



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGATURAN LEVEL KETINGGIAN AIR
BERBASIS INVERTER DRIVE LG – SV008iC5**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

**MUHAMMAD NAHAR
0806366150**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2010**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul:

PENGATURAN LEVEL KETINGGIAN AIR BERBASIS INVERTER DRIVE LG – SV008iC5

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Desember 2010



Muhammad Nahar

NPM 0806366150

HALAMAN PENGESAHAN

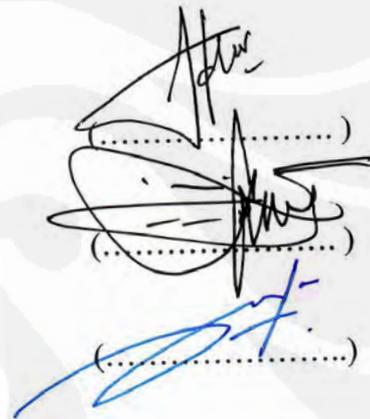
Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Nahar
NPM : 0806366150
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Pengaturan Level Ketinggian Air Berbasis Inverter Drive LG – SV008iC5

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Abdul Halim, M.Eng
Penguji 1 : Dr. Ir. Ridwan Gunawan MT
Penguji 2 : Dr. Ir. Feri Yusivar M.Eng



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : Desember 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama, penulis mengucapkan terima kasih dan ucapan syukur yang tidak terkira kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih secara khusus kepada:

Dr.Abdul Halim, M.Eng

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Orang Tua, Kakak dan Adik penulis atas dukungan doa dan bantuannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Terima kasih juga penulis sampaikan untuk rekan-rekan mahasiswa/i Departemen Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia khususnya untuk angkatan 2008. Dan terima kasih kepada berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungannya.

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Nahar
NPM : 0806366150
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaturan Level Ketinggian Air Berbasis Inverter Drive LG – SV008iC5

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 17 Desember 2010

Yang Menyatakan



(Muhammad Nahar)

Abstrak

Nama : Muhammad Nahar
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Pengaturan Level Ketinggian Air Berbasis Inverter Drive
LG – SV008iC5

Tulisan ini membahas tentang perancangan, pembuatan perangkat keras, dan pembuatan program untuk aplikasi pengaturan level ketinggian air berbasis Inverter Drive LG – SV008iC5. Aplikasi ini berupa simulasi pengaturan level ketinggian dan kestabilan air pada bak penampungan.

Alat simulasi level ketinggian air terdiri dari bak penampungan dan bak sumber air, motor AC 3 phase, sensor dan panel kendali. Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik untuk mendeteksi level ketinggian air. Panel kendali terdiri dari mikrokontroler jenis AVR ATmega 8535, modul Inverter LG – SV008iC5 dan seperangkat terminal penghubung.

Untuk mengetahui kinerja alat, telah dilakukan serangkaian pengujian. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa alat telah berfungsi dengan baik. Inverter Drive LG – SV008iC5 mampu mengendalikan kecepatan putaran motor AC 3 phasa dalam beberapa kondisi level ketinggian air.

Kata kunci: Inverter Drive, Mikrokontroler, Sensor Ultrasonik

Abstract

Name : Muhammad Nahar
Study Program : Electrical Engineering
Title : Water Level Control System Based On Inverter Drive
LG – SV008iC5

This final project describes the design, hardware development, and program development for application water level control system based on Inverter Drive LG – SV008iC5. This application is a simulation of setting the height and stability of water levels in tanks.

Height of water level simulation tool consists of water tank and water resources tank, 3 phase AC motors, sensors and control panels. The sensor used is an ultrasonic sensor to detect the level of the water level. Control panel consists of AVR microcontroller type ATmega 8535, Inverter module LG – SV008iC5 and a set of terminal connector.

To determine the performance of equipment, has conducted a series of tests. From the test results, it was found that the device is functioning properly. Inverter Drive LG – SV008iC5 able to control the rotation speed of 3 phase AC motor in some cases the level of the water level.

Keywords: Inverter Drive, Microcontroller, Ultrasonic Sensors

DAFTAR ISI

	Halaman
Judul	i
Pernyataan Keaslian Tugas akhir	ii
Pengesahan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Lembar Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
Bab I	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Permasalahan	2
1.4 Pembatasan Masalah	2
1.5 Metode Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab II	
2.1 Pengaturan Kecepatan Motor AC	4
2.2 Inverter	4
2.3 Perangkat Pendukung Pengaturan Level Ketinggian Air	9
Bab III	
3.1 Skema System Pengaturan Level Ketinggian Air	38
3.2 Pendahuluan Modul Inverter	40
3.3 Gambaran Umum Plant Pengaturan Level Ketinggian Air	42
3.4 Panel	45
3.5 Pembuatan Program Mikrokontroller	46
Bab IV	
4.1 Deskripsi Kerja Sistem	51
4.2 Parameter Setting	52

4.3 Analisis Parameter Setting	54
4.4 Pengujian Inverter	57
4.5 Pengujian kecepatan motor pompa pada Inverter	59
4.6 Analisa Hasil	62
BAB V	
Kesimpulan	63
Daftar Acuan	64
Daftar Pustaka	65
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip kerja motor induksi	5
Gambar 2.2	Belitan stator motor induksi dua kutub	6
Gambar 2.3	<i>Variable Frequency Drive (VFD) sistem</i>	7
Gambar 2.4	Motor induksi 3 Phase	7
Gambar 2.5	<i>Rectifier bridge</i>	8
Gambar 2.6	<i>Diode bridge</i>	8
Gambar 2.7	<i>PWM Variable Frequency Drive (VFD) Diagram</i>	8
Gambar 2.8	Waktu <i>Accel</i> dan <i>Deccel</i>	10
Gambar 2.9	Fx sebagai fungsi <i>run/stop</i>	11
Gambar 2.10	<i>forward/reverse</i>	11
Gambar 2.11	<i>Forward –reverse run disable</i>	12
Gambar 2.12	<i>Decelerate to stop</i> dan <i>free run to stop</i>	13
Gambar 2.13	<i>JOG</i>	13
Gambar 2.14	<i>Base frequency</i>	14
Gambar 2.15	<i>Frequency high low limit select</i>	14
Gambar 2.16	<i>Linear V/F operation</i>	15
Gambar 2.17	<i>Square V/F operation</i>	15
Gambar 2.18	<i>User V/F pattern</i>	15
Gambar 2.19	<i>Electronic thermal</i>	16
Gambar 2.20	<i>overload warning</i>	16
Gambar 2.21	Hubungan operasi dengan dua motor	19
Gambar 2.22	<i>multi step frequency</i>	21
Gambar 2.23	<i>multi accel/dec</i>	21
Gambar 2.24	Bentuk AVR ATMega8535	22
Gambar 2.25	Diagram Blok AVR ATMega8535	24
Gambar 2.26	pin pin Mikrokontroler AVR ATMega8535	25
Gambar 2.27	Konfigurasi Memori Data AVR ATMega 8535	27
Gambar 2.28	Peta Memori Program AVR ATMega 8535	27
Gambar 2.29	Sensor PING (ultrasonik)	28
Gambar 2.30	Prinsip kerja Sensor PING (ultrasonik)	29
Gambar 2.31	Mekanisme kerja motor	31

Gambar 2.32	Bagian – bagian motor induksi	32
Gambar 2.33	Rotor	33
Gambar 2.34	Stator	33
Gambar 2.35	grafik torque-kecepatan motor induksi AC tiga phase	35
Gambar 2.36	Tampilan menu BascomAVR	36
Gambar 3.1	Diagram hubungan antar alat	39
Gambar 3.2	Rancang bangun Modul Inverter	40
Gambar 3.3	Wiring Diagram Inverter	42
Gambar 3.4	Tiang penyangga untuk rangka plant	43
Gambar 3.5	Rangka plant komplet	44
Gambar 3.6	Susunan bak dan motor pada rangka	44
Gambar 3.7	Panel	46
Gambar 3.8	Program Bascom-AVR	47
Gambar 3.9	<i>Configure port</i>	48
Gambar 3.10	<i>Program setting</i>	48
Gambar 3.11	Pengenalan Hardware mikrokontroler	49
Gambar 3.12	Memasukkan file	49
Gambar 3.13	Proses pengunduhan	50
Gambar 4.1	Hubungan inverter dengan motor pompa	51
Gambar 4.2	Wiring Inverter	52
Gambar 4.3	Diagram Alir pengoperasian sistem	58
Gambar 4.4	Grafik waktu pengisian berbanding dengan frekuensi	60
Gambar 4.5	Grafik waktu pengosongan bak	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Input Output Inverter	41
Tabel 4.1	Parameter Setting	55
Tabel 4.2	Waktu Pengisian air pada Plant	59
Tabel 4.3	Waktu Pengosongan air pada Plant	61
Tabel 4.4	Gangguan pada plant	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi automasi di dunia industri semakin pesat berkembang seiring dengan kemajuan jaman. Hal ini yang menyebabkan beragamnya jenis perangkat kontrol yang diciptakan untuk mengoperasikan motor listrik. Sebelumnya orang hanya menggunakan motor DC untuk mendapatkan kecepatan yang dapat diatur dengan mudah. Karena untuk mengatur kecepatan pada motor AC sangat sulit dan membutuhkan biaya yang cukup besar dan tersedianya ruang, seperti dengan menggunakan *Gear Box*. Selain itu pada motor AC dibutuhkan rangkaian bintang – segitiga untuk kestabilan tegangan maupun arus pada saat kondisi start dan normal. Namun sekarang sudah tersedia suatu perangkat kontrol yang dapat mengendalikan kecepatan motor AC 3 phase dengan *V/F Variable* dan Inverter Drive yang mempunyai kelebihan sebagai *soft starting*, pengatur kecepatan putaran motor AC 3 phase, sistem pengereman motor AC 3 phase, juga sistem balik putaran motor AC 3 phase.

Karena tegangan dan frekuensi yang bervariasi, maka ini juga disebut *VVVF (Variable Voltage Variable Frequency)*. Keuntungan dari pengguna Inverter Drive sebagai alat kontrol menjadi lebih bervariasi jika mengetahui parameter setting yang tepat untuk menjalankan motor sesuai dengan kebutuhan. Inverter Drive telah digunakan dalam sistem ventilasi untuk bangunan besar, untuk kipas motor yang menghemat energi. Inverter Drive juga digunakan pada pompa dan conveyor.

Dengan latar belakang diatas, penulis memberi judul tugas akhir: pengaturan level ketinggian air berbasis Inverter Drive LG – SV008iC5. Aplikasi ini menggunakan Inverter Drive sebagai pengatur kecepatan motor pompa 3 phase, dan menggunakan kendali proporsional, yang mana pada sebuah kendali proporsional tersebut memiliki keluaran yang sebanding dengan besarnya kesalahan atau *error* terjadi.

1.2 Tujuan Penelitian

Dari hasil penelitian dan aplikasi pengaturan level ketinggian air berbasis Inverter Drive adalah :

1. Untuk memenuhi syarat kelulusan dan meraih gelar Sarjana Teknik (ST) di departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia.
2. Mengetahui cara kerja Inverter Drive sebagai pengatur kecepatan motor pompa, yang dapat di aplikasikan pada berbagai macam baik kebutuhan industri maupun non industri.
3. Memahami aplikasi Inverter Drive pada sistem pengaturan level ketinggian air berbasis Inverter Drive LG – SV008iC5.

1.3 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang penulisan tersebut, maka permasalahan yang timbul adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara kerja sensor ultrasonik?
2. Bagaimana cara pemrograman mikrokontroller?
3. Bagaimana cara pembuatan *plant water level control*?
4. Bagaimana cara *wiring* dan instalasi dari inverter?
5. Bagaimana cara parameter setting inverter untuk motor pompa 3 phase?
6. Bagaimana cara kerja inverter sebagai pengatur kecepatan motor/pompa?
7. Bagaimana cara kerja secara keseluruhan system pengaturan level ketinggian air berbasis inverter drive LG – SV008iC5?

1.4 Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah untuk Tugas Akhir ini, penulis membatasi pada objek pembuatan satu unit *plant water level control* yang digunakan sebagai alat simulasi ketinggian level air, pembuatan *wiring* Inverter Drive LG – SV008iC5 untuk dijadikan modul latihan sehingga dapat digunakan atau dikoneksikan dengan motor AC 3 phase, melakukan parameter setting yang diperlukan pada inverter drive untuk pengendali motor AC 3 phase, serta melakukan analisis kerja secara keseluruhan sistem dengan aplikasi pengaturan level ketinggian air berbasis inverter drive LG – SV008iC5. Sehingga didapatkan

hasil yaitu berupa pemahaman terhadap masing – masing karakteristik *hardware*, kerja sistem, dan mekanisme kontrol.

1.5 Metode Penulisan

Untuk penyusunan dan pembuatan seminar ini penulis menggunakan metode:

1. Studi Pustaka, Selain dari perkuliahan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia, penulis juga memperoleh bahan dan literature dari buku-buku penunjang yang dapat menjadi sumber penulisan teori dasar.
2. *Design system* pengaturan level ketinggian air berbasis inverter drive LG – SV008iC5.
3. Analisa kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan pada sistem pengaturan level ketinggian air berbasis inverter drive LG – SV008iC5.
4. Pengumpulan data alat dan bahan yang akan digunakan pada sistem pengaturan level ketinggian air berbasis inverter drive LG – SV008iC5.
5. Penetapan sistem yang akan dibangun.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini dibagi dalam beberapa bab, diantaranya:

Bab satu, pada bab ini akan membahas tentang latar belakang penulisan, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan Tugas Akhir untuk memberikan gambaran umum mengenai permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini. Bab dua, pada bab ini akan membahas tentang dasar teori yang digunakan pada Tugas Akhir ini. Bab tiga, pada bab ini akan menjelaskan mengenai perancangan, deskripsi kerja *plant* dan juga cara kerja inverter itu sendiri beserta *wiring* diagram. Bab empat, pada bab ini membahas tentang teknis dan analisa parameter setting pada inverter dan komunikasinya dengan mikrokontroller serta perubahan kecepatan yang terjadi berdasarkan volume atau ketinggian air. Bab lima, pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil percobaan dan analisa yang diperoleh dari penelitian ini.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengaturan Kecepatan Motor AC

Terdapat dua cara untuk mengatur kecepatan motor AC, yaitu :

1. Cara tradisional :

Cara ini pada umumnya lebih menggunakan perangkat mekanik sebagai pengatur kecepatan pada motor AC, contohnya adalah:

- Menggunakan *Gear Box*
- *Variable Pulley*
- Kopel elektromagnetik dan hidrolis

Cara-cara tersebut memiliki kelemahan seperti rentang presisi kecepatan yang rendah, kontrol kecepatan yang rendah, fungsi yang terbatas, serta kemungkinan peralatan yang kompleks.

2. Cara Modern :

Cara modern dalam mengatur kecepatan motor AC adalah dengan memanfaatkan bagian elektris dari motor AC, salah satunya dengan mengubah nilai tegangan / frekuensinya. Perubahan dilakukan dengan menggunakan Inverter Drive. Dengan menggunakan Inverter Drive akan didapat keuntungan seperti torsi lebih besar, presisi kecepatan, menambah fungsi baru (kemampuan berhubungan dengan perangkat lain), menambah kemampuan monitoring, dan keamanan yang lebih terjaga.

2.2 Inverter

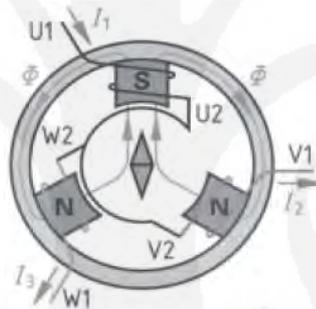
Inverter adalah sebuah alat yang mengubah listrik arus searah (DC) menjadi arus bolak – balik (AC). Dengan menggunakan transformator, switching, serta rangkaian kontrol tegangan dan frekuensi yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dikarenakan hasil yang didapatkan berupa tegangan atau frekuensi yang dapat diatur, maka inverter dapat diaplikasikan sebagai pengatur kecepatan

rotasi sebuah motor listrik AC. Aplikasi ini dikenal dengan sebutan *Variable Frequency Drive (VFD)*.

Sebuah *Variable Frequency Drive (VFD)* adalah suatu sistem untuk mengendalikan kecepatan rotasi motor listrik arus bolak – balik (AC) dengan mengendalikan frekuensi listrik yang diberikan ke motor. VFD juga dikenal sebagai *Adjustable Frekuensi Drive (AFD)*, *Variabel-Speed Drive (VSD)*, *AC Drive*, *Microdrives* atau *Inverter Drive*.

2.2.1 Prinsip Kerja

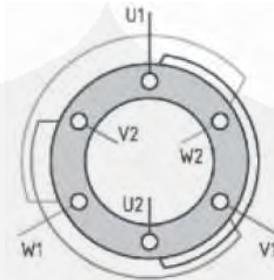
Motor induksi adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Listrik yang diubah adalah listrik 3 phase. Motor induksi sering juga disebut motor tidak serempak atau motor asinkron. Prinsip kerja motor induksi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Prinsip kerja motor induksi

Tegangan phase U masuk ke belitan stator menjadi kutub S (*south* = selatan), untuk phase V dan phase W menjadi kutub N (*north* = utara), garis-garis gaya magnet terbentuk mengalir melalui stator. Kompas akan saling tarik-menarik dengan kutub S, kemudian kutub S pindah ke phase V, kompas berputar 120°, dilanjutkan kutub S pindah ke phase W, sehingga pada belitan stator timbul medan magnet putar dan memutar lagi menjadi 240°. Kejadian berlangsung silih berganti membentuk medan magnet putar sehingga kompas berputar dalam satu putaran penuh, proses ini berlangsung terus menerus. Dalam motor induksi kompas digantikan oleh rotor sangkar yang akan berputar pada porosnya. Karena ada perbedaan putaran antara medan putar stator dengan putaran rotor, maka disebut motor induksi tidak serempak atau motor asinkron.

Susunan belitan stator motor induksi dengan dua kutub, memiliki tiga belitan yang masing-masing berbeda sudut 120° Gambar 2.2. Ujung belitan phase pertama U1- U2, belitan phase kedua V1-V2 dan belitan phase ketiga W1-W2.



Gambar 2.2 Belitan stator motor induksi dua kutub

Kecepatan medan putar stator ini sering disebut kecepatan sinkron, dapat dihitung secara teoritis besarnya seperti pada persamaan 2.1 dan 2.2:

$$n_s = \frac{f \times 120}{p} \quad (2.1)$$

$$slip = \frac{n_s - nr}{n_s} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

n_s = kecepatan sinkron medan stator (rpm)

f = frekuensi (Hz)

p = jumlah kutub pada motor

nr = kecepatan poros rotor (rpm)

$slip$ = selisih kecepatan stator dan rotor

Rotor ditempatkan di dalam rongga stator, sehingga garis medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Rotor motor induksi adalah beberapa batang penghantar yang ujung-ujungnya dihubung singkatkan, kondisi ini mengakibatkan pada rotor timbul induksi elektromagnetis. Medan magnet putar dari stator saling berinteraksi dengan medan magnet rotor, terjadilah torsi putar yang berakibat rotor berputar.

2.2.2 Tipe *Variable Frequency Drive* (VFD)

Semua *Variable Frequency Drive* (VFD) menggunakan perangkat output (IGBTs, transistor, thyristor) yang berfungsi sebagai *switch*. Perangkat output ini

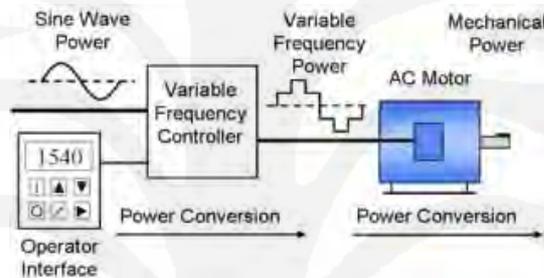
hanya memiliki dua keadaan yaitu aktif atau tidak aktif. Apabila menggunakan perangkat linear seperti maka akan banyak daya yang hilang.

Drive dapat diklasifikasikan sebagai:

- Tegangan konstan (*constant voltage*)
- Arus Konstan (*constant current*)
- Cycloconverter

2.2.3 Deskripsi Sistem *Variable Frequency Drive* (VFD)

Sebuah sistem penggerak frekuensi variabel umumnya terdiri dari sebuah motor AC, *controller* dan antarmuka operator seperti terlihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Variable Frequency Drive* (VFD) sistem

2.2.4 *Variable Frequency Drive* (VFD) Motor dan *Controller*

Motor yang digunakan dalam sistem *Variable Frequency Drive* (VFD) biasanya motor induksi tiga phase, karena motor induksi cocok untuk sebagian besar tujuan dan merupakan pilihan yang paling ekonomis. Motor dirancang untuk kecepatan tetap tetapi perangkat tambahan tertentu menawarkan keandalan yang lebih tinggi dan lebih baik kinerja *Variable Frequency Drive* (VFD).

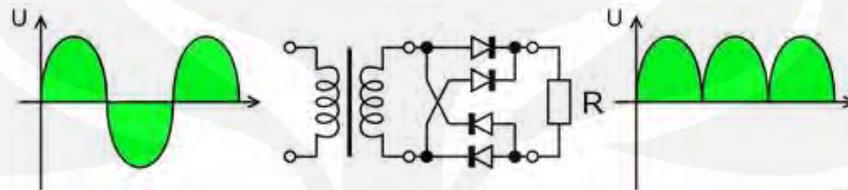


Gambar 2.4 Motor induksi 3 Phase

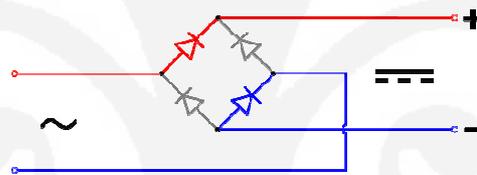
Karakteristik motor AC membutuhkan tegangan input secara proporsional setiap kali terjadi perubahan frekuensi untuk memberikan nilai torsi. Sebagai contoh, jika sebuah motor dirancang untuk beroperasi pada 460 volt pada 60 Hz,

tegangan yang diberikan harus dikurangi menjadi 230 volt ketika frekuensi dikurangi sampai 30 Hz. Dengan demikian rasio volt per hertz harus diatur ke nilai konstan ($460/60 = 7,67 \text{ V / Hz}$ dalam kasus ini). Untuk kinerja optimal, beberapa penyesuaian tegangan lebih lanjut diperlukan terutama pada kecepatan rendah, tapi konstan volt per hertz.

Variabel Frequency Controller Drive Solid State adalah konversi daya perangkat elektronik. Desain yang bisa mengubah input daya AC ke DC menggunakan *rectifier bridge*, seperti dijelaskan pada gambar 2.5 dan 2.6.

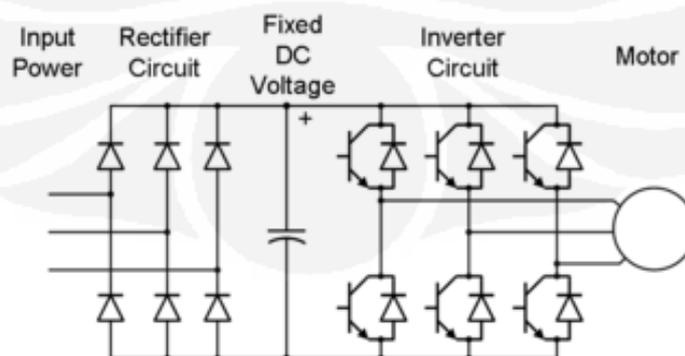


Gambar 2.5 Rectifier bridge



Gambar 2.6 Diode bridge

Input daya DC kemudian dikonversi menjadi kuasi-sinusoidal daya AC dengan menggunakan rangkaian switching inverter. *Rectifier* tiga phase menggunakan jembatan dioda, dan kontrol rangkaian penyearah sebagai converter phase serta pengatur kecepatan. Rangkaian switching inverter dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 PWM Variable Frequency Drive (VFD) Diagram

2.3 Perangkat Pendukung Pengaturan Level Ketinggian Air

2.3.1 Inverter LG SV008 - iC5

Pada modul ini menggunakan Inverter LG model SV008iC5 dengan kapasitas daya beban sebesar 0,75 kW (1HP). Pada inverter ini menggunakan sumber tegangan (*input*) sebesar 200 - 230 V (1 phase) untuk kemudian diubah menjadi tegangan keluaran 220 - 380 V (3 phase), untuk mengendalikan beban menggunakan pengaturan PWM. Keunggulan inverter ini mempunyai kelebihan seperti *Modbus RTU Communication*, *PID Control*, *Sensorless Vector Control*, dan *Motor Parameter Auto Tunning*. *Modbus RTU communication* mempunyai fungsi untuk dapat mengendalikan inverter melalui PLC ataupun melalui perangkat lainnya. *PID control* digunakan untuk memperbaiki kecepatan pada motor dengan cepat dan biasanya ini digunakan sebagai kontrol untuk tekanan, suhu, aliran dan lain - lain. *Auto Tunning* digunakan untuk mengeset motor secara otomatis pada kecepatan rendah dengan beban bervariasi. Sedangkan untuk *Sensorless Vector Control* untuk mengendalikan karakteristik torsi dan dapat menstabilkan kecepatan pada berbagai kondisi sesuai dengan variasi beban.

Parameter Setting

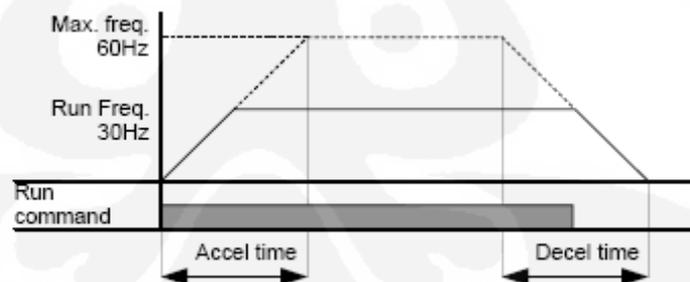
Parameter Setting merupakan bagian pemrograman yang paling penting dari Inverter sebelum mengoperasikan inverter. Karena dari parameter setting kita dapat menggunakan inverter sesuai dengan kebutuhan. Fungsi dari parameter setting itu sendiri adalah sebagai bentuk komunikasi antara inverter dengan peralatan input (dari sensor maupun PLC) dan output (motor listrik) yang mempunyai tujuan mengatur kecepatan motor listrik, yaitu dari awal motor *start* sampai motor berputar pada kecepatan maksimum dan juga sebagai pengaman untuk motor listrik jika terjadi suatu gangguan ataupun masalah yang timbul pada saat pengoperasian. Pada parameter setting Inverter LG model SV008iC5 mempunyai empat grup yang masing – masing grup mempunyai fungsi yang berbeda–beda. Berikut ini adalah penjelasan grup beserta fungsinya:

A. Drive Group

Drive group merupakan suatu bentuk fungsi parameter dasar dalam mengoperasikan inverter. Disini terdapat pengaturan waktu akselerasi dan deselerasi pada saat motor dijalankan maupun motor diberhentikan (ACC/dEC). Selain itu juga terdapat fungsi dari input yang akan digunakan dalam pengoperasian inverter baik secara digital maupun secara analog (*Frequency mode*). Untuk *multi speed 1 – multi speed 3* juga terdapat pada fungsi ini yaitu pada St1, St2, dan St3 dengan masing – masing nilai setting frekuensi yang berbeda. Dan juga pada bagian fungsi ini putaran motor dapat membalikkan arah putaran (drC) tanpa menukar salah satu kabel daya pada sambungan motor, cukup dengan memilih putaran maju (*Forward*) atau mundur (*Reverse*) maka motor akan mengikuti. Berikut ini daftar yang terdapat pada fungsi *Drive Group*:

1. Akselerasi dan deselerasi (ACC/dEC).

Dimana akselerasi adalah waktu yang dibutuhkan motor dari keadaan awal hingga mencapai frekuensi yang diinginkan, hal ini identik dengan waktu motor berputar. Sedangkan deselerasi merupakan waktu yang dibutuhkan motor untuk mencapai nilai frekuensi yang diinginkan, hal ini terjadi pada saat motor mengalami penurunan kecepatan. Satuan untuk parameter setting ini adalah detik.

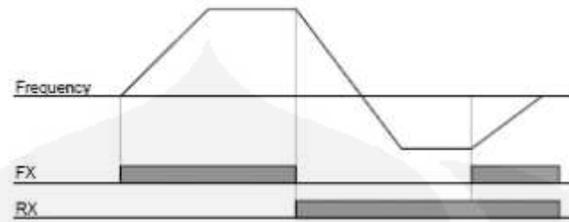


Gambar 2.8 Waktu *Accel* dan *Deccel*

2. Drive mode run/stop (Drv)

Fungsi pada bagian ini adalah pilihan untuk dapat mengoperasikan inverter melalui *keypad*, *via control terminal*, dan juga *via communication option*. Saat fungsi ini diberikan nilai setting 2, maka Fx dapat beroperasi untuk menjalankan dan memberhentikan motor, sedangkan Rx sebagai *reverse rotation select*. Jadi

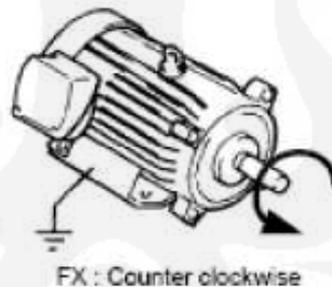
pada parameter setting tersebut untuk menjalankan dan memberhentikan motor hanya dengan menggunakan 1 terminal Fx saja.



Gambar 2.9 Fx sebagai fungsi *run/stop*

3. *Forward/reverse (drC)*

Untuk dapat membalik arah putaran pada motor, maka tidak perlu menukar salah satu sambungan kabel daya pada motor, cukup dengan melakukan parameter setting I20 (*multi function input terminal P1 define*) = 0 ; I21 (*multi function input terminal P2 define*) = 1, maka tinggal memilih putaran apa yang diinginkan, putaran maju (*Forward*) = P1 atau mundur (*Reverse*) = P2, maka motor akan mengikuti dari pilihan settingan tersebut.



Gambar 2.10 *forward/reverse*

4. *Frequency mode*

Frequency mode merupakan suatu bentuk pilihan jenis input yang akan digunakan oleh inverter, baik *input digital* dari inverter melalui *keypad* ataupun *input analog* dari inverter seperti *potensiometer on the keypad*. Selain itu inverter juga dapat menggunakan input analog lain dari terminal V1, VR, dan I. Selain itu inverter juga dapat menggunakan *Modbus-RTU Communication*. Kesemuanya itu

dapat dipilih salah satu untuk mengoperasikan inverter sesuai dengan jenis input yang akan digunakan.

B. Function Group 1

Pada fungsi parameter ini adanya jenis pengaktifan sistem membalikkan arah putaran (F1), baik salah satunya ataupun kedua arah putaran tersebut. Putaran yang diinginkan bisa berupa putaran maju ataupun mundur tergantung kebutuhan. Selain itu juga terdapat fungsi *Jog frequency* (F20) untuk mengatur berapa besar frekuensi pada saat Jog. Untuk pengaturan kecepatan *maximum* (F21), kecepatan dasar (F22), maupun kecepatan pada saat start (F23) dapat diatur berapa frekuensi masing – masing fungsi tersebut. Pada fungsi ini juga terdapat *V/F control* (F30), dimana pemakai dapat memilih jenis pengoperasian inverter baik secara linear, square, maupun dengan variabel V/F. Selain fungsi diatas, pada bagian ini dapat menentukan nilai setting pengaman pada inverter itu sendiri seperti *Electronic thermal* (F50), *overload warning level* (F54).

Berikut ini daftar yang terdapat pada *Function Group 1*:

1. Forward –reverse run disable

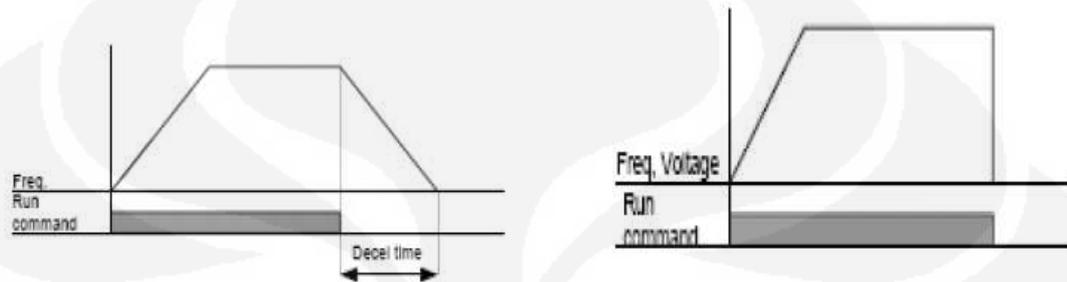
Pada bagian fungsi ini putaran maju atau mundur dapat dipilih salah satu dari keduanya (F1) atau mungkin dapat juga menggunakan kedua jenis putaran tersebut. Dengan memberikan setting pada F1 nilai 0 (fwd and rev run enable) maka arah putaran maju dan mundur dapat dipilih dengan mengaktifkan setting pada drC *forward* atau *reverse* maka putaran motor akan mengikuti nilai setting pada drC ini.



Gambar 2.11 *Forward –reverse run disable*

2. Stop mode select

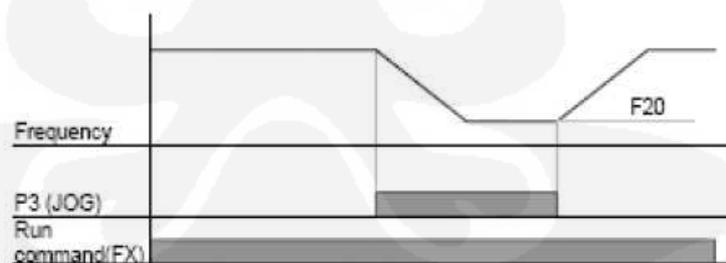
Untuk dapat memberhentikan putaran motor (F4), maka inverter memiliki 3 cara untuk melakukan hal tersebut yaitu *deccelerate to stop*, *stop via DC brake*, dan *Free run to stop*. Hal ini dapat dilakukan melalui instruksi dari fx dan rx yang sebelumnya disetting oleh fungsi Drv . berikut karakteristik dari cara pemberhentian *deccelerate to stop* maupun *free run to stop*.



Gambar 2.12 *Decelerate to stop* dan *free run to stop*

3. Jog frequency

Jog merupakan suatu fungsi untuk dapat menaikkan frekuensi ketika motor sedang dijalankan. Besarnya nilai frekuensi setiap terjadi instruksi jog dapat disetting sampai dengan 400Hz. Perintah untuk instruksi jog tersebut disetting pada function I/O group yaitu dari I20 = 0, dan I24 = 4.



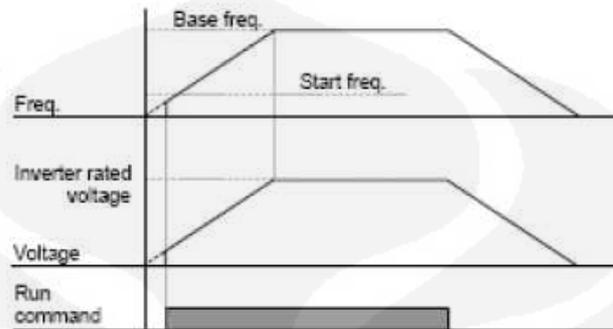
Gambar 2.13 JOG

4. Max frequency

Max frequency merupakan suatu nilai batasan pada motor untuk dapat berputar mengikuti nilai setting ini. Ketika F21 = 60Hz, maka motor akan mampu berputar hingga mencapai nilai 60 Hz tersebut.

5. Base frequency

Base frequency adalah suatu nilai kecepatan dasar sesuai dengan name plate pada motor. Saat $F_{22} = 50\text{Hz}$, maka pada saat frekuensi mencapai nilai 50Hz inverter *rated voltage* akan mengikuti nilai pada frekuensi tersebut.



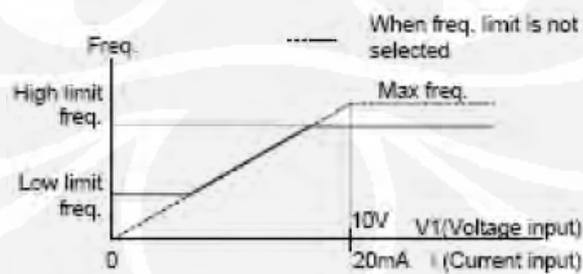
Gambar 2.14 *Base frequency*

6. Start frequency

Merupakan suatu nilai frekuensi dimana motor akan bekerja pada saat nilai inverter sudah sesuai dengan nilai yang diberikan pada parameter setting F_{23} . Inverter dapat menjalankan motor pada kondisi awal ketika motor dalam kondisi diam yaitu pada nilai frekuensi 0.1 Hz sampai dengan 10 Hz.

7. Frequency high low limit select

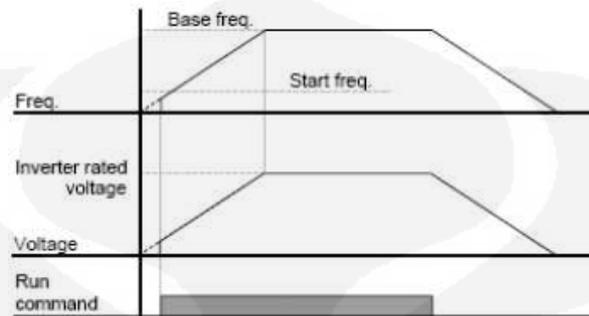
Fungsi dari parameter ini sebagai suatu pengaktifan nilai batasan frekuensi inverter pada motor yaitu dari setting minimum hingga mencapai frekuensi tertinggi. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya kerusakan pada motor yang diakibatkan panasnya motor pada saat bekerja.



Gambar 2.15 *Frequency high low limit select*

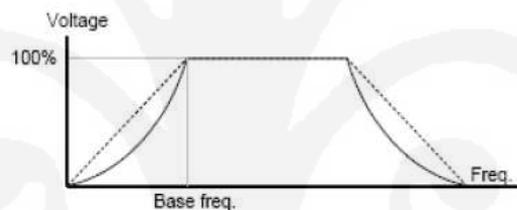
8. V/F pattern

Pada bagian ini, tipe karakteristik beban dipilih untuk disesuaikan dengan jenis fungsi pengoperasian inverter. Untuk setting 0 (linear) digunakan untuk mendapatkan karakteristik torsi konstan.



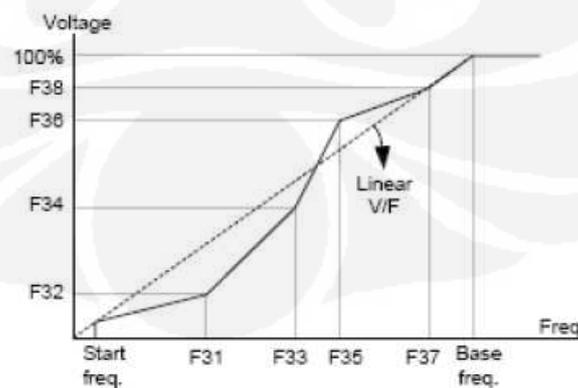
Gambar 2.16 *Linear V/F operation*

Sedangkan untuk setting 1 (*square*) digunakan untuk aplikasi pada kipas angin, pompa, dan lain –lain.



Gambar 2.17 *Square V/F operation*

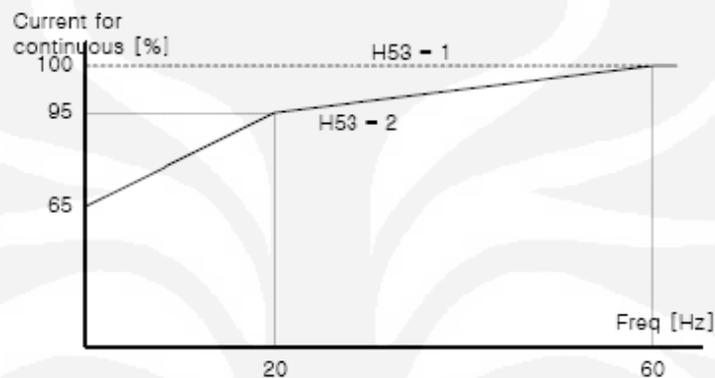
Pada saat parameter setting memberikan nilai 2 (*user V/F*) digunakan pada motor khusus untuk mengetahui karakteristik beban. Namun sebelumnya terlebih dahulu memberikan setting pada F31 sampai dengan F38, untuk mendapatkan karakteristik tersebut dengan nilai V dan F yang bervariasi.



Gambar 2.18 *User V/F pattern*

9. *Electronic thermal select*

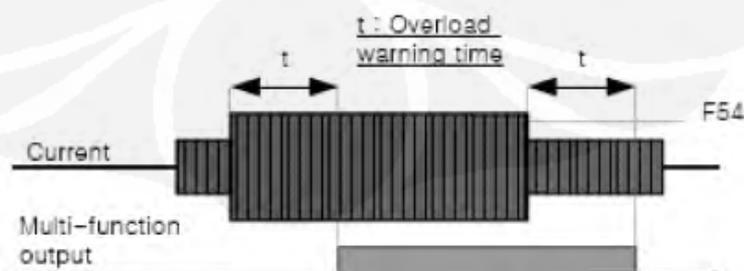
Fungsi dari parameter ini adalah mengaktifkan perlindungan pada motor jika terjadi gangguan *overheated*. Dengan memberikan nilai 1 maka pengamanan inverter akan berfungsi. Selain itu akan muncul fungsi dari F51 (*Electronic thermal level for 1 minute*), F52 (*Electronic thermal level for continuous*), dan F53 (*motor cooling method*). Untuk ke tiga fungsi yang muncul tersebut nilai settingan diberikan sesuai dengan nilai pabrik (*factory default*).



Gambar 2.19 *Electronic thermal*

10. *Overload warning*

Fungsi dari *overload warning level* yaitu memberikan signal peringatan pada inverter saat terjadi gangguan *overload* hingga mencapai nilai settingan yang diberikan, saat F54 (*overload warning level*) = 150 %, F55 (*overload warning time*) = 10 sec, I54 (*multi function output terminal select*) = 5 (*overload*), dan I55 (*multi function relay select*) = 5 (*overload*) maka jika terjadi overload hingga mencapai 150% dalam waktu 10 detik inverter akan mengirimkan signal kepada I54 dan I55 untuk aktifnya fungsi dari *multi function output terminal* dan *multi function relay*.



Gambar 2.20 *overload warning*

11. Overload trip

Merupakan sebuah instruksi pengaman terhadap inverter jika terjadi gangguan overload. Dengan melakukan parameter setting F56 (*overload trip select*) = 1, F57 (*overload trip level*) = 180%, dan F58 = 60 sec maka inverter akan mati jika motor mengalami overload sebesar 180% dengan lama 60 *second*.

C. Function Group 2

Function group 2 merupakan sekumpulan fungsi yang memiliki kemampuan untuk mengoperasikan keunggulan dari inverter seperti pemilihan jenis control yang akan digunakan (H40) apakah ingin menggunakan *V/F control*, *slip compensation control*, *PID feed back control* atau *sensorless vector control*. *Auto tuning* (H41) juga termasuk berada pada group ini. Selain itu untuk dapat menjalankan motor, perlunya inverter mengetahui spesifikasi data motor (H30). Jika ingin menjalankan dua motor dengan satu inverter disini dapat melakukan parameter setting (H81) mengenai spesifikasi data motor ke dua. Untuk keamanan parameter setting yang telah dilakukan, pada bagian ini terdapat *password* (H94) untuk mengunci parameter setting (H95) tersebut yang sebelumnya telah diregister. Berikut ini daftar yang terdapat pada *function group 2*:

1. Fault history

Merupakan tempat penyimpanan informasi jika terjadi suatu gangguan atau kegagalan pada frekuensi, arus dan juga accel/decel. Untuk parameter setting ini sebaiknya mengikuti apa yang diberikan pada *factory default*.

2. Dwell frequency

Digunakan untuk mendapatkan torsi secara langsung. Biasanya digunakan dalam aplikasi untuk mendapatka torsi yang cukup sebelum terjadinya pengereman. Dengan memberikan parameter setting H7 (*dwell frequency*) = 5Hz, dan H8 (*dwell time*) = 0.0 sec maka ketika inverter memberikan instruksi untuk menjalankan motor maka setelah nilai *dwell frequency* berhasil terlampaui motor baru akan dapat berjalan.

3. Output phase loss protection

Inverter akan mematikan output ketika terjadi salah satu phasa pada output tidak terhubung yaitu mengaktifkannya dengan melakukan parameter setting

H19=1. Namun jika pada parameter setting H33 (*Motor rated current*) berbeda dengan name plate pada motor sehingga H19 tidak akan dapat aktif.

4. Current level during speed search

Fungsi ini digunakan ketika ada kemungkinan terjadinya kegagalan pada output inverter dalam pengoperasian yaitu sesudah beban bergerak dan inverter akan melakukan estimasi untuk mendeteksi kecepatan motor (rpm) yang hilang karena kegagalan tersebut. Dimana H23 (*current level during speed search*) = 100, H24 (*P gain during speed search*) = 100, H25 (*I gain during speed search*) = 1000, I54 (*multi function output terminal select*) = 15, dan I55 (*multi function relay select*). H23 merupakan batas arus selama pendeteksian kecepatan. Sedangkan H24 dan H25 akan aktif saat menggunakan *PI control*.

5. Motor type

Parameter setting ini dilakukan untuk memberikan informasi kepada inverter mengenai spesifikasi motor yang akan dijalankan. H30 (*motor type select*) adalah berapa KW daya pada motor, H31 (*number of motor poles*) adalah jumlah kutub pada motor, H32 (*rated slip frequency*) adalah slip frekuensi pada motor, H34 (*no load motor current*) adalah arus motor tanpa beban. H36 (*motor efficiency*) adalah efisiensi motor pada *name plate*.

6. Carrier frequency

Merupakan pengaturan kebisingan suara motor dengan cara mengatur *carrier frequency* pada motor, dimana semakin besar nilai *carrier frequency* didapatkan suara bising pada motor yang semakin halus dan semakin kecil nilai *carrier frequency* maka suara motor akan semakin kasar.

7. Control mode

Pemilihan jenis *control* pada inverter yang akan digunakan (H40) dalam menjalankan motor, apakah ingin menggunakan *V/F control*, *slip compensation control*, *PID feed back control* atau *sensorless vector control*. Saat *slip compensation* dijadikan sebagai tipe *control* maka motor akan berjalan dengan kecepatan konstan dengan kompensasi dari slip pada motor induksi. Berikut tabel parameter setting untuk slip compensation. Ketika tipe pengoperasian inverter sebagai *PID feed back control* maka *output* frekuensi dari inverter akan dikendalikan melalui *PID control* untuk mendapatkan kecepatan konstan. Namun

ketika inverter menggunakan *sensorless vector* sebagai tipe *control* maka dibutuhkan tingkat ketepatan atau presisi yang tinggi dalam pengukuran. Berikut parameter setting yang benar untuk tipe *sensorless vector control*.

8. *Auto tuning*

Auto tuning digunakan untuk mengeset motor factor secara otomatis pada kecepatan rendah dengan beban bervariasi. Pada parameter setting H42 dan H44 akan mengukur secara otomatis oleh inverter itu sendiri ketika *auto tuning* diaktifkan.

9. *Power On display*

Merupakan sebuah tampilan pada display inverter ketika pertama kali inverter ON/ hidup. Berikut beberapa fungsi yang dapat ditampilkan.

10. *Gain for motor rpm*

Parameter ini berguna untuk mengubah tampilan pada kecepatan putar motor yang semula dari *rotating speed* (r/min) menjadi *mechanical speed* (m/ml). Berikut ini rumus untuk mendapatkan nilai H74

$$RPM = \left(\frac{120 \times f}{H31} \right) \times \frac{H74}{100} \quad (2.3)$$

Dimana

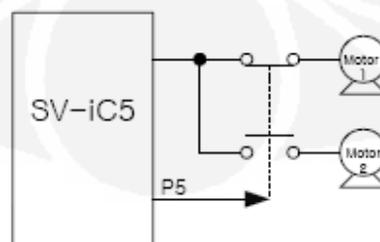
H31 = Jumlah kutub motor

H74 = Gain pada motor

F = frekuensi

11. *2nd motor operation*

Inverter dapat mengoperasikan dua motor dalam satu buah inverter dengan metode control yang berbeda pada masing – masing motor. Motor tersebut juga dapat menggunakan tipe yang berlainan karena inverter menyediakan masing – masing parameter setting untuk kedua motor tersebut.



Gambar 2.21 Hubungan operasi dengan dua motor

12. Password

Untuk keamanan parameter setting yang telah dilakukan, maka pada bagian ini terdapat *password register* (H94) dan juga untuk mengunci atau membuka kunci parameter setting (H95) tersebut yang sebelumnya telah diregister.

D. I/O Group

Pada I/O group ini memiliki berbagai macam jenis input dan output yang digunakan baik itu yang digital maupun analog dengan karakteristik yang berbeda-beda dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Selain itu juga memiliki *multi function output terminal* dan *multi function relay*. Berikut ini daftar yang terdapat pada fungsi *I/O Group*:

1. Filter time constant for V0 input

Pada bagian ini inverter memiliki potentiometer sebagai input dengan rating tegangan 0-10V dengan nilai setting frekuensi sesuai dengan kebutuhan, namun tidak dapat melebihi nilai dari F21 (*max frequency*). Berikut tabel mengenai parameter setting *filter time constant for V0 input*.

2. Filter time constant for V1 input

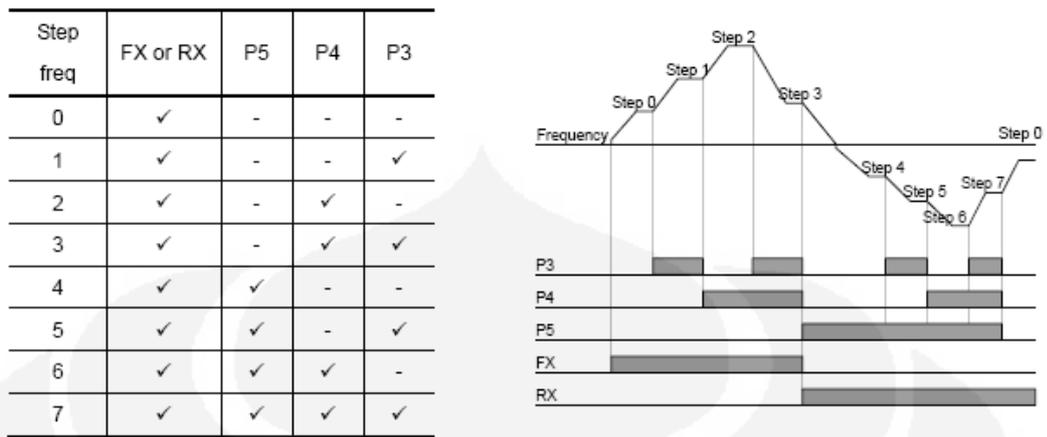
Pada bagian ini inverter memiliki terminal V1 sebagai input dengan rating tegangan 0-10V dengan nilai setting frekuensi sesuai dengan kebutuhan, namun tidak dapat melebihi nilai dari F21 (*max frequency*). Berikut tabel mengenai parameter setting *filter time constant for V1 input*.

3. Filter time constant for I input

Pada bagian ini inverter memiliki terminal I sebagai input dengan rating tegangan 0 –20 mA dengan nilai setting frekuensi sesuai dengan kebutuhan, namun tidak dapat melebihi nilai dari F21 (*max frequency*).

4. Multi function input terminal dan Multi step frequency

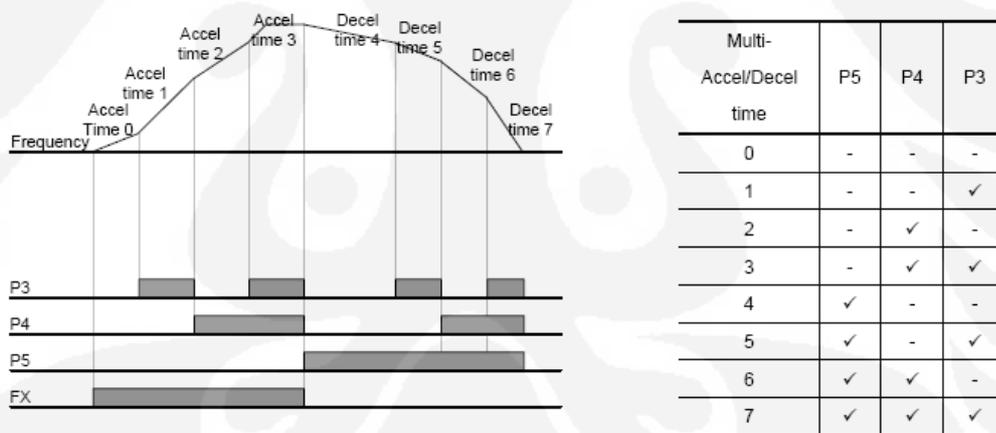
Pada bagian ini, terminal P1 dan P2 dapat dikendalikan sebagai Fx/Rx. Untuk terminal P3, P4, dan P5 masing –masing dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, baik itu sebagai multi speed ataupun untuk output relay. Jika P3, P4, dan P5 digunakan sebagai multi step frequency.



Gambar 2.22 multi step frequency

5. Multi accel/decel

Fungsi dari bagian ini tidak jauh berbeda dengan fungsi dari multi step frequency, perbedaan pada *multi accel decel* terlihat pada parameter setting dan grafiknya, dimana fungsi ini terlihat mirip dengan setengah gelombang.



Gambar 2.23 multi accel/decal

2.3.2 Mikrokontroler ATMEL AVR AT-MEGA 8535

A. Mikrokontroler Secara Umum

Mikrokontroler sering disebut dengan *Single Chip Computer* atau suatu kepingan IC dimana didalamnya terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) beserta memori serba guna (RAM), Input/Output dan fasilitas pendukung lainnya. Mikrokontroler ini dapat memiliki kemampuan untuk diprogram dan

digunakan untuk dapat dikendalikan (control). Antara Mikroprosesor dengan Mikrokontroler terdapat beberapa perbedaan diantaranya adalah Mikroprosesor hanya berupa *single chip CPU (Central Processing Unit)* tanpa memori dan *peripheral* lainnya sebagai pendukung sebuah komputer, sedangkan mikrokontroler adalah *complete chip CPU* yang memiliki *ROM/Flash memory, RAM, interface serial/paralel, timer, sistem interrupt*, dsb. Mikrokontroler muncul dengan dua alasan utama, yaitu kebutuhan pasar (*market need*) dan perkembangan teknologi baru (*expansion of technology*). Yang dimaksud dengan kebutuhan pasar adalah kebutuhan yang luas dari produk-produk elektronik akan perangkat pintar sebagai pengendali dan pemroses data. Sedangkan yang dimaksud dengan perkembangan teknologi baru adalah perkembangan teknologi semikonduktor yang memungkinkan pembuatan chip dengan kemampuan komputasi yang sangat cepat, bentuk yang semakin kecil, dan harga yang semakin murah (*smart, small, and cheap*). Karena kemampuannya yang tinggi, bentuknya yang kecil, konsumsi dayanya yang rendah, dan harga yang murah maka mikrokontroler begitu banyak digunakan di dunia. Seperti mainan anak-anak, perangkat elektronik rumah tangga, peralatan telekomunikasi, peralatan medis dan kedokteran. Mikrokontroler dapat diumpamakan sebagai bentuk minimum dari sebuah mikrokomputer dimana terdapat perangkat keras, perangkat lunak, memori, CPU, dan sebagainya, yang terdapat dalam satu IC.

B. Desain Mikrokontroler AVR ATMEGA 8535

Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc Prosesor*) memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bits word) dan sebagian besar intruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*, berbeda dengan intruksi MCS 51 yang membutuhkan 12 siklus *clock*. Hal ini terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS 51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*).



Gambar 2.24 Bentuk AVR ATMEGA8535

Secara umum AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega dan keluarga AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memory, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan intruksi yang digunakan, semua jenis AVR dapat dikatakan hampir sama. Salah satu tipe Mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan adalah Mikrokontroler ATmega 8535. Bentuk fisik Mikrokontroler AVR ATmega 8535 ditunjukkan pada Gambar 2.24.

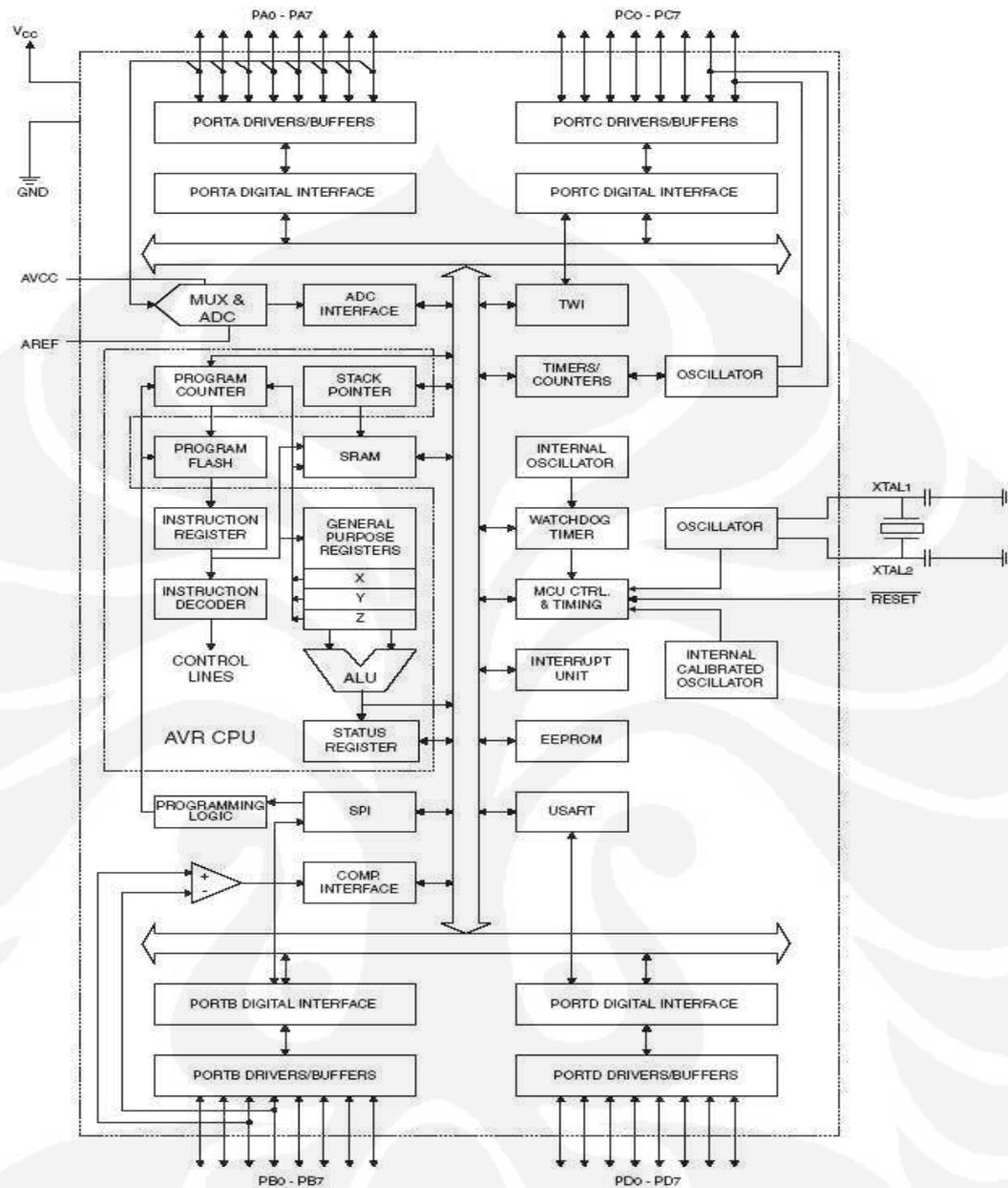
C. Fitur ATMEGA 8535

Kapabilitas detail dari ATmega 8535 adalah sebagai berikut:

1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 Mhz.
2. Kapabilitas memory flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte, dan EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) sebesar 512 byte.
3. ADC internal dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 channel.
4. Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps untuk Komunikasi serial.
5. Enam pilihan mode sleep menghemat penggunaan daya listrik.

D. Arsitektur ATMEGA 8535

Dilihat dari segi arsitektur dijelaskan bahwa ATmega 8535 memiliki bagian yang ditunjukkan pada Gambar 2.25:



Gambar 2.25 Diagram Blok AVR ATmega8535

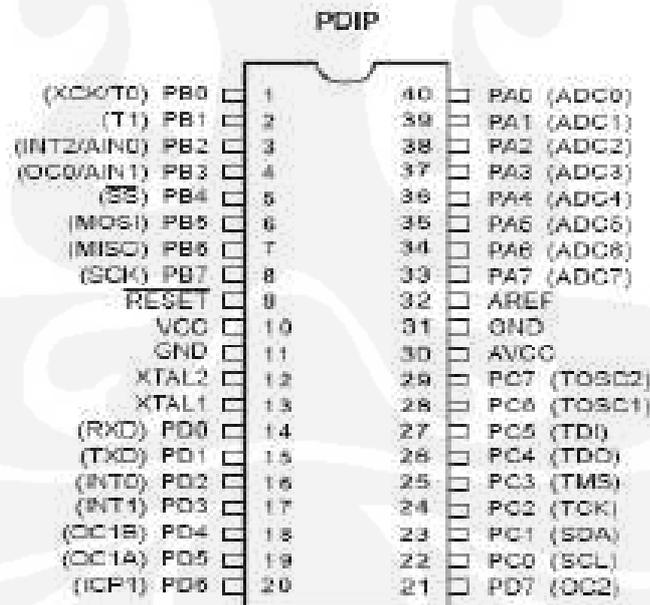
Bagian-bagian penting yang tersedia pada Mikrokontroler AVR AT-MEGA 8535 :

1. Saluran I/O ada 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C dan Port D.
2. ADC (Analog Digital Converter) 10 bit sebanyak 8 channel.
3. Tiga buah timer/counter dengan kemampuan perbandingan.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. 131 instruksi andal yang umumnya hanya membutuhkan 1 siklus clock.
6. Watchdog Timer dengan osilator internal.

7. Dua buah timer/counter 8 bit, satu buah timer/counter 16 bit.
8. Tegangan operasi 2,7 Volt-5,5 Volt pada ATmega 8535.
9. Internal SRAM 512 byte.
10. Memori flash sebesar 8 KB dengan kemampuan Read While Write.
11. Unit interupsi internal dan eksternal.
12. Port antar muka SPI.
13. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat beroperasi.
14. Antarmuka komparator analog.
15. 4 Channel PWM.
16. 32X8 general purpose register.
17. Hampir mencapai 16 MIPS pada kristal 16KHz.
18. Port USART Programmable untuk komunikasi serial.

E. Konfigurasi Pin ATMEGA 8535

Konfigurasi ATmega 8535 pada Gambar 2.8 merupakan susunan kaki standart 40 pin. DIP mikrokontroler AVR ATmega 8535 dapat ditunjukkan pada Gambar 2.26 :



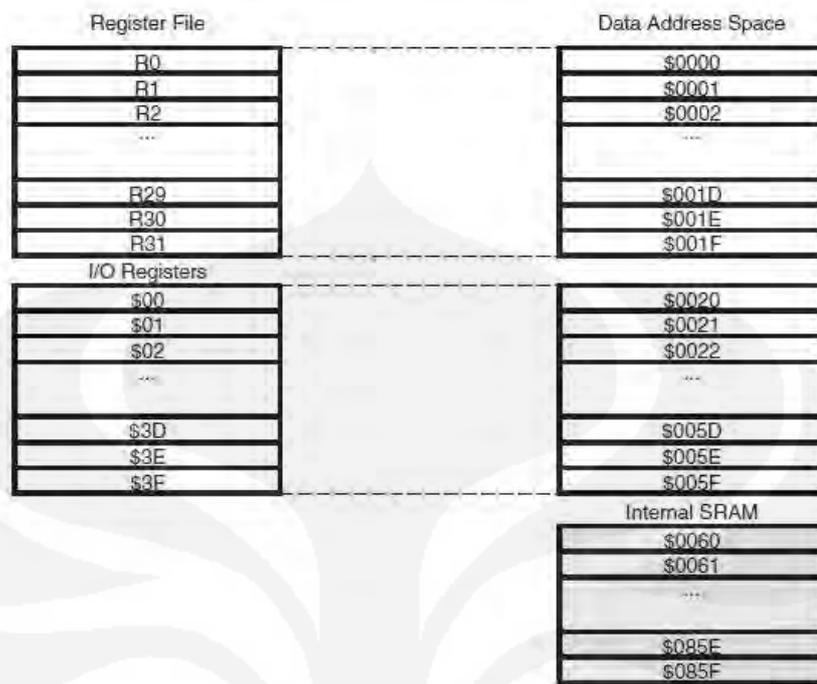
Gambar 2.26 pin pin Mikrokontroler AVR ATmega8535

Berikut adalah penjelasan umum Mikrokontroler ATmega 8535 :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya. Setiap peralatan elektronika digital dibutuhkan sumber tegangan yang pada umumnya sebesar 5 volt, oleh karena itu digunakan IC Regulator 7805.
2. GND merupakan pin ground.
3. Port A (PA0 s.d. PA7) merupakan pin I/O dua arah dan sebagai pin masukan ADC.
4. Port B (PB0 s.d. PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0 s.d. PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog dan Timer Oscillator.
6. Port D (PD0 s.d. PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

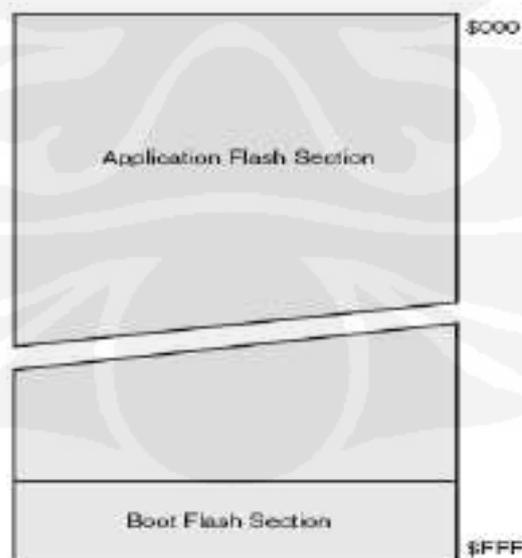
F. Peta Memori ATMEGA 8535

Peta memori ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan data dan memori program yang terpisah. Memori data yang terdapat pada ATmega 8535 terdiri dari tiga bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O, dan 2048 byte SRAM internal. Register keperluan umum menempati ruang data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 hingga \$5F. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 *byte*, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan pada Gambar 2.9 dan Peta memori program AVR ATmega 8535 ditunjukkan pada Gambar 2.27 :



Gambar 2.27 Konfigurasi Memori Data AVR ATmega 8535

Memori program yang terletak dalam *Flash* PEROM tersusun dalam word atau 2 *byte* karena setiap instruksi memiliki lebar 16 bit atau 32 bit. ATmega 8535 memiliki 16 KByte X 16 bit *Flash* PEROM dengan alamat mulai dari \$0000 sampai \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit *Program Counter* (PC) sehingga mampu mengalami isi *Flash*. Peta memori program AVR ATmega 8535 ditunjukkan pada gambar 2.28:



Gambar 2.28 Peta Memori Program AVR ATmega 8535

2.3.3 Perangkat Sensor PING

Sensor Ping (ultrasonik) adalah modul pengukur jarak dengan ultrasonik buatan Parallax Inc. sensor ini dapat mengukur jarak antara 3 cm sampai 300 cm. output dari sensor ini berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak. Lebar pulsanya bervariasi dari 115 uS sampai 18,5 mS

Pada dasarnya, Ping terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suara, sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suaranya.

Pin signal dapat langsung dihubungkan dengan mikrokontroler tanpa tambahan komponen apapun. Ping hanya akan mengirimkan suara ultrasonik ketika ada pulsa trigger dari mikrokontroler (Pulsa high selama 5uS). Suara ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40KHz akan dipancarkan selama 200uS. Suara ini akan merambat di udara dengan kecepatan 344.424m/detik (atau 1cm setiap 29.034uS), mengenai objek untuk kemudian terpantul kembali ke Ping. Selama menunggu pantulan, Ping akan menghasilkan sebuah pulsa. Pulsa ini akan berhenti (low) ketika suara pantulan terdeteksi oleh Ping. Oleh karena itulah lebar pulsa tersebut dapat merepresentasikan jarak antara Ping dengan objek. Bentuk fisik dari sensor Ping seperti ditunjukkan pada gambar 2.29:



Gambar 2.29 Sensor PING (ultrasonik)

sesuai rumus fisika: $S = V \cdot t$, namun waktu yang dihitung adalah waktu pergi dan waktu datang sehingga jarak yang ditempuh adalah dua kali.

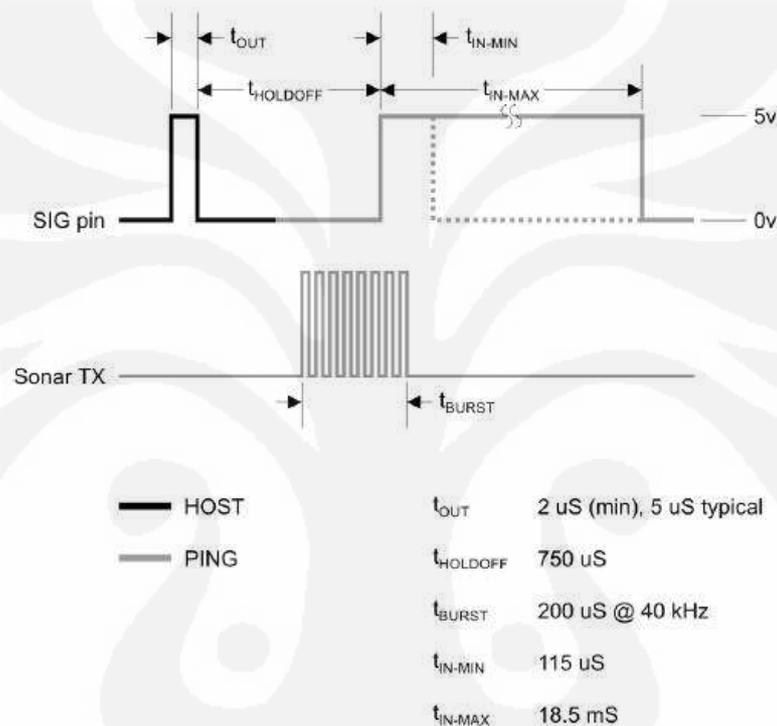
Jadi untuk menghitung jarak, $s = V (0.5 T)$ atau $(0.5 s) = v \cdot t$

Spesifikasi sensor ini :

- Kisaran pengukuran 3cm-3m
- Input trigger –positive TTL pulse, 2uS min., 5uS tipikal
- Echo hold off 750uS dari fall of trigger pulse

- Delay before next measurement 200uS
- Burst indicator LED menampilkan aktifitas sensor.

Dari gambar 2.29 sensor Ping tersebut hanya memiliki tiga buah kaki, VCC, GROUND, dan SIGNAL, SIGNAL ini berfungsi sebagai pengatur serta penerima sensor yang akan ditangkap oleh PIR. mengirim sinyal kasih tegangan kotak. 0 1 0 menerima sinyal pantul maka ping akan jadi 0. untuk lebih jelasnya dapat kita lihat gambar 2.30 berikut ini:



Gambar 2.30 Prinsip kerja Sensor PING (ultrasonik)

pada gambar, grafik SIGNAL Host (mcs) yang sinyal lebih tebal, algoritmanya: aktifkan PING => Delay t burst (PING siap-siap send signal) => aktifkan timer pada host. SIGNAL akan high => tunggu sinyal pantul. => matikan timer, pantulan diterima SIGNAL = 0. Timer merupakan pencacah digunakan untuk menghitung waktu menuju benda dan pantulannya ke ping. maximal adalah 0.018 s atau 18 ms atau jarak maximum adalah sekitar 6 meter (pergi pulang) sehingga jarak max benda setengahnya yaitu sekitar 3 meter.

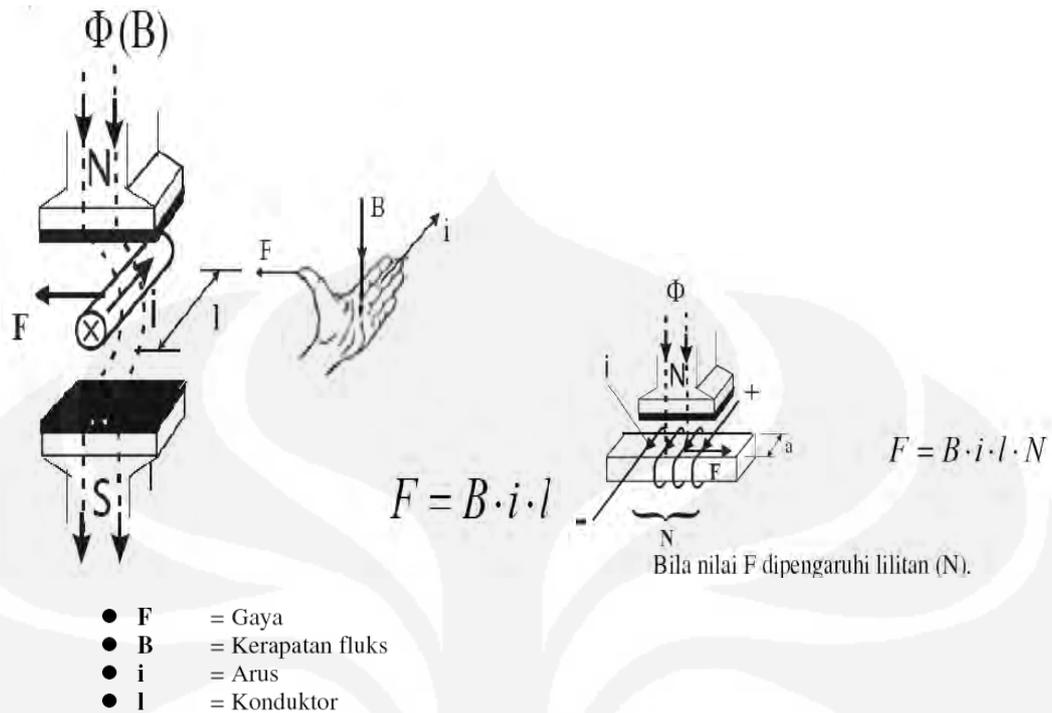
2.3.3 Perangkat Motor Pompa 3 Phasa

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

A. Mekanisme Kerja Motor

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama, seperti ditunjukkan pada gambar 2.31.

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga.
- putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.



Arus listrik (i) yang dialirkan di dalam suatu medan magnet dengan kerapatan Fluks (B) akan menghasilkan suatu gaya (F).

Gambar 2.31 Mekanisme kerja motor

Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/ *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok, yaitu:

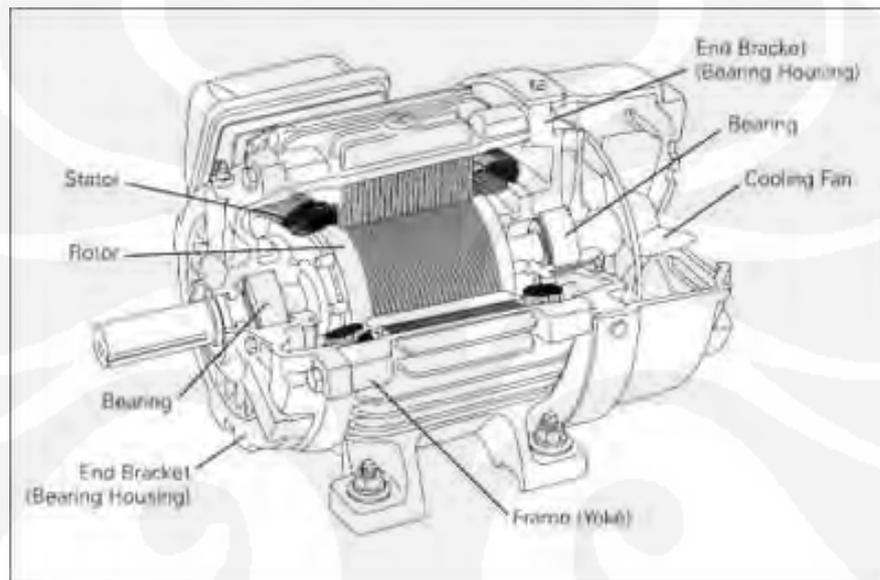
- **Beban torque konstan** adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torque* nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.
- **Beban dengan variabel torque** adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan fan (*torque* bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
- **Beban dengan energi konstan** adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

B. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya arus bolak balik.

1. Komponen

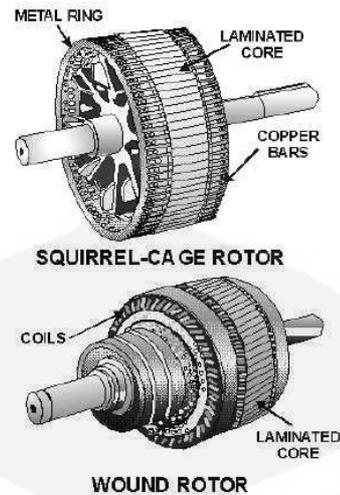
Gambar 2.32 menunjukkan bagian – bagian pada motor induksi:



Gambar 2.32 Bagian – bagian motor induksi

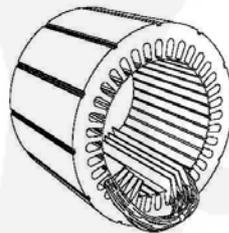
Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama.

- Rotor, seperti ditunjukkan pada gambar 2.33. Motor induksi menggunakan dua jenis rotor:
 1. Rotor kandang tupai 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.
 2. Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.



Gambar 2.33 Rotor

- Stator. Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat. Bentuk fisik dari stator seperti ditunjukkan pada gambar 2.34:



Gambar 2.34 Stator

2. Klasifikasi motor induksi

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama:

- Motor induksi satu fase. Motor ini hanya memiliki satu gulungan *stator*, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
- Motor induksi tiga fase. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan

daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industry menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

3. Kecepatan motor induksi

Motor induksi bekerja sebagai berikut: listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “*slip*/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. *Slip* hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ *slip ring*, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/ *slip ring motor*”. Persamaan 2.4 dapat digunakan untuk menghitung persentase *slip*/geseran:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \quad (2.4)$$

Dimana:

s = slip

n_s = kecepatan sinkron dalam RPM

n_r = kecepatan dasar dalam RPM

4. Tegangan dan Frekuensi yang diinduksikan pada rotor.

Tegangan dan frekuensi diinduksikan pada rotor bergantung pada slip. mereka diberikan oleh persamaan berikut :

$$f_2 = sf ; E_2 = sE_{oc} \quad (2.5)$$

f_2 = frekuensi dari tegangan dan arus di rotor

f = frekuensi dari sumber terhubung ke stator

s = slip

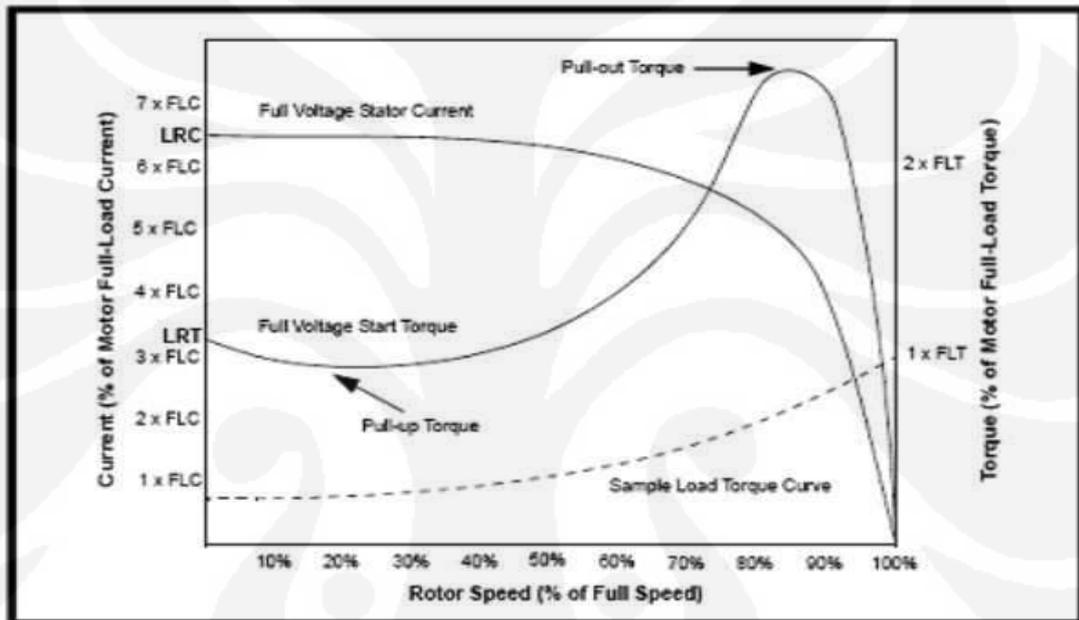
E_2 = tegangan yang diinduksikan pada rotor ketika slip = 0

E_{oc} = tegangan open – circuit pada rotor yang diinduksi saat istirahat

5. Hubungan antara beban, kecepatan dan torque

Gambar 2.35 menunjukkan grafik torque-kecepatan motor induksi AC tiga fase dengan arus yang sudah ditetapkan. Bila motor:

- Mulai menyala ternyata terdapat arus nyala awal yang tinggi dan torque yang rendah (“pull-up torque”).
- Mencapai 80% kecepatan penuh, torque berada pada tingkat tertinggi (“pull-out torque”) dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh, arus torque dan stator turun ke nol.



Gambar 2.35 grafik torque-kecepatan motor induksi AC tiga phase

2.3.4 Program control komputer

Bascom AVR adalah salah satu compiler paling populer dibuat untuk pengendali mikrokontroler. Bascom AVR dibuat untuk UCS seri Atmel's AVR, tapi Bascom AVR dapat mengekspor hex atau file bin. Commands lain yang digunakan untuk Bascom AVR sangat sederhana untuk diingat dan digunakan, dibandingkan dengan compiler C atau konfigurasi lainnya. Pin untuk UC juga sangat sederhana. Dukungan untuk programmer usb, isp programmer, programmer serial dan programmer Stk500 membuat Bascom AVR sangat berguna dan fleksibel. Tampilan menu pada Bascom AVR seperti ditunjukkan pada Gambar 2.36.

Fitur Utama:

- Bascom AVR. Menggunakan perintah yang sangat sederhana dibandingkan dengan kompiler lainnya. Seperti, untuk mencetak output pada LCD, hanya lcd ketik "dan teks yang akan dicetak di sini".
- Bascom AVR dapat bekerja dengan programmer usb Anda, stk500 programmer, programmer serial, programmer eksternal, programmer usb oleh MCS dan Usb programmer Isp..
- User dapat merancang LCD menggunakan LCD merancang alat.
- Mengkonfigurasi AVR. / O dan pin pin LCD dengan lebih mudah.
- Bascom AVR bisa. Program ATtiny, Atmega, AT90s dan keluarga AT90 UCS.
- User dapat menghapus UC, bit sekering mengatur dan kunci menggunakan Bascom AVR.
- User dapat mensimulasikan program langkah demi langkah untuk debugging.

Bascom AVR bisa. Menulis program untuk UC atau Anda bisa mengekspor. Hex atau file. Bin untuk digunakan dengan perangkat lunak lain seperti, AVRdude dan Pony Prog.



Gambar 2.36 Tampilan menu BascomAVR

Variabel & Tipe data

Di dalam pemrograman tipe data adalah hal yang sangat penting untuk diketahui sebelum kita memulai pemrograman itu sendiri. Pada bahasa Basic yang telah disesuaikan dengan BASCOM-AVR, tipe-tipe data yang dikenal dan dapat digunakan adalah sebagai berikut :

- Bit (1/8 byte). Satu bit hanya bisa menampung nilai 1 atau 0. Kumpulan dari bit sebanyak 8 disebut byte.
- Byte (1 byte). Byte bisa menampung angka binari 8 bit dengan jangkauan 0 sampai 255.

- Integer (2 byte). Integer bisa menampung angka bulat 16 bit dengan jangkauan -32,768 sampai +32,767.
- Word (2 byte). Words memiliki daya tampung yang sama dengan Integer, perbedaannya adalah Word tidak mendukung nilai negatif adapun jangkauannya adalah dari 0 sampai 65535.
- Long (4 byte). Long mampu menampung angka bulat 32 bit mulai dari -2147483648 sampai 2147483647.
- Single. Single mampu menampung angka pecahan (desimal) 32 bit dengan jangkauan dari 1.5×10^{-45} sampai 3.4×10^{38} .
- Double. Double mampu menampung angka pecahan (desimal) 64 bit dengan jangkauan dari 5.0×10^{-324} sampai 1.7×10^{308} .
- String (bisa sampai 254 byte). String bisa menampung karakter ataupun kumpulan karakter. Misalnya : "Edi Wang" => merupakan kumpulan karakter, sehingga bisa ditampung ke dalam variabel dengan tipe data String.

Cara mendeklarasikan sebuah variabel pada BASCOM-AVR adalah sebagai berikut :

Dim namavariabel tipedata, contoh : Dim x as Byte. Khusus untuk tipe data String ada sedikit tambahan yakni jumlah karakter maksimal yang bisa ditampung oleh variabel tersebut. Contoh : Dim x as String * 10, berarti variabel x mampu menampung karakter sepanjang 10 karakter. Di dalam penulisan nama variabel terdapat beberapa aturan yang harus di perhatikan :

1. Tidak boleh menggunakan karakter khusus seperti :
/#\$@!%^&(),; '~`?+=-\
2. Tidak boleh menggunakan kata kunci yang telah ada di dalam bahasa pemrograman, contoh : for, next, do, loop, while, until, dll.
3. Karakter pertama dalam nama variabel tidak boleh angka, contoh : 4ndi => salah, n4di => benar.
4. Tidak boleh ada spasi, jika nama variabel lebih dari satu kata dapat dihubungkan dengan underscore.

BAB III

RANCANG BANGUN SISTEM PENGATURAN LEVEL KETINGGIAN AIR

3.1 Skema System Pengaturan Level Ketinggian Air

Gambaran umum system dapat dilihat pada gambar 3.1.

Pada pembuatan sistem pengaturan level ketinggian air ini terdiri dari tiga bagian alat yaitu:

1. Modul Inverter
2. *Plant*
3. Mikrokontroller dan sensor ultrasonik

3.1.1 Modul Inverter

Modul ini dibuat untuk dapat mengatur kecepatan motor listrik AC tiga phase dengan V/F Variable. Pada modul inverter dapat menggunakan input berupa analog, yang terletak pada terminal V1, VR, dan I, output ini didapat dari mikrokontroller yang mengolah data sensor ultrasonik, yang hubungannya dilakukan dengan menggunakan receptacle yang dipasang pada panel yang terdapat di *plant*. Output dari inverter sendiri yang digunakan untuk sumber tegangan ke motor pompa, hubungannya dilakukan dengan menggunakan receptacle U, V, W yang terdapat pada modul inverter.

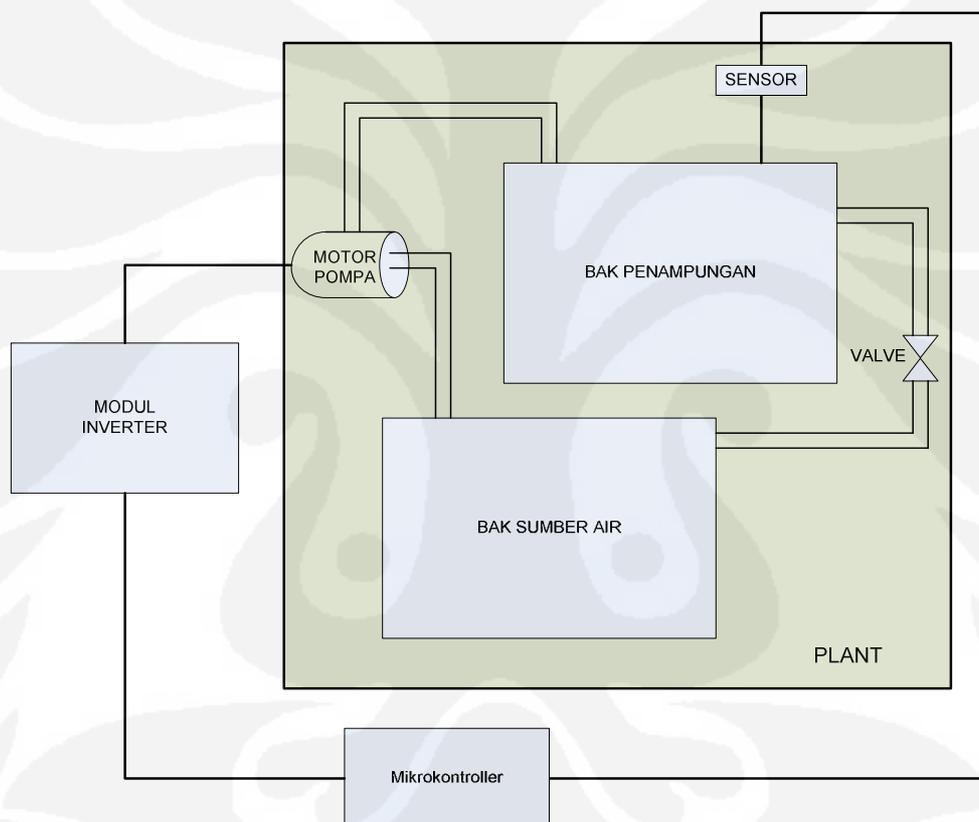
3.1.2 *Plant*

Plant ini dibuat untuk pengaplikasian sebuah pendistribusian air, pada *plant* ini terdapat semua input dan output yang digunakan pada sistem pengaturan level ketinggian air. Dimana *plant* ini terdiri dari dua buah kran, sebuah panel yang berisi satu unit sensor ultrasonik dan mikrokontroller, motor pompa listrik tiga phase. Hubungan dari input dan output yang terdapat di *plant* dengan modul inverter melalui sebuah panel.

3.1.3 Panel Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroller

Sensor ultrasonik ini akan dihubungkan ke mikrokontroller untuk diolah datanya, kemudian output dari mikrokontroller dimasukkan ke inverter. Mikrokontroller dimasukkan kedalam panel, yang akan dipasang pada *plant* dan dihubungkan menggunakan kabel.

3.1.4 Hubungan antara Modul Inverter dan Plant



Gambar 3.1 Diagram hubungan antar alat

Adapun proses pengerjaan alat pengaturan level ketinggian air berbasis inverter drive LG –SV008iC5 ini terbagi menjadi tiga macam pekerjaan, diantaranya:

1. Pekerjaan mekanikal yang mencakup perencanaan dan pemilihan bahan serta bidang kerja.
2. Pekerjaan elektrik, berupa pekerjaan instalasi wiring.
3. Pemrograman mikrokontroller.

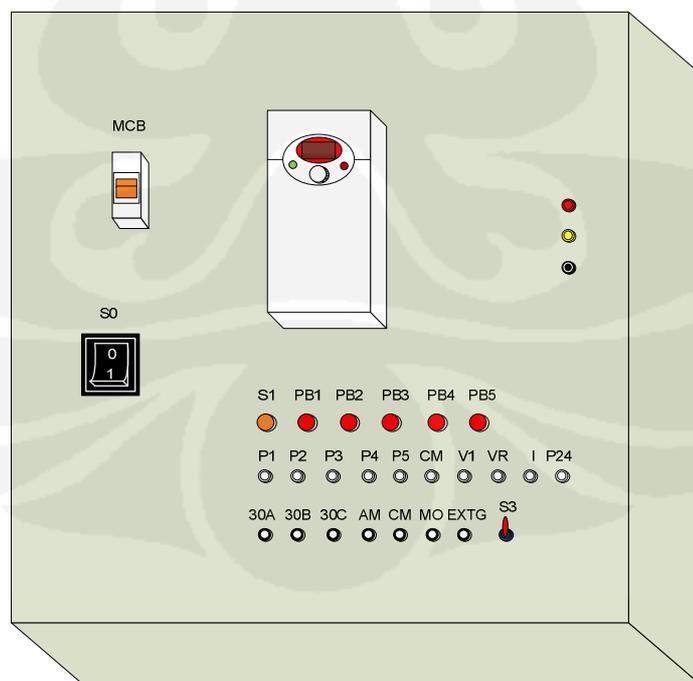
3.2 Pendahuluan Modul Inverter

Modul ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagai pengaplikasian dari elektronika daya dan system kendali untuk dapat mengatur kecepatan motor listrik AC 3 phase dengan V/F variable. Selain itu pada modul ini juga banyak terdapat fungsi spesial dari inverter sebagai pengatur kecepatan dengan mempunyai 7 tingkat kecepatan yang berbeda. Namun hal itu didukung pula oleh kemampuan parameter setting sesuai kebutuhan pemakai.

Pada modul ini tidak terdapatnya perlengkapan tambahan seperti kontaktor magnet maupun pengaman motor listrik seperti TOR (Thermal Overload Relay), dikarenakan pada inverter itu sendiri sudah dilengkapi dengan sistem keamanan dan pendinginan, namun hal ini dapat disesuaikan penggunaannya tergantung pada parameter setting yang kita inginkan.

3.2.1 Rancang bangun fisik Modul Inverter

Untuk pembuatan modul latihan inverter ini digunakan acrylic dengan ketebalan 3mm sebagai kerangka untuk penempatan Inverter LG SV008-IC5 beserta peralatan lainnya. Kerangka ini ditopang dengan 4 buah kaki karet yang terletak pada masing – masing sisi. Rancangan fisik modul inverter dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rancang bangun Modul Inverter

3.2.2 Pembuatan mekanis Modul Inverter

Dikarenakan acrylic merupakan bahan utama untuk peletakan semua komponen utama dan pendukung untuk pembuatan modul latihan ini, maka banyaknya jenis input pada inverter dibagi menjadi tiga macam, diantaranya:

1. Input menggunakan push button
2. Input menggunakan toggle switch
3. Input menggunakan receptacle

Hal tersebut dilakukan agar pemakai dapat berkreasi dengan variasi input, baik itu digital maupun analog. Toggle switch digunakan untuk proses perpindahan dari NPN ke PNP. Namun hal ini tidak akan berguna jika pada saklar inverter untuk NPN/PNP tidak mengalami perubahan. Sedangkan untuk output hanya menggunakan satu jenis yaitu receptacle saja. Hal ini dimaksudkan agar pemakai dapat dengan mudah menggunakan modul inverter ini.

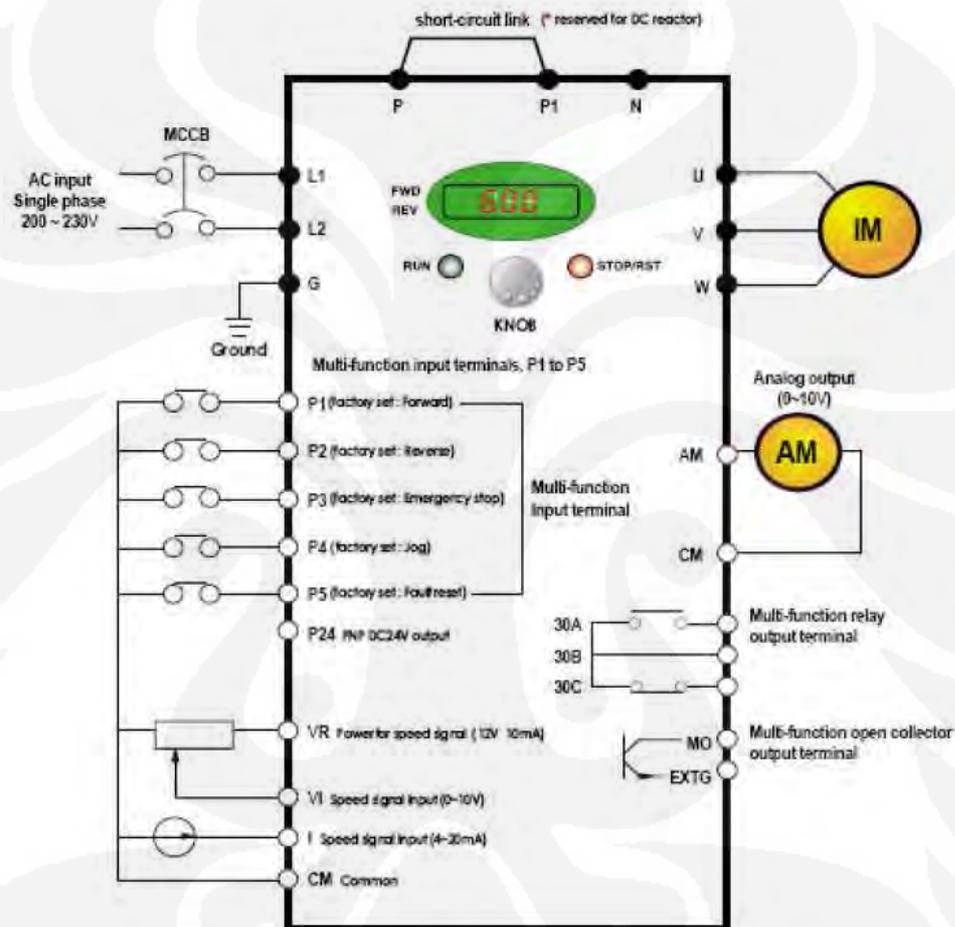
Untuk pengerjaan penempatan inverter, terlebih dahulu membuat ruang untuk inverter sebesar 145mm x 80 mm. lalu selanjutnya untuk penempatan MCB dan saklar on/off Inverter, sesuai dengan ukuran masing – masing.

Adapun input dan output yang pada modul ini ditunjukkan pada tabel 3.1 diantaranya adalah:

Tabel 3.1 Input Output Inverter

No.	Input	Output
1.	receptacle P1	receptacle U
2.	receptacle P2	receptacle V
3.	receptacle P3	receptacle W
4.	receptacle P4	receptacle 30A
5.	receptacle P5	receptacle 30B
6.	receptacle CM	receptacle 30C
7.	receptacle VR	receptacle MO
8.	receptacle V1	receptacle EXTG
9.	receptacle I	receptacle AM
10.	push button P1	receptacle CM
11.	push button P2	
12.	push button P3	

13.	push button P4	
14.	push button P5	
15.	push button mikrokontroller	
16.	toggle switch NPN/PNP	
17.	receiptacle P24	



Gambar 3.3 Wiring Diagram Inverter

Setelah dibuat rancangan mekanis modul inverter proses selanjutnya adalah melakukan *wiring* modul ini. Gambaran *wiring* modul inverter ini ditampilkan pada Gambar 3.3 di atas.

3.3 Gambaran Umum Plant Pengaturan Level Ketinggian Air

Plant ini terdiri dari dua buah bak air, dua buah kran, sebuah limit switch, pipa, motor pompa tiga fasa ½ HP 0.37 KW, sensor ping, panel dan besi sebagai

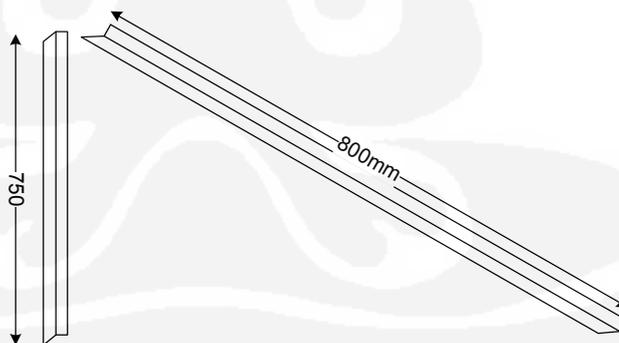
penyangga. *Plant* ini diharapkan dapat memberikan gambaran aplikasi sistem pendistribusian dan sirkulasi air.

3.3.1 Rancangan bangun fisik *plant*

Untuk pembuatan *plant* ini yang digunakan adalah empat buah besi dengan ukuran panjang = 750mm, yang digunakan untuk tinggi *plant*, besi dengan ukuran panjang = 420mm yang digunakan untuk lebar *plant*, dan besi dengan ukuran panjang = 800mm yang digunakan untuk panjang *plant*. Rangkaian besi ini akan dibuat berbentuk kotak yang di dalamnya terdiri dari dua buah bak air, sebuah kran, pipa, motor pompa tiga fasa ½ HP 0.37 KW, sensor ping, sedangkan panel dipasang pada bagian samping *plant* dan akan diinstalasi menjadi satu.

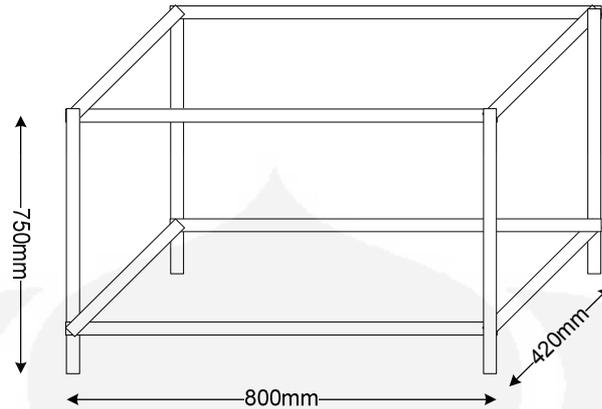
3.3.2 Pembuatan Mekanis *Plant*

Besi merupakan bahan utama untuk peletakan semua komponen utama dan pendukung. Dalam pembuatan *plant* ini. pertama kali yang dilakukan adalah memotong besi untuk tiang dan penyangganya dengan ukuran untuk tiang panjang 750 mm, dan tiang penyangga 800mm (lihat Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Tiang penyangga untuk rangka *plant*

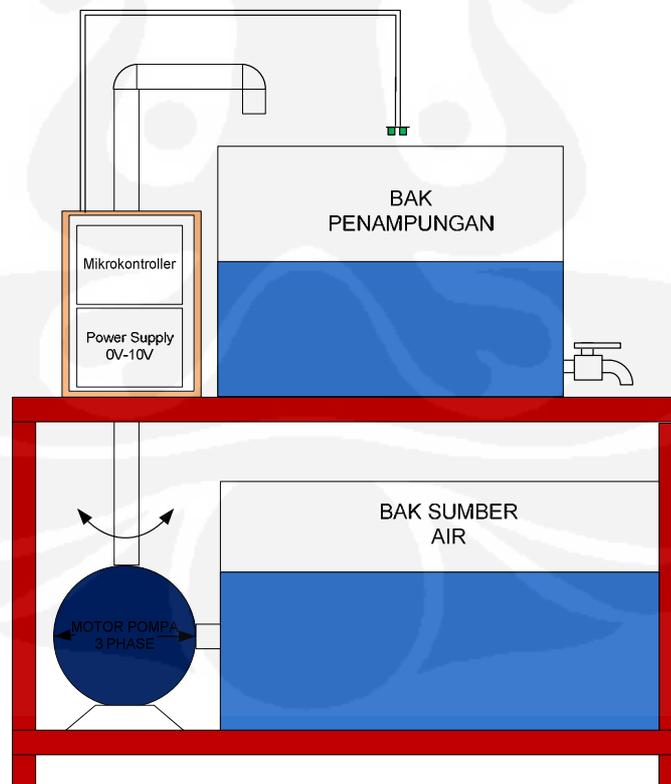
Setelah pemotongan selesai maka dilanjutkan dengan merakit rangka *Plant* seperti gambar berikut:



Gambar 3.5 Rangka plant komplet

Penyatuan rangka plant menggunakan baut dan mur serta ring, rangka dikencangkan dengan menggunakan kunci pas.

Kemudian langkah selanjutnya adalah meletakkan benda yang sesuai dengan skema rangka, diantaranya adalah bak ukuran kecil, sensor Ping, dan panel pada rangka bagian atas, sedangkan untuk rangka bagian bawah bak yang berukuran besar sebagai penampungan utama dan motor pompa tiga phase. Ilustrasi sistem keseluruhan ditampilkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Susunan bak dan motor pada rangka

Setelah meletakkan sesuai skema pada gambar, dilakukan instalasi pemipaan dimana dipasang sok 1 inch pada motor, yang kemudian disambung dan dibelokkan menjadi pipa ukuran $\frac{3}{4}$ inch, agar mudah dalam bongkar – pasang. Selain itu digunakan watermor sebagai sambungan dan dipasang klep pada ujung pipa hisap.

Kemudian untuk pipa semprot yang mengeluarkan air dari pompa digunakan pipa $\frac{3}{4}$ inch. Pada bagian sambungan juga digunakan watermor untuk memudahkan dalam bongkar – pasang.

3.4 Panel

Panel ini terdiri dari bagian dalam dan bagian luar. Pada bagian dalam terdapat power supply 12V (0 -12V) dan rangkaian mikrokontroller. Pada bagian luar terdapat pintu panel, main switch, LCD, dan receptacle yang berfungsi sebagai penghubung antar panel dan modul inverter.

3.4.1 Rancang bangun fisik panel

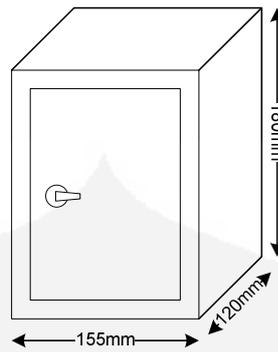
Untuk pembuatan panel ini digunakan plat besi dengan ukuran panjang = 155mm, lebar = 120mm, dan tinggi = 180mm. Peralatan pada bagian dalam panel ini terdiri dari *power supply* 12V (0 -12V), dan perangkat mikrokontroler.

3.4.2 Pembuatan Mekanis Plant

Kotak panel merupakan bahan utama untuk peletakan semua komponen utama dan pendukung untuk pembuatan panel ini. Adapun langkah pembuatan kotak panel adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan kotak panel dengan ukuran yang telah ditentukan.
- Melubangi bagian pintu panel, sesuai ukuran *main switch* pada pintu panel.
- Memasang bagian dalam panel, lalu bagian pintu panel dan bagian samping panel. Setelah itu bagian samping panel dilubangi untuk memasang receptacle.

Gambar kotak panel ditampilkan pada Gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Panel

3.5 Pembuatan Program Mikrokontroller

3.5.1 Bascom-AVR

Pembuatan program mikrokontroller, digunakan bahasa pemrograman Bascom-AVR, untuk kontrol dalam program Bascom-AVR sama seperti pada visual basic, karena memang Bascom-AVR dan visual basic semua berbasis pada bahasa basic. Untuk memulai pembuatan program dengan Bascom-AVR, buka program dan klik menu File -> New, setelah itu dapat memulai membuat program. Langkah awal penulisan program adalah dengan menentukan file register, kristal yang digunakan, yakni dengan menuliskan :

```
$regfile = "m8535.dat"
```

```
$crystal = 4000000
```

Dimana "m8535.dat" adalah nama file yang berisi konfigurasi alamat register pada Microcontroller AVR ATMEGA 8535.

Tampilan dari program Bascom-AVR seperti pada gambar 3.8.

```

BASCOM-AVR IDE [C:\Program Files\WCS Electronics\BASCOM-AVR\NAHAR\WLC_ping_1.bas]
File Edit Program Tools Options Window Help
Sub
Sregfile = "x8595.dat"
Scrystal = 4000000
Config Timer0 = Timer , Prescale = 1
Slib "lcd4busy.lib"

Config Lcd = 16 * 2
Const _lcdport = Portb
Const _laddr = Ddrb
Const _lclin = Pinb
Const _lcd_e = 2
Const _lcd_rw = 1
Const _lcd_rs = 0
Cursor Off

'Config Portb = Output
'Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , Db7 = Portb.7 , E = Portb.2 , Rs = Portb.0
'Config Lcd = 16 * 2

.....

Pulse Alias Portc.1
Echo_1 Alias Pinc.1
Pwm_out Alias Portc.6

On Ovfl0 Tim0_isr
Stop Timer0
Enable Timer0
Enable Interrupts
Start Timer0

'Portc = &H00
Dma T As Byte
Dma Count As Single
Dma Pwm As Byte
Dma Jarak As Single
Dma Jarak_real As Single Store pwm As Single Y As Single
Dma Jarak_terdekat As Single , Jarak_terjauh As Single , Cek As Bit
Dma Interval_jarak As Single
Dma Interval_pwm As Single

Main:
Do
Jarak_terdekat = 6
Jarak_terjauh = 10.00
Interval_jarak = Jarak_terjauh - Jarak_terdekat
Interval_pwm = 240 / Interval_jarak

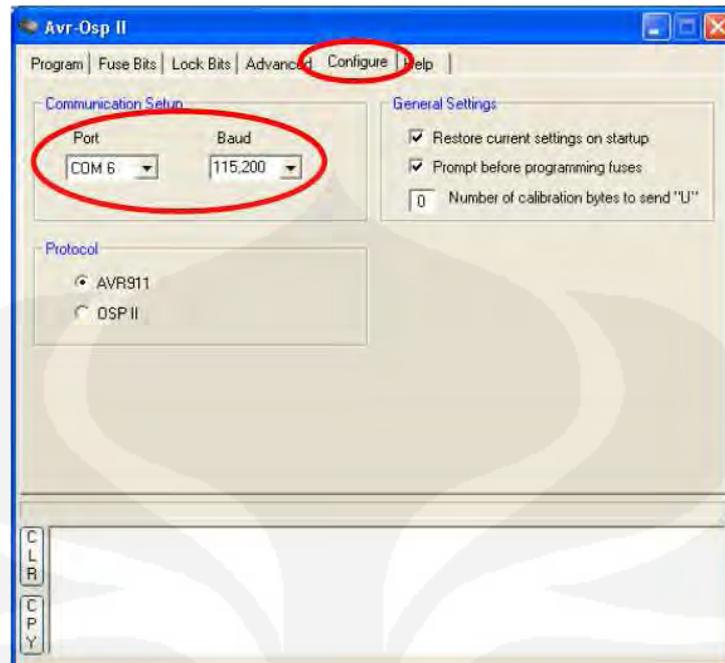
```

Gambar 3.8 Program Bascom-AVR

Untuk lebih lengkapnya, program mikrokontroller dapat dilihat pada lampiran. Setelah selesai membuat program, maka dilakukan compile untuk mengecek apakah masih terdapat error atau tidak. Kemudian jika tidak terdapat error maka program dapat disimpan ke direktori.

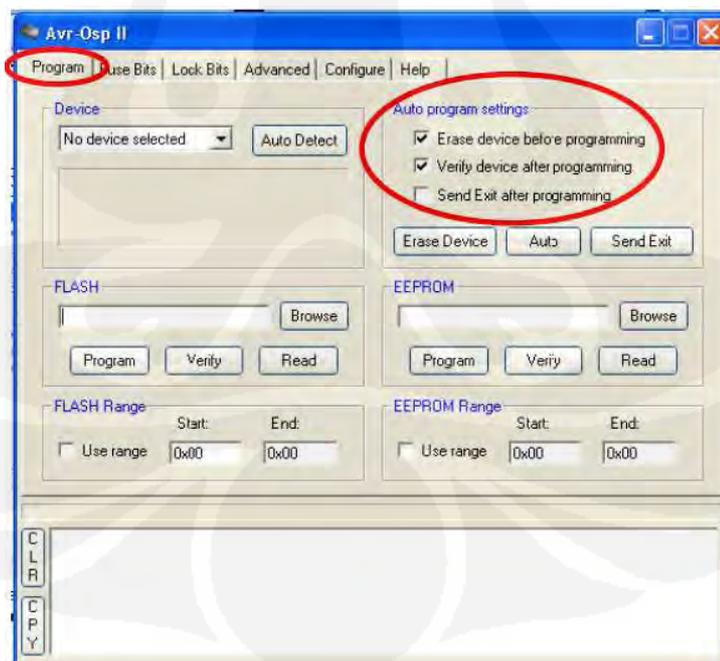
3.51 Pengunduhan menggunakan AvrOspII

Agar dapat bekerja sesuai dengan program yang telah dibuat. maka file program perlu diunduh ke mikrokontroller. Pengunduhan menggunakan program AvrOspII, berikut langkah – langkah pengunduhan program ke mikrokontroller: Pertama, buka program AvrOspII, pilih tab Configure, kemudian samakan Port dengan device manager seperti di atas, dalam proses ini yang digunakan adalah COM 6 dan pilih Baud 115.200 seperti gambar dibawah ini:



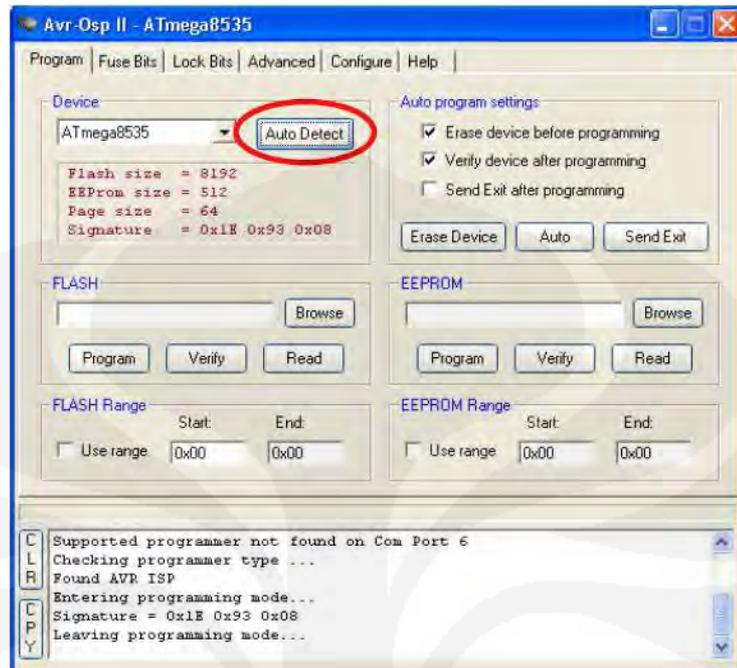
Gambar 3.9 *Configure port*

Pilih tab Program, dan perhatikan bagian Auto program settings, pastikan *Erase device before programing* dan *Verivy device after programming* dalam keadaan terpilih. seperti gambar di bawah ini:



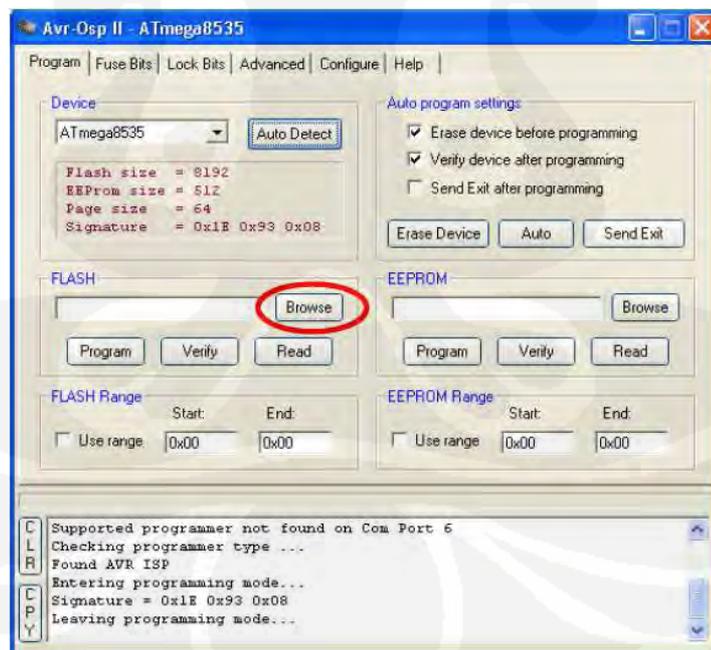
Gambar 3.10 *Program setting*

Klik tombol Auto Detect, maka akan muncul gambar dibawah ini:



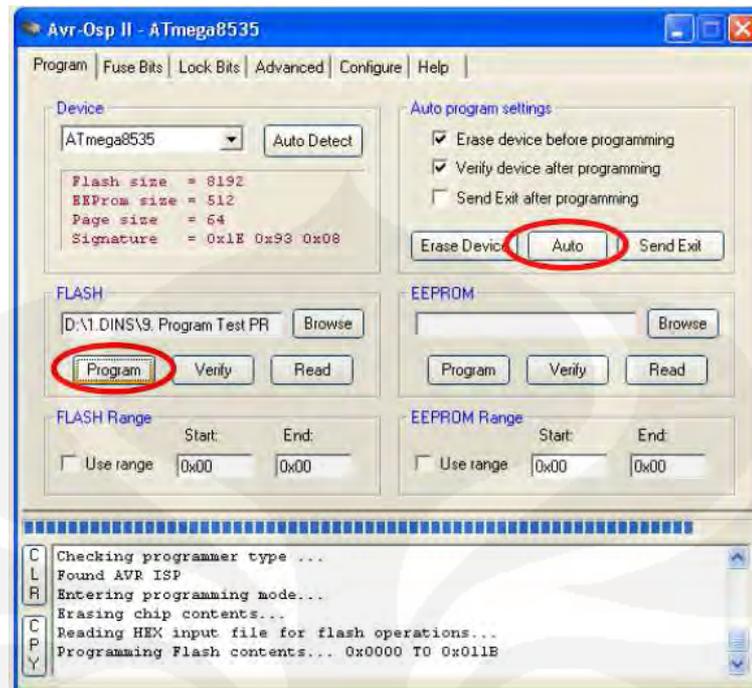
Gambar 3.11 Pengenalan Hardware mikrokontroler

Pilih file hex yang akan diunduh, yaitu dengan meng-klik tombol Browse



Gambar 3.12 Memasukkan file

Klik tombol Auto atau Program, maka proses pengunduhan akan berlangsung.



Gambar 3.13 Proses pengunduhan

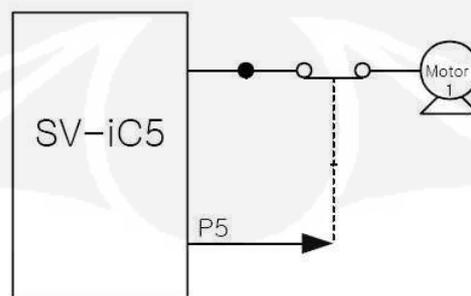
BAB IV

UJI COBA DAN ANALISIS

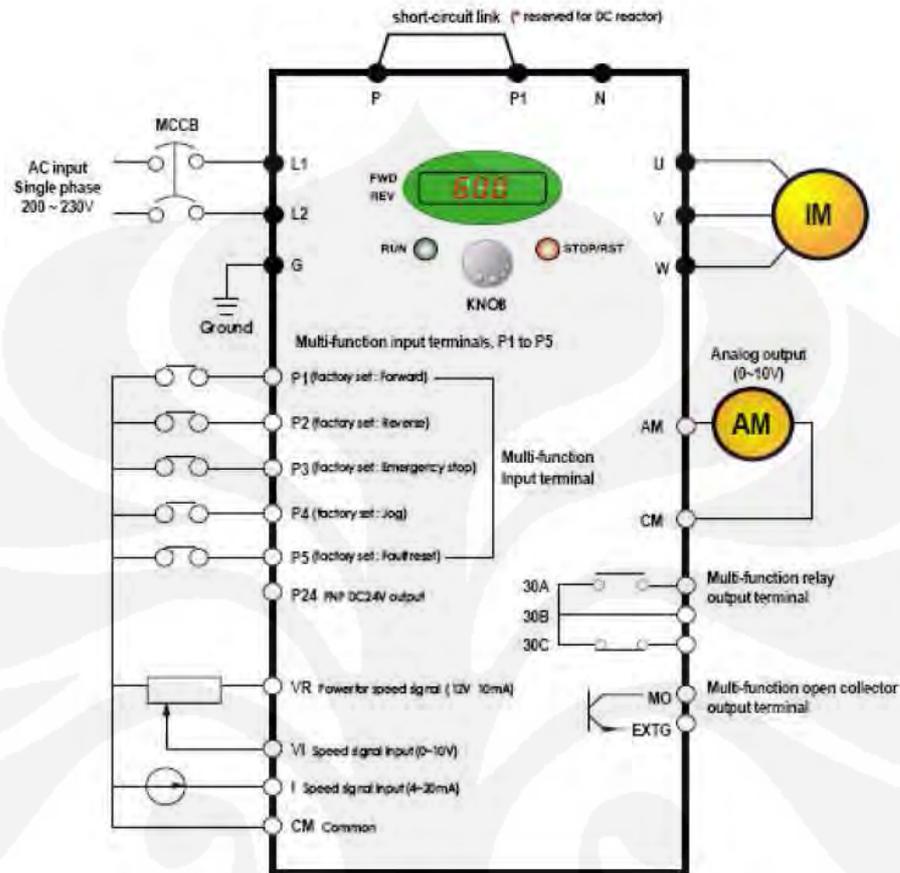
4.1 Deskripsi Kerja Sistem

Modul inverter digunakan sebagai pengatur kecepatan pompa yang ada dalam *plant*. Untuk dapat memenuhi tugas ini maka inverter perlu disetting terlebih dahulu. Setting inverter dilakukan dengan mensetting frekuensi PWM pada nilai yang diinginkan. Nilai frekuensi PWM disetting dengan frekuensi maksimum (50 Hz) dan minimum (0 Hz). Ini sepadan dengan tegangan keluaran PWM mikrokontroler antara pada 0 – 2,2 V. Data ketinggian air yang didapat dari sensor ultrasonik yang ada di *plant* dikirim ke terminal V1 dan CM, dimana V1 merupakan input analog dari inverter dengan rating tegangan 0 – 2,2 V dan CM sebagai common.

Inverter dihubungkan dengan *plant* dan motor pompa menggunakan kabel penghubung receptacle. Inverter juga dilengkapi dengan fungsi *ON/OFF* pompa melalui terminal P1 dan P2. Terminal P1 digunakan untuk mematikan dan menghidupkan *plant* secara *accelerate* dan *deaccelerate*, sedangkan terminal P2 dipergunakan sebagai *EST (Emergency Stop Trip)*. Ada dua input analog pada modul inverter yaitu terminal V1 dan CM. Juga ada dua terminal yang berfungsi sebagai *overload*. Untuk mengoperasikan motor pompa, motor dihubungkan dengan terminal U, V, dan W yang ada di inverter. Sedangkan untuk *overload* dihubungkan dengan *multi function relay output terminal*. Berikut gambaran mengenai hubungan inverter dengan motor dan wiring inverter (gambar 4.1 dan gambar 4.2).



Gambar 4.1 Hubungan inverter dengan motor pompa



Gambar 4.2 Wiring Inverter

4.2 Parameter Setting

Sebelum inverter dioperasikan, maka perlu dilakukan penyettingan agar inverter dapat berkomunikasi data dengan mikrokontroler sehingga sistem berjalan sesuai dengan deskripsi kerja Plant. Untuk melakukan penyettingan tersebut maka perlu mengetahui bagian dasar dari parameter setting hingga sampai pada system pengamanan inverter. Untuk itu dibutuhkan pemahaman terhadap setiap bagian – bagian fungsi parameter setting untuk mendapatkan kinerja inverter dan pompa yang optimal. Bagian-bagian yang akan disetting adalah :

4.2.1 Frequency Mode

Disini inverter dapat dioperasikan secara digital dan analog. Pada parameter setting Frq (*frequency mode*), frekuensi dapat disetting sesuai dengan kebutuhan. Pengoperasian digital inverter dapat dilakukan melalui keypad

inverter. Pada pengoperasian analog dilakukan melalui terminal V1, I, dan juga dapat melalui potensiometer yang terdapat pada keypad inverter.

4.2.2 Multi Step Frequency

Inverter dapat beroperasi maksimum pada 7 kecepatan yang berbeda dalam menjalankan motor listrik.. hal ini ada pada parameter setting St1, St2, St3, I30,...,I33 dengan memberikan nilai frekuensi setting yang diinginkan melalui terminal P3, P4, dan P5.

4.2.3 Run Command

Dalam mengoperasikan motor dapat diatur arah putaran maju atau mundur tanpa menukar salah satu kabel daya pada motor. Hal ini ada pada parameter setting drC dengan memberikan setting f(*forward*) atau r (*reverse*). Selain itu pada bagian ini juga terdapat fungsi untuk menjalankan atau menghentikan sebuah instruksi inverter pada motor. Pada parameter setting drv, I20, dan I21 untuk masing –masing terminal P1 dan P2.

4.2.4 Accel / Decel time

ACC dan dEC dibutuhkan untuk mengatur waktu yang diperlukan pompa untuk dapat mencapai kecepatan maksimum dan juga pada penurunan kecepatan, dengan memberikan nilai setting satuan waktu detik.

4.2.5 V/F control

Pada bagian ini suatu karakteristik kecepatan menjadi sebuah pilihan dari kebutuhan yang diinginkan. Pada parameter setting F30 (*V/F pattern*), dengan pilihan linear, square, dan *user V/F*.

4.2.6 Stop mode select

Untuk memberhentikan motor merupakan suatu hal yang dibutuhkan dalam sebuah ketepatan waktu. Baik secara *decelerate* (membutuhkan waktu untuk dapat berhenti) dan juga *free run to stop* (motor akan langsung berhenti seketika, ketika mendapatkan instruksi dari inverter). Hal ini terjadi pada parameter setting F4.

4.2.7 Frequency Limit

Dalam mengoperasikan motor listrik, batasan kecepatan terendah hingga sampai tertinggi.pada parameter F24, F25, dan F26. dan juga dibutuhkan frekuensi awal pada saat motor start hingga frekuensi dasar dari kecepatan normal

motor pada *name plate*. Hal tersebut didapat pada parameter setting F21, F22, dan F23.

4.2.8 Motor Type

Untuk dapat beroperasinya motor secara normal, maka perlunya memberikan spesifikasi data motor sesuai pada name plate di parameter setting H30,...,H36.

4.2.9 Monitoring

Inverter dapat menampilkan beberapa fungsi dari inverter seperti rpm, *accel time*, *decel time*, dan lain –lain (parameter setting H72) saat inverter diaktifkan.

4.2.10 Protective

System perlindungan dan keamanan dari inverter dapat mendeteksi beberapa gangguan yang terjadi, baik pada inverter itu sendiri maupun pada motor. Perlindungan ini diantaranya :

- a. *electronic thermal* (F50,...,F53)
- b. *overload warning and trip* (F54, F55)
- c. *output phase loss protection* (H19)
- d. *external trip signal* (I23, I24)
- e. *inverter overload* (I54, I55)

4.3 Analisis Parameter Setting

Pada parameter setting ini, yang ditampilkan hanyalah setting yang mengalami perubahan dari nilai awal, yaitu nilai yang disetting oleh pabrik dan beberapa parameter setting yang penting namun masih menggunakan nilai awal. Maka untuk menjalankan inverter sesuai dengan deskripsi kerja diperlukannya suatu perubahan nilai. Ada beberapa parameter setting yang tetap mengikuti nilai *setting default* (pabrik) ditampilkan, karena mengingat fungsi pentingnya dari parameter setting tersebut. Berikut ini tabel parameter setting:

Tabel 4.1 parameter setting

No	Diplay LED	Min/Max Range	Parameter	Nilai Setting	Keterangan
1	Acc	0/6000 sec	Accel time	5.0	Waktu yang dibutuhkan untuk akselerasi
2	Dec	0/6000 sec	Decel time	10.0	Waktu yang dibutuhkan untuk deselerasi
3	Drv	0/3	Run/Stop Mode	2	Aktifkan Run/Stop melalui Fx dan Rx
4	Frq	0/8	Frecuency Mode	3	Setting melalui terminal V1 Frekuensi maksimum
5	St1	0/400 Hz	Multi step frequency 1	5	Speed 1
6	St2		Multi step frequency 2	10	Speed 2
7	St3		Multi step frequency 3	15	Speed 3
8	F21	40/400 Hz	Max Frecuency	50	Frekuensi maksimum
9	F22	30/400 Hz	Base Frecuency	50	Frekuensi dasar
10	F23	0.1/10 Hz	Start Frecuency	10	Frekuensi awal
11	F30	0/2	V/F Pattern	1	Square
12	F50	0/1	Electronic Thermal	1	Aktifkan pengaman suhu
13	H30	0.2/2.2 Kw	Motor Type Select	0.4	Daya pada Motor
14	H31	2/12	Number of Motor Poles	4	Jumlah kutub pada Motor
15	H32	0/10 Hz	Rated Slip Frecuency	3	Slip Frekuensi
16	H33	1.0/20 A	Motor Rated Current	1.9	Arus pada Motor
17	H34	0.1/12 A	No Load Motor Current	0.9	Arus Tanpa Beban
18	H72	0/13	Power On Display	9	Rpm Motor
19	H74	1/1000 %	Gain for Motor rpm	100	Gain pada Motor
20	I6	0/9999	Filter Time Constant for	10	V1 input
21	I7	0/10 V	V1InputminVoltage	0	Tegangan minimumV1
22	I8	0/400 Hz	Frec. Corresponding I7	0	Frekuensi minimum
23	19	0/10	V 1 Input max Voltage	2,2	Tegangan maksimum
24	I10	0/400 Hz	Frec. Corresponding I9	50	Frekuensi maksimum
25	I20	0/24	Multi Function Input Terminal P1 define	0	Forward
26	I21		Multi Function Input Terminal P2 define	2	Emergency Stop Trip
27	I22		Terminal P3 define	5	Multi step frequency low
28	I23		Terminal P4 define	6	Multi step frequency middle
29	I24		Terminal P5 define	7	Multi step frequency high
30	I30	0/400 Hz	Multi step frequency 4	20	Speed 4
31	I31		Multi step frequency 5	30	Speed 5
32	I32		Multi step frequency 6	40	Speed 6
33	I33		Multi step frequency 7	50	Speed 7
34	I55	0/17	Multi Function Relay Select	5	Relai akan On saat terjadi overload

4.3.1 Frequency mode

Tabel diatas terdapat I6 –I10, dimana fungsi dari Setting tersebut yaitu sebagai komunikasi antara mikrokontroller dengan Inverter. Dimana nilai input tegangan terendah yaitu 0 Volt dengan setting frekuensi 0 Hz. Sedangkan pada nilai tegangan input maksimum yaitu 2,2 Volt dengan setting frekuensi 50 Hz. Hal ini yang membuat inverter bekerja sesuai dengan kendali dari pada PWM Data dari I6 –I10 akan dibaca oleh inverter melalui Parameter setting untuk Frq (*frequency mode*) dengan memberikan nilai 3 yaitu data yang diberikan oleh mikrokontroller sehingga dapat dibaca melalui terminal V1.

4.3.2 Frequency Limit

Pompa akan mulai bekerja dengan nilai *start* 10 Hz (F23) dan nilai frekuensi maksimum (F21) maupun frekuensi dasar (F22) dengan nilai 50 Hz. Hal ini dimaksudkan agar pompa bekerja dengan aman sehingga tidak terjadi panas yang berlebihan.

4.3.3 Type Motor

Beban inverter ini adalah motor pompa air AC 3 phasa. Agar motor dapat bekerja sesuai fungsinya maka pentingnya melakukan parameter setting H30 – H34., dimana fungsinya yaitu membaca spesifikasi data motor pada *name plate*. Motor 3 phase 230V/380V dengan kapasitas daya 375 watt, 2 pasang kutub (4 jumlah kutub), dengan rating arus 1.9 A. Sebenarnya untuk H32- H34 akan melakukan pen-settingan otomatis, mengikuti Parameter setting dari H30- H31. Dimana pada H32 terdapat slip frekuensi, dan kita juga dapat mengetahui nilai ini dari persamaan 4.1.

$$F_x = f_r - \frac{\text{rpm} \times p}{120} \quad (4.1)$$

dimana:

f_x = slip frekuensi

f_r = rating frekuensi

rpm = kecepatan putar pompa (name plate)

P = jumlah kutub

4.3.4 V/F control

Pada parameter setting F30 (*V/F Pattern*), diberikan setting 1 (*square*) karena rekomendasi dari inverter saat output motor digunakan sebagai pompa.

4.3.5 Stop Mode

Disini pompa akan mengalami pengereman atau pemberhentian seketika saat terminal P2 mendapatkan signal sebagai stop. Hal ini terjadi pada parameter setting I21 (*Multi function input terminal P2 define*) = 2 (*emergency stop trip*). Sedangkan jika menginginkan pompa berhenti dengan *decelerate*, maka P1 sebagai Rx dapat berfungsi.

4.3.6 Monitoring

Pada parameter setting H72 (*Power On Display*) = 9 (rpm motor), maka inverter akan menampilkan nilai rpm pada pompa ketika inverter dinyalakan.

4.3.7 Protective

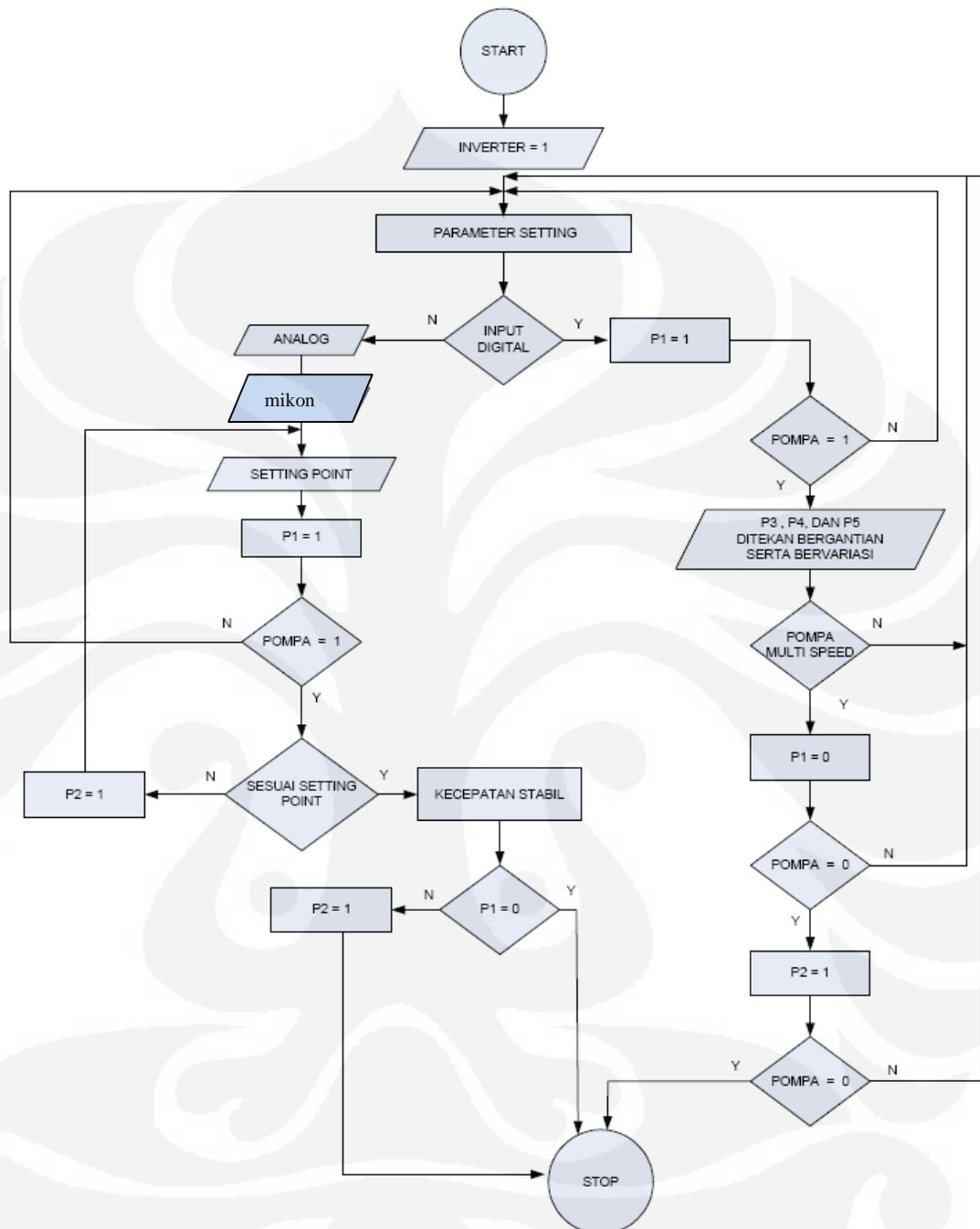
Inverter mempunyai kelebihan yaitu dapat mengamankan inverter itu sendiri dan juga Motor jika terjadi suatu gangguan dan juga dapat mengatur metoda pendinginan (F53 ; *Motor Cooling Methode*) , hal ini sudah terlebih dahulu disetting secara otomatis oleh produk itu sendiri sehingga kita tidak perlu memberikan settingan, terkecuali jika kita tidak menginginkan nilai atau batasan standard yang diberikan oleh produk LG itu sendiri. Maka nilai untuk pengaman tersebut dan metoda pendinginan inverter dapat diatur sesuai kebutuhan.

4.4 Pengujian Inverter

Untuk pengujian dilakukan dengan menghidupkan sistem dan inverter sebagai pengendali dalam menjalankan pompa. Dapat dilihat prosedur pengoperasian sistem seperti ditunjukkan pada gambar diagram alir, (gambar 4.3).

Keterangan gambar :

- a. 1 = ditekan
- b. 0 = dilepas
- c. Y = yes (iya)
- d. N = no (tidak)
- e. P1 = teminal input inverter (FX /RX)
- f. P2 = terminal input inverter (EST)



Gambar 4.3 Diagram Alir pengoperasian system

Pada gambar diatas, inverter dapat beroperasi melalui input analog (melalui terminal V1, I,dan VR) maupun digital (melalui terminal P3, P4, dan P5). Saat inverter melalui input PWM, maka otak pengoperasiannya diatur oleh mikrokontroller. Sedangkan inverter bekerja hanya menerima data dari terminal

input V1 dengan asumsi bahwa V1 sudah diberikan parameter setting sesuai dengan buku petunjuk. Untuk input digital inverter bekerja melalui terminal P3, P4, dan P5 dengan memanfaatkan fungsi inverter sebagai multi speed.

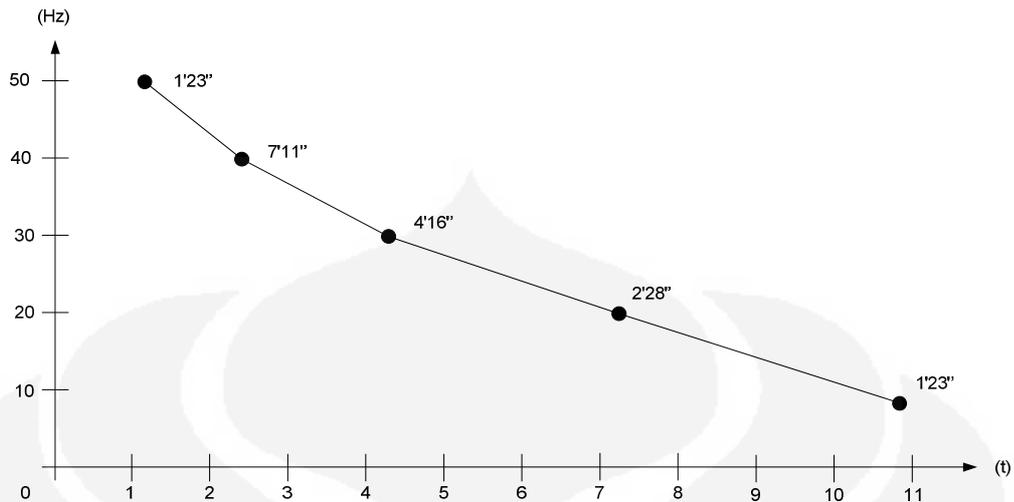
4.5 Pengujian kecepatan motor pompa pada Inverter

Pada pengujian kecepatan motor pompa dilakukan dengan menghidupkan inverter untuk menjalankan motor pompa, hasil pengujian berupa pengukuran respon kecepatan motor pompa terhadap waktu yang dibutuhkan untuk air mencapai volume atau ketinggian tertentu. Pengujian dimulai dari frekuensi terendah (yaitu frekuensi minimum pompa untuk dapat mengalirkan air) hingga mencapai frekuensi maksimum (frekuensi maksimum sesuai pada *Name Plate* motor). Kemudian dari hasil pengujian tersebut dapat dihitung jumlah debit air yang mengalir untuk pengisian sampai level yang diinginkan, menggunakan persamaan 4.2.

Tabel 4.2 Waktu Pengisian air pada Plant

Level (cm)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)	Waktu Pengisian
17	10	0,4	11 menit 56 detik
17	20	0,9	7 menit 11 detik
17	30	1,3	4 menit 16 detik
17	40	1,8	2 menit 28 detik
17	50	2,2	1 menit 23 detik

Dari tabel 4.2 dapat dilihat hubungan level ketinggian air pada Plant dan waktu pengisian yang berbanding lurus. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai volume yang diinginkan (Konstan) akan semakin cepat dengan nilai frekuensi maksimum (50 Hz), untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.4 (Grafik waktu pengisian berbanding dengan frekuensi).



Gambar 4.4 Grafik waktu pengisian berbanding dengan frekuensi

Kemudian dari data diatas dapat dihitung debit air yang dibutuhkan untuk mengisi bak sampai batas ketinggian yang diinginkan karena debit air adalah volume air tiap satuan waktu maka debit air yang dapat dihitung menggunakan persamaan 4.2.

$$D = \frac{V}{t} \quad (4.2)$$

dimana:

D = Debit air (liter/detik)

V = Volume (liter)

t = Waktu (detik)

plant memiliki panjang 47cm, tinggi 17cm, dan lebar 31cm.

total volume $24769\text{cm}^3 = 24,769\text{ dm}^3$.

maka didapatkan hasil: $24,769\text{ liter}/83\text{ detik} = 0,29\text{ liter /detik}$, untuk speed 50Hz

maka didapatkan hasil: $24,769\text{ liter}/148\text{ detik} = 0,167\text{ liter /detik}$, untuk speed 40Hz

maka didapatkan hasil: $24,769\text{ liter}/256\text{ detik} = 0,096\text{ liter /detik}$, untuk speed 30Hz

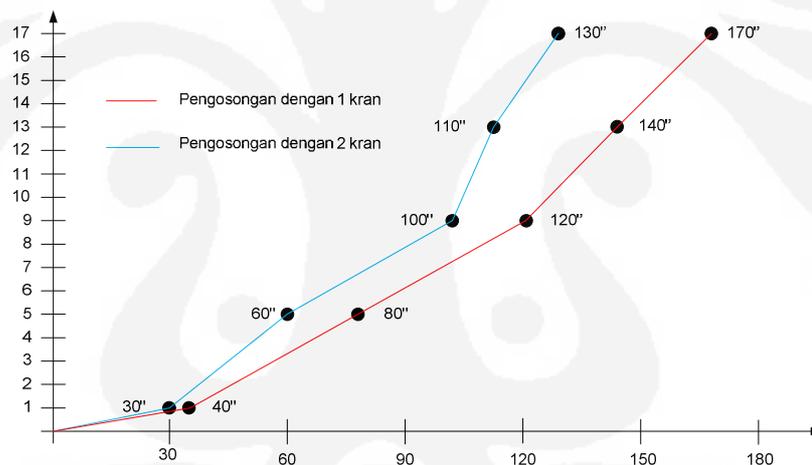
maka didapatkan hasil: $24,769\text{ liter}/431\text{ detik} = 0,057\text{ liter /detik}$, untuk speed 20Hz

maka didapatkan hasil: $24,769\text{ liter}/716\text{ detik} = 0,034\text{ liter /detik}$, untuk speed 10Hz

Tabel 4.3 Waktu pengosongan air pada Plant

Level (cm)	Pengosongan air pada buka kran (detik)	
	1 Kran	2 Kran
17	170 detik	130 detik
13	140 detik	110 detik
9	120 detik	100 detik
5	80 detik	60 detik
1	40 detik	30 detik

Pada tabel 4.3 yaitu waktu pengosongan, dapat dilihat bahwa untuk level ketinggian air yang konstan, waktu yang dibutuhkan untuk mengosongkan air akan lebih cepat dengan menggunakan dua kran. Untuk mendapatkan kestabilan dengan kondisi seperti pada grafik pada gambar 4.5, diperlukan setting putaran pompa yang lebih besar untuk menyeimbangkan antara debit air yang keluar dengan debit air yang masuk.



Gambar 4.5 Grafik waktu pengosongan bak

Tabel 4.4 Gangguan pada plant

Status Valve	Kran 1	Kran 2	Level Awal (cm)	Level Gangguan (cm)	Frekuensi (Hz)	Rpm	Respon Kestabilan kembali ke level awal
Closed	-	-	17	0	0	0	0
Open ½	ON	-	17	16	20,7	632	150 detik
Open ¾	ON	-	17	15,5	28,6	808	152 detik
Open full	ON	-	17	14,5	39,2	1097	155 detik
Closed	-	-	17	0	0	0	0
Open ½	ON	ON	17	14,5	40,6	1136	151 detik
Open ¾	ON	ON	17	14	46,2	1293	164 detik
Open full	ON	ON	17	14	49,7	1391	172 detik

Dari tabel tersebut didapatkan adanya dua kondisi respon pada percobaan dikarenakan pada saat awal kran dibuka maka yang terjadi air akan turun walaupun pompa berputar. Hal ini dikarenakan pompa membutuhkan waktu untuk dapat mengalirkan air, sehingga dibutuhkan respon saat kran dibuka untuk meningkatkan air pada kondisi volume semula, kemudian kondisi selanjutnya adalah respon kestabilan untuk tidak terjadinya level ketinggian air akan naik atau menurun ketika respon awal valve/kran berhasil mencapai kondisi volume awal yaitu sebelum keran dibuka, dimana kestabilan ini dapat diketahui dengan debit air yang masuk melalui pompa adalah sama dengan debit air keluar dari keran. Namun terkadang dalam satu waktu kondisi stabil sulit dicapai (masih terjadi error berupa level ketinggian yang naik atau turun) dikarenakan kondisi sensor yang kurang akurat dalam pembacaan dikarenakan adanya error berupa riak air pada bak simulasi.

4.6 Analisa Hasil

Dari percobaan pengaturan level ketinggian air diperoleh hasil – hasil penting yaitu berupa:

1. Akurasi kestabilan level ketinggian air didapatkan dengan kondisi sensor yang presisi, pemrograman mikrokontroller yang sesuai dan ketepatan dalam melakukan parameter setting inverter.
2. Dalam penggunaan kendali proporsional, output dari sistem kontrol selalu sebanding dengan inputnya. Sinyal output merupakan penguatan dari sinyal kesalahan dengan faktor tertentu, faktor penguatan ini merupakan konstanta proporsional dari sistem.
3. Komponen proporsional memiliki kegunaan terbatas sebab tidak dapat membuat motor untuk berputar cepat mendekati set point, namun mampu menghasilkan respon yang cepat terhadap sinyal error.

BAB V

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Telah berhasil dirancang dan dibuat alat simulasi pengaturan level ketinggian air berbasis Inverter Drive LG – SV008iC5.
2. Inverter Drive LG – SV008iC5 yang dipergunakan mampu mengendalikan kecepatan putaran motor pompa 3 phasa yang dalam beberapa kondisi level ketinggian air.
3. Pada kendali proporsional yang digunakan, perbandingan waktu pengisian dengan frekuensi yang dikeluarkan inverter adalah berbanding lurus sesuai dengan waktu yang dibutuhkan, yaitu jika frekuensi yang dikeluarkan besar maka waktu pengisian semakin kecil.
4. Debit air yang dikeluarkan pompa pada speed frekuensi 50Hz adalah sebanyak 0,29 liter / detik. Maka untuk mengisi bak sampai pada level yang diinginkan yaitu ketinggian 17cm diperlukan waktu selama 83 detik.
5. Pada level gangguan yang tinggi, yaitu dengan membuka kran lebih besar, motor dipaksa berputar lebih cepat untuk mencapai level stabil dan mengembalikan pada level semula, pada percobaan ini waktu yang dibutuhkan adalah 172 detik dengan kecepatan variatif 48Hz – 50Hz, menyesuaikan ketinggian yang terdeteksi, sampai dengan level stabil.
6. Inverter tidak dapat membaca putaran motor yang diberi beban, dikarenakan pembacaan nilai variable yang ditampilkan pada inverter tidak sesuai dengan besar variable pada beban, inverter secara otomatis membaca nilai parameter yang dimasukkan.
7. Kecepatan putaran motor pada saat pertama kali start berbeda dengan kecepatan ketika beroperasi, hal ini karena adanya parameter setting waktu akselerasi, yaitu waktu yang dibutuhkan motor untuk mencapai putaran maksimum dari kecepatan rendah secara perlahan sesuai dengan frekuensi yang diberikan.

DAFTAR ACUAN

- [1] <http://www.lgis.com/>
- [2] <http://www.wikipedia.org/>
- [3] <http://www.google.co.id/>
- [4] <http://www.kaskus.us/>
- [5] <http://www.wordpress.com/>
- [6] <http://www.blogger.com/>

DAFTAR PUSTAKA

Campbell, Sylvester J. (1987). *Solid-State AC Motor Controls*. New York: Marcel Dekker, Inc.. pp. 79–189.

Jaeschke, Ralph L. (1978). *Controlling Power Transmission Systems*. Cleveland, OH: Penton/IPC. pp. 210–215.

Siskind, Charles S. (1963). *Electrical Control Systems in Industry*. New York: McGraw-Hill, Inc.. p. 224.

Fitzgerald, A. E.; Kingsley, Charles Jr. and Umans, Stephen D. (1983). *Electric Machinery* (4th ed.). New York: Mc-Graw-Hill, Inc.. pp. 121–122, 127–128.

Manual Book Inverter Starvert iC5, series LG

Wasito S. 1981. "Elektronika Dalam Industri". Jakarta: Karya Utama.

Sunarno. 2005. "Mekanikal Elektrikal ". Yogyakarta : Andi Offset

Kusnadi. ST. 2003. " Diktat Elektronika Daya Semester V program Khusus PLN". Depok: Politeknik Negeri Jakarta.

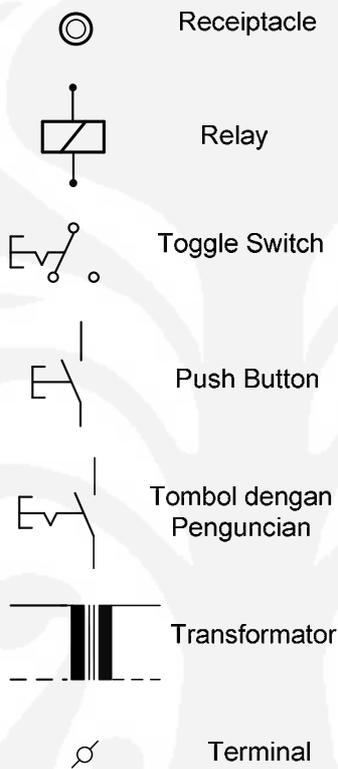
Pitowarno, Endra. 2006. "Desain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan". Yogyakarta: Andi Offset.

Yunan, S.M. 2006. " *Dasar Sistem Kontrol Mekanis* ". Depok: Politeknik Negeri Jakarta.

Yunan, S.M. 2007. " *Power and Control Installation* ". Depok: Politeknik Negeri Jakarta.

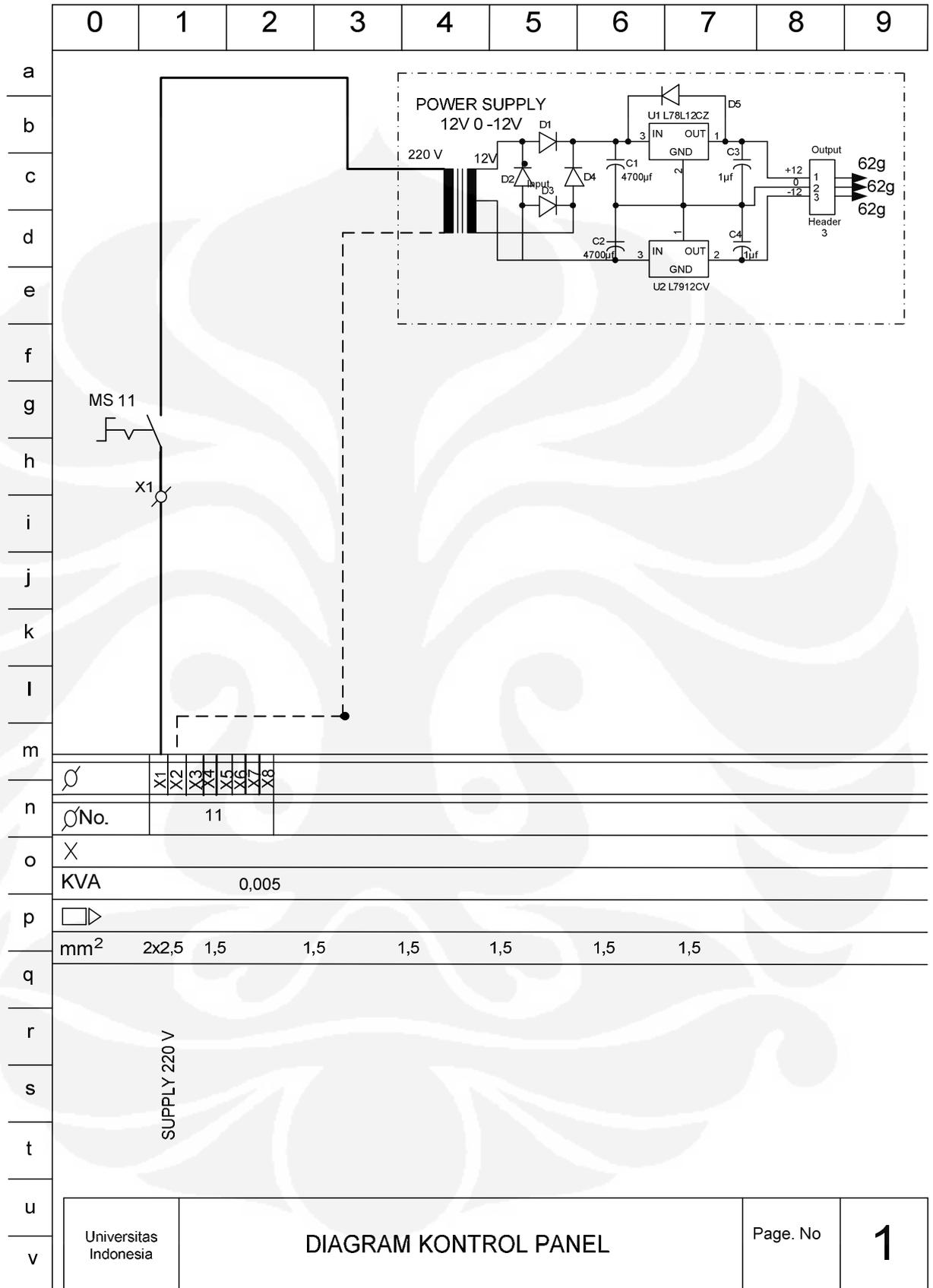


LAMPIRAN



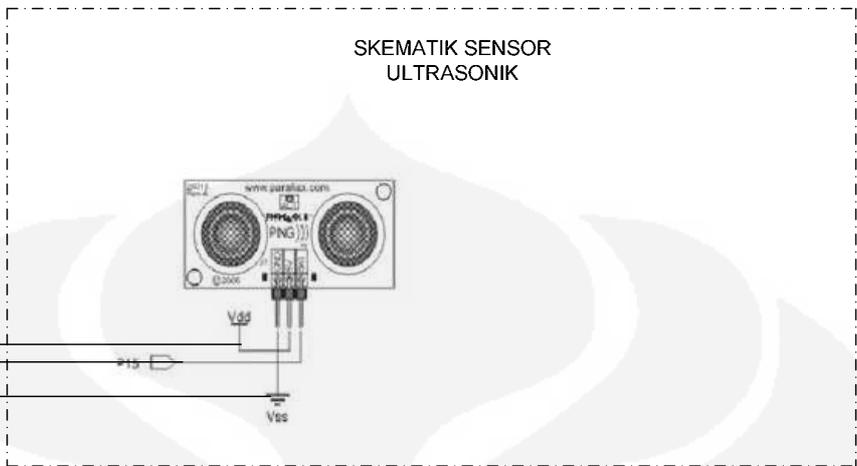
MOD	TANGGAL	DIGAMBAR	PERUBAHAN
SKALA :	DIGAMBAR : Muhammad Nahar	DIPERIKSA : Dr. Abdul Halim, M.Eng	17 Dec 2010
PROYEK : PLANT PENGATURAN LEVEL KETINGGIAN AIR BERBASIS INVERTER DRIVE			
INSTALASI : WIRING INVERTER dan PLANT			
NO. PEKERJAAN	BANGUNAN	LANTAI	NO. GAMBAR
			8

UNIVERSITAS INDONESIA



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

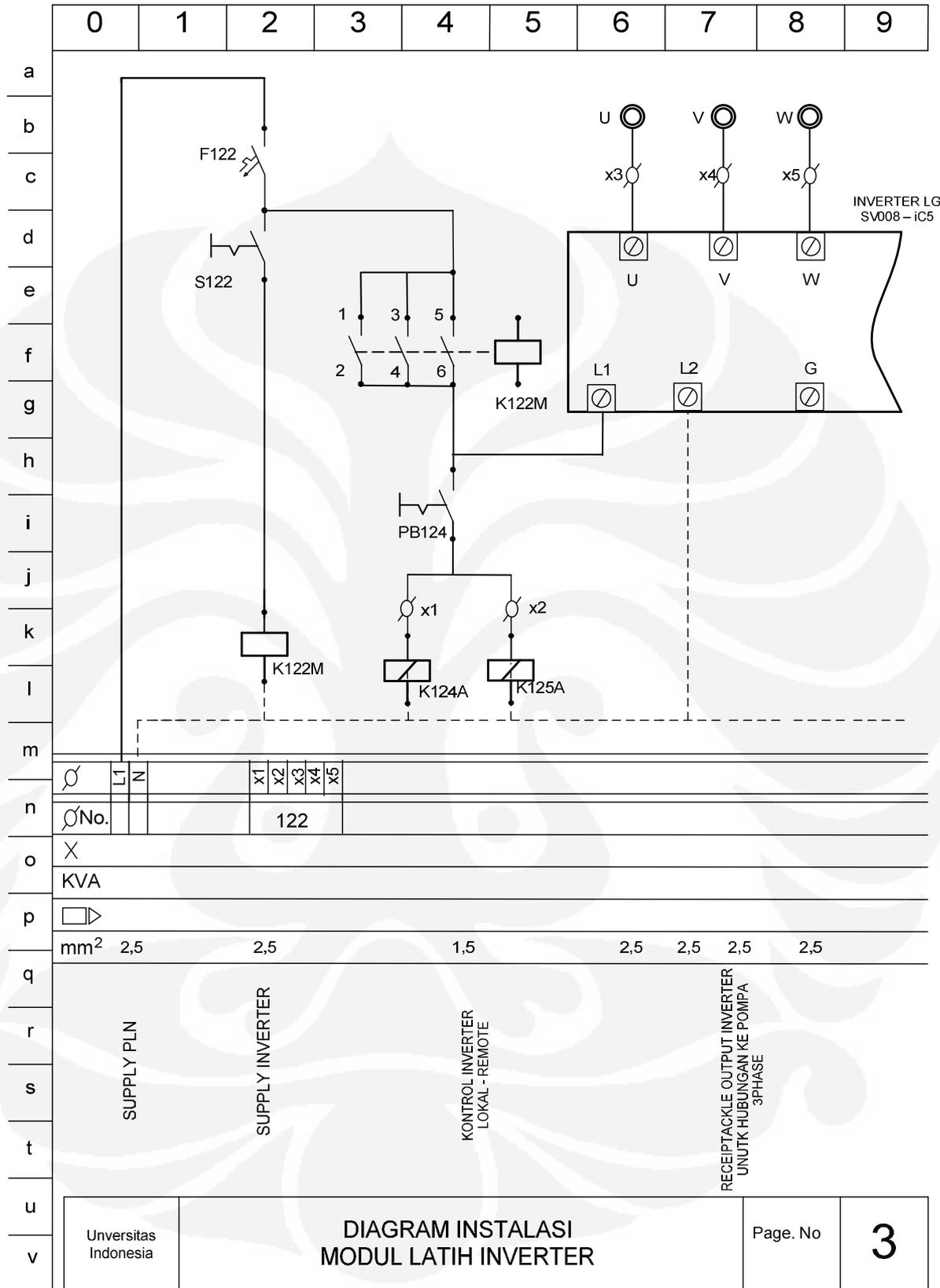
a
b
c
d
e
f
g
h
i
j
k
l
m
n
o
p
q
r
s
t
u
v

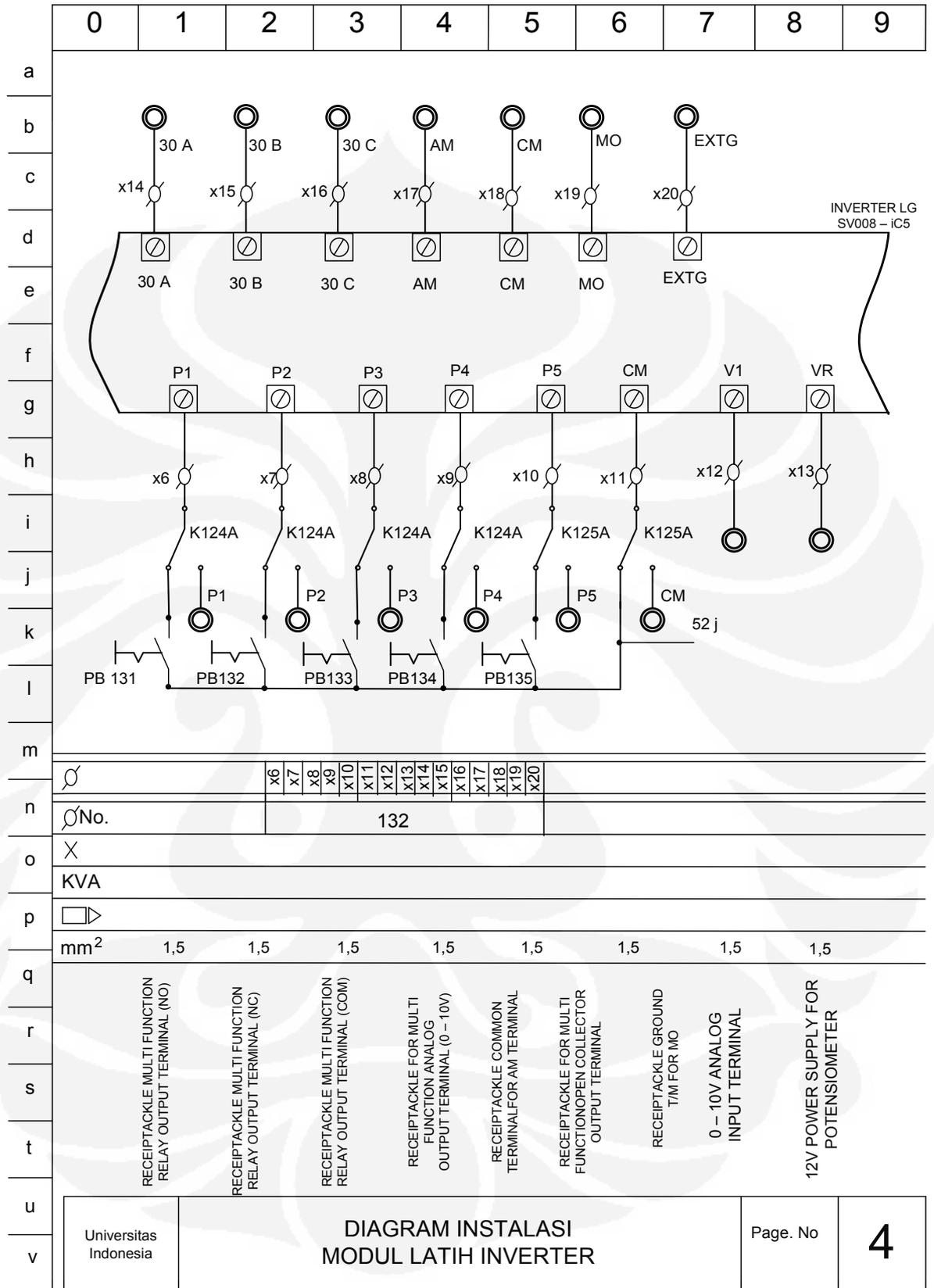


67g
62g
62g

Ø	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22
ØNo.	31							
X	KVA 0,005							
□▷	mm ² 1,5							

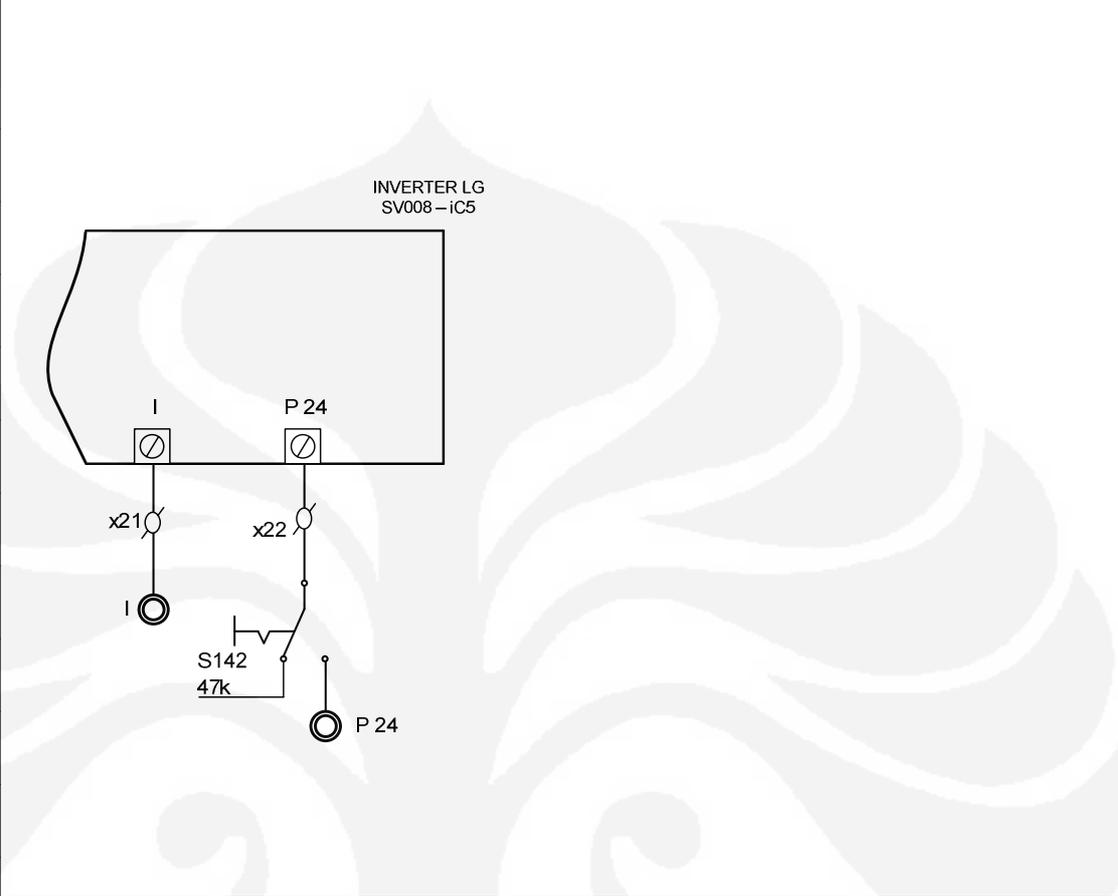
Universitas Indonesia	DIAGRAM KONTROL PANEL	Page. No	2
--------------------------	-----------------------	----------	---





0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

a
b
c
d
e
f
g
h
i
j
k
l
m
n
o
p
q
r
s
t
u
v



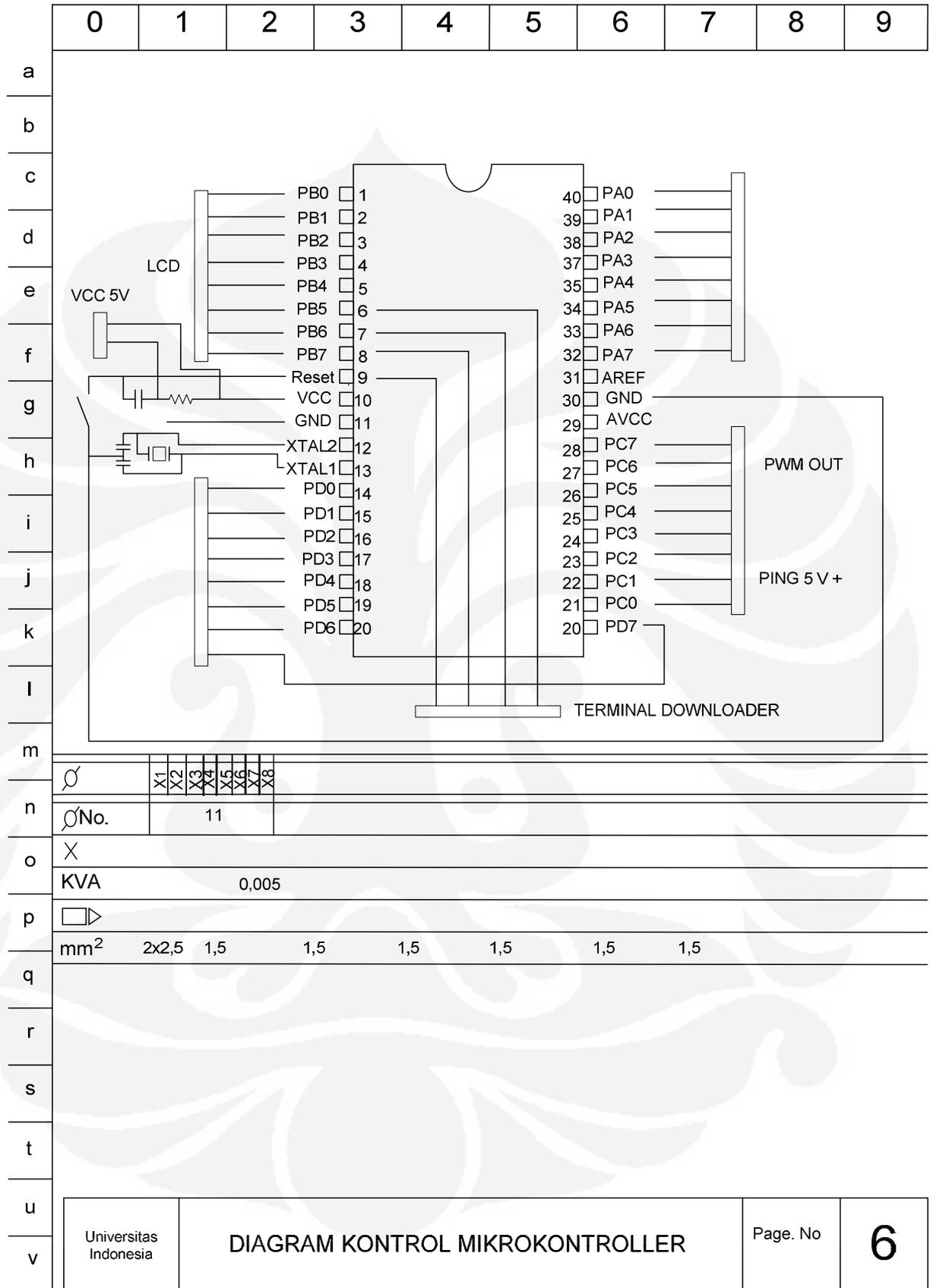
Ø	x21	x22
ØNo.	141	
X		
KVA		
mm ²	1,5	1,5

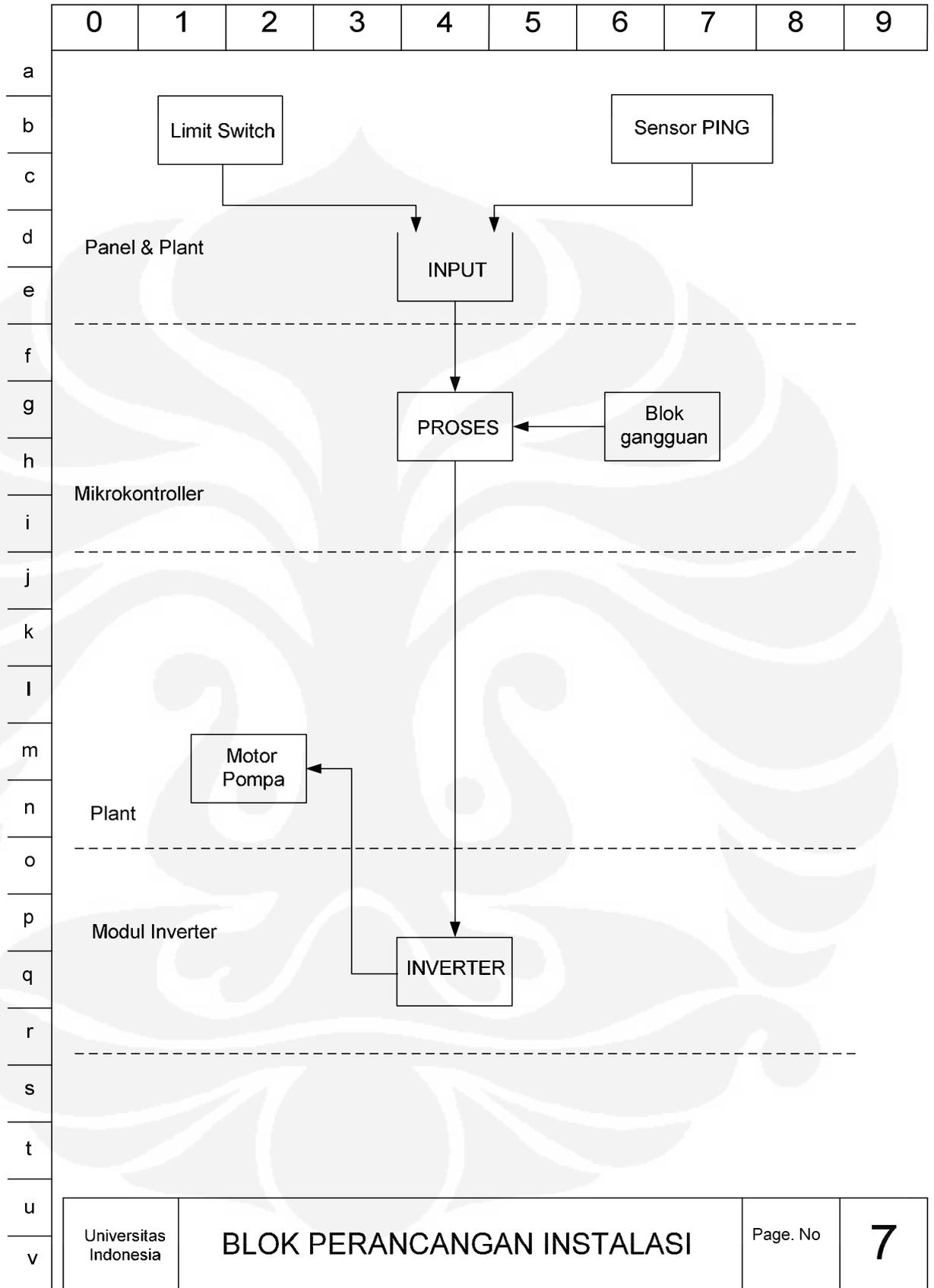
0 - 20 mA ANALOG INPUT TERMINAL

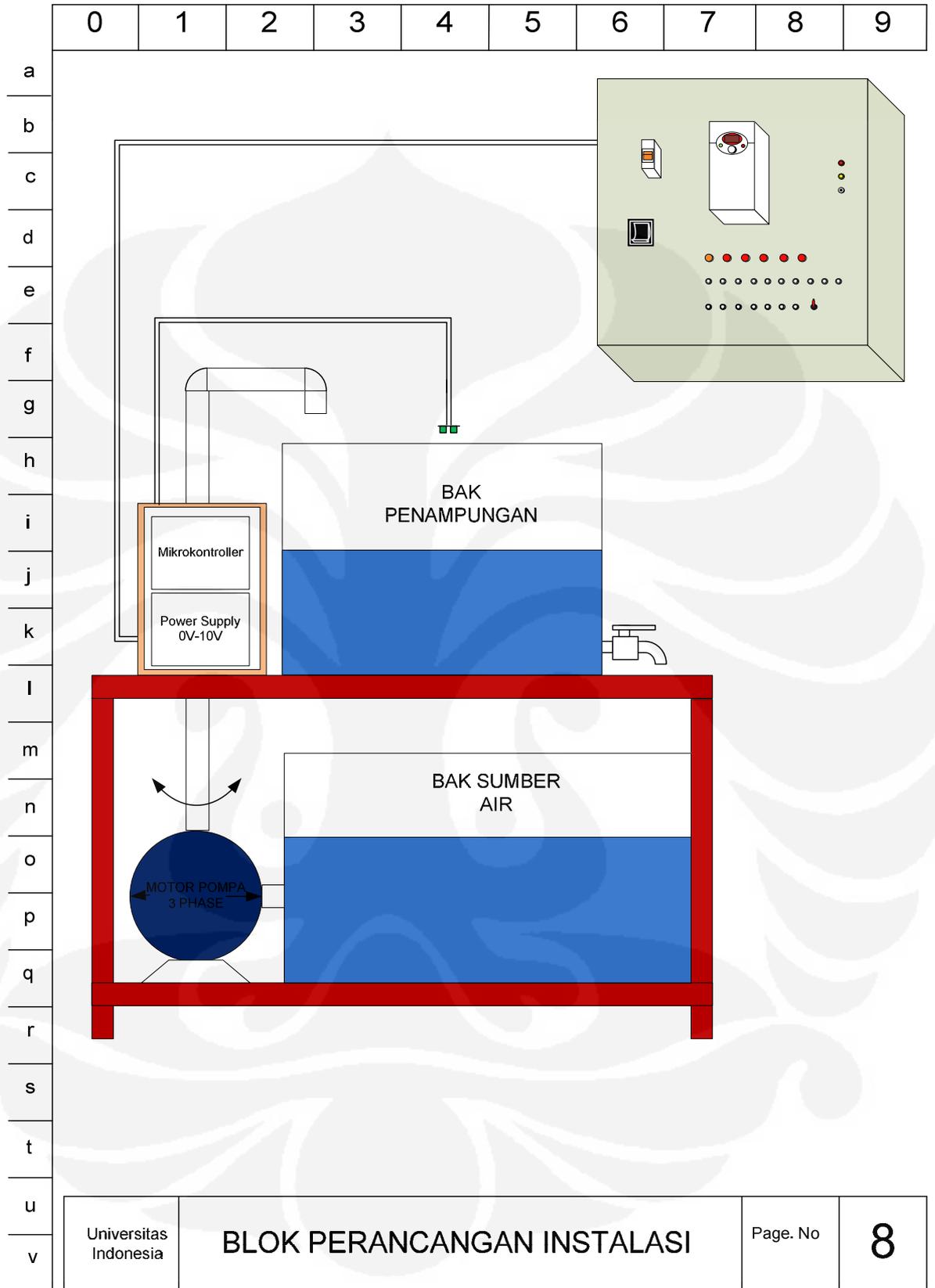
NPN

WHEN USING 24V EXTERNAL POWER SUPPLY (PNP)

Universitas Indonesia	DIAGRAM INSTALASI MODUL LATIH INVERTER	Page. No	5
-----------------------	---	----------	---







DAFTAR SPESIFIKASI PERALATAN

LIST OF CONTROL MATERIAL

No	Nama Material	Spesification	Banyaknya	Unit	Remarks	Daya total (Watt)
I	<u>Dalam Panel</u>					
1	Power Supply -12 0 12 V	Input 220V	1	Pieces	Omron	
2	Mikrokontroller	ATMega 8535; input 5V	1	unit	Atmel	
3	Display LCD	Input 5V	1	unit		
II	<u>Pintu Panel</u>					
1	Push Button Merah	220 V	1	Buah		
III	<u>Plant</u>					
1	Motor Pompa	3 Phasa 0,37 KW 1400 rpm, 220/380 V	1	Set		370
2	Ball Valve	ON-OFF	2	Pieces	ONO	
3	Sensor	5 V input	1	Buah		
4	Limit switch	220v 6A	1	Buah	Omron	
IV	<u>Modul Inverter</u>					
1.	Inverter	SV-008 iC5 / 0,75 Kw	1	Unit	LG	750
2.	Relay+Socket	MY4NJ, 250VAC, 5A 4CO	2	Unit	Omron	
3.	Terminal Blok	2,5 mm2	2	Buah		
4.	Kontaktor magnet	SK 10 – coil 220V contac 16A max / 25 Watt	1	Buah	Mitsubishi	
5.	Kipas	220VAC / 0,1 A / 22 Watt	1	Buah	Sunon	22
6.	Push Button	220V 6A	5	Buah		
7.	Receiptacle Merah	220VAC 10A	10	Buah		
8.	Receiptacle Hitam	220 VAC 10A	7	Buah		
9.	Saklar Toggle	240VAC 2A	1	Buah		
10.	Saklar	220VAC 6A	1	Buah		
11.	MCB 1 phasa	220VAC 4A	1	Buah	Merlin Gerin	
12.	Receiptacle 3 phasa	220 VAC 16A	3	Buah		

SPESIFIKASI PLANT

PENGATURAN LEVEL KETINGGIAN AIR
BERBASIS INVERTER DRIVE LG – SV008iC5

No.	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Tinggi (Cm)	Panjang (Cm)	Lebar (Cm)
1.	1290,36	220	5,87	122	80	42

PROGRAM MIKROKONTROLLER

```
$regfile = "m8535.dat"
$crystal = 4000000
Config Timer0 = Timer , Prescale = 1
$lib "lcd4busy.lib"

Config Lcd = 16 * 2
Const _lcdport = Portb
Const _lcdaddr = Ddrb
Const _lcdin = Pinb
Const _lcd_e = 2
Const _lcd_rw = 1
Const _lcd_rs = 0
Cursor Off

'Config Portb = Output
'Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , Db7 =
Portb.7 , E = Portb.2 , Rs = Portb.0
'Config Lcd = 16 * 2

.....

Pulse Alias Portc.1
Echo_1 Alias Pinc.1
Pwm_out Alias Portc.6

On Ovf0 Tim0_isr
Stop Timer0
Enable Timer0
Enable Interrupts
Start Timer0

'Portc = &H00
Dim T As Byte
Dim Count As Single
Dim Pwm As Byte
Dim Jarak As Single , Z As String * 0
Dim Jarak_real As Single , Store_pwm As Single , X As Single
Dim Jarak_terdekat As Single , Jarak_terjauh As Single , Cek As Bit
Dim Interval_jarak As Single
Dim Interval_pwm As Single

Main:
Do
Jarak_terdekat = 4
Jarak_terjauh = 10.00
```

```
Interval_jarak = Jarak_terjauh - Jarak_terdekat  
Interval_pwm = 250 / Interval_jarak
```

```
Gosub Ping_1  
If Jarak_real => Jarak_terdekat And Jarak_real <= Jarak_terjauh Then  
    X = Jarak_real - Jarak_terdekat  
    Store_pwm = Interval_pwm * X  
'Count = Count  
Pwm = Store_pwm  
Cek = 1  
Elseif Jarak_real < Jarak_terdekat Then  
Goto Berhenti  
'Count = 0  
'Store_pwm = 0  
'Cek = 0  
Elseif Jarak_real > Jarak_terjauh Then  
'Count = 255  
Store_pwm = 255  
Cek = 1  
End If  
Pwm = Store_pwm  
Gosub Tampil  
Loop
```

```
Berhenti:  
Do  
Store_pwm = 0  
Pwm = Store_pwm  
Gosub Ping_1  
Loop Until Jarak_real => Jarak_terdekat  
Goto Main
```

```
Ping_1:  
Count = 0  
Waitms 20  
Config Pinc.1 = Output  
Pulse = 0  
Pulse = 1  
Waitus 2  
Pulse = 0  
Config Pinc.1 = Input  
While Echo_1 = 0  
'Count = Count  
Wend  
While Echo_1 = 1  
Count = Count + 1  
Wend  
Jarak = Count * 0.34
```

```
Jarak_real = Jarak * 2  
Return
```

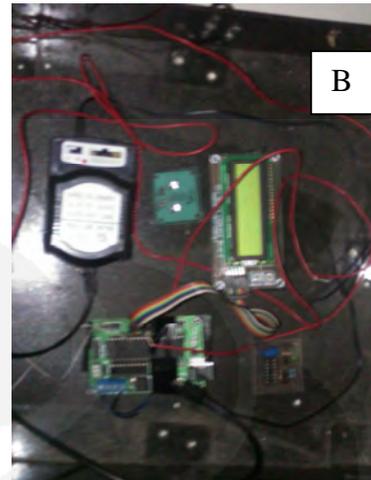
```
Tampil:  
Locate 1 , 1  
Lcd "jarak=" ; " " ; Jarak_real  
Locate 1 , 13  
Lcd "    "  
If Cek = 1 Then  
Locate 2 , 1  
Lcd "motor hidup"  
Else  
Locate 2 , 1  
Lcd "motor mati "  
End If  
Return
```

```
Tim0_isr:  
'dir kanan portc.1  
'dir kiri portc.0  
Disable Interrupts  
T = T + 1  
If T = 200 Then  
T = 255  
End If  
If Pwm <= T Then  
Pwm_out = 0  
Else  
Pwm_out = 1  
End If  
Enable Interrupts  
Return  
End
```

DOKUMENTASI ALAT



A



B



C

- A. Modul Inverter
- B. Dalam Panel
- C. Plant

Starvert iC5

- Volts / hertz & sensorless vector control (PWM by IGBT)
- Motor parameter auto-tuning
- 150% torque at 0.5Hz
- 0 ~ 400Hz output frequency
- 1 ~ 10kHz carrier frequency
- Built-in process PID control
- Ground fault protection
- Built-in RFI filter (class A)
- Built-in potentiometer
- Programmable I / O
- PNP / NPN selectable signal input
- 0 ~ 10Vdc Analog output
- Optional ModBus communication chip

Dynamic & Micro Single Phase Inverter

0.4 ~ 2.2 kW, 1 ϕ



Specifications

Model		SV004iC5-1	SV008iC5-1	SV015iC5-1	SV022iC5-1	SV004iC5-1F	SV008iC5-1F	SV015iC5-1F	SV022iC5-1F	
Motor rating	[HP]	0.5	1	2	3	0.5	1	2	3	
	[kW]	0.4	0.75	1.5	2.2	0.4	0.75	1.5	2.2	
Output ratings	Capacity [kVA]	0.95	1.9	3	4.5	0.95	1.9	3	4.5	
	FLA [A]	2.5	5	8	12	2.5	5	8	12	
	Voltage [V]	Three phase, 200~230V								
	Frequency [Hz]	0~400Hz								
Input ratings	Voltage [V]	Single phase, 200~230V (±10%)								
	Frequency [Hz]	50~60Hz (±5%)								
Control method	• Sensorless Vector • V/F									
Frequency setting resolution	• Digital reference: 0.01Hz • Analog reference: 0.08Hz at 60Hz									
Frequency setting accuracy	• Digital: 0.01% of Maximum output frequency • Analog: 0.1 % of Maximum output frequency									
V/F ratio	• Linear • Square • User V/F									
Overload capacity	• 1 minute at 150% • 30 seconds at 200% (with inverse characteristic proportional to time)									
Torque boost	• Auto • Manual									
RFI filter	None						Built-in (class A)			
Multi-function input terminals	Total 5 inputs (programmable)									
Analog output	0~10V Linear									
Input signal	Operator control	• 3 digits LED keypad • Terminals • ModBus communication(option)								
	Frequency setting	• Analog: 0~10V, 4~20mA • Digital: Keypad • Communication: ModBus • Potentiometer								
	Start signal	• Forward • Reverse								
	Multi-step operation	Setting up to 8 speeds (using multi-function terminal)								
	Multi-step Accel./Decel. time	0.1~6000 seconds. Maximum 8 pre-defined steps using multi-function terminals								
	Operational functions	• PID control • Up-Down operation • 9-wire operation • Frequency limit • Frequency jump • Second motor function								
	Emergency stop	• Slip compensation • Reverse rotation prevention • Auto restart								
	Jog	Interrupting output from inverter								
	Fault reset	Jog operation								
Output signal	Fault reset	Reset fault signal when protective function is active								
	Operational status	• Frequency detection • Overload alarm • Stall • Overvoltage • Undervoltage • Inverter overheat • Run • Stop								
	Indicator	• Constant speed • Speed search • Fault output (Relay output and Open collector output)								
Protective functions	Trip	• Output frequency • Output current • Output voltage • DC bus voltage								
	Alarm	• Overvoltage • Undervoltage • Overcurrent • Inverter overheat • Motor overheat • I/O phase loss • I/O miss wiring								
		• Overload • External device fault 1 & 2 • Speed command loss • Hardware fault • Communication error • CPU error								
		• Stall • Overload								



Product Description

our 3 phase induction motor completely conform to the standard of IEC. Since 2000, we have passed CCC and CE authentication also obtained ISO 9001 :2000 certification and could export abroad directly .About 50 percent of our 3 phase induction motor are sold to European and Asian countries. We are in a position to accept orders against customers's samples specifying design,specifications and packaging requirements also accept orders with customers' own trade marks or brand names.

3 phase induction motor general information

Origin:China Ningbo HS Code: 8501

Standard: IEC60034 With CE proof and ISO9001:2000

Housing:H56-132 Aluminium,above H132 made of Cast-Iron

Voltage: 220/380V,380/660V,230/400V,400/690V

Frequency: 50HZ;60HZ Protection Class: IP54;IP55

Insulation Class : B ;F;H Bearings: NSK ,SKF

Ambi. Temperature: -20~+40°C

Altitude Above Sea Level: ≤1000M

Packing: cartoon,wooden case or buyer offer

Payment: 100% L/C at sight or 100% T/T in advance

Min. Order: 1 pcs Transportation: by sea

Shipment:Within 4 weeks of receiving the L/C

Productivity: 500pcs/day

Main market:Europe and Asia

If you are interested in our 3 phase induction motor please contact us !



Parallax's PING)))™ ultrasonic sensor provides a very low-cost and easy method of distance measurement. This sensor is perfect for any number of applications that require you to perform measurements between moving or stationary objects. Naturally, robotics applications are very popular but you'll also find this product to be useful in security systems or as an infrared replacement if so desired. You will definitely appreciate the activity status LED and the economic use of just one I/O pin.

The Ping sensor measures distance using sonar; an ultrasonic (well above human hearing) pulse is transmitted from the unit and distance-to-target is determined by measuring the time required for the echo return. Output from the PING))) sensor is a variable-width pulse that corresponds to the distance to the target.

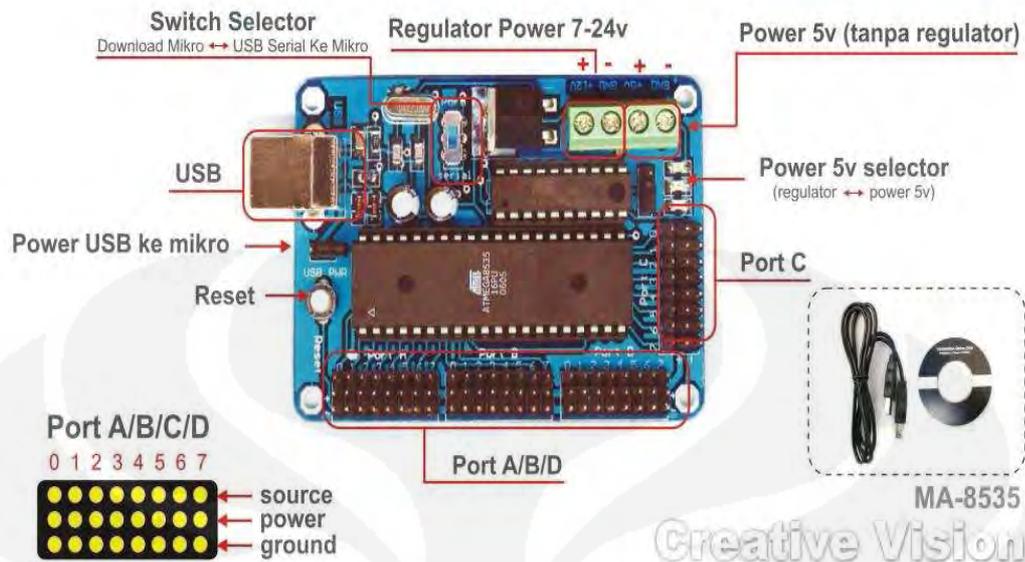
Interfacing to the BASIC Stamp and Javelin Stamp microcontrollers is a snap: a single (shared) I/O pin is used to trigger the Ping sensor and "listen" for the echo return pulse. And the intelligent trigger hold-off allows the PING)))™ to work with the BS1! An onboard three-pin header allows the PING))) to be plugged into a solderless breadboard (on a Boe-Bot, for example), and to be connected to its host through a standard three-pin servo extension cable.

Features:

- Provides precise, non-contact distance measurements within a 2 cm to 3 m range
- Simple pulse in/pulse out communication
- Burst indicator LED shows measurement in progress
- 20 mA power consumption
- Narrow acceptance angle
- 3-pin header makes it easy to connect using a servo extension cable, no soldering required

Key Specifications:

- Power requirements: +5 VDC
- Communication: Positive TTL pulse
- Dimensions: 0.81 x 1.8 x 0.6 in (22 x 46 x 16 mm)
- Operating temp range: +32 to +158 °F (0 to +70 °C)



Devboard ATmega 8535 di desain sesederhana mungkin yang memudahkan anda yang ingin belajar mikrokontroler AVR tipe 8535/ 32/ 16. Devboard ATmega 8535 dilengkapi internal downloader sehingga anda dapat langsung mendownload/ memasukan program ke dalam Chip 8535 semudah memasang USB.

Spesifikasi:

- Internal downloader USB AVR.
- Terdapat ekstra power 5v.
- Tidak membutuhkan power. tambahan saat mendownload program
- Kompatibel dengan ATmega 32 dan ATmega 16.
- Bonus kabel printer USB.
- Disertai CD software CodeVision AVR 1.25.9 Evaluation, AVR Studio4 dan AVR OSP II.
- Xtall 8MHz