daya yang masuk ke motor, untuk mengatur kecepatan motor.



(a) Bentuk Fisik (b) Nampak Dalam
Gambar 2.2 Motor Induksi 3-Fasa

2.2.1 Konstruksi Motor AC 3 Fasa

Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama yang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Komponen Motor Induksi

1. Rotor adalah bagian dari motor induksi yang bergerak yang berada pada bagian tengah konstruksi motor, berdasarkan konstruksinya rotor dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:
 - a. Rotor sangkar terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak *slots* paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
 - b. Rotor belitan yang memiliki gulungan tiga fasa, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fasa digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang

dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.

2. Stator adalah bagian yang diam pada motor induksi dan umumnya berada pada sisi luar motor induksi. Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu.

2.3 Mikrokontroler Arduino [3]

Pada materi ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktiawan Ando P. Arduino adalah *platform* prototipe *elektronik open source* yang berdasarkan perangkat keras dan lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Arduino diperuntukan bagi seniman, desainer dan siapapun yang tertarik untuk membuat alat yang interaktif.

Arduino secara fisik adalah mikrokontroler. Arduino adalah perangkat keras berbentuk rangkaian elektronik dengan ukuran yang kecil dan berfungsi sebagai kontroler. Dihubungkan dengan sensor yang akan memberikan informasi keadaan objek atau lingkungan di sekitarnya, kemudian mengolah informasi tersebut lalu menghasilkan suatu aksi. Proses ini akan dilakukan berulang-ulang.

2.3.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah sebuah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560. Mempunyai 54 pin *digital input/output* (dimana 14 pin dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 16 pin *input analog*, 2 UARTs (*Hardware serial ports*), sebuah *crystal oscillator* 16 MHz, sebuah penghubung USB, ICSP *header*, dan tombol kembali. Setiap isi dari Arduino Mega 2560 membutuhkan dukungan mikrokontroler; koneksi mudah antara Arduino mega 2560 ke komputer dengan sebuah kabel USB atau daya dengan AC to DC adaptor atau baterai untuk memulai. Arduino mega cocok sebagai rancangan pelindung untuk Arduino *Deumilanove* atau *Diecimila*.

Mikrokontroler ATMega 2560 (Gambar 2.4) memiliki beberapa fitur / spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan. Fitur-fitur tersebut antara lain :

1. Tegangan Operasi sebesar 5 V.
2. Tegangan *input* sebesar 6 – 20 V tetapi yang direkomendasikan untuk ATMega 2560 sebesar 7 – 12 V.

3. Pin *digital* I/O sebanyak 54 pin dimana 14 pin merupakan keluaran dari PWM.
4. Pin *input* analog sebanyak 16 pin.
5. Arus DC pin I/O sebesar 40 mA sedangkan Arus DC untuk pin 3,3V sebesar 50 mA.
6. *Flash memory* 156 Kb yang mana 8 Kb digunakan oleh *bootloader*.
7. RAM 8 Kbyte.
8. EEPROM 4 Kbyte.
9. Serta mempunyai 2 *Port* UART untuk komunikasi serial.



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560

2.4 Kontroler [4]

Pada materi ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. Kontroler adalah komponen yang berfungsi mengurangi sinyal kesalahan (*error*). Keberadaan kontroler atau pengendali dalam sebuah sistem kontrol mempunyai kontribusi yang besar terhadap perilaku sistem. Pada prinsipnya hal itu disebabkan oleh model *plant* yang diasumsikan tidak dapat diubah, sehingga untuk mengubah karakteristik dan kinerja sistem secara keseluruhan seperti yang diinginkan, diperlukanlah suatu pengendali. Pengendali inilah yang modlnya dapat diubah, sehingga model sistem seluruhnya juga berubah sesuai yang dikehendaki.

Selain itu, salah satu tugas komponen kontroler adalah mereduksi sinyal kesalahan, yaitu perbedaan antar sinyal *setting* dan sinyal aktual yang dibandingkan melalui umpan balik. Kontroler akan senantiasa mengubah sinyal aksi selama sinyal *error* terjadi. Hal ini sesuai dengan tujuan sistem kontrol yakni untuk mendapatkan sinyal aktual yang

senantiasa diinginkan sama dengan sinyal acuan yang diatur. Dengan demikian semakin cepat reaksi sistem mengikuti sinyal aktual dan semakin kecil kesalahan yang terjadi, semakin baiklah kinerja sistem kontrol yang diterapkan.

2.4.1 Kontroler *Proporsional* (P) [4]

Untuk kontroler *proporsional*, sinyal kesalahan $e(t)$ merupakan masukan kontroler. Sedangkan keluaran kontroler adalah sinyal kontrol $u(t)$. Hubungan antara masukan kontroler $e(t)$ dan keluaran kontroler $u(t)$ dapat dilihat pada Persamaan 2.1.

$$U(t) = K_p \cdot e(t) \dots \dots \dots (2.1)$$

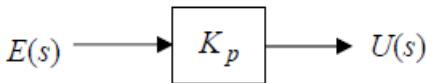
atau dalam besaran transformasi *Laplace* pada Persamaan 2.2.

$$U(s) = K_p \cdot E(s) (1) \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana K_p adalah penguatan *proporsional*. Sehingga fungsi alih kontroler *proporsional* pada Persamaan 2.3.

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \dots \dots \dots (2.3)$$

Apapun modifikasi perhitungannya atau bentuk gaya operasinya, kontroler. *Proporsional* pada dasarnya merupakan suatu penguat dengan penguatan yang dapat diatur. Diagram blok kontroler *proporsional* pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diagram Blok *Proporsional*

2.4.2 Kontroler *Proporsional Integral* (PI) [4]

Untuk kontroler *proporsional* ditambah *integral*, sinyal kesalahan $e(t)$ merupakan masukan kontroler sedangkan keluaran kontroler adalah sinyal kontrol $u(t)$. Hubungan antara masukan kontroler $e(t)$ dan keluaran kontroler $u(t)$ pada Persamaan 2.4.

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{\tau_i} \int_0^t e(t) dt \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

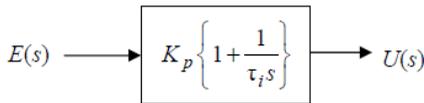
atau dalam besaran transformasi *Laplace* pada Persamaan 2.5

$$U(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} \right) E(s) \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana K_p adalah penguatan *proporsional* dan τ_i adalah waktu *integral*. Parameter K_p dan τ_i keduanya dapat ditentukan dengan Persamaan 2.6.

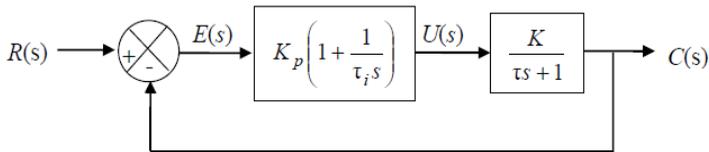
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left\{ 1 + \frac{1}{\tau_i s} \right\} \dots\dots\dots (2.6)$$

Diagram blok kontroler *proporsional* ditambah *integral* pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Diagram blok Kontroler *Proporsional Integral* (PI)

Jika kontroler *proporsional* ditambah *integral* diterapkan pada plant orde pertama dalam suatu sistem pengaturan maka diagram bloknya dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Blok Orde Pertama Dengan Kontroler *Proporsional Integral*

Langkah - Langkah Desain Kontroler PI sebagai berikut :

1. Menentukan fungsi alih dari plant orde pertama.
Bisa didapatkan melalui identifikasi pendekatan orde pertama atau penurunan model matematik dengan pengukuran parameter.
2. Menentukan spesifikasi performasi yang diinginkan dapat berupa spesifikasi respon orde pertama dengan konstanta waktu tertentu (τ^*).

3. Menentukan K_p dan τ_i
 - a. Jika spesifikasi performansi yang diinginkan berupa respon orde pertama dengan τ^* tertentu $\tau_i = \tau$ berdasarkan Persamaan 2.7.

$$\tau^* = \frac{\tau_i}{K.K_p} \Leftrightarrow K_p = \frac{\tau_i}{K.\tau^*} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.5 Inverter Siemens Sinamic G110 [5]

Pada materi ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. *Inverter / variable frequency drive / variable speed drive* merupakan sebuah alat pengatur kecepatan motor dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor. Pengaturan nilai frekuensi dan tegangan ini dimaksudkan untuk mendapatkan kecepatan putaran dan torsi motor yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan. Secara sederhana prinsip dasar *inverter* untuk dapat mengubah frekuensi menjadi lebih kecil atau lebih besar yaitu dengan mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC kemudian dijadikan tegangan AC lagi dengan frekuensi yang berbeda atau dapat diatur.



Gambar 2.8 Bentuk Fisik Inverter Siemens Sinamics G110

Inverter siemens sinamics G110 adalah *inverter* pengendali frekuensi untuk putar balik motor AC tiga fasa *Inverter* ini adalah

sebuah *mikroprocessor* pengontrol yang menggunakan teknologi *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)* yang membuatnya lebih memiliki kegunaan dan keandalan. Bentuk fisik *inverter siemens sinamics G110* dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Spesifikasi *Inverter SINAMICS G110* [5]

Input Voltage : 220 – 240 Volt

Power Range : 0,12 kW – 3,0 kW

Input Frequency : 47 Hz – 63 Hz

Output frequency : 0 Hz – 650 Hz

Cos Phi : $\geq 0,95$



Gambar 2.9 Operator Panel BOP

Sinamics G110 hanya memiliki satu pilihan *mode operator panel*, yaitu: *Basic Operator Panel (BOP)*, adalah tombol dan tampilan pada inverter untuk mengoperasikan inverter. Pada *mode BOP* yang ditampilkan hanya berupa informasi frekuensi (Hz), Parameter dan informasi yang ditampilkan LCD. Dengan *Basic Operator Panel (BOP)* ini sinyal kontrol dan kecepatan referensi dengan mudah dapat diatur dengan menekan tombol relevan pada *BOP* tersebut. Pada Tugas Akhir ini, *inverter Sinamics G110* digunakan dalam *mode BOP*. Dapat dilihat pada Gambar 2.9.

Terdapat beberapa tombol yang memiliki fungsi berbeda untuk pengoperasian *inverter sinamics G110*. Beberapa tombol tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Fungsi Tombol *Inverter Micromaster G110* [5]

Panel/Button	Fungsi	Keterangan
	Status Indikasi	Tampilan <i>LCD</i> saat akan memilih parameter yang akan di- <i>setting</i>
	<i>Start Motor</i>	Tombol untuk menjalankan motor
	<i>Stop Motor</i>	Tombol untuk memberhentikan motor
	<i>Change Direction</i>	Tombol untuk mengubah arah putaran motor
	<i>Jog Motor</i>	Tombol untuk menjalankan motor sesuai <i>joging present</i> . Motor akan berjalan selama tombol ditahan
	<i>Functions</i>	Tombol untuk menampilkan informasi tambahan.
	<i>Access Parameter</i>	Tombol untuk mengakses parameter
	<i>Increase Value</i>	Tombol untuk menaikkan nilai yang ditampilkan
	<i>Decrease Value</i>	Tombol untuk menurunkan nilai yang ditampilkan

Dan untuk mengakses parameter pada *inverter* ini digunakan tombol-tombol pada Tabel 2.2.:

Tabel 2.2 Fungsi Tombol *Inverter* [5]

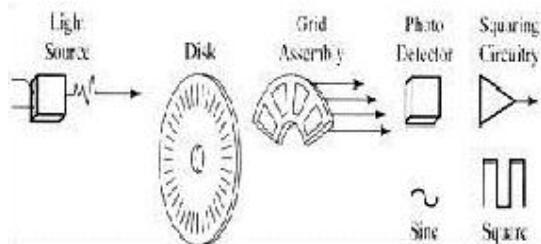
	Langkah-langkah	Tampilan
1	Tekan  untuk mengakses parameter	
2	Tekan  hingga muncul P0003	
3	Tekan  untuk mengubah nilai parameter	
4	Tekan  atau  untuk memilih nilai yang	

Langkah-langkah		Tampilan
	diinginkan	
5	Tekan P kembali untuk memilih	P 0003
6	Sekarang pengguna bisa mengatur parameter	

Adapun beberapa rincian atau bagian-bagian dari peralatan *inverter sinamics G110* untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Lampiran C-9.

2.6 Rotary Encoder [6]

Pada materi ini dilakukan oleh Oktiawan Ando P. *Rotary encoder* adalah *device* elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi objek. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali.



Gambar 2.10 Blok Penyusun *Rotary Encoder*

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu *photo-transistor* diletakkan sehingga *photo-transistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau divais berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar. Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai *photo-transistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *photo-transistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan

suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 2.10 menunjukkan bagian skematik sederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder*.

2.6.1 Autonics E50S8-100-3-N-5

Pada materi ini dilakukan oleh Oktiawan Ando P. Sensor *Rotary Encoder* yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah Sensor *Rotary Encoder* produk dari Autonics dengan tipe E50S8-100-3-N-5 yang berfungsi untuk membaca kecepatan putar motor induksi 3 fasa. Sensor ini memiliki resolusi sebesar 100 ppr (*pulse per rotation*) dan memiliki 3 *output phase* yaitu *channel A*, *channel B*, dan *channel Z*. Dimensi dan spesifikasi elektris dari *Rotary Encoder* lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan Tabel 2.3.



Gambar 2.11 Sensor *Rotary Encoder* Autonics E50S8-100-3-N [6]

Tabel 2.3 Spesifikasi *Rotary Encoder* Autonics E50S8-100-3-N-5 [7]

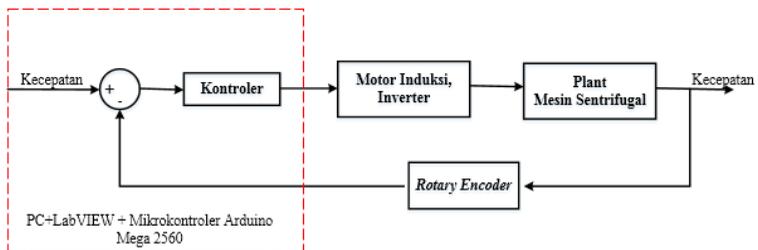
Tegangan <i>Supply</i>	5 VDC (<i>Ripple p-p</i>); maksimal 5%
Konsumsi Arus	20 mA DC (maksimal)
Resolusi	100 ppr (<i>Pulse per Rotation</i>)
<i>Output Phase</i>	A,B,Z
Kontrol <i>Output (Output Type)</i>	NPN <i>Open Collector Output</i>
Kontrol <i>Output (Load Current)</i>	Amax.

BAB III PERANCANGAN ALAT

Pada tugas akhir yang membuat “ Kontrol Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Mikrokontroler ”, yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktiawan Ando P. Perancangan alat ini dibagi menjadi dua tahapan yakni, pengembangan perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi pengembangan *prototype* mesin sentrifugal, serta modifikasi panel *box* dan perangkat lunak (*Software*) meliputi perancangan pemrograman arduino untuk pengaturan kecepatan motor dengan *inverter*, serta monitoring kecepatan dengan *interface LabVIEW* .

3.1 Blok Fungsional Sistem

Perancangan sistem dalam pembuatan alat ini secara garis besar disertai urutan dan cara kerja alat ini di ilustrasikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok *Diagram* Sistem *Close Loop* PI

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa sistem terdiri dari beberapa blok fungsional yaitu;

1. Arduino, merupakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai *interface* dari perangkat elektronik dan dapat menyimpan program didalamnya.
2. *Inverter*, sebagai penggerak motor induksi AC 3 fasa.
3. Motor Induksi 3 Fasa, digunakan sebagai objek yang akan dikontrol kecepatannya.
4. Sensor kecepatan (*rotary encoder*), digunakan untuk mengetahui sampai seberapa kecepatan motor yang terjadi.

5. LabVIEW, merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai media untuk memberi masukan ke kontroler.
6. Tampilan (*Display*), untuk tampilan digunakan PC, PC ini digunakan untuk menampilkan kecepatan motor induksi 3 fasa.

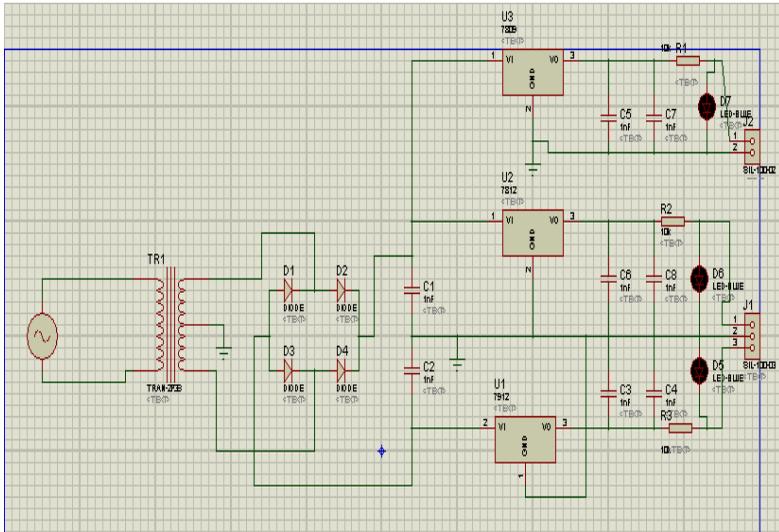
3.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada perancangan perangkat keras ini untuk materi 3.2.1 dan 3.2.2 dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P., kemudian pada materi 3.2.3 dan 3.2.4 dilakukan oleh Yulia Dewi P., dan pada materi 3.2.5 dilakukan oleh Oktawan Ando P.. Perancangan perangkat keras (*Hardware*). Perancangan Perangkat Keras yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P. yaitu perancangan *power supply* dan modifikasi panel *box*. Perancangan perangkat keras yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. yaitu perancangan pengaturan kecepatan motor induksi dan *wiring diagram inverter sinamics G110*. Perancangan perangkat keras yang dilakukan oleh Oktawan Ando P. yaitu perancangan *pulley rotary encoder* dan Perancangan pembacaan Kecepatan oleh Sensor *Rotary Encoder*.

3.2.1 Perancangan *Power Supply*

Pada perancangan *power supply* ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P.. Rangkaian *Power Supply* ini digunakan untuk merubah tegangan bolak-balik (VAC) dari PLN sebesar 220 Volt menjadi tegangan searah (VDC) yang aman untuk rangkaian mikrokontroler Arduino serta rangkaian elektronik lainnya yang juga membutuhkan Tegangan *Input VDC*.

Tegangan Jala-Jala pada PLN sebesar 220 Volt diturunkan oleh Trafo atau *Transformer* penurun tegangan menjadi tegangan sesuai yang dibutuhkan yakni 9 Volt (untuk mikrokontroler dan *rotary encoder*) dan 12 Volt (*supply Op-Amp*). Karena Tegangan *output* dari Trafo masih berbentuk Tegangan VAC maka harus disearahkan oleh rangkaian penyearah berupa 4 buah dioda yang berfungsi untuk meloloskan yang mulanya tegangan bolak-balik (2 arah) menjadi tegangan satu arah saja, lalu kapasitor disini berfungsi untuk menghilangkan riak sehingga tegangan yang dihasilkan murni. Ditambahkan pula lampu sebagai indikator bahwa rangkaian *power supply* terdapat tegangan. Rangkaian perancangan *power supply* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



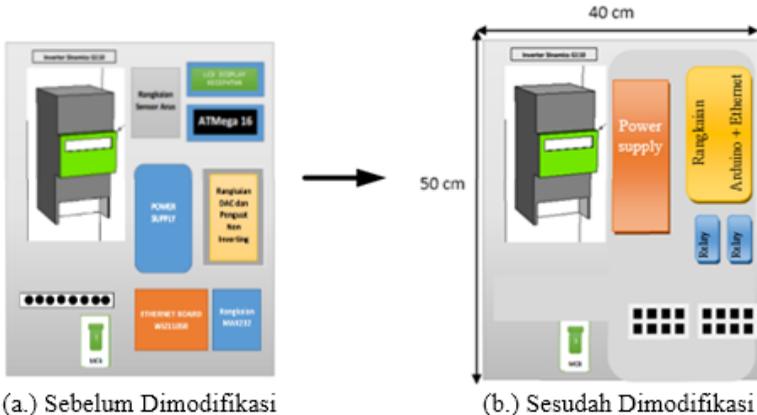
Gambar 3.2 Rangkaian *Proteus Power Supply*

3.2.2 Perancangan Panel *Box*

Pada perancangan panel *box* dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktiawan Ando P.. Perancangan panel *box* dimaksudkan sebagai tempat untuk peletakan semua rangkaian kelistrikan yang diperlukan untuk mempermudah memberikan sumber tenaga listrik. Perancangan panel dibuat agar rangkaian – rangkaian yang diperlukan bisa lebih praktis dan ada pada satu tempat yang sama sehingga pengecekan dapat dilakukan dengan mudah dan *wiring* dapat tertata dengan rapi sehingga lebih aman dan terkendali. Panel listrik bagian dalam sebelum dimodifikasi terdapat rangkaian DAC, *Inverter Sinamic G110*, dan rangkaian *power supply*. Dan panel kelistrikan bagian dalam setelah dimodifikasi terdiri dari *Invereter Sinamic G110*, rangkaian *power supply* yang telah disesuaikan kebutuhan tegangannya, rangkaian arduino beserta rangkaian penguat *non-inverting* dan modul DAC 4725, *relay* 2 buah untuk kontrol lampu dan *push button*.

Untuk peletakan komponen-komponen di dalam panel listrik sistem pengkabelan harus ditata secara rapi untuk memenuhi standar keamanan. Apabila ada kabel yang berserabut ujung kabel harus diberi pengaman berupa *skun* kabel untuk menghindari terjadinya hubung

singkat antar komponen kelistrikan. Gambar panel kelistrikan bagian dalam dan bagian luar dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4. Komponen yang terdapat pada panel *box* kelistrikan bagian dalam :



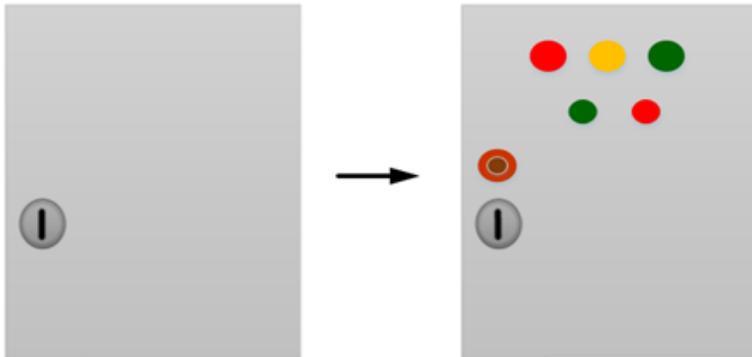
Gambar 3.3 Panel Kelistrikan Bagian Dalam

1. Rangkaian Mikontroler Arduino.
Sebagai kendali kontrol seluruh sistem kontrol dan monitoring kecepatan motor induksi.
2. Modul DAC MCP 4725
Untuk pengkonversi kode-kode biner dari mikrokontroler menjadi tegangan *analog* yang menuju ke *Inverter* yang nantinya akan menjadi dasar dalam pengaturan kecepatan putar motor.
3. *Inverter Sinamics G110*
Sebagai Kendali kecepatan motor induksi yang *input*annya dikendalikan oleh mikrokontroler sesuai dengan kecepatan putar motor yang diinginkan.
4. Rangkaian *Power Supply*
Untuk men-*supply* tegangan pada mikrokontroler dan perangkat kelistrikan lainnya yang membutuhkan sumber VDC.
5. Terminal
Sebagai penghubung kabel-kabel komponen elektronik agar terlihat lebih rapi.
6. MCB 3 Fasa
Digunakan untuk menyambungkan sumber tegangan AC 220 Volt dari jala-jala PLN menuju rangkaian dalam panel *box* yang

membutuhkan tegangan AC PLN, yaitu *inverter sinamics* dan *power supply*.

7. Relay

Sebagai penghubung lampu dan *push button* yang digunakan sebagai indikator saat panel ditutup dan sebagai kontrol untuk *inverter* agar menyala otomatis saat *push button* ditekan.



(a.) Sebelum Dimodifikasi

(b.) Sesudah Dimodifikasi

Gambar 3.4 Panel Kelistrikan Bagian Luar

3.2.3 Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi

Pada perancangan pengaturan kecepatan motor induksi ini dilakukan oleh Yulia Dewi P.. Sebagaimana diketahui bahwa pengaturan kecepatan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan mengatur frekuensi, dan mengubah tegangan masukan dengan mengatur jumlah kutub. Dalam perancangan alat pengatur kecepatan yang di bahas dalam tugas akhir yakni dengan cara mengatur frekuensi masukan yang masuk ke motor. Yaitu dengan cara mengatur tegangan masukan ke *inverter* yang kemudian tegangan ini akan dikonversikan oleh *inverter* menjadi *output-an* frekuensi dengan *range* 0 sampai 50 Hz. Perancangan alat pengatur kecepatan motor induksi tiga fasa dengan mengatur tegangan masukan ke *inverter* ini membutuhkan beberapa peralatan yang akan digunakan yaitu, *Inverter Sinamics G110*, Mikrokontroler Arduino serta modul DAC MCP 4725 dan menggunakan komunikasi *serial* antara sistem dengan *interface* berupa komputer operator.

Pengaturan level kecepatan pada Gambar 3.5 dilakukan pada komputer operator, lalu perintah tersebut akan dikirimkan ke rangkaian kontrol mikrokontroler melalui media komunikasi *serial*, dari titik *Transmitter (Tx)* menuju titik *Receiver (Rx)* pada mikrokontroler, data kiriman berupa bilangan *biner* dari komputer ini kemudian diolah dan diterjemahkan oleh mikrokontroler menjadi pulsa-pulsa *digital* 8 bit (Pin SDA dan SCL) yang akan dikonversikan oleh rangkaian DAC MCP 4725 dan penguat *non inverting* menjadi suatu keluaran berupa tegangan *analog* dengan *range* antara 0 sampai 10 Volt, tegangan *analog* ini kemudian akan menjadi *input* pada *inverter sinamics G110* untuk kemudian akan dijadikan perintah untuk memutar motor sesuai dengan kecepatan yang dikehendaki dengan cara mengubah frekuensi masukan ke motor. Tegangan 0 sampai 10 Volt dari DAC MCP 4725 dan penguat *non inverting* akan dikonversi menjadi *output* frekuensi dengan *range* 0 sampai 50 Hz.



Gambar 3.5 Perancangan Pengaturan Kecepatan Motor Induksi

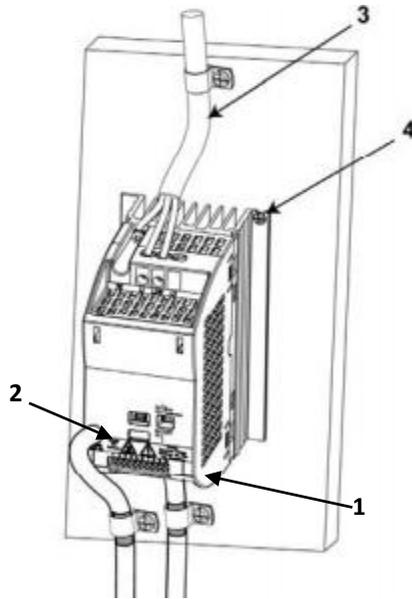
3.2.4 *Wiring Diagram Inverter Sinamics G110*

Pada perancangan *wiring diagram inverter Sinamic G110* ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. Untuk mengaktifkan *Inverter Sinamics G110* ada beberapa kabel yang harus dikoneksikan. Karena *inverter* ini diproduksi khusus untuk motor induksi industri yang tentunya berdaya besar jadi pengkoneksian atau *wiring diagram* perlu diperhatikan demi keamanan dalam pengoperasian maka dari itu penempatan, dan kerapihan

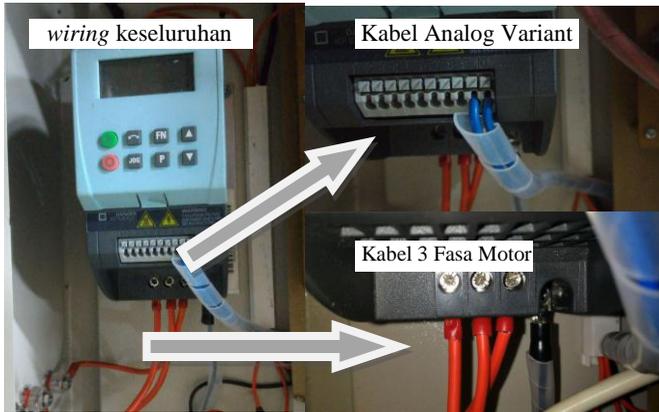
kabel juga harus diperhitungkan dengan baik. *Wiring diagram* pada *Inverter Sinamics G110* lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan 3.7.

Keterangan pengkoneksian kabel pada Gambar 3.6 :

1. Kabel 3 Fasa (U,V,W) ke Motor Induksi
2. Kabel Kontrol *Inverter Sinamics G110* (dapat dilihat pada Gambar 3.6)
3. Kabel Catu Daya *Inverter*
4. Baut penyatu *Inverter* dengan *Box Panel* untuk *grounding*

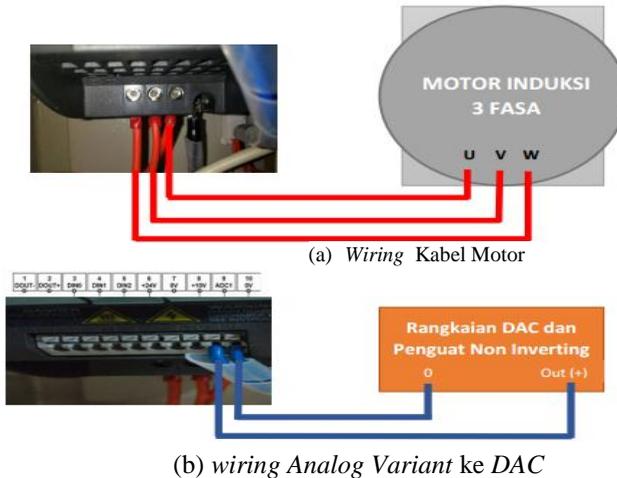


Gambar 3.6 *Wiring Diagram Inverter Sinamics G110* [5]



Gambar 3.7 Hardware Wiring Diagram Inverter Sinamics G110

Karena menggunakan pengontrolan dengan mikrokontroler yang telah dihubungkan dengan rangkaian DAC yang dikuatkan penguat *non inverting* yang *output*-nya berupa tegangan *analog* dengan *range* antara 0-10 V maka pin *inverter* yang harus disambung ke mikrokontroler yaitu pin *OUT* penguat *non inverting* dan GND. Untuk *wiring diagram* kabel *inverter* ke motor dan konfigurasi pin *analog variant* dapat dilihat pada Gambar 3.8.

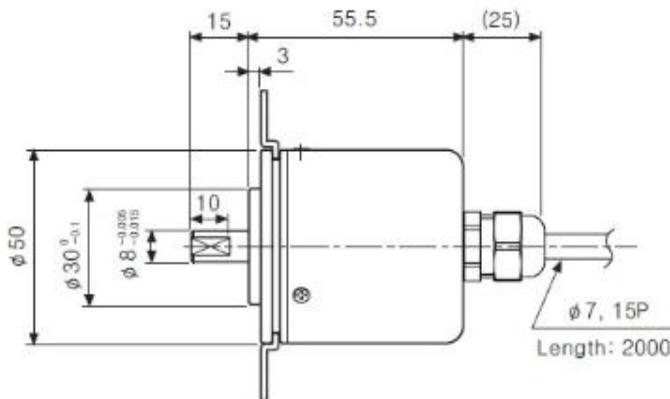


Gambar 3.8 Konfigurasi Pin Kontrol Inverter Sinamics G110

3.2.5 Perancangan *Pulley Rotary Encoder*

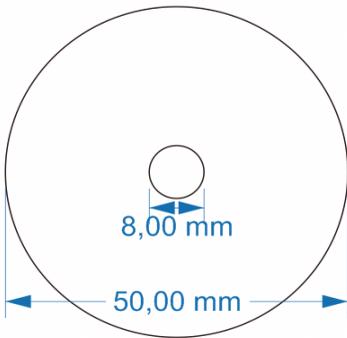
Pada perancangan *pulley rotary encoder* dilakukan oleh Oktiawan Ando P.. *Rotary Encoder* yang digunakan memiliki tipe *shaft incremental* (lihat Gambar 3.9), sehingga dibutuhkan *pulley* sebagai alat bantu, dimana *pulley* tersebut akan dipasang pada *van belt* dengan poros tabung. Hal ini bertujuan untuk mendeteksi putaran (rpm) pada beban. Dikarenakan dimensi *shaft rotary encoder* yang kecil (dengan diameter 8 mm) maka diperlukan perancangan *pulley* yang sesuai dengan *shaft* tersebut.

Pulley yang dipakai, terbuat dari plastik jenis *nylon 6*. Hal ini dikarenakan *nylon 6* termasuk *plastic tipe thermoplast* yang memiliki sifat keras (tahan terhadap pukulan tinggi), bersifat isolasi, dan tahan terhadap suhu tinggi pda pengoperasian yang kontinyu.

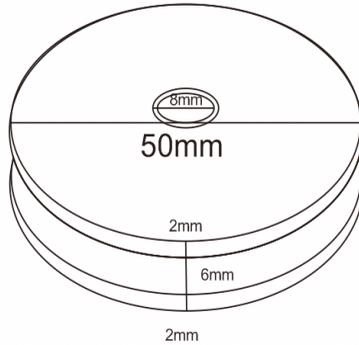


Gambar 3.9 Dimensi *Rotary Encoder Tipe Shaft Incremental* Tampak Samping

Dengan *shaft rotary encoder* sebesar 8 mm, maka diperlukan *pulley* untuk diletakkan di *shaft sensor*. Perancangan *pulley* untuk *rotary encoder* akan terlihat seperti Gambar 3.10.



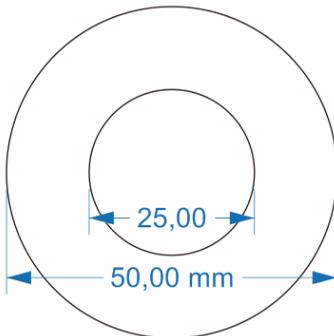
(a) Tampak Depan



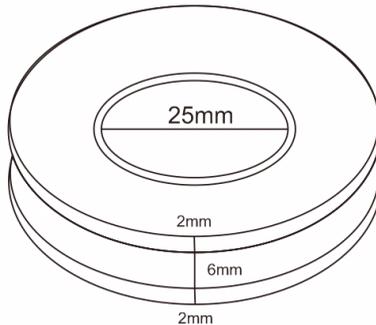
(b) Tampak Samping

Gambar 3.10 Perancangan *Pulley Rotary Encoder*

Dikarenakan lebar *pulley* pada *rotary encoder* sebesar 6 mm, maka diperlukan *pulley* dengan ukuran yang sama untuk diletakkan di poros tabung. Hal ini bertujuan agar pengukuran kecepatan putaran beban (rpm) pada beban itu sendiri, sehingga *pulley* yang digunakan untuk poros beban yang disambung dengan *rotary encoder* akan terlihat seperti pada Gambar 3.11.



(a) Tampak Depan



(b) Tampak Samping

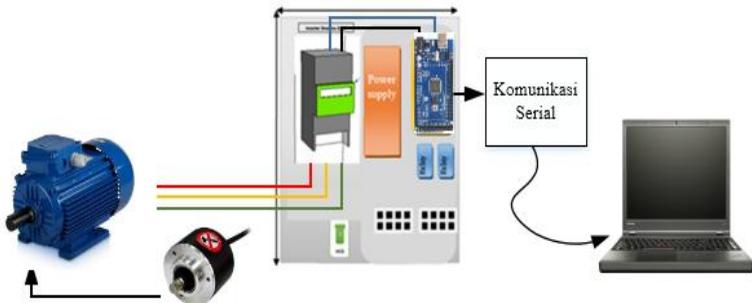
Gambar 3.11 Perancangan *Pulley* Pada Poros Beban Untuk Sensor.

3.2.6 Perancangan Pembacaan Kecepatan oleh *Rotary Encoder*

Pada perancangan pembacaan kecepatan oleh sensor *rotary encoder* ini dilakukan oleh Oktiawan Ando P. Untuk mengukur kecepatan putar motor secara *real time* kita akan menggunakan sensor kecepatan *rotary encoder* keluaran Autonic dengan tipe E50S8-100-3-N-5. Hasil pembacaan kecepatan ini selanjutnya akan ditampilkan pada tampilan *interface LabVIEW* pada Komputer.

3.2.6. Perancangan Pembacaan Kecepatan

Untuk Pembacaan kecepatan motor dikopel dengan alat pengaduk sehingga ketika motor berputar maka alat pengaduk juga akan ikut berputar. Sensor *rotary encoder* yang dipasang pada alat pengaduk akan menghitung berapa kecepatan putar motor dengan mengirimkan sinyal berupa pulsa per putaran kepada mikrokontroler, data sinyal pulsa ini kemudian akan diolah oleh mikrokontroler menjadi informasi berupa kecepatan putar motor yang kemudian akan dikirimkan untuk ditampilkan pada *LabVIEW Interface* pada komputer kecepatan pada panel *box* melalui pin *Transmitter* Mikrokontroler. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada *diagram* blok pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Perancangan Pembacaan Kecepatan Motor Induksi

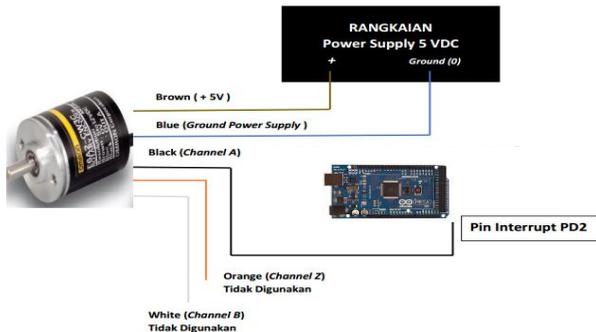
3.2.6.2 Wiring Sensor *Rotary Encoder* E50S8-100-3-N-5

Terdapat 5 kabel koneksi sensor *rotary encoder* E50S8-100-3-N-5 yang memiliki warna dan fungsi berbeda-beda, yaitu *channel A* (*black*), *channel B* (*white*), *channel Z* (*orange*), *supply +5V* (*brown*), dan *ground* (*blue*). Kabel biru dan coklat dihubungkan ke rangkaian *supply* daya sebesar 5 VDC, untuk kabel hitam (*Output Channel A*) ini

dihubungkan ke modul *High Speed Counter* atau pin *Interrupt* yang ada pada Mikrokontroler arduino yaitu pin 2, sedangkan untuk kabel putih *channel B* dan *Channel Z* tidak perlu digunakan karena sensor *rotary encoder* hanya akan digunakan untuk menghitung kecepatan putar motor saja. Untuk lebih jelasnya *wiring diagram* antara kabel *rotary encoder* dan Arduino dapat dilihat pada Gambar 3.13 dan Tabel. 3.1.

Tabel 3.1 Koneksi Kabel Sensor *Rotary Encoder* E50S8-100-3-N-5

Kabel Sensor	Koneksi
Black (Channel A)	Pin <i>Interrupt</i> Arduino (PD2)
Brown (Input 5 V)	<i>Input Power Supply</i>
Blue (Ground)	<i>Ground Power Supply</i>



Gambar 3.13 *Wiring* Kabel Sensor *Rotary Encoder*

3.3 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan perangkat lunak ini untuk materi 3.3.1 dan 3.3.2 dilakukan oleh Yulia Dewi P., kemudian pada materi 3.3.3 dan 3.3.4 dilakukan oleh Oktawan Ando P., dan pada materi 3.3.5 dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktawan Ando P.. Perancangan perangkat lunak (*Software*). Perancangan Perangkat lunak yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. yaitu inisialisasi *inverter Sinamics G110* dan perancangan program *software* pengaturan kecepatan. perancangan perangkat lunak yang dilakukan oleh Oktawan Ando P. yaitu perancangan program pembacaan kecepatan dan komunikasi *serial*. Perancangan perangkat lunak yang dilakukan oleh Yulia Dewi P. Dan Oktawan Ando P. yaitu tampilan *software LabVIEW*.

3.3.1 Inisialisasi *Inverter Sinamics G110*

Pada perancangan inisialisasi *Inverter Sinamic G110* dilakukan oleh Yulia Dewi P. Sebelum menggunakan *Inverter Sinamics G110* ada prosedur yang harus dilakukan yakni melakukan konfigurasi *Parameter List* pada *inverter*. *Quick Commissioning* adalah cara mudah untuk mengkonfigurasi *sinamics G110* secara optimal terhadap motor tertentu. Namun ada beberapa parameter yang harus dimasukkan atau diubah sesuai *name plate* pada motor yang akan digunakan, seperti tegangan *input* motor, batas frekuensi operasi, waktu *ramp-up*, waktu *ramp-down*, dan lain-lain.

Agar nantinya motor bisa dikendalikan melalui *inverter*, maka perlu dilakukan serangkaian proses *Quick Commissioning* untuk memasukan nilai-nilai parameter. Nilai parameter yang dimasukkan harus sesuai dengan spesifikasi mekanis dari motor yang akan diatur kecepatannya agar nantinya *inverter* dan motor dapat terkoneksi dengan baik. Keterangan *name plate* motor induksi yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 *Name Plate* Motor

<i>Alliance – Italy</i>		<i>IEC 34 – CE</i>
<i>TYPE AY 638 – 4</i>		No. 02030688
0,18 KW	0,25 HP	1,07/0,62 A
220/380 V	1310 r/min	<i>LW 52 dB (A)</i>
<i>CON Δ/Y</i>	<i>Port Grade. IP 55</i>	50 Hz 4,7 Kg
<i>JB/78680, 1-1998</i>	<i>Work Rule 51</i>	<i>INS. CLASS F DATE 02</i>

Langkah-langkah pengaturan parameter *quick commissioning* untuk *Inverter Sinamics G110* :

1. Mengaktifkan *Inverter Sinamic Siemens G110* terlebih dahulu.
2. Kemudian tekan tombol “P” untuk langkah P0010 (*Start Quick Commissioning*)
3. Kemudian tekan > untuk langkah P003 (*User Access Level*) memilih “1”.
4. Kemudian tekan > untuk langkah P0100 (*Operation for Europe / America*) memilih *mode Europe*”0”.
5. Kemudian tekan > untuk langkah P0304 (*Rated Motor Voltage*) dengan nilai yang diisi “380”.
6. Kemudian tekan > untuk langkah P0305 (*Rated Motor Current*) dengan nilai yang diisi “0.62”.

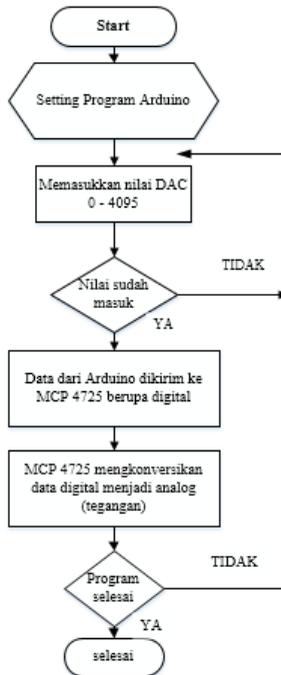
7. Kemudian tekan > untuk langkah P0306 tidak diperlukan
8. Kemudian tekan > untuk langkah P0307 (*Rated Motor Power*) dengan nilai yang diisi adalah “0.25”.
9. Kemudian tekan > untuk langkah P0310 (*Rated Motor Frequency*) dengan nilai yang diisi “50”.
10. Kemudian tekan > untuk langkah P0311 (*Rated Motor Speed*) dengan nilai yang diisi “1310”.
11. Kemudian tekan > untuk langkah P0700 (*Selection of Command Source*) dengan memilih angka “1”.
12. Kemudian tekan > untuk langkah P1000 (*Selection of Frequency Setpoint*) menggunakan pilihan “2”.
13. Kemudian tekan > untuk langkah P1080 (*Minimum Frequency*) menggunakan nilai “0”.
14. Kemudian tekan > untuk langkah P1082 (*Maximum Frequency*) dengan nilai yang diisi “50”.
15. Kemudian tekan > untuk langkah P1120 (*Ramp-up Time*) menggunakan nilai “10”.
16. Kemudian tekan > untuk langkah P1121 (*Ramp-down time*) menggunakan nilai “10”
17. Kemudian tekan > untuk langkah P3900 (*End Quick Commissioning*) pilih angka “1”.

Untuk langkah-langkah pengaturan parameter *quick commissioning* untuk *Inverter Sinamics G110* lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran D1-D4.

3.3.2 Perancangan *Software* Pembacaan *Digital Analog Converter*

Pada perancangan pembacaan *software* pembacaan *digital analog converter* ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. Pada Gambar 3.14 merupakan *flowchart* dari program pembacaan pembacaan *digital analog converter*.

Setting program pada arduino untuk MCP 4725 lalu pada program yang dibuat memasukan nilai antara 0 – 4095 pada program Arduino. Dimana nilai antara 0 – 4095 akan dikirim ke MCP 4725. Data dari arduino yang dikirim ke MCP 4725 berupa data digital lalu yang akan di konversi oleh MCP 4725 menjadi data analog, karena MCP 4725 adalah modul *digital analog converter* maka pada MCP 4725 ini merubah data digital dari arduino menjadi data analog (tegangan) untuk di sambungkan ke *inverter*.



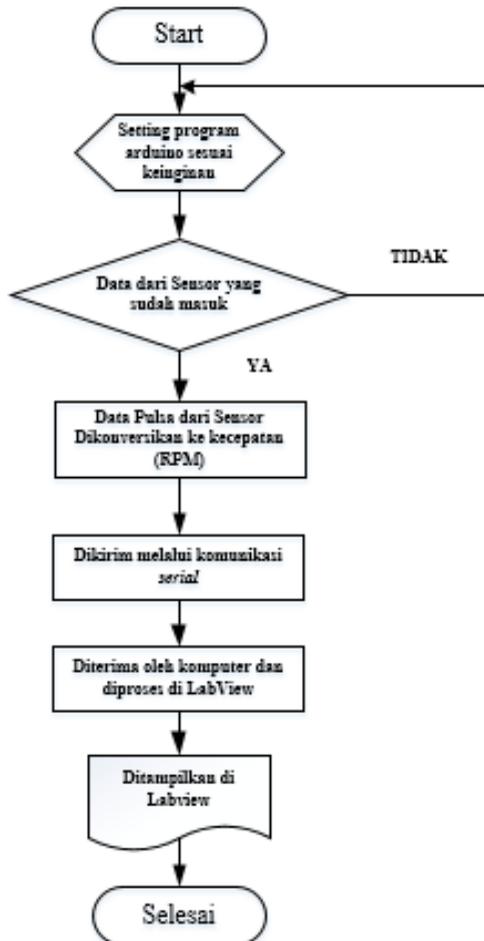
Gambar 3.14 *Flowchart* Pembacaan *Digital Analog Converter*

3.3.3 Perancangan *Software* Pembacaan Kecepatan

Pada perancangan pembacaan *software* pembacaan kecepatan ini dilakukan Oktiawan Ando P.. Pada Gambar 3.15 merupakan *flowchart* dari program pembacaan kecepatan pada Arduino Mega 2560.

Pada Gambar 3.15 di jelaskan mengenai alur *flowchart* dari pembacaan kecepatan dimana untuk membaca data kecepatan harus mengatur program pada Arduino Mega 2560 untuk sensor *rotary encoder* agar dapat membaca pulsa dari sensor *rotary encoder*. Ketika data dari sensor *rotary encoder* belum masuk maka harus mengatur program dari Arduino Mega 2560 agar dapat membaca pulsa sensor *rotary encoder*, jika data dari sensor *rotary encoder* sudah masuk maka data pulsa dari sensor *rotary encoder* akan dikonversikan menjadi rpm. Data tersebut dikirim melalui *serial* ke komputer agar dapat di proses oleh *LabVIEW*. Maka data kecepatan ditampilkan di *LabVIEW* berupa grafik.

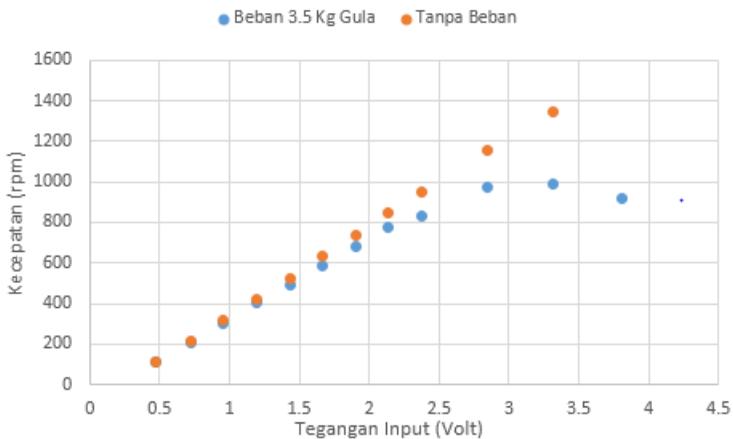
Setelah melakukan program pembacaan kecepatan pada sensor *rotary encoder*, maka melakukan kalibrasi pada sensor *rotary encoder* agar pembacaan *serial monitor* dan pembacaan pada tacho oleh sensor *rotary encoder* dengan *tachometer*.



Gambar 3.15 *Flowchart* Pembacaan Kecepatan Sensor Rotary

3.3.4 Perancangan Kontroler

Pada Tugas Akhir ini, perancangan pembacaan PI dengan cara melakukan identifikasi sistem. Dimana identifikasi tersebut dilakukan menggunakan respon step di *plant*. Namun, sebelum menggunakan respon step pada *plant*, terlebih dahulu harus mencari daerah linearitas saat *plant* tersebut beroperasi. Khususnya dalam kondisi berbeban. Prototipe mesin sentrifugal yang dibuat dapat menampung beban hingga 3,5 Kg. Gambar 3.16 adalah kurva linearitas saat *plant* dijalankan dengan beban 3,5 Kg.

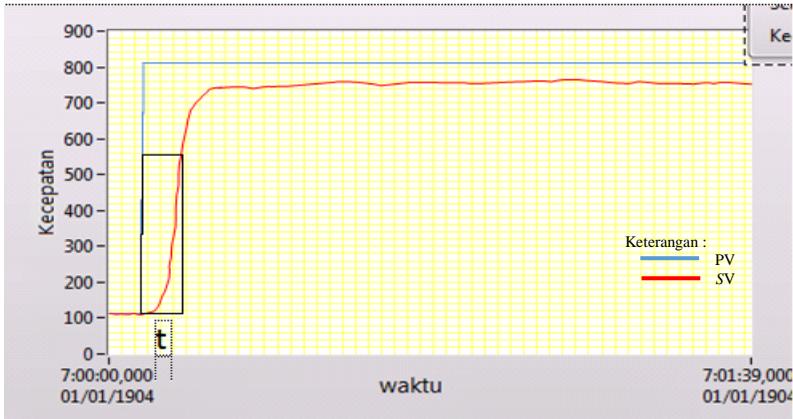


Gambar 3.16 Kurva Linearitas *Plant* Dengan Beban 3,5 Kg Dan Tanpa Beban.

Dari Gambar 3.16, dapat diketahui bahwa kurva linearitas tanpa beban dan dengan beban 3,5 kg dan daerah kerja dengan beban 3,5 kg terjadi antara kecepatan sebesar 116 – 800 rpm dan pada tegangan 0,45 sampai 1,78 Volt. Oleh karena itu, respon *step* yang digunakan untuk mencari model matematis sistem ini harus berkisar antara 116 – 800 rpm. Hal ini dikarenakan kontroler PI hanya mampu mengontrol bagian yang linear saja.

Kontroler PI digunakan untuk mengontrol mesin setrifugal saat beroperasi dengan beban tertentu. Kurva sentrifugasi ditentukan dengan melihat daerah kerja kurva linearitas dengan beban 3,5 kg yang di dapat. Dari daerah kerja yang di dapat maka diputuskan kurva sentrifugasi

dengan kecepatan *charging* (600 rpm), *spinning* (800 rpm), dan *discharging* (500 rpm).



Gambar 3.17 Kurva *Step Respon* Pada *Plant* Dengan Beban 3,5 Kg

Berdasarkan Gambar 3.17, Sehingga sistem atau *plant* ini menggunakan kontroler PI. Model Matematis yang diperoleh dari orde pertama yaitu Persamaan 3.1.

$$K = \frac{Y(s)}{X(s)} \dots\dots\dots(3.1)$$

$Y(ss)$ = Nilai PV

$X(ss)$ = Nilai SV

Dari model matematis maka perlu mencari nilai *gain* (K) dan *time constant* (τ). Untuk mencari nilai *gain* (K), terdapat pada Persamaan 3.2 dan Persamaan 3.3 :

$$K = \frac{800}{759} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$K = 1,054 \dots\dots\dots(3.3)$$

Setelah mendapatkan nilai *gain* (K), langkah selanjutnya mencari nilai *time constant* (τ). Untuk mencari nilai *time constant* (τ), terdapat pada Persamaan 3.4 hingga Persamaan 3.6 :

$$\tau = 63,2\% \times Y(s) \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\tau = 63,2 \% \times 700 \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\tau = 44 \text{ s} \dots\dots\dots(3.6)$$

Setelah mendapatkan nilai *gain* (K) dan *time constant* (τ), langkah selanjutnya memasukan nilai *gain* (K) dan *time constant* (τ) ke dalam *transfer function* seperti pada Persamaan 3.7 dan 3.8

$$U(s) \rightarrow \boxed{\frac{K}{\tau s + 1}} \rightarrow C(s) \dots\dots\dots(3.7)$$

$$U(s) \rightarrow \boxed{\frac{1,054}{44 s + 1}} \rightarrow C(s) \dots\dots\dots(3.8)$$

Setelah mendapatkan nilai *gain* (K) dan *time constant* (τ), langkah selanjutnya memasukan nilai *gain* (K) dan *time constant* (τ) ke dalam rumus (pada Persamaan 3.7 hingga Persamaan 3.8) setelah mendapatkan *transfer function* dengan nilai K dan τ yang di dapat dari perhitungan maka menentukan spesifikasi yang diinginkan yaitu *error steady state* mendekati 0 dan τ^* yang terdapat pada Persamaan 3.9 sampai 3.10

$$\tau_s = (\pm 2\%) \approx 4\tau^* = 5 \text{ detik} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$\tau^* = \frac{5}{4} \text{ detik} \dots\dots\dots(3.10)$$

Setelah menentukan spesifikasi yang diinginkan maka mendapatkan nilai K_p dan τ_i seperti pada Persamaan 3.11 hingga Persamaan 3.14.

$$K_p = \frac{1}{K} \left(\frac{4\tau}{\tau s} - 1 \right) \dots\dots\dots(3.11)$$

$$K_p = \frac{1}{1,054} \left(\frac{4 \times 44}{44} - 1 \right) \dots\dots\dots(3.12)$$

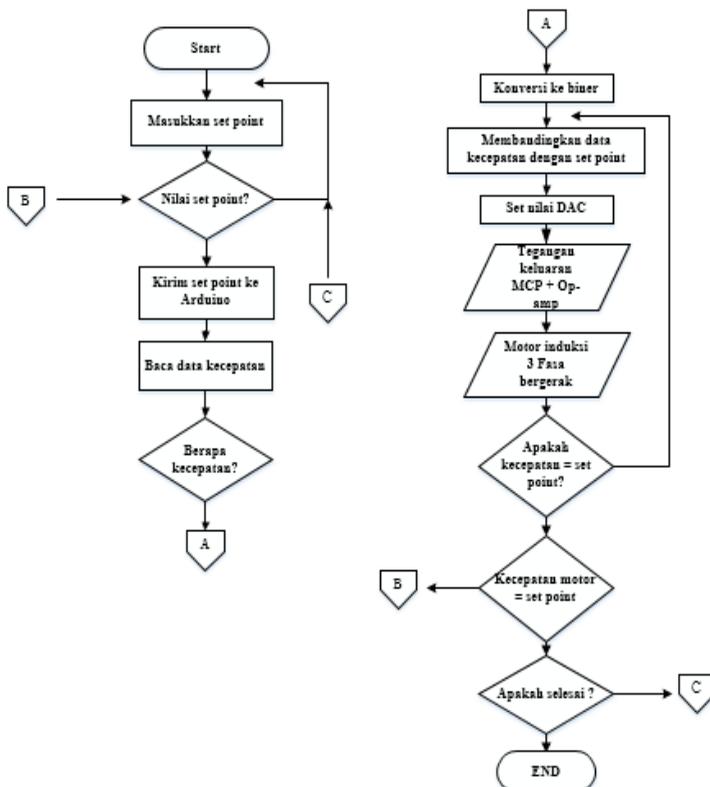
$$K_p = 2,846 \dots\dots\dots(3.13)$$

$$\tau_i = 3,7 \dots\dots\dots(3.14)$$

Berdasarkan Persamaan 3.1 sampai 3.6 mendapatkan nilai *gain* (K) sebesar 1,054 dan τ sebesar 50 *sekon* . Setelah menemukan persamaan nilai K , maka mencari nilai K_p dan τ_i , dan nilai yang didapatkan setelah melakukan perhitungan pada Persamaan 3.9 sampai 3.14 nilai K_p sebesar 2,846 dan τ_i sebesar 3,7.

3.3.5 Perancangan *Software* Kontrol Kecepatan

Pada perancangan pembacaan *software* kontrol kecepatan ini dilakukan Yulia Dewi P. Pada Gambar 3.18 merupakan gambaran *flowchart* dari program pengaturan kecepatan yang terdapat pada mikrokontroler setelah mendapatkan nilai K_p dan τ_i .



Gambar 3.18 *Flowchart* Pengaturan Kecepatan Motor

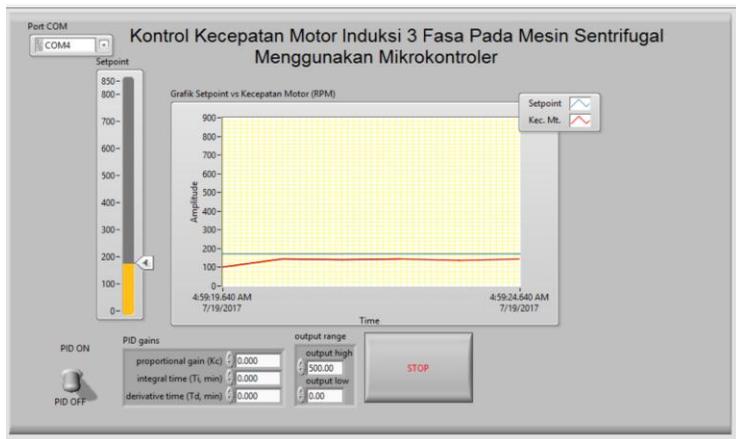
Pada Gambar 3.18 di jelaskan alur *flowchart* dari pengaturan kecepatan dimana diawali dengan mengatur program arduino untuk modul DAC MCP 4725. Setelah data sudah masuk maka modul DAC MCP 4725 jika tidak maka harus mengatur program arduino dari awal. Ketika modul DAC MCP 4725 mengkonversi data menjadi tegangan maka dikuatkan oleh *Op-amp* agar tegangan *output* 0 – 10 V karena tegangan DC dari *inverter* adalah 0 – 10 V. Ketika kecepatan motor sudah sesuai dengan kecepatan jika program di selesaikan maka akan berakhir. Jika program tidak di selesaikan dan kecepatan tetap motor akan berputar konstan, dan jika data kecepatan berubah maka harus mengatur program Arduino dan memulai dari awal.

3.3.6 Perancangan Software LabVIEW

Pada perancangan software *LabVIEW* ini dilakukan Yulia Dewi P. dan Oktiawan Ando P. *Software* pada PC yang digunakan sebagai media *interface* adalah *software LabVIEW*. Untuk hasil yang optimal maka perlu dilakukan perancangan *software* secara tepat agar *software LabVIEW* nantinya dapat difungsikan sebagaimana mestinya.

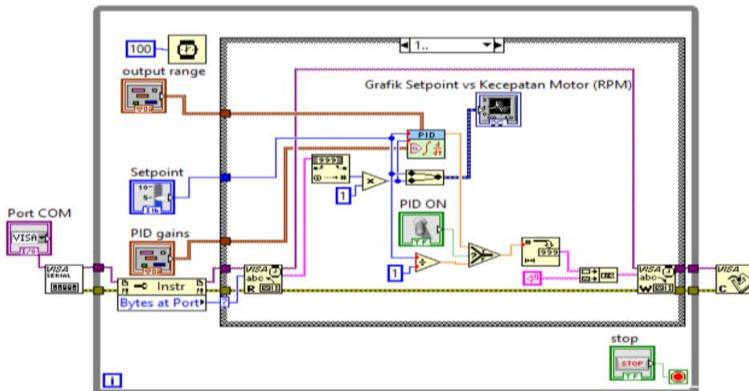
3.3.6.1 Tampilan Software LabVIEW

Pada Gambar 3.19 merupakan gambaran *front panel* dari perancangan *software interface* pada *LabVIEW*.



Gambar 3.19 Tampilan *Front Panel* Pada *LabVIEW*

Pada *front panel* di *LabVIEW* ini terdapat beberapa tampilan yang pertama *port COM* yaitu untuk inialisasi *LabVIEW* dengan *Arduino*. Terdapat *set point* yaitu untuk memasukkan nilai sebagai kecepatan yang diinginkan atau bisa juga disebut dengan *set value*. Ada pula *toggle* untuk mengaktifkan *PI* dan juga ada pengaturan untuk nilai *PI* yang di gunakan. Dan grafik pada tampilan ini digunakan untuk menampilkan atau membandingkan antara *set point* dan juga Kecepatan Motor, atau biasa disebut *Set Value (SV)* dan *Present Value (PV)*.



Gambar 3.20 Tampilan *Blok Diagram* Pada *LabVIEW*

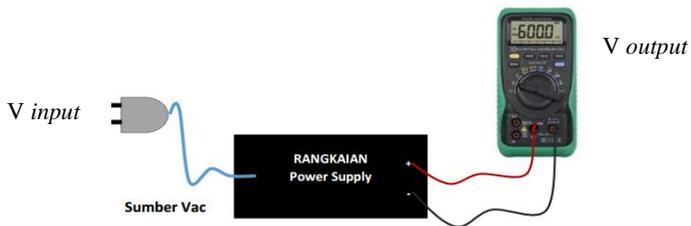
Pada Gambar 3.20 merupakan gambar blok diagram dari perancangan software *LabVIEW* dimana *Visa Serial* adalah untuk mengkoneksikan *PC* dan *Arduino* dengan memasukkan *port* dan *baudrate* yang digunakan. Dan juga *serial read* digunakan untuk mengirimkan data dari *Arduino* ke *LabVIEW* dimana ini berupa data kecepatan dari *rotary encoder*. Dan *PI gain* digunakan agar kecepatannya mendekati atau sama dengan *set point* dan juga grafik digunakan untuk membandingkan grafik *set point* dengan grafik kecepatan yang di baca. Dan juga *write* untuk mengirim data kecepatan ke *Arduino* agar kecepatan dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISA

Pada bab ini membahas tentang pengukuran dan analisa sistem yang telah ‘dibuat. Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat lunak dari sistem secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk memastikan agar komponen-komponen sistem yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik sehingga sistem nantinya akan bekerja secara optimal. Pada 4.1 dan 4.4 dilakukan oleh Yulia Dewi P. Dan Oktiawan Ando P., kemudian pada 4.2 dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan pada 4.3 dilakukan oleh Oktiawan Ando P. Pengukuran dan analisa pada Pengukuran Tegangan *Output* Rangkaian *Power Supply* dan Pengukuran Kecepatan Tanpa Sistem Kontrol Otomatis dilakukan oleh Yulia Dewi P. dan Oktiawan Ando P. Kemudian Pengukuran Modul DAC dan Penguat *Non Inverting* dan dilakukan oleh Yulia Dewi P.

4.1 Pengukuran Rangkaian *Power supply*

Pada Tugas Akhir ini perlu dilakukan pengujian rangkaian *power supply*. Dimana pada sub bab ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. Dan Oktiawan Ando P. guna mengetahui tegangan keluaran dari *power supply* apakah telah sesuai dengan tegangan *output* yang dikehendaki ataukah belum. Untuk cara pengujian kita menggunakan dua metode yaitu, pengujian *power supply* menggunakan beban dan pengujian *power supply* tidak menggunakan beban. Untuk pengukuran pertama kita melakukan pengukuran *power supply* tanpa dihubungkan ke beban. Konfigurasi pengukuran rangkaian *power supply* tanpa beban pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pengukuran Tanpa Beban

Tabel 4.1 merupakan hasil dari pengujian *power supply* 9 V tanpa dihubungkan ke beban dengan cara mengukur seperti pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran *Power Supply* 9 Volt Tanpa Beban

<i>Input Power supply (Volt)</i>	<i>Output (Volt)</i>	<i>% error</i>
190	9,03	0,33 %
200	9,04	0,44 %
210	9,04	0,44 %
220	9,04	0,44 %
230	9,04	0,44 %

Tabel 4.2 merupakan hasil dari pengujian *power supply* 12 V tanpa dihubungkan ke beban dengan cara mengukur seperti pada Gambar 4.1.

Tabel 4.2. Hasil Pengukuran *Power Supply* 12 Volt Tanpa Beban

<i>Input Power supply (Volt)</i>	<i>Output (Volt)</i>	<i>% error</i>
190	11,92	0,66 %
200	11,92	0,66 %
210	11,93	0,58 %
220	11,93	0,58 %
230	11,93	0,58 %

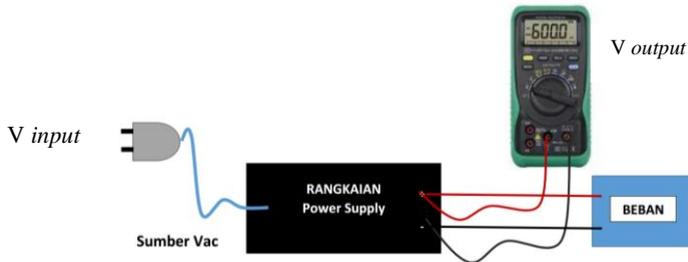
Tabel 4.3 merupakan hasil dari pengujian *power supply* -12 V tanpa dihubungkan ke beban dengan cara mengukur seperti pada Gambar 4.1.

Tabel 4.3. Hasil Pengukuran *Power Supply* -12 Volt Tanpa Beban

<i>Input Power supply (Volt)</i>	<i>Output (Volt)</i>	<i>% error</i>
190	11,88	1 %
200	11,88	1 %
210	11,87	1,08 %

<i>Input Power supply (Volt)</i>	<i>Output (Volt)</i>	<i>% error</i>
220	11,87	1,08 %
230	11,87	1,08 %

Pengukuran selanjutnya yaitu dengan menghubungkan rangkaian *power supply* ke beban berupa rangkaian mikrokontroler untuk *power supply* 9 V, lalu rangkaian *op-amp* untuk rangkaian *power supply* 12 V dan -12 V kemudian diukur kembali besar tegangan *outputnya* apakah mengalami *drop* tegangan atau tidak. Konfigurasi pengukuran rangkaian *power supply* dengan menggunakan beban dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengukuran Menggunakan Beban

Tabel 4.4 merupakan hasil dari pengujian *power supply* 9 V dengan dihubungkan ke beban Arduino.

Tabel 4.4. Hasil Pengukuran *Power Supply* 9 Volt dengan Beban

<i>Input Power supply (Volt)</i>	<i>Output (Volt)</i>	<i>% error</i>
190	8,89	1,06 %
200	8.91	1,02 %
210	9,00	0,11 %
220	8,91	1,02 %
230	9,00	0,11 %

Tabel 4.5 merupakan hasil dari pengujian *power supply* 12 V dengan dihubungkan ke beban *relay dan op-amp* dengan cara mengukur seperti pada Gambar 4.2.

Tabel 4.5. Hasil Pengukuran *Power Supply* 12 Volt dengan Beban

<i>Input Power supply</i> (Volt)	<i>Output</i> (Volt)	<i>% error</i>
190	11,84	1,16 %
200	11,84	1,16 %
210	11,86	1,12 %
220	11,86	1,12 %
230	11,86	1,12 %

Tabel 4.6 merupakan hasil dari pengujian *power supply* - 12 V dengan dihubungkan ke beban *op-amp* dengan cara mengukur seperti pada Gambar 4.2.

Tabel 4.6. Hasil Pengukuran *Power supply* - 12 Volt dengan Beban

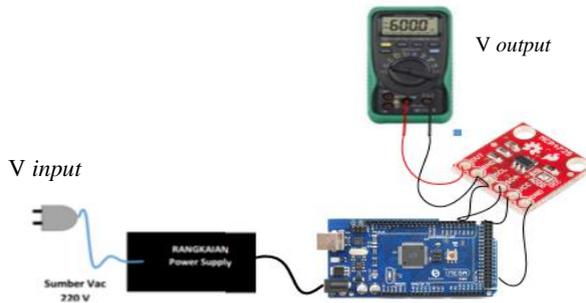
<i>Input Power supply</i> (Volt)	<i>Output</i> (Volt)	<i>% error</i>
190	11,78	1,44 %
200	11,81	1,38 %
210	11,82	1,28 %
220	11,81	1,38 %
230	11,81	1,38 %

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, baik tanpa beban maupun ketika dihubungkan ke beban rangkaian *power supply* masing-masing memiliki nilai selisih *error* dengan nilai tegangan *output* yang dikehendaki yakni sebesar 9 Volt, 12 Volt dan – 12 Volt. Selisih nilai % *error* ini disebabkan oleh nilai tegangan *input* dari jala-jala PLN yang berubah-ubah, dan juga disebabkan masih adanya *ripple* tegangan pada tegangan *output power supply*. Namun seperti yang dapat dilihat pada hasil pengukuran Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6 , nilai selisih persen *error* tegangan *output* yang dihasilkan sangat kecil yakni antara hanya mencapai 2 % saja, ini berarti tegangan *output* dari *power supply* masih

dalam batas aman digunakan untuk rangkaian-rangkaian listrik yang membutuhkan tegangan DC sebesar 9 Volt, 12 Volt dan -12 Volt dan tidak memberikan pengaruh yang besar pada rangkaian beban.

4.2 Pengukuran Rangkaian DAC dan Penguat *Non Inverting*

Pada Tugas Akhir ini perlu dilakukan pengukuran rangkaian *Rangkaian* dan Penguat *Non Inverting*. Dimana pada sub bab ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. Pada pengukuran Rangkaian DAC kali ini dilakukan pengukuran penguat tegangan menggunakan *power supply* dengan tegangan $+12$ dan -12 VDC sebagai tegangan referensi untuk rangkaian DAC, *input* DAC berasal dari SDA dan SCL dari mikrokontroler yang dimasukkan melalui pemrograman *Arduino* pada komputer. Bilangan biner ini kemudian akan dikonversikan oleh rangkaian DAC menjadi tegangan *output* berupa tegangan *analog* Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan *output* dari rangkaian DAC dengan menggunakan *multimeter*. Program untuk masukan nilai *biner* pada *Arduino* dapat dilihat pada Lampiran B-2. Konfigurasi pengukuran untuk Rangkaian *DAC* pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Skema Pengukuran Tegangan *Output* DAC

Dari Konfigurasi Gambar 4.3 maka dapat diperoleh data pada hasil pengukuran DAC 4725 pembacaan naik dan pengukuran DAC 4725 pembacaan turun yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Rangkaian DAC
Pengambilan data DAC ke-1

Setting Program Arduino	Avometer (Volt)	Setting Program Arduino	Avometer (Volt)	Setting Program Arduino	Avometer (Volt)
100	0,12	1500	1,81	2900	3,51
200	0,24	1600	1,94	3000	3,64
300	0,36	1700	2,06	3100	3,76
400	0,43	1800	2,18	3200	3,88
500	0,60	1900	2,29	3300	4,00
600	0,73	2000	2,42	3400	4,14
700	0,85	2100	2,54	3500	4,23
800	0,97	2200	2,66	3600	4,30
900	1,09	2300	2,76	3700	4,48
1000	1,2	2400	2,99	3800	4,70
1100	1,33	2500	3,02	3900	4,72
1200	1,45	2600	3,15	4000	4,83
1300	1,57	2700	3,27	4095	4,92
1400	1,69	2800	3,39	-	-

Dapat dilihat pada hasil pengukuran pada Tabel 4.7 bahwa setelah dilakukan pengambilan data seperti pada Gambar 4.3 sebanyak 2 kali ternyata hasil tegangan *output* untuk *input* biner yang sama hasilnya mendekati ini mengindikasikan bahwa *output* rangkaian DAC sudah mendekati *konstan*. Untuk kenaikan nilai tegangan rangkaian dibandingkan dengan kenaikan nilai biner rangkaian DAC dan penguat tegangan *non-inverting* lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Penguat Tegangan

Set Tegangan di Arduino	Tegangan pada Avometer (Volt)	Penguat <i>Non-Inverting</i> (Volt)
100	0,12	0,24
200	0,24	0,48
300	0,36	0,72
400	0,48	0,97
500	0,6	1,21

<i>Set Tegangan di Arduino</i>	<i>Tegangan pada Avometer (Volt)</i>	<i>Penguat Non-Inverting (Volt)</i>
600	0,73	1,45
700	0,85	1,69
800	0,97	1,93
900	1,08	2,17
1000	1,12	2,42
1100	1,33	2,67
1200	1,45	2,9
1300	1,57	3,14
1400	1,69	3,38
1500	1,82	3,63
1600	1,94	3,87
1700	2,06	4,11
1800	2,18	4,35
1900	2,30	4,6
2000	2,43	4,84
2100	2,56	5,08
2200	2,68	5,32
2300	2,82	5,56
2400	2,99	5,8
2500	3,02	6,05
2600	3,15	6,3
2700	3,28	6,54
2800	3,38	6,74
2900	3,53	7,02
3000	3,64	7,25
3100	3,78	7,51
3200	3,89	7,98
3300	4,02	8,23
3400	4,14	8,47
3500	4,24	8,72
3600	4,32	8,92

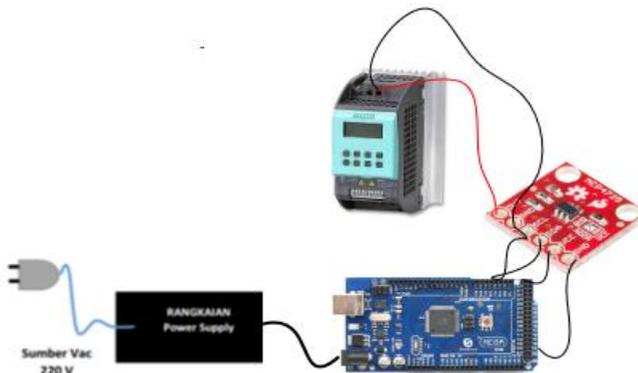
Set Tegangan di Arduino	Tegangan pada Avometer (Volt)	Penguat <i>Non-Inverting</i> (Volt)
3700	4,48	8,96
3800	4,62	9,2
3900	4,74	9,44
4095	4,96	9,91

Dari Tabel 4.8 dapat ditarik kesimpulan bahwa *range* tegangan *output* yang dihasilkan oleh rangkaian DAC dan penguat tegangan sudah sesuai dengan *spesifikasi* yang dibutuhkan oleh *inverter* yakni antara 0 – 10 Volt.

Maka dengan demikian rangkaian DAC dan penguat *non inverting* tersebut aman digunakan sebagai pengkonversi tegangan digital serta penguat tegangan dari mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk tegangan *input* ke *inverter* yang membutuhkan tegangan 0 sampai 10 VDC.

4.3 Pengujian Frekuensi *Inverter Sinamic G110*

Pada Tugas Akhir ini perlu dilakukan pengujian frekuensi *Inverter Sinamic G110*. Dimana pada sub bab ini dilakukan oleh Yulia Dewi P.



Gambar 4.4 Konfigurasi Pengujian *Inverter Sinamic G110*

Pada Pengujian frekuensi *Inverter Sinamic G110* dilakukan pada Gambar 4.4 untuk mengetahui berapa frekuensi yang dihasilkan

berbanding lurus nantinya dengan besar tegangan masukan. Tegangan masukan *inverter* berasal dari tegangan keluaran op-amp. Tegangan masukan *inverter* berasal dari modul MCP 4725 yang tegangannya telah diop-ampkan, yang masuk ke terminal 9 dan 0 pada *Inverter Sinamic G110*. Dimana terminal 9 berfungsi sebagai DAC+ dan terminal 0 berfungsi sebagai DAC- . Pengujian frekuensi *inverter* pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Frekuensi *Inverter Sinamic G110*

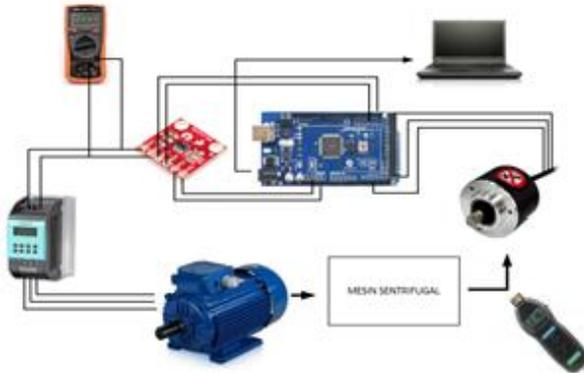
Tegangan Input <i>Inverter</i> (Volt)	Frekuensi yang dihasilkan (Hz)
0,45	4
0,67	6
0,89	9
1,12	11
1,34	13
1,56	15
1,78	18
2	20
2,23	22
2,67	27
3,11	31
3,56	36

4.4 Pengukuran Kecepatan Tanpa Sistem Kontrol Otomatis

Pada Tugas Akhir ini perlu dilakukan pengukuran kecepatan tanpa sistem kontrol otomatis. Dimana pada sub bab ini dilakukan oleh Yulia Dewi P dan Oktiawan Ando P. Pengukuran ini dilakukan agar dapat diketahui berapakah kecepatan motor tiga fasa saat diputar atau diberi nilai rentang tegangan antara 0 sampai dengan 10 Volt DC. Program untuk kontrol otomatis pada Arduino dapat dilihat pada Lampiran B-1. Pengambilan data pengukuran kecepatan dilakukan beberapa kali untuk memastikan kecepatan yang dihasilkan konstan.

Pengukuran ini dilakukan dengan cara menyambungkan *plant* motor 3 fasa dengan panel *box* tanpa disambungkan ke pengontrolan PI pada Arduino terlebih dahulu, jadi pengukuran kecepatan hanya

ditampilkan melalui *tachogenerator*. Hal ini dimaksudkan agar kita mendapatkan data kecepatan motor murni sebelum dilakukan sistem pengontrolan otomatis untuk nantinya dilakukan perbandingan dengan hasil pembacaan kecepatan putar motor setelah dihubungkan dengan sistem pengontrolan PI. Untuk konfigurasi pengambilan data kecepatan motor dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Konfigurasi Pengambilan Data Kecepatan Motor

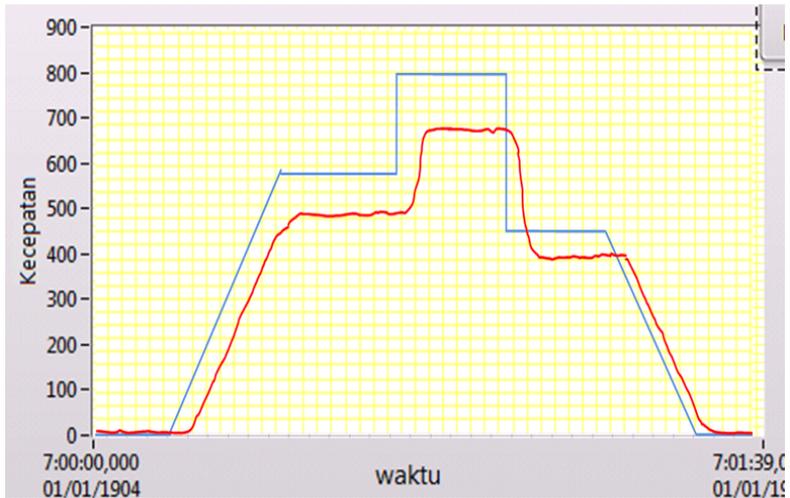
4.4.1 Pengukuran Kecepatan Tanpa Sistem Kontrol Otomatis

Untuk pengukuran kecepatan motor yang pertama kita melakukan pengukuran tanpa beban, yang dimaksud disini adalah dengan tidak memberikan beban berupa gula pasir pada mesin sentrifugal/*plant*, yang artinya mesin sentrifugal/*plant* hanya memberikan gaya kepada motor induksi 3 fasa. Dimana hasil pengukuran tanpa menggunakan beban gula pasir dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.6. dengan cara pengukuran pada Gambar 4.5.

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran *Plant* Motor Tanpa Beban

Pengukuran Kecepatan Motor Tanpa Beban							
No	Tegangan Input (Volt)	Frekuensi Inverter (Hz)	Kecepatan (Rpm)			Kecepatan rata-rata (rpm)	Pengukuran Tacho (rpm)
			1	2	3		
1	0,45	4	114	116	113	114	115
2	0,67	6	215	220	222	219	215

Pengukuran Kecepatan Motor Tanpa Beban							
No	Tegangan Input (Volt)	Frekuensi Inverter (Hz)	Kecepatan (Rpm)			Kecepatan rata-rata (rpm)	Pengukuran Tacho (rpm)
			1	2	3		
3	0,89	9	317	318	319	318	315
4	1,12	11	417	422	423	421	419
5	1,34	13	526	528	527	527	524
6	1,56	15	632	636	636	635	632
7	1,78	18	797	801	800	800	798
8	2,00	20	847	846	848	847	845
9	2,23	22	949	955	952	952	950
10	2,67	27	1155	1157	1159	1157	1157



Gambar 4.6 Respon Motor Tanpa Kontroler

4.4.2 Pengukuran dengan Beban 3,5 Kg

Setelah melakukan pengukuran kecepatan motor tanpa beban pada mesin sentrifugal dan tidak terjadi masalah saat melakukannya maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran yang kedua yaitu dengan melakukan pengukuran kecepatan motor seperti pada

Gambar 4.5 dan memberikan beban berupa gula pasir dengan berat 3,5 Kg pada mesin sentrifugal.. Dimana hasil pengukuran dengan gula pasir seberat 3,5 Kg dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Pengukuran *Plant* Motor dengan Beban Gula 3.5 kg

Pengukuran Kecepatan Motor Tanpa Beban							
No	Tegangan Input (Volt)	Frekuensi Inverter (Hz)	Kecepatan (Rpm)			Kecepatan rata-rata (rpm)	Pengukuran Tacho (rpm)
			1	2	3		
1	0,45	4	116	110	108	111	111
2	0,67	6	210	210	211	210	210
3	0,89	9	304	310	311	308	310
4	1,12	11	406	409	409	408	409
5	1,34	13	489	487	486	487	487
6	1,56	15	589	577	578	581	577
7	1,78	18	685	669	669	674	669
8	2,00	20	773	753	752	759	752
9	2,23	22	833	811	810	818	811
10	2,67	27	973	948	931	950	933

Perbandingan kecepatan motor sebelum dan sesudah diberikan beban dapat terlihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa motor mengalami kenaikan kecepatan secara stabil pada saat kecepatan 116 rpm hingga 800 rpm. Untuk itu pada saat percobaan *trial and error* PI serta pada saat pengambilan data respon motor kita tentukan *step response* kecepatan 116 rpm hingga 800 rpm.

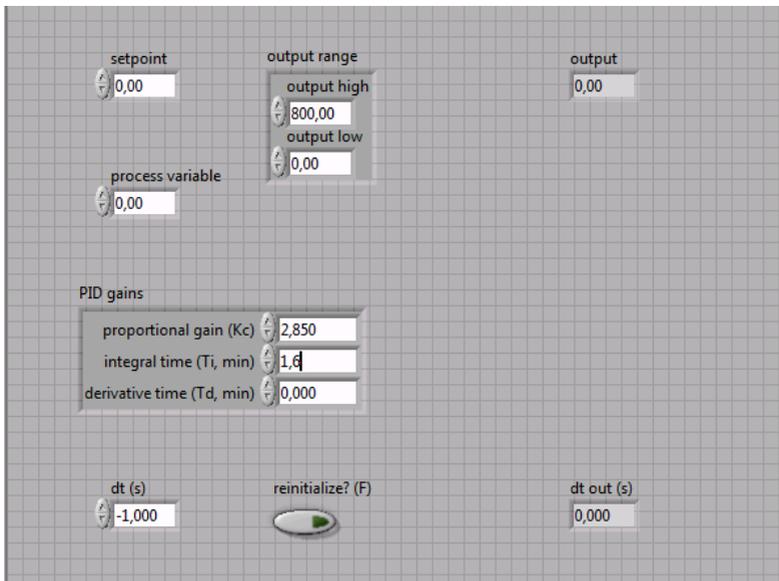
4.5 Pengujian Kontroler

Pada Tugas Akhir ini perlu dilakukan pengujian kontroler. Dimana pada sub bab ini dilakukan oleh Yulia Dewi P. Pengujian Kontroler ini meliputi pengujian response *step* dan pengujian sistem merupakan gabungan dari *unit step*, kami menggunakan metode *trial error* untuk menemukan nilai PI.

4.5.1 Pengujian Respon Step dengan Beban 3,5 Kg Menggunakan Metode Trial Error

Pengambilan data ini difungsikan untuk mengetahui apa *response plant* ketika diberikan sistem kontrol otomatis menggunakan PI sehingga nantinya dapat dilakukan perbandingan pengambilan data sebelum dan sesudah dilakukan sistem pengontrolan secara otomatis. Untuk metode *trial and error* pertama kita menentuka nilai K_p terlebih dahulu dengan mengambil 10 data sebagai perbandingan, setelah itu diambil nilai K_p dengan *response* yang paling baik, setelah itu dilanjutkan dengan pengambilan data ti juga dilakukan dengan 7 data untuk perbandingan.

Untuk penentuan waktu *Settling time* dan *Rise time*, Grafik Rpm Kecepatan pada *LabVIEW* untuk mengetahui *step response* waktunya, lalu kemudian dari data *step response* kita dapat menentukan *range* waktu *settling time* dan *rise time* sesuai dengan ketentuan yang diinginkan pada *blok diagram* pada *LabVIEW* (Gambar 3.20). Dapat dilihat Gambar 4.7 merupakan tampilan pengaturan pada *blok diagram* PID ON di *LabVIEW*.



Gambar 4.7 Tampilan Pengaturan Nilai K_p dan τ_i Pada *LabVIEW*

4.5.1.1 Pengujian Respon Motor dengan Beban 3,5 Kg Terhadap Kontrol P

Pada uji coba ini dilakukan perhitungan *konstanta response* dari hasil pengaturan kecepatan konfigurasi *loop* tertutup menggunakan kontroler otomatis untuk *set point* awal kita tentukan kecepatan 116 rpm lalu kita naikkan menjadi 800 rpm. Pengujian ini dilakukan untuk melihat *respon* motor dalam mencapai nilai kecepatan referensi atau *setpoint*.

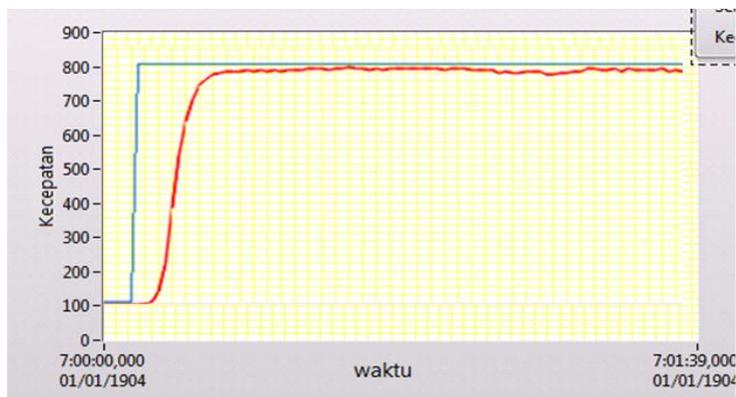
Untuk metode *trial and error* yang pertama, pengambilan data dilakukan dengan mengubah nilai K_p pada Gambar 4.7 dan mengamati *respon plant* yang terjadi. Data hasil perhitungan konstanta *respon plant* terhadap perubahan nilai K_p dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil Respon *Plant* Perubahan Nilai K_p dengan $\tau_i=0$

No.	K_p	<i>Error Steady State (%)</i>	<i>Rise Time (detik)</i>	<i>Settling Time (detik)</i>	<i>Overshoot</i>
1	2,5	0,98	3,9	5,5	-
2	2,6	0,82	3,8	5,2	-
3	2,65	0,72	3,7	4,9	-
4	2,7	0,54	3,4	4,5	-
5	2,75	0,46	3,1	4,2	-
6	2,8	0,39	2,8	3,9	-
7	2,85	0,25	2,5	3,7	-
8	2,9	1,2	2,1	3,2	Ada
9	3	1,4	1,8	2,8	Ada
10	3.2	1,8	1,5	2,6	Ada

Dari data pada Tabel 4.12 menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai K_p yang diberikan mengakibatkan kecepatan *steady state* yang dapat dicapai motor juga semakin tinggi dan mendekati *set point*. Nilai parameter Dari penentuan nilai K_p berdasarkan metode *trial and error* dapat disimpulkan grafik saat K_p bernilai 2,85 motor memiliki *steady state* yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai K_p 2,7. Maka nilai K_p 2,85 digunakan sebagai kontrol *proposional* dalam sistem PI. Hal ini

dikarenakan kontrol *proposional* berfungsi untuk memperkuat sinyal sehingga mempercepat *respon* mencapai *set point*. Untuk grafik *step response plant* terhadap perubahan nilai K_p dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Respon Motor Saat Nilai $K_p= 2,85$

4.5.1.2 Pengujian Respon Motor dengan Beban 3,5 Kg Terhadap Kontrol P dan I

Pada uji coba ini dilakukan perhitungan *konstanta response* dari hasil pengaturan kecepatan konfigurasi *loop* tertutup menggunakan kontroler otomatis untuk *set point* awal kita tentukan kecepatan 116 rpm lalu kita naikkan menjadi 800 rpm. Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon motor dalam mencapai nilai kecepatan referensi atau *setpoint*.

Setelah mendapatkan nilai K_p yang stabil untuk kecepatan 800 rpm yakni 2,85 maka dilanjutkan mencari nilai t_i saat nilai K_p 2,85 dengan mengubah nilai t_i pada Gambar 4.7. Data hasil pengujian nilai t_i dengan nilai K_p 2,85 dapat dilihat pada Tabel 4.13.

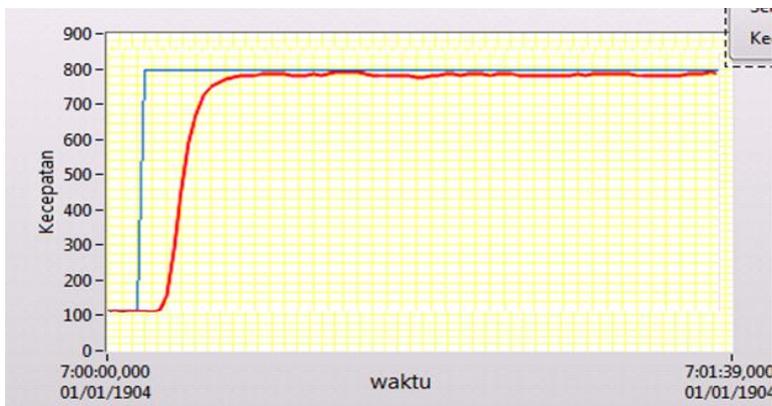
Tabel 4.13 Hasil Pengukuran Respon *Plant* Perubahan Nilai t_i

No.	K_p	t_i	<i>Error Steady State (%)</i>	<i>Rise Time (detik)</i>	<i>Settling Time (detik)</i>
1	2,85	1,0	3,18	2,7	2,8
2	2,85	1,2	2,1	2,5	2,9

No.	K_p	τ_i	Error Steady State (%)	Rise Time (detik)	Settling Time (detik)
3	2,85	1,4	1,96	2,52	2,4
4	2,85	1,6	0,32	2,45	2,5
5	2,85	1,8	0,19	2,49	3,1
6	2,85	2,0	1,23	2,53	2,9
7	2,85	2,2	1,45	2,42	3,4

Nilai parameter dari penentuan nilai τ_i berdasarkan metode *trial and error* dapat disimpulkan pada Tabel 4.13 menunjukkan bahwa saat τ_i semakin besar bukan berarti *respon* motor semakin cepat, karena ketika nilai τ_i dinaikkan menjadi 1,8 *respon* waktu kembali turun lama, untuk itu nilai τ_i 1,6 digunakan sebagai kontrol integral dalam sistem PI dengan nilai *rise time* dan *settling time* τ_i 1,6 lebih kecil daripada τ_i 2,0.

Untuk grafik *step respon plant* terhadap perubahan nilai τ_i dapat dilihat pada Gambar 4.9.

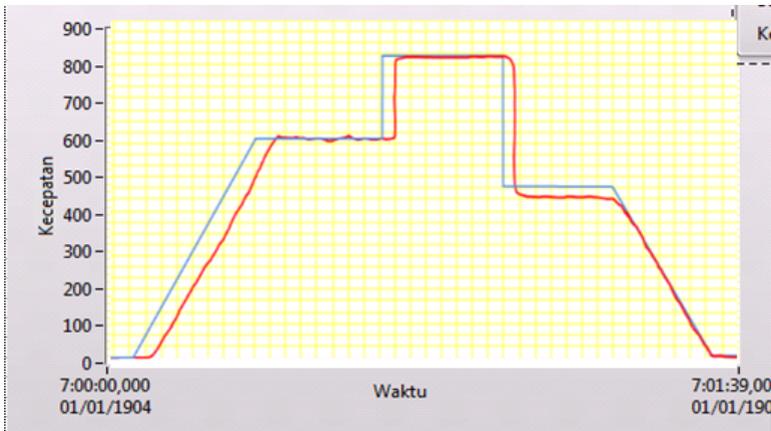


Gambar 4.9 *Respon* Motor Pada Nilai $\tau_i = 1,6$

4.6 Pengujian Respon Motor dengan Beban 3,5 Kg

Pengujian ini dilakukan untuk melihat dan membandingkan respon motor dalam keadaan Beban dalam mencapai nilai kecepatan *setpoint* sebelum dilakukan pengontrolan otomatis dengan sistem PI dan

setelah menggunakan sistem PI. Pengambilan data dilakukan dengan memasukkan nilai *set point* dari 116 rpm menjadi 800 rpm dan mencatat berapa waktu *rise time* yang diperlukan *plant* untuk bisa mencapai kecepatan *setpoint*. Data hasil pengujian nilai *rise time respon* motor beban dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Kurva Sentrifugasi 3,5 Kg

Tabel 4.14 Hasil Nilai PI

K_p	τ_i	<i>Steady State</i>	<i>Rise Time</i> (detik)	<i>Settling Time</i> (detik)
2,85	1,6	0,32	2,45	2,5

Dari data yang diperoleh dari pengujian waktu *rise time plant* pada Tabel 4.14 dapat dilihat bahwa pembebanan pada *plant* dapat mempengaruhi waktu *rise time* yang diperlukan *plant* untuk dapat mencapai kecepatan *setpoint*, hal ini dikarenakan ketika *plant* dalam keadaan berbeban 3,5 Kg gula memiliki kurva grafik yang nilai rpm mendekati *set value* pada (Gambar 4.10), hal tersebut dikarenakan pengaruh beban terhadap *plant* maka dari itu waktu *rise time* motor juga semakin lama. Selain itu sebelum diberi kontrol PI *steady state plant* tidak mencapai *setpoint* yang ditentukan namun setelah diberi PI kecepatan putar motor dapat mencapai kecepatan *setpoint* yakni 800 rpm.

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

BAB V PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir “Kontrol Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Mikrokontroler “.

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini, mulai dari studi *literature*, perancangan dan pembuatan sampai pada pengujiannya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan model matematis yang didapatkan maka sistem memiliki karakteristik orde pertama, sehingga kontroler yang digunakan berupa kontroler yang digunakan yang digunakan berupa kontroler *PI* dengan menggunakan metode perhitungan parameter yang di dapatkan nilai $K_p = 2,846$ dan $\tau_i = 3,8$. Dikarenakan saat melakukan perhitungan masih kurang teliti dalam pengambilan angka, maka dengan *metode trial error* nilai kontroler *PI* yang didapatkan nilai $K_p = 2,85$ dan $\tau_i = 1,6$.
2. Kecepatan motor setelah diberi kontroler *PI* dengan kondisi berbeban 3,5 Kg memiliki performansi (kurva) yang di hasilkan optimal (mendekati set value)

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan :

1. Untuk mendapatkan nilai kecepatan yang lebih besar, maka dapat digunakan motor induksi lainnya yang memiliki daya lebih besar.
2. Untuk mendapatkan parameter *PI* secara maksimal dapat dilakukan identifikasi kurva sentrifugasi secara analitis.

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji Sasmita, “*Perancangan dan Implementasi Direct Torque Control untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Kontroler Fuzzy PI*”, **Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2011.
- [2] Arwanjer Semit, “*Perancangan dan Implementasi Kontroller Linear Kuadratik Regulator (LQR) Pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa*”, **Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2014.
- [3] Bagus, Masluchi “*Kontroler PI untuk Kecepatan Mesin Sentrifugal*”, **Tugas Akhir**, Jurusan D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2010.
- [4] Ogata, Katsuhiko. **Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan) Jilid 1**, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991.
- [5], **Datasheet Inverter SINAMICS G110**, G110 Operating Instructions Edition 04/2005, SIEMENS, 2005.
- [6], **Datasheet Rotary Encoder**, Rotary Encoder (Incremental Type) ENA / E50S8 / ENC Series Manual, Autonics, 2009.
- [7] Rafiudin, Rahmat. **Sistem Komunikasi Data Mutakhir Menggunakan Arduino**, Andi Yogyakarta, Yogyakarta, 2006.
- [8] Yus, Trio “*Pengaturan Kecepatan Nmotor 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Metode PID Fuzzy*”, **Tugas Akhir**, Jurusan D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2010.
- [10] Zuhail, Mahfud. **Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya**, Gramedia, Jakarta, 1998.

---Halaman ini Sengaja Dikosongkan---

LAMPIRAN A

FOTO

A.1 Gambar Sistem Alat Keseluruhan



A.2 Gambar Motor Dikopel dengan Mesin Sentrifugal



A.3 Gambar Peletakkan Sensor Kecepatan



A.4 Gambar Peletakkan Komponen Pada *Panel Box*



LAMPIRAN B PROGRAM

B.1 Pemrograman Keseluruhan

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MCP4725.h>

Adafruit_MCP4725 dac;
volatile unsigned int counter = 0;
unsigned long lastTime = 0;
const long interval = 1000;
int data;
int a;
int b;

void setup() {
  pinMode(2, INPUT);
  digitalWrite(2, HIGH);
  attachInterrupt(0, ai0, FALLING);
  Serial.begin(9600);
  dac.begin(0x62);
}

void loop() {
  kirim();
  if (timeIntervall()) {
    sendData();
    resetSampling();
  }
  uint32_t counter;
}

void ai0() {
  counter++;
}

void kirim() {
  if (Serial.available() > 0)
```

```

    a = Serial.parseInt();
    b = map(a, 0, 805, 0, 1600);
    dac.setVoltage(b, true);
    delay(50);
}

void sendData() {
    int c2 = map(counter, 0, 100, 0, 60);
    int speedOut = c2 ;
    int rpm = ((0.978 * speedOut) - 11.52 ) ;
    Serial.println(rpm);
}

void resetSampling() {
    counter = 0;
}

boolean timeIntervall() {
    unsigned long currentTime = millis();
    if (currentTime - lastTime >= interval) {
        lastTime = lastTime + interval;
        return true;
    } else if (currentTime < lastTime) {
        lastTime = 0;
    } else {
        return false;
    }
}
}

```

B.2 Pemrograman DAC MCP 4725

```

/*****
*****/
/*!
  @file   trianglewave.pde
  @author Adafruit Industries
  @license BSD (see license.txt)

```

This example will generate a triangle wave with the MCP4725 DAC.

*This is an example sketch for the Adafruit MCP4725 breakout board
----> <http://www.adafruit.com/products/935>*

*Adafruit invests time and resources providing this open source code,
please support Adafruit and open-source hardware by purchasing
products from Adafruit!*

```
*/  
/*****  
*****/  
#include <Wire.h>  
#include <Adafruit_MCP4725.h>  
  
Adafruit_MCP4725 dac;  
  
void setup(void) {  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.println("Hello!");  
  
  // For Adafruit MCP4725A1 the address is 0x62 (default) or 0x63  
  (ADDR pin tied to VCC)  
  // For MCP4725A0 the address is 0x60 or 0x61  
  // For MCP4725A2 the address is 0x64 or 0x65  
  dac.begin(0x62);  
  
  Serial.println("Generating a triangle wave");  
}  
  
void loop(void) {  
  uint32_t counter;  
  // Run through the full 12-bit scale for a triangle wave  
  {  
    delay (5);  
    dac.setVoltage(1095, false);  
    Serial.println(1095);  
  }  
}
```



```
void sendData() {
  int c2 = map(counter, 0, 100, 0, 60);
  int speedOut = c2 ;
  int rpm = ((0.978 * speedOut) - 11.52 ) ;
  Serial.println(rpm);
}
void resetSampling() {
  counter = 0;
}
boolean timeIntervall() {
  unsigned long currentTime = millis();
  if (currentTime - lastTime >= interval) {
    lastTime = lastTime + interval;
    return true;
  } else if (currentTime < lastTime) {
  } else {
    return false;
  }
}
```

LAMPIRAN C

DATASHEET

C.1 Datasheet Inverter Sinamics G110

1 Overview

1.1 The SINAMICS G110

The SINAMICS G110s are a range of frequency inverters for controlling the speed of three phase AC motors, incorporating the CPM 110 controlled power module. The various models available range from 120 W to 3.0 kW single-phase input.

The inverters are microprocessor-controlled and use state-of-the-art Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) technology. This makes them reliable and versatile. A special pulse-width modulation method with selectable pulse frequency permits quiet motor operation. Comprehensive protective functions provide excellent inverter and motor protection.

The SINAMICS G110 CPM110 with its default factory settings is ideal for a large range of simple V/f motor control applications. Using the comprehensive range of programmable parameters provided with the inverter, the unit can be adapted for a wide range of applications. Parameters can be changed using either USS communications or the Basic Operator Panel (BOP).

The SINAMICS G110 is available in two variants; the Analog controlled variant and the USS controlled variant utilizing RS485 protocol. They are available as filtered and unfiltered inverters including a "Flat Plate" version which completes the range. They can be used in both 'stand-alone' applications as well as being integrated into 'Automation Systems'.

1.2 Features

Main Characteristics

- > Easy installation
- > Easy commission
 - ◆ Quick commissioning
 - ◆ Reset function (allowing the reset of all values to the preset factory defaults)
- > Rugged EMC design
- > Can be operated on IT line supplies (unfiltered variants)
- > 1 digital output – Isolated optocoupler
- > 3 digital inputs (non-isolated)
- > 1 Analog input, AIN: 0 – 10 V (Analog variant only). Can be used as 4th digital input
- > High pulse frequencies for low-noise motor operation
- > Status information and alarm messages using the Basic Operator Panel
- > Optional Basic Operator Panel with the capability to done parameter sets
- > USS communications interface (USS variant only)
- > PC to RS232 Connection Kit available

The inverter can be screened using the methodology shown in Figure 2-8 below.

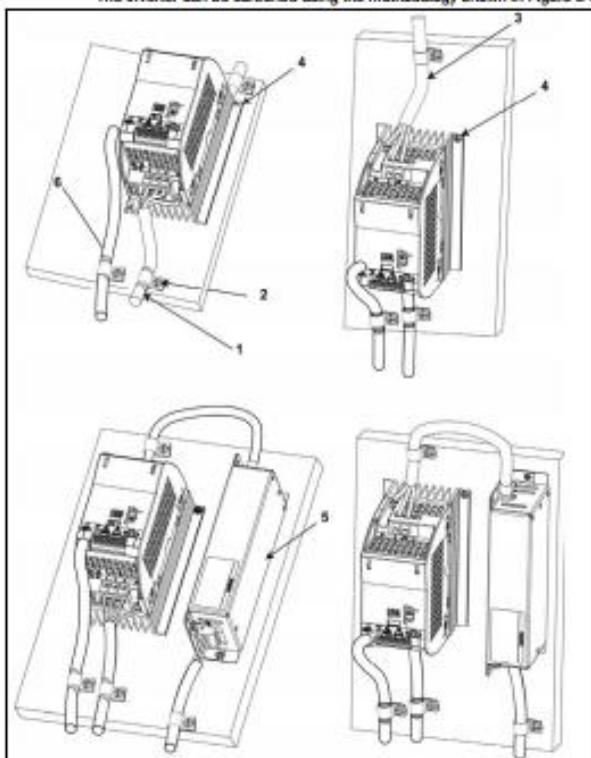


Figure 2-8 Wiring Guidelines to Minimize the Effects of EMI

Legend

- 1 Motor cable
- 2 Use suitable clips to fix motor and control cable screens securely to metal back plate
- 3 Main power cable
- 4 Retaining screw (inverter fixing bolts)
- 5 Line commutating Choke
- 6 Control cable

2.10 SINAMICS G110 Flat Plate Variant

The SINAMICS G110 Flat Plate variant has been designed to allow greater flexibility in the installation of the inverter by an advanced user as an individual unit or as part of an automation system. Adequate measures must be taken to ensure the correct heat dissipation, which may require an additional external heatsink outside the electrical cabinet enclosure (see Table 2-3 on page 30).

The installation procedures, both mechanical and electrical, starting on page 17 of these Operating Instructions should be performed unless otherwise stated below. Ensuring that all warnings and cautions given throughout the procedures are strictly observed.



Figure 2-9 SINAMICS G110 Flat Plate Variant



WARNING

Operation with the input voltages less than 230 V and 50 Hz or with a pulse frequency greater than 8 kHz will cause an additional heat load on the inverter. These factors must be taken into account when designing the installation conditions and must be verified by a practical load test.

Cooling Considerations

1. For the correct dimensioning of the panel, please consult the panel builder and his technical documentation.
2. For the correct dimensioning of the external heatsink, please refer to the technical data as shown in Table 2-1 on page 20.
3. The rear plate must be able to withstand at least 95°C during fault free operation and carry the heat load (steel or aluminium plate) under the full load conditions and the maximum operating temperatures [-10°C to +50°C (14°F to 122 °F)]. For further information see Table 2-3 on page 30.
4. The minimum clearance distances of 30 mm at both sides and 100 mm vertical spacing at both sides must be observed.
5. It is recommended that the mounting area of the rear plate has to be, as a minimum, at least the same area of the flat plate on the inverter.
6. Side by side or stacked mounting is not allowed for the SINAMICS G110 Flat Plate inverter.

Installation

1. Prepare the mounting surface for the inverter using the dimensions given in Table 2-1 on page 20.
2. Ensure that any rough edges are removed from the drilled holes.
3. Ensure the inverter's Flat Plate is clean and free from dust and grease.
4. The mounting surface for the Flat Plate and if applicable the external heatsink must be:
 - ◆ Clean and free from dust and grease.
 - ◆ Smooth.

- ◆ Free from dents and holes.
 - ◆ Made of metal (steel or aluminium).
 - ◆ Must not be painted.
 - ◆ Must be free from rust.
5. Apply coating of heatsink/thermal contact paste to the inverter's flat plate.
 6. Ensure that the contact paste is spread evenly over the rear surface of the Flat Plate.
 7. Mount the inverter using four M4 screws.
 8. Ensure that the inverter is mounted securely and the M4 screws are tightened to the correct torque of 2.5 Nm (22.12 lbf.in).
 9. If required, connect the external heatsink on the other side of the rear plate, ensuring an evenly spread thermal contact paste is apply.
 10. When the installation is completed the effectiveness of the cooling should be verified by a load test.
 11. Check that there is no trip F0004.

Table 2-3 Flat Plate Power Losses and Thermal Specifications*

	120 W	250 W	370 W	550 W	750 W
Operating temperature range (°C)	-10 to +50				-10 to +40
Total losses (W)	22	28	36	43	54
Line-side and control losses (W)	9	10	12	13	15
Recommended thermal resistance of heatsink (K/W)	3.0	2.2	1.6	1.2	1.2
Recommended output current (A)	0.9	1.7	2.3	3.2	3.9

*The losses given in Table 2-3 are applicable for units fitted with 25 m of screened cable

3.2 Commission Modes

Basic commissioning of the SINAMICS G110 Inverter can be performed by using one of the following methods which are suitable for a large range of applications:

- Using the inverter with its factory default settings by connecting analogue and digital inputs or using the RS485 connections (see Section 3.3.1 on page 35).
- Using the optional Basic Operator Panel (BOP) (see Section 3.3.2. on page 37).

Advanced commissioning allows the user to suitably adapt the inverter to the specific application. Section 3.4 contains information about:

- Using a PLC to communicate with the inverter via the USS protocol (see Section 3.4.1 on page 42).
- Using the PC Tool "STARTER" which communicates with the inverter via USS protocol (see Section 3.4.1 on page 43).
- Optimal configuration of the inverter by setting parameters using 'Quick Commissioning' (see Section 3.4.4 on page 46).
- Resetting inverter parameters to factory default (see Section 3.4.5 on page 49).
- Connecting a PTC temperature sensor to the inverter (see Section 3.4.6 on page 49).
- Parameter Cloning with the BOP (see Section 3.4.7 on page 49).

Notes

When utilizing USS communications, a common 0 V reference connection is required between all devices on the USS bus. Terminal 10 on the control board can be used for this purpose.

The SINAMICS G110 Inverter is available as two variants:

1. **Analog Variant**

The analog variant is suited to stand-alone applications. This variant is designed to be controlled using external switches and a potentiometer utilizing the analog input and digital inputs. Switches and potentiometers are not provided as standard with the inverter.

2. **USS Variant**

The USS variant is suited to inverter networks. This variant is designed to be controlled utilizing the USS protocol via the RS485 communications interface. A number of inverters can then be connected and controlled via the same communications bus.

The variant can be identified by reading the MLFB from the rating label and comparing it to the MLFBs listed in Table 7-4 and Table 7-5 on pages 68 and 69 respectively.

Since the SINAMICS G110 is available in two variants; different options for the commissioning of the inverters are available to the user. These commissioning options are described in the following sections covering the 'Basic Commissioning' and 'Advanced Commissioning'.

3.3 Basic Commissioning

The SINAMICS G110 is supplied with default parameter settings to cover the following basic operation:

- The motor rating data; voltage, current and frequency data has already been keyed into the inverter to ensure that the motor is compatible with the inverter. (A Siemens standard motor is recommended).
- Linear V/f motor speed, controlled by an analogue potentiometer, or via the RS485 connection using the USS variant.
- Maximum speed 3000 min⁻¹ corresponding to a 2-pole motor with 50 Hz (3600 min⁻¹ with 60 Hz); controllable using a potentiometer via the inverter's analogue input, or via the RS485 connection using the USS variant.
- Ramp-up time / Ramp-down time = 10 s.

Changing the motor base frequency

The default motor base frequency of the SINAMICS G110 inverter is 50 Hz. In some parts of the world motors are designed for a base frequency of 60 Hz. Changing the motor default base frequency is accomplished using the DIP switch which is provided on the front of the inverter to select the required base frequency. A small screwdriver will be required to change the position of the DIP switches.

DIP switch 1 is used to change the motor base frequency of the inverter, by default it is in the position '50 Hz'. See Figure 3-2. In the default position (50 Hz) the output power will be displayed in kW (if a BOP is fitted to the inverter). In addition, all motor related parameters will be calculated using the 50 Hz setting.

To change the motor base frequency to 60 Hz, DIP switch 1 must be set to the position '60 Hz'.

The DIP switch must be set to the required frequency before power is applied to the inverter. On power up the inverter will read the DIP switch setting and calculate the following motor related parameters:

- Rated Motor Frequency (P0310)
- Maximum Motor Frequency (P1082)
- Reference Frequency (P2000)



Figure 3-2 Motor Base Frequency DIP Switch and Bus Termination

3.3.1 Factory Settings

The inverter has already been programmed at the factory for standard V/f applications on a Siemens standard four-pole 3-phase induction motor, that has the same power rating as the inverters.

Controlling the speed of the motor is accomplished by connecting the analog inputs on the analog variant (switches and the potentiometer are not supplied with the inverter) or via the RS485 connections on the USS variant as shown in Figure 3-3 below.

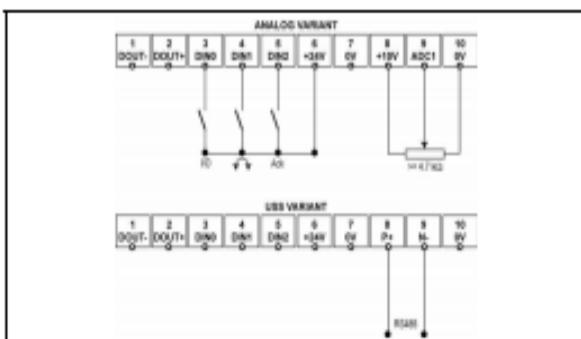


Figure 3-3 Basic operation – Analog and USS Variants

The inverter can be used with its default settings for a wide range of applications. The default settings are shown in Table 3-1 (Analog variant) and Table 3-2 (USS variant). The terminal layout is shown in Figure 3-3 above.

Note

The motor base frequency might have to be changed as described in the previous section on page 34.

Table 3-1 Factory settings for operation using the standard inverter (Analog Variant)

Description	Terminals	Parameter Default	Default Operation
Frequency Setpoint Source	9	P1000 = 2	Analog Input
Command Source	3,4 & 5	P0700 = 2	(see below)
Digital Input 0	3	P0701 = 1	ON/OFF 1
Digital Input 1	4	P0702 = 12	Reverse
Digital Input 2	5	P0703 = 9	Fault Acknowledge
Control Method	-	P0727=0	Siemens Standard Control

With the default settings of the inverter (Analog variant) the following is possible:

- Start and stopping the motor (DINO via external switch)
- Reversing the motor (DIN1 via external switch)
- Fault Acknowledgement (DIN2 via external switch).

Bus termination on USS variant

The USS variant of the SINAMICS G110 inverter uses RS485 protocols to communicate with the controlling system and all other inverters connected to the network.

It is necessary to terminate the last inverter on the network bus. This is achieved by setting the Bus Termination DIP switches on the front of the inverter to the 'Bus Termination' position (as shown in Figure 3-2 on page 34). It is important that both DIP switches (2 and 3) are set to the 'Bus Termination' position (not in the OFF position). A small screwdriver will be required to change the position of the DIP switches.

3.3.2 Commissioning with the Optional Basic Operator Panel

If the optional 'Basic Operator Panel' (BOP) is available, the control signals and speed reference can easily be set by pressing the relevant buttons. The BOP also provides easy access to the inverter parameters. This section describes how to commission and start the inverter with the minimum of effort, using the BOP.

For advanced use of the BOP to perform for example, the full inverter commissioning see Section 3.4.1 on page 42 or refer to Section 3.4.7 on page 49 for information about parameter cloning using the BOP.

For instructions on how to fit the BOP to the inverter, please refer to Appendix C on page 82 and for a description of the buttons see Appendix D on page 83.

- The BOP must be connected directly to the inverter and not remotely connected via a cable.
- The BOP can be fitted to and removed from the inverter whilst power is applied.
- The inverter will automatically recognize that the BOP has been fitted to the inverter and give the user access to the parameters. To run the inverter (start/stop, setpoint) using the BOP, parameters P0700 (command source, i.e. start/stop, reverse, jog) and P1000 (frequency setpoint) have to be set to 1. Alternatively, P0719 can be set to 11 which is described below.



Figure 3-4 BOP

Note

The motor base frequency might have to be changed as described in the previous section on page 34.

Changing parameters with the Basic Operator Panel

The description below serves as an example that shows how to change any parameters using the BOP. These examples can also be used as a guide to configuring the inverter for running via the BOP (start/stop commands and the frequency setpoint are input on the BOP).

Changing P0003 – parameter access level

Step	Result on display
1 Press  to access parameters	r0000
2 Press  until P0003 is displayed	P0003
3 Press  to display the parameter value	1
4 Press  or  to set the required value (set to 3)	3
5 Press  to confirm and store the value	P0003
6 All level 1 to level 3 parameters are now visible to the user.	

Changing P0719 an indexed parameter – setting BOP control

Step	Result on display
1 Press  to access parameters	r0000
2 Press  until P0719 is displayed	P0719
3 Press  to access the parameter value	r0000
4 Press  or  to select index 1	r0001
5 Press  to display actual set value	0
6 Press  or  to the required value	11
7 Press  to confirm and store the value	P0719
8 Press  until r0000 is displayed	r0000
9 Press  to return the display to the standard drive display (as defined by the customer)	

Figure 3-5 Changing parameters via the BOP

NOTE

In some cases - when changing parameter values - the display on the BOP shows

6U59

. This means the inverter is busy with tasks of a higher priority.

Changing single digits in parameter values

For changing the parameter value rapidly, the single digits of the display can be changed by performing the following actions:

1. Ensure you are in the parameter value changing level (see section "Changing parameters with Basic Operator Panel" above).
 2. Press **Fn** (function button), which causes the right hand digit to blink.
 3. Change the value of this digit by pressing **▲** or **▼**.
 4. Press **Fn** (function button) again causes the next digit to blink.
 5. Perform steps 2 to 4 until the required value is displayed.
 6. Press the **Fn** to leave the parameter value changing level.
-

NOTE

The function button **Fn** may also be used to acknowledge a fault condition.

Commissioning of motorpoti (MOP) function

Simple motor speed control can be achieved using the motorpoti (MOP) function of the optional BOP (for using the MOP see also P1031 and P1040 in the Parameter List).

The BOP motor control functions are disabled by default. To control the motor via the BOP, the following settings must be completed (see also "Changing parameters with the Basic Operator Panel" above):

- P0719 = 11 (enables start/stop button on the BOP and enables the motor potentiometer setpoint from the BOP).

Alternatively set:

- ◆ P0700 = 1 (enables the start/stop button on the BOP).
- ◆ P1000 = 1 (this enables the motor potentiometer setpoints).

1. Press the **1** button to start the motor.
2. Press the **▲** button while the motor is turning. Motor speed increases to 50 Hz.
3. When the inverter reaches 50 Hz, press button **▼**. Motor speed and displayed value are decreased.
4. Change the direction of rotation by pressing the **↻** button.
5. Stop the motor by pressing the **0** button.

If the BOP has been set as the command source (P0700 = 1 or P0719 = 10 - 15), the inverter will stop if the BOP is removed.

3.4.4 Quick Commissioning (P0010=1)

Quick commissioning is an easy way to optimally configure the SINAMICS G110 inverter to a specific motor. The motor data, taken from the motor rating label, is entered into the inverter and then the inverter calculates the dependent control and protection parameters.

An alternative to quick commissioning is parameter cloning (see page 49) that can be used if a large number of inverters are to be commissioned to the same specific motor.

NOTE

It is only possible to change motor parameters when quick commissioning is enabled (P0010=1).

It is important that parameter P0010 is used for commissioning and P0003 is used to select the number of parameters to be accessed. The P0003 parameter allows a group of parameters to be selected that will enable quick commissioning. Parameters such as Motor settings and Ramp settings are included.

At the end of the quick commissioning sequence, P3900 should be selected, which, when set to 1, will carry out the necessary motor calculations and clear all other parameters (not included in P0010=1) to the default settings. This will only happen in the Quick Commissioning mode.

The parameter P0010 is automatically reset to the value 0 when P3900 > 0. The inverter can only be run if P0010 has been set back to 0.

NOTE

We recommend commissioning is performed according to this scheme. Nevertheless an expert user is allowed to perform the commissioning with the filter functions of P0004.

Motor data for parameterization

Figure 3-6 below indicates where to find the relevant motor data on the motor rating plate. Figure 3-6 is for illustration purposes only and the values within this figure should not be keyed into your inverter, rather the values from your own motor's rating plate should be keyed into the inverter.

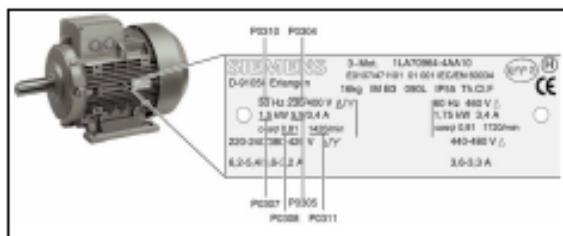
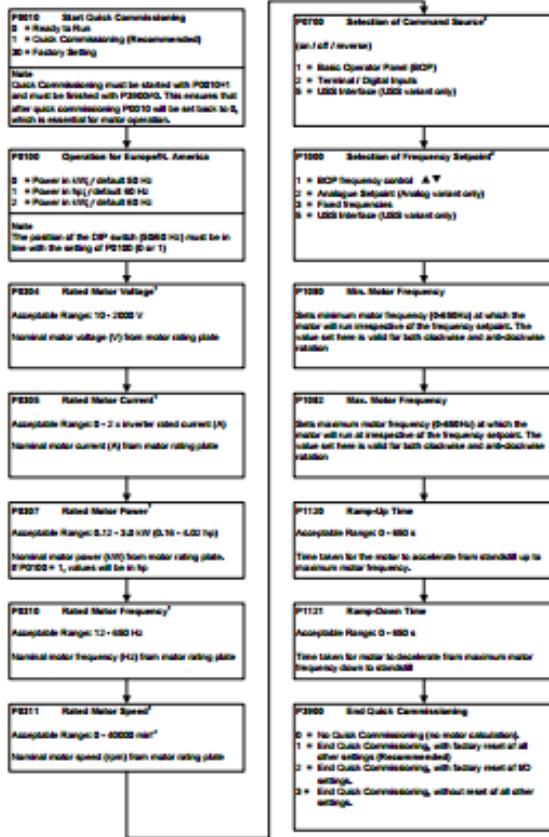


Figure 3-6 Typical Motor Rating Plate Example

Flow chart Quick Commissioning (Level 1 Only – P0003=1)



1. Motor related parameters - please refer to the motor rating plate.

2. Double parameters that contain more detailed lists of possible settings for use in specific applications. Please refer to the Parameter List.

D Description of the BOP

Panel/Button	Function	Effects
	Indicates Status	The LCD displays the settings currently used by the converter.
	Start motor	Pressing the button starts the inverter. This button is disabled by default. To enable this button set P0700 = 1.
	Stop motor	OFF1 Pressing the button causes the inverter to come to a standstill at the selected ramp down rate. OFF2 Pressing the button twice (or once long) causes the motor to coast to a standstill. This function is always enabled.
	Change direction	Press this button to change the direction of rotation of the motor. Reverse is indicated by a minus (-) sign or a flashing decimal point. Disabled by default, to enable set P0700 = 1.
	Jog motor	Pressing this button while the inverter has no ON command causes the motor to start and run at the preset jog frequency. The inverter stops when the button is released. Pressing this button when the inverter/motor is running has no effect.
	Functions	This button can be used to view additional information. Pressing and holding the button for 2 seconds from any parameter during operation, shows the following: 1. DC link voltage (indicated by d – units V). 2. Output voltage (indicated by o – units V). 3. Output frequency (Hz). 4. The value selected in P0005. Additional presses will toggle around the above displays. A short press of the button will acknowledge a fault condition. Jump Function From any parameter (rXXXX or PXXXX) a short press of the Fn button will immediately jump to r0000, you can then change another parameter, if required. Upon returning to r0000, pressing the Fn button will return you to your starting point.
	Access parameters	Pressing this button allows access to the parameters.
	Increase value	Pressing this button increases the displayed value.
	Decrease value	Pressing this button decreases the displayed value.

C.2 Datasheet Sensor Rotary Encoder

E50S Series

Diameter ϕ 50mm Shaft type Incremental Rotary encoder

Features

- 12-24VDC power supply of line driver output (Line-up)
- Suitable for measuring angle, position, revolution, speed, acceleration and distance
- Power supply : 5VDC, 12-24VDC \pm 5%

Applications

- Various tooling machinery, packing machine and general industrial machinery etc.

Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.



Ordering information (Former name : ENB)

E50S	8	3000	3	N	24	
Series	Shaft diameter	Pulse/1 Revolution	Output phase	Output	Power supply	Cable
Diameter & Shaft type	ϕ 50mm	Refer to resolution	A, B A, B, Z A, X, B, Z A, X, B, Z, Y	T:Totem pole output N:NPN open collector output V:Voltage output L:Line driver output	5-24VDC \pm 5% 24VDC-0VDC \pm 5%	No mark 2-terminal type Cable outgoing connector type (a) Cable side output connector integrated type Cable side outgoing connector integrated type

Example: E50S8-3000-3-N-24

Example: Cable length: 30mm

Specifications

Items		Diameter ϕ 50mm shaft type of incremental rotary encoder	
Resolution (PR)		*1, *2, *4, 10, 12, 16, 20, 24, 28, 30, 36, 40, 48, 60, 72, 100, 120, 150, 180, 200, (Note1) 240, 250, 260, 280, 300, 312, 400, 480, 1000, 1024, 1200, 1500, 1800, 2000, 2048, 2500, 2500, 3000, 4000, 4000	
Electrical specification	Output phase	A, B, 2 phase (Line driver : A, X, B, Z, 2 phase)	
	Phase difference of output	Phase difference between A and B : $\frac{360}{P}$ (P: 1 cycle of A phase)	
	Control output	Totem pole output	* Low \Rightarrow Load current: Max. 20mA, Saturation voltage : Max. 0.5VDC * High \Rightarrow Load current: Max. 10mA, Output voltage (Power supply 5VDC/3.0V, Driver supply = 24VDC, Output voltage/Power supply 12-24VDC): Max. 0.9VDC
		Line driver output	Load current : Max. 20mA, Saturation voltage : Max. 0.5VDC * Low \Rightarrow Load current : Max. 10mA, Saturation voltage : Max. 0.5VDC * High \Rightarrow Load current : Max. 20mA, Output voltage (Power supply 5VDC : Max. 2.5VDC, Output voltage/Power supply 12-24VDC) : Max. 0.9VDC
	Response time (Rise/Fall)	Power-on delay (Rise/Fall)	Max. 1 μ s (Cable length : 3m, Load : 20mA)
		Power-off delay (Fall)	Max. 10 μ s (Cable length : 3m, Load : 20mA)
	Max. Response frequency	300Hz	
	Power supply	5VDC, 1.5W (ripple P-P : Max. 50mV) / 12-24VDC, 1.5W (ripple P-P : Max. 50mV)	
	Current consumption	Max. 20mA (disconnection of the load), Line driver output : Max. 50mA (disconnection of the load)	
	Insulation resistance	Max. 100M Ω (at 50VDC, average between all terminals and case)	
Dielectric strength	5000V AC 50/60Hz for 1 minute (between all terminals and case)		
Mechanical specification	Connection	Cable outgoing type, 200mm cable outgoing connector type, Connector integrated type (Four, Side)	
	Starting torque	Max. 70gf \cdot cm (0.007N \cdot m) (Rated) / Max. 300gf \cdot cm (0.03N \cdot m) (Rated)	
	Moment of inertia	Max. 30g \cdot cm ² \times 10 ⁻⁴ kg \cdot m ² (Rated) / Max. 100g \cdot cm ² \times 10 ⁻⁴ kg \cdot m ² (Rated)	
	Shaft loading	Radial : 10kg, Thrust : 3.5kgf	
Max. allowable revolution	(None)		
Vibration	1.5mm amplitude at frequency of 10 to 2000Hz (1 mm/s) in each of X, Y, Z directions for 2 hours		
Shock	Max. 75g		
Ambient temperature	-10 to 70°C (at non-freezing state), Storage : -25 to 85°C		
Ambient humidity	35 to 85%RH, Storage : 35 to 95%RH		
Protection	Normal type, Cable outgoing connector type : IP65 (IEC standard) (Rated), Connector integrated type : IP67 (IEC standard)		
Cable	3mm, 5F, Length : 3m, Shield cable (Line driver output : 3mm, 5F)		
Necessary	(ARG 21, Core size diameter : 0.20mm, Dia. of core size : 0.3, Insulator dia. diameter : ϕ 1mm)		
Approval	Normal type or T.C.P. (Except for line driver output)		
Unit length	Approx. 21kg, Connector integrated type : 1.8kg		

(Note1) *1 pulse is only for A, B phase (Line driver output is for A, X, B, Z phase).

(Note2) The value is for normal type, cable outgoing connector type (Protection: IP65).

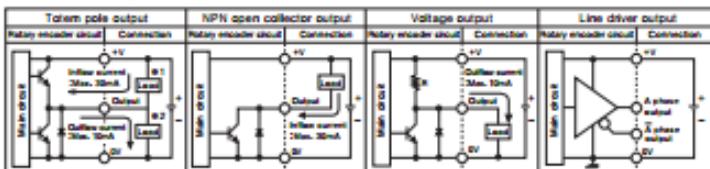
(Note3) The value is for normal type, cable outgoing connector type (Protection: IP67/connector integrated type (Protection: IP67)).

(Note4) Make sure that max. response revolution should be lower than or equal to max. allowable revolution when selecting the resolution. (Max. response revolution (rpm) = Max. response frequency \times 60 (sec.)

(Note5) Normal type, cable outgoing connector type is option as IP67 protection.

Incremental ϕ 50mm Shaft Type

Control output diagram

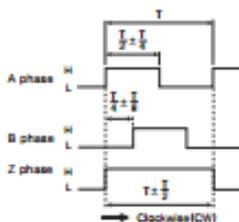


*Totem pole output type can be used for NPN open collector output type (①) or Voltage output type (②).

*The output circuit of A, B, Z phase are the same. Line driver output is A, \bar{A} , B, \bar{B} , Z, \bar{Z} .

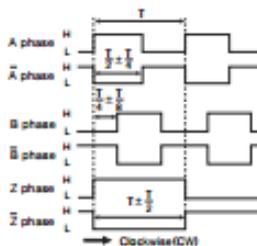
Output waveform

*Totem pole output / NPN open collector output / Voltage output



*CW: Right turn as from the shaft

*Line driver output



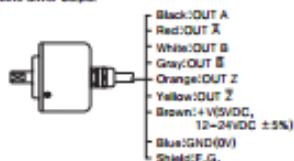
Connections

Normal type

*Totem pole output / NPN open collector output / Voltage output



*Line driver output



*Unused wires must be insulated.

*The shield cable and metal case of encoder must be grounded(F.G.).

Cable outgoing connector/ Connector integrated type

*Totem pole output /
NPN open collector output /
Voltage output



*Line driver output



Totem pole output NPN open collector output Voltage output			Line driver output		
No. 1 to	Function	Cable color	No. 1 to	Function	Cable color
①	OUT A	Black	①	OUT A	Black
②	OUT B	White	②	OUT A-bar	Red
③	OUT Z	Orange	③	+V	Brown
④	+V	Brown	④	GND	Blue
⑤	GND	Blue	⑤	OUT B	White
⑥	F.G.	Shield	⑥	OUT B-bar	Gray
			⑦	OUT Z	Orange
			⑧	OUT Z-bar	Yellow
			⑨	F.G.	Shield

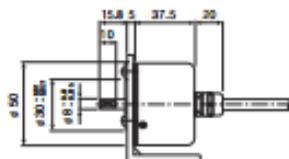
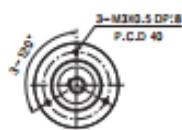
*F.G.(Field Ground) : It must be grounded separately.

E50S Series

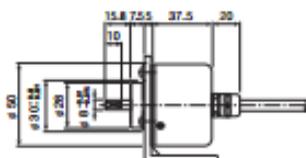
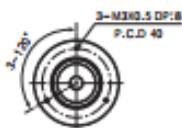
■ Dimensions

■ Normal type, Cable outgoing connector type(Protection : IP50)

(Unit:mm)



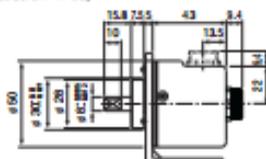
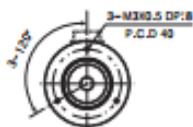
■ Normal type, Cable outgoing connector type(Protection : IP54)



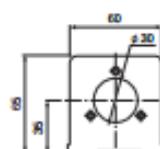
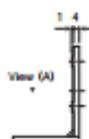
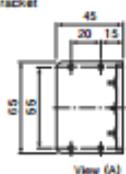
Cable for normal type	Cable for Cable outgoing connector type
φ5mm, SP(Line driver output3P), Length<200mm, Shield cable	φ5mm, SP(Line driver output3P), Length<250mm, Shield cable

※ Connector cable is sold separately and see G-6 for specifications.

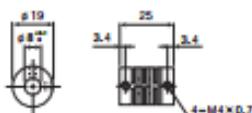
■ Rear/Side connector integrated type(Protection: IP55)



● Bracket



● Coupling(E50S)



- Parallel misalignment: Max. 0.25mm
- Angular misalignment: Max. 8°
- End-play: Max. 0.25mm

※For parallel misalignment, angular misalignment, End-play terms, refer to F-63 page.

※For flexible coupling(E50S series) information, refer to F-62 page.

■ Outline

This unit is very useful to control length, angle and position by converting revolution value of shaft into number of pulse as an optical incremental Encoder.

■ Ordering information

ENA - 5000 - 2 - N - 24

Series	Pulse/1 Revolution	Output phase	Output	Power supply
Shaft type to be mounted at the side (Shaft diameter: ϕ 10mm)	See resolution	2: A, B 3: A, B, Z	T: Totem Pole output N: NPN open collector output V: Voltage output	5: 5VDC \pm 5% 24: 12-24VDC \pm 5%

※ Standard: ENA - PULSE - 2 - N - 24 ※ Standard: A, B

E50S - 8 - 8000 - 3 - N - 24 -

Series	Shaft diameter	Pulse/1 Revolution	Output phase	Output	Power supply	Cable
Diameter: ϕ 50mm shaft type	ϕ 8mm	See resolution	2: A, B 3: A, B, Z 4: A, \bar{A} , B, \bar{B} 6: A, \bar{A} , B, \bar{B} , Z, \bar{Z}	T: Totem Pole output N: NPN open collector output V: Voltage output L: Line Driver output	5: 5VDC \pm 5% 24: 12-24VDC \pm 5%	No mark: Normal type (※)C: Cable outgoing connector type

※ Standard: E50S8 - PULSE - 3 - N - 24

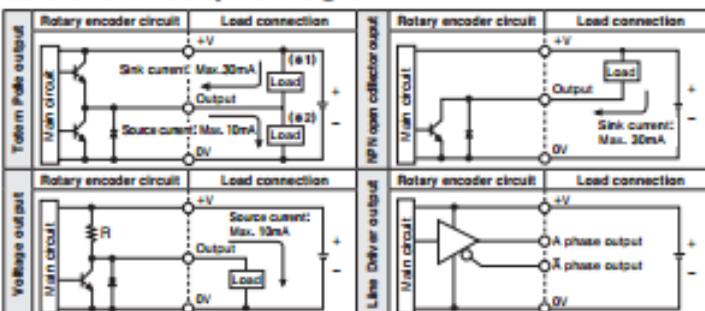
※ Cable length: 250mm

ENC - 1 - 1 - N - 24 -

Series	Output phase	Min. measuring unit	Output	Power supply	Cable
Wheel type	1: A, B	1: 1mm 2: 1cm 3: 1m 4: 0.01yd 5: 0.1yd 6: 1yd	T: Totem Pole output N: NPN open collector output V: Voltage output	5: 5VDC \pm 5% 24: 12-24VDC \pm 5%	No mark: Normal type (※)C: Cable outgoing connector type

※ Cable length: 250mm

■ Control output diagram



※ The output circuit of A, B, Z phase are the same. (Line Driver output is A, \bar{A} , B, \bar{B} , Z, \bar{Z} phase)
 ※ Totem Pole output can be used for NPN open collector type(※1) or voltage output type(※2).

※ The above specification are subject to change without notice.

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	$\pm 22V$	$\pm 22V$	$\pm 18V$
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	$\pm 30V$	$\pm 30V$	$\pm 30V$
Input Voltage (Note 4)	$\pm 15V$	$\pm 15V$	$\pm 15V$
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	$0^{\circ}C$ to $+70^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Junction Temperature	$150^{\circ}C$	$150^{\circ}C$	$100^{\circ}C$
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	$280^{\circ}C$	$280^{\circ}C$	$280^{\circ}C$
J- or H-Package (10 seconds)	$300^{\circ}C$	$300^{\circ}C$	$300^{\circ}C$
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$
Infrared (15 seconds)	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$	$215^{\circ}C$
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.			
ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^{\circ}C$										
	$R_B < 10\text{ k}\Omega$				1.0	5.0		2.0	6.0		mV
	$R_B < 500\Omega$		0.8	3.0							mV
Average Input Offset Voltage Drift	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$										$\mu V/^{\circ}C$
	$R_B < 500\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV
	$R_B < 10\text{ k}\Omega$										mV
Average Input Offset Current Drift			15								$\mu A/^{\circ}C$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^{\circ}C, V_B = \pm 20V$	± 10			± 15			± 15			mV
Input Offset Current	$T_A = 25^{\circ}C$	3.0	30		20	200		20	200		nA
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$		70		85	500			300		nA
Average Input Offset Current Drift			0.5								$nA/^{\circ}C$
Input Bias Current	$T_A = 25^{\circ}C$	30	80		80	500		80	500		nA
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$		0.210			1.5			0.8		μA
Input Resistance	$T_A = 25^{\circ}C, V_B = \pm 20V$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$		0.5								M Ω
	$V_B = \pm 20V$										M Ω
Input Voltage Range	$T_A = 25^{\circ}C$							± 12	± 13		V
	$T_{AMIN} < T_A < T_{AMAX}$				± 12	± 13					V

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)											
Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_{in} = \pm 20\text{V}$, $V_{OD} = \pm 15\text{V}$ $V_{in} = \pm 15\text{V}$, $V_{OD} = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_{in} = \pm 20\text{V}$, $V_{OD} = \pm 15\text{V}$ $V_{in} = \pm 15\text{V}$, $V_{OD} = \pm 10\text{V}$	32			25			15			V/mV V/mV V/mV
	$V_{in} = \pm 8\text{V}$, $V_{OD} = \pm 2\text{V}$	10									
Output Voltage Swing	$V_{in} = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16 ± 15									V V
	$V_{in} = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25 25	35 40		25		25			mA mA
	Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_{in} \leq 10\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_{in} \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	80	95		70	90		70	90	
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_{in} = \pm 20\text{V}$ to $V_{in} = \pm 5\text{V}$ $R_{in} \leq 50\Omega$	86	96								dB dB
	$R_{in} \leq 10\text{ k}\Omega$				77	96		77	96		
Transient Response	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	Rise Time	0.25	0.8		0.3			0.3		μs
		Overshoot	8.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = \pm 20\text{V}$ $V_{in} = \pm 15\text{V}$		80	150							mW mW
	LM741A $V_{in} = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			185							mW mW
LM741	$V_{in} = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					80	100				mW mW
						45	75				

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

C.4 Datasheet MCP 4725



MCP4725

12-Bit Digital-to-Analog Converter with EEPROM Memory in SOT-23-6

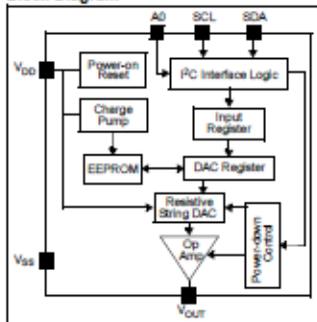
Features

- 12-Bit Resolution
- On-Board Non-Volatile Memory (EEPROM)
- ± 0.2 LSB DNL (typical)
- External AD Address Pin
- Normal or Power-Down Mode
- Fast Settling Time of 5 μ s (typical)
- External Voltage Reference (V_{DD})
- Rail-to-Rail Output
- Low Power Consumption
- Single-Supply Operation: 2.7V to 5.5V
- I²C™ Interface:
 - Eight Available Addresses
 - Standard (100 kbps), Fast (400 kbps), and High-Speed (3.4 Mbps) Modes
- Small 6-lead SOT-23 Package
- Extended Temperature Range: -40°C to +125°C

Applications

- Set Point or Offset Trimming
- Sensor Calibration
- Closed-Loop Servo Control
- Low Power Portable Instrumentation
- PC Peripherals
- Data Acquisition Systems

Block Diagram



DESCRIPTION

The MCP4725 is a low-power, high accuracy, single channel, 12-bit buffered voltage output Digital-to-Analog Converter (DAC) with non-volatile memory (EEPROM). Its on-board precision output amplifier allows it to achieve rail-to-rail analog output swing.

The DAC input and configuration data can be programmed to the non-volatile memory (EEPROM) by the user using I²C interface command. The non-volatile memory feature enables the DAC device to hold the DAC input code during power-off time, and the DAC output is available immediately after power-up. This feature is very useful when the DAC device is used as a supporting device for other devices in the network.

The device includes a Power-On-Reset (POR) circuit to ensure reliable power-up and an on-board charge pump for the EEPROM programming voltage. The DAC reference is driven from V_{DD} directly. In power-down mode, the output amplifier can be configured to present a low, medium, or high resistance output load.

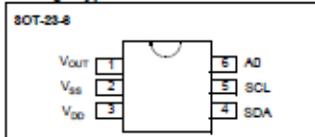
The MCP4725 has an external AD address pin. This AD pin can be tied to V_{DD} or V_{SS} of the user's application board.

The MCP4725 has a two-wire I²C™ compatible serial interface for standard (100 kHz), fast (400 kHz), or high speed (3.4 MHz) mode.

The MCP4725 is an ideal DAC device where design simplicity and small footprint is desired, and for applications requiring the DAC device settings to be saved during power-off time.

The device is available in a small 6-pin SOT-23 package.

Package Type



MCP4725

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings†

V _{DD}	6.5V
All inputs and outputs w.r.t V _{SS}	-0.3V to V _{DD} +0.3V
Current at Input Pins.....	±2 mA
Current at Supply Pins.....	±50 mA
Current at Output Pins.....	±25 mA
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Ambient Temp. with Power Applied.....	-55°C to +125°C
ESD protection on all pins.....	± 6 kV HBM, ± 400V MM
Maximum Junction Temperature (T _J).....	+150°C

† Notice: Stresses above those listed under "Maximum ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all parameters apply at V_{DD} = + 2.7V to 5.5V, V_{SS} = 0V, R_L = 5 kΩ from V_{OUT} to V_{SS}, C_L = 100 pF, T_A = -40°C to +125°C. Typical values are at +25°C.

Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Power Requirements						
Operating Voltage	V _{DD}	2.7	—	5.5	V	
Supply Current	I _D	—	210	400	μA	Digital input grounded, output unloaded, code = 000h
Power-Down Current	I _{DDP}	—	0.06	2.0	μA	V _{DD} = 5.5V
Power-On-Reset Threshold	V _{POR}	—	2	—	V	
DC Accuracy						
Resolution	n	12	—	—	Bits	Code Range = 000h to FFFh
INL Error	INL	—	±2	±14.5	LSB	Note 1
DNL	DNL	-0.75	±0.2	±0.75	LSB	Note 1
Offset Error	V _{OS}	—	0.02	0.75	% of FSR	Code = 000h
Offset Error Drift	ΔV _{OS} /°C	—	±1	—	ppm/°C	-45°C to +25°C
		—	±2	—	ppm/°C	+25°C to +85°C
Gain Error	G _E	-2	-0.1	2	% of FSR	Code FFFh, not including offset error
Gain Error Drift	ΔG _E /°C	—	-3	—	ppm/°C	
Output Amplifier						
Phase Margin	Φ _M	—	66	—	Degree(°)	C _L = 400 pF, R _L = ∞
Capacitive Load Stability	C _L	—	—	1000	pF	R _L = 5 kΩ, Note 2
Slew Rate	SR	—	0.55	—	V/μs	
Short Circuit Current	I _{SC}	—	15	24	mA	V _{DD} = 5V, V _{OUT} = Grounded
Output Voltage Settling Time	T _S	—	6	—	μs	Note 3

Note 1: Test Code Range: 100 to 4000.

2: This parameter is ensured by design and not 100% tested.

3: Within 1/2 LSB of the final value when code changes from 1/4 to 3/4 (400h to C00h) of full-scale.

4: Logic state of external address pin (A0 pin).

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONTINUED)

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all parameters apply at $V_{DD} = +2.7V$ to $5.5V$, $V_{SS} = 0V$, $R_L = 5\text{ k}\Omega$ from V_{OUT} to V_{SS} , $C_L = 100\text{ pF}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$. Typical values are at $+25^\circ\text{C}$.						
Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Power Up Time	T_{PU}	—	2.5	—	μs	$V_{DD} = 5V$
		—	5	—	μs	$V_{DD} = 3V$ Coming out of Power-down mode, started from falling edge of ACK pulse in PC command.
DC Output Impedance	R_{OUT}	—	1	—	Ω	Normal mode (V_{OUT} to V_{SS})
		—	1	—	$\text{k}\Omega$	Power-Down Mode 1 (V_{OUT} to V_{SS})
		—	100	—	$\text{k}\Omega$	Power-Down Mode 2 (V_{OUT} to V_{SS})
		—	500	—	$\text{k}\Omega$	Power-Down Mode 3 (V_{OUT} to V_{SS})
Dynamic Performance						
Major Code Transition Glitch		—	45	—	nVs	1 LSB change around major carry (800h to 7FFh) (Note 2)
Digital Feedthrough		—	<10	—	nVs	Note 2
Digital Interface						
Output Low Voltage	V_{OL}	—	—	0.4	V	$I_{OL} = 3\text{ mA}$
Input High Voltage (SDA and SCL Pins)	V_{IH}	$0.7V_{DD}$	—	—	V	
Input Low Voltage (SDA and SCL Pins)	V_{IL}	—	—	$0.3V_{DD}$	V	
Input High Voltage (A0 Pin)	V_{A0-H}	$0.8V_{DD}$	—	—		Note 4
Input Low Voltage (A0 Pin)	V_{A0-L}	—	—	$0.2V_{DD}$		Note 4
Input Leakage	I_{LI}	—	—	± 1	μA	SCL = SDA = A0 = V_{SS} or SCL = SDA = A0 = V_{DD}
Pin Capacitance	C_{PIN}	—	—	3	pF	Note 2
EEPROM						
EEPROM Write Time	T_{WRITE}	—	25	50	ms	EEPROM Write time for 14 bits
Data Retention		—	200	—	Years	At $+25^\circ\text{C}$, (Note 2)
Endurance		1	—	—	Million Cycles	At $+25^\circ\text{C}$, (Note 2)

Note 1: Test Code Range: 100 to 4000.

2: This parameter is ensured by design and not 100% tested.

3: Within 1/2 LSB of the final value when code changes from 1/4 to 3/4 (400h to C00h) of full-scale.

4: Logic state of external address pin (A0 pin).

MCP4725

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, $V_{DD} = +2.7V$ to $+5.5V$, $V_{SS} = GND$.						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Temperature Ranges						
Specified Temperature Range	T_A	-40	—	+125	°C	
Operating Temperature Range	T_A	-40	—	+125	°C	
Storage Temperature Range	T_A	-65	—	+150	°C	
Thermal Package Resistances						
Thermal Resistance, 6L-SOT-23	θ_{JA}	—	190	—	°C/W	

LAMPIRAN D

INISIALISASI INVERTER

Pengaturan Parameter *Quick Comissioning Inverter Sinamics G110*

No.	<i>Parameter List</i>	Pengaturan Parameter
1	P0010 <i>(Start Quick Comissioning)</i>	P0010 merupakan parameter pengaturan awal untuk memulai mengubah parameter dari <i>inverter</i> . Dengan cara menekan tombol “P” yang ada di <i>inverter</i> , maka untuk memulai <i>Quick Comissioning</i> dengan memilih “1”, untuk menyimpan parameter yang sudah diatur dengan cara menekan tombol “P” pada <i>inverter</i> .
2	P003 <i>(User Access Level)</i>	P003 merupakan parameter untuk menyetujui penggunaan <i>Quick Comissioning</i> jadi parameter ini merupakan parameter pertama yang muncul dalam proses <i>Quick Comissioning</i> . Untuk mengakses parameter maka dengan menekan tombol “P”, kemudian akan muncul 3 pilihan yang terdapat dalam pengaturan ini. Memilih “1”, kemudian menekan kembali tombol “P” untuk menyimpan nilai parameter.
3	P0100 <i>(Operation for Europe / America)</i>	P0100 merupakan parameter untuk memilih frekuensi operasi yang akan digunakan untuk menggerakkan motor. Ada 3 pilihan dalam pengaturan ini: <i>0 = Power in kW; f default 50 Hz</i> <i>1 = Power in hp; f default 60 Hz</i> <i>2 = Power in kW; f default 60 Hz</i> Karena frekuensi yang ada di Indonesia sendiri hanya menyediakan jaringan listrik dengan frekuensi 50Hz sama seperti pada negara-negara Eropa, sehingga diharuskan memilih mode <i>Europe</i> yaitu “0”

No.	Parameter List	Pengaturan Parameter
4	P0304 (Rated Motor Voltage)	<p>P0304 merupakan parameter untuk menentukan nilai suplai tegangan motor, pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan yaitu 10 –2000 V. Dalam mengisi parameter ini, nilai yang dimasukkan harus sesuai dengan informasi yang ada pada <i>name plate</i> motor.</p> <p>Besar nominal tegangan motor (<i>Volt</i>) yang tertera pada <i>name plate</i> adalah 380V, sehingga nilai yang harus diisi adalah 380</p>
5	P0305 (Rated Motor Current)	<p>P0305 merupakan parameter untuk nilai arus nominal dari motor. Pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan yaitu 0 – 2x. Nilai Arus nominal yang ada pada <i>name plate</i> motor yaitu 0,62 A, sehingga nilai yang harus diisi adalah 0,62</p>
6	P0307 (Rated Motor Power)	<p>P0307 merupakan parameter yang menentukan nilai daya motor. Pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan adalah 0,12 – 3,0 KW (0,16– 4,02 HP). Karena pada Parameter P0100 kita mengisikan 1 maka nominal daya diisikan dalam bentuk HP, besar nominal daya motor yang kita gunakan yaitu 0,25 HP, sehingga nilai yang harus diisi adalah 0,25</p>
7	P0310 (Rated Motor Frequency)	<p>P0310 merupakan parameter yang menentukan nilai frekuensi motor. Pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan 12 – 650 Hz. Besar nominal frekuensi motor yang tertera pada <i>name plate</i> yaitu 50 Hz.</p>
8	P0311 (Rated Motor Speed)	<p>P0311 merupakan pengaturan untuk menentukan nilai kecepatan motor, pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan 0 –40000 rpm. Besar nominal kecepatan motor (<i>rpm</i>) pada <i>name plate</i> yaitu 1310 <i>rpm</i>.</p>

No.	Parameter List	Pengaturan Parameter
9	P0700 (<i>Selection of Command Source</i>)	P0700 merupakan parameter untuk pemilihan sumber perintah, dimana nantinya akan muncul tiga pilihan : 1 = <i>Basic Operator Panel (BOP)</i> 2 = <i>Terminal / Digital Inputs</i> 5 = <i>USS Interface (USS variant only)</i> karena semua pengaturan berasal dari <i>inverter</i> itu sendiri tanpa memerlukan perangkat lain, maka memilih angka “1” <i>Basic Operator Panel</i> .
10	P1000 (<i>Selection of Frequency Setpoint</i>)	P1000 merupakan parameter untuk menentukan pengontrolan frekuensi <i>inverter</i> . Ada 4 pilihan ketika kita akan menentukan metode pengontrolan frekuensi pada <i>inverter</i> yaitu : 1 = <i>BOP frequency control</i> 2 = <i>Analogue Setpoint (Analogue variant only)</i> 3 = <i>Fixed frequencies</i> 5 = <i>USS Interface (USS variant only)</i> Karena untuk mengendalikan motor tiga fasa menggunakan Mikrokontroler <i>ATMega16</i> dimana Mikrokontroler ini memberikan tegangan kerja 0–10 V, maka untuk pengendalian frekuensinya menggunakan pilihan “2”, yaitu <i>analogue set point</i> .
11	P1080 (<i>Minimum Frequency</i>)	P1080 merupakan parameter untuk menentukan nilai minimal frekuensi motor dengan kisaran frekuensi 0–650 Hz. Motor yang digunakan diatur minimal frekuensi motor sebesar 0 Hz.
12	P1082 (<i>Maximum Frequency</i>)	P1082 merupakan parameter untuk menentukan nilai maksimum frekuensi motor dengan kisaran sebesar 0–650 Hz, dimana motor yang digunakan frekuensinya diatur maksimal sebesar 50 Hz.
13	P1120 (<i>Ramp-up Time</i>)	P1120 merupakan parameter untuk menentukan nilai <i>ramp-up time</i> . <i>Ramp-up time</i> adalah waktu yang dibutuhkan oleh motor dari keadaan diam sampai frekuensi motor maksimum. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai frekuensi motor maksimum adalah sebesar 10 s.

No.	<i>Parameter List</i>	Pengaturan Parameter
14	P1121 (<i>Ramp-down time</i>)	P1121 merupakan parameter untuk menentukan nilai <i>ramp-down time</i> . <i>Ramp-down time</i> adalah waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengurangi kecepatan motor pada saat motor dalam keadaan frekuensi motor maksimum sampai berhenti. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai frekuensi motor dalam keadaan maksimum sampai berhenti adalah sebesar 10 s.
15	P3900 (<i>End Quick Commissioning</i>)	P3900 merupakan parameter untuk menentukan <i>End Quick Commissioning</i> . Ada 4 pilihan yaitu : 0 = <i>No Quick Commissioning (no motor calculation)</i> . 1 = <i>End Quick Commissioning, with factory reset of all other settings (Recommended)</i> 2 = <i>End Quick Commissioning, with factory reset of I/O settings</i> . 3 = <i>End Quick Commissioning, without reset of all other settings</i> . Setelah semua parameter telah diatur, maka yang perlu dilakukan adalah memilih angka “1”, yaitu <i>End Quick Commissioning</i> dengan mengatur ulang semua pengaturan sesuai setelan pabrik.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Yulia Dewi Pratiwi
TTL : Sidoarjo, 16 Juli 1995
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Jl.Panglima Sudirman
Medaeng III, Waru
Telp/HP : 085733396943
E-mail : yuliadewip16@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002 – 2008 : SD Negeri Medaeng II
2. 2008 – 2011 : SMP Negeri 1 Taman
3. 2011 – 2014 : SMA Negeri 1 Taman
4. 2014 – 2017 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro Industri - FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT.ALTER TRADE INDONESIA (ATINA)
2. Kerja Praktek di PT. PLN (Persero) Rayon Surabaya Kota

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Departemen Pendidikan, Keilmiahan dan Teknologi Periode 2014/2015 Badan Eksekutif Fakultas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Oktiawan Ando Prakoso
TTL : Surabaya, 13 Oktober 1995
Jenis Kelamin : Laki - Laki
Agama : Islam
Alamat : Jl. Pandugo PL-7,
Surabaya
Telp/HP : 085736796943
E-mail : oktiawan.ando@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2001 – 2007 : SD Negeri Kali Rungkut 1
2. 2007 – 2010 : SMP Negeri 23 Surabaya
3. 2010 – 2013 : SMA Negeri 20 Surabaya
4. 2013 – 2016 : D3 Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro Industri - FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT. PELINDO MARINE SERVICE, Surabaya

PENGALAMAN ORGANISASI

-

-----*Halaman ini sengaja dikosongkan*-----