

Rancang Bangun Elektronik Motor Relay Sebagai Proteksi Berbagai Gangguan Motor Listrik

Resi Dwi Jayanti Kartika Sari ^{a,1,*}, Yahya Chusna Arief^{b,2}, Suryono^{b,3}

^a Universitas Merdeka Malang, Jalan Terusan Dieng No.62-64, Kota Malang, Indonesia

^b Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jl. Raya ITS Sukolilo, PENS Campus, Kota Malang, Indonesia

¹ resi.sari@unmer.ac.id*; ² yahya@eepis-its.edu ; ³ suryono@eepis-its.edu

* Penulis Koresponden

INFO ARTIKEL

Histori Artikel

22-08-2022

07-11-2022

20-12-2022

Kata Kunci

Proteksi

Gangguan

Motor Induksi

ABSTRAK

Sistem proteksi terhadap gangguan pada motor induksi memiliki peranan penting dalam industri. Pada umumnya proteksi pada instalasi listrik hanya menggunakan MCB (Miniature Circuit Breaker) dan sekering yang hanya bisa memproteksi arus lebih dan hubung singkat saja serta masih banyak macam proteksi penting yang belum tercakup di dalamnya walau seiring perkembangan teknologi banyak diciptakan alat proteksi elektronis. Tujuan Proyek akhir ini adalah merencanakan dan membuat elektronik motor relay terhadap gangguan *over load*, *phase loss*, *phase reverse*, *phase unbalance*, *short circuit*, *ground fault*, dan *locked rotor*. Mikrokontroler AVR digunakan sebagai kontroler dari semua sistem dalam mendeteksi gangguan. Dimana range setting arus dan trip time diprogram menggunakan bahasa C yang dioperasikan dengan keypad dan ditampilkan ke LCD. Sebagai sensing arus dan tegangan menggunakan trafo arus dan trafo tegangan. Sedangkan untuk sensing phase reverse mengambil sinyal dari penguat diferensial diteruskan ke zero crossing, trigger dan X-or. Pengujian keakuratan elektronik motor relay dilakukan di masing-masing gangguannya. Dari data-data yang diperoleh menunjukkan bahwa mikrokontroler bisa digunakan sebagai pengontrol tegangan analog yang presisi. Hal tersebut dikarenakan mikrokontroler AVR memiliki fitur yang baik dan didukung kecepatan prosesor yang memadai untuk digunakan pada aplikasi semacam ini.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



1. Pendahuluan

Pada berbagai macam industri, motor induksi merupakan salah satu tulang punggung untuk menghasilkan tenaga gerak, sebagai contoh di industri rokok, industri tenun, pertukangan, dan lain sebagainya. Sebagai motor yang bekerja terus – menerus, maka tidak akan terhindar dari berbagai macam gangguan. Adapun gangguan-gangguan tersebut yaitu:

[1] gangguan tegangan nol, gangguan beban lebih, gangguan hilangnya salah satu fasa (fasa open) , gangguan turunnya tegangan supply dan gangguan panas lebih.

Dengan adanya gangguan – gangguan tersebut di atas maka perlu adanya suatu proteksi untuk mengamankan motor induksi, guna menunjang kinerja motor induksi tersebut [2]. Pada umumnya proteksi instalasi motor listrik hanya menggunakan sekering dan MCB (*Miniature Circuit Breaker*)[3]. Proteksi dengan sekering dan MCB hanya mampu mengatasi gangguan pada arus lebih, selain itu masih banyak macam proteksi yang penting tidak tercakup didalamnya. Pengaman sekering dan sejenisnya melindungi motor terhadap gangguan hubung singkat.

Adapun fungsi proteksi pada motor listrik adalah untuk mencegah timbulnya gangguan, dan bila terjadi gangguan, setidaknya-tidaknya membatasi akibatnya terhadap motor, alat yang digerakkan maupun jaringan suplai serta operator motor tersebut [4].

Perkembangan teknologi proteksi yang cukup pesat dewasa ini menyebabkan semakin banyaknya ilmuwan – ilmuwan, industri proteksi dan mahasiswa/dosen yang membuat/memproduksi alat proteksi untuk mengatasi berbagai macam gangguan tersebut di atas. Contohnya alat proteksi baik secara elektromekanik maupun proteksi yang *komputerize* [5], RCP relay proteksi, VSD, dan lain sebagainya.

Seiring dengan perkembangan itu, peranan sistem proteksi, khususnya untuk mendukung kinerja produksi di dalam suatu industri perlu dilakukan dengan akurasi yang sangat tinggi. Oleh karena itu, sistem proteksi yang dapat termonitoring pada suatu industri dapat lebih menunjang sistem proteksi motor yang diperlukan [6]. Keefektifitasan kerja sistem proteksi yang dengan cepat mengatasi gangguan – gangguan yang terjadi pada motor dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas suatu industri dalam berproduksi [7].

Adapun fungsi proteksi pada motor listrik adalah untuk mencegah timbulnya gangguan, dan bila terjadi gangguan, setidaknya-tidaknya membatasi akibatnya terhadap motor, alat yang digerakkan maupun jaringan *supply* serta operator motor tersebut [8].

Berdasarkan data survei, proteksi di beberapa perusahaan untuk gangguan *over load*, gangguan pada satu fasa, hubung singkat antar fasa dengan tanah, alat proteksinya mengandalkan pada sekering, MCB, dan *thermal over load relay*, serta masih ada sistem proteksi yang cara kerjanya secara manual [9]. Metoda pengukuran / pembatasan arus pada elektronik motor relay dilakukan langsung dengan CT dan selanjutnya dilakukan pembatasan arus dengan rangkaian elektronika yang ada pada *overload* [9]. NEMA standart merekomendasikan untuk maksimum tegangan *unbalance* pada motor dan generator adalah 1%. Batasan 1% tersebut bisa diatasi dengan menurunkan beban motor. Jika beban motor diturunkan maka toleransi unbalance tegangan bisa lebih longgar [10]. Dan torsi maksimal motor induksi yang diijinkan adalah 1,6 torsi nominal [11].

Selain itu kebijakan yang diambil oleh perusahaan/ industri dalam mengatasi gangguan pada motor induksi agar kinerjanya bisa optimal, disediakan anggaran untuk *rewinding* 3-4 kali dalam setahun dan ada juga anggaran pembelian motor baru minimal setiap tahunnya walaupun motor itu belum mengalami kerusakan. Yang pada umumnya biaya pembelian tersebut dibebankan pada penjualan produknya. Sehingga harga produk bisa lebih mahal yang akhirnya bisa memberatkan konsumen.

Akan lebih baik jika anggaran pembelian motor listrik maupun untuk *rewinding* dialihkan untuk pengadaan sistem proteksi yang bisa mencegah maupun mengatasi gangguan - gangguan motor tersebut di atas. Dengan adanya proteksi tersebut, usia motor akan menjadi lebih lama sehingga produksi pun akan terjamin baik kualitas maupun kuantitasnya.

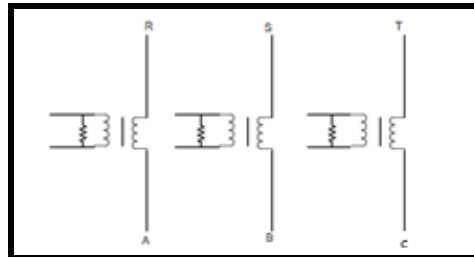
2. Metode Penelitian

2.1. Perencanaan Hardware

Hardware merupakan perangkat yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan yang berbentuk fisik dan dapat dilihat secara visual. Perangkat keras ini digunakan untuk interfacing dengan prosesor tempat dilakukannya pengolahan *software*.

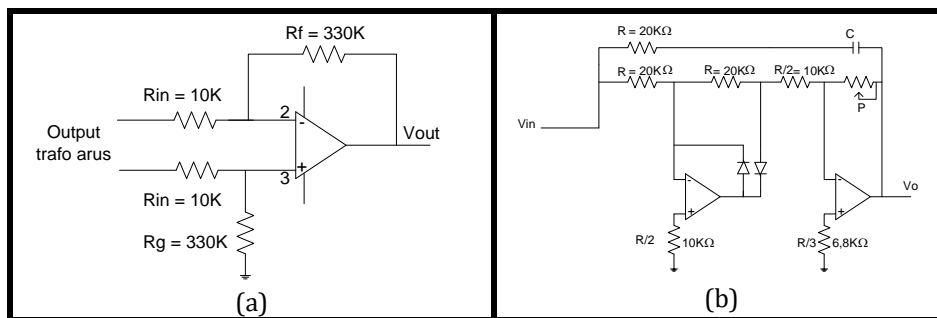
2.1.1. Perencanaan Sensor arus

Karena pada rancang bangun ini membuat elektronik motor relay 3 fasa maka menggunakan 3 buah trafo arus yang hubungannya seperti gambar di bawah ini:



Gambar 1. Hubungan Trafo Arus

Tegangan output dari sensor perlu dikuatkan agar dapat diolah secara elektronik dan mampu dibaca oleh ADC, maka digunakan rangkaian penguat diferensial dengan penguatan untuk sensor arus sebesar 33 kali. Karena ini direncanakan untuk 3 fasa, maka dibuat 3 buah penguat diferensial. Rangkaian penguat diferensial arus ditunjukkan sebagai berikut:

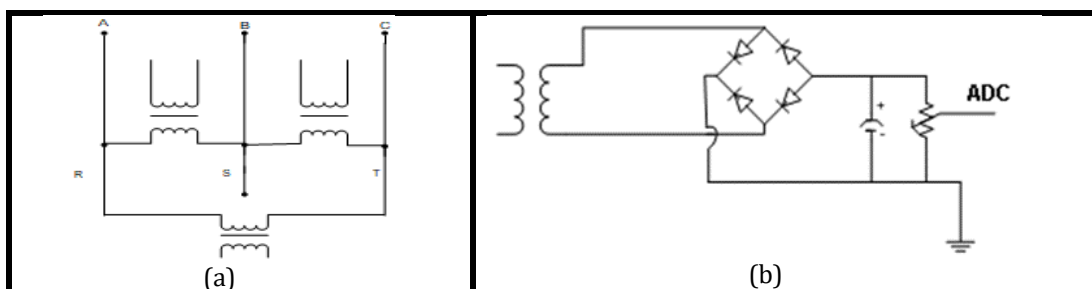


Gambar 2. a) Rangkaian Penguat Diferensial, b) Rangkaian Penyearah MAV

Tegangan output dari penguat diferensial masih berupa tegangan AC, sehingga sebelum masuk ke rangkaian ADC, perlu disearahkan dahulu. Untuk menyearahkan digunakan rangkaian MAV, yaitu rangkaian penyearah gelombang penuh.

2.1.2. Perencanaan Sensor Tegangan

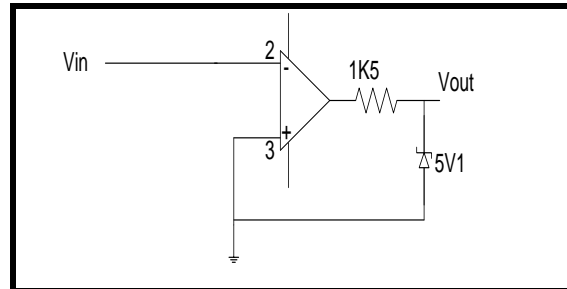
Trafo tegangan ini digunakan untuk mengukur tegangan yang ada. Pada perencanaan digunakan trafo step down 220/3 V. Karena pada rancang bangun ini membuat elektronik motor relay 3 fasa maka menggunakan 3 buah trafo tegangan yang hubungannya seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3. a) Hubungan Trafo Tegangan, b) Rangkaian Sensor Tegangan

Tegangan yang keluar dari trafo tegangan masih berupa tegangan AC, maka itu erlu disearahkan untuk dapat masuk ke ADC. Dalam menyearahkan tegangan AC menjadi DC ini digunakan dioda jembatan.

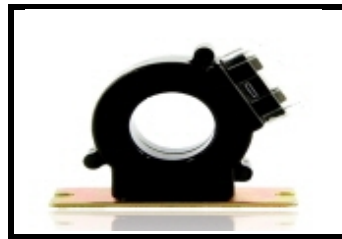
2.1.3. Perencanaan Sensor Phase Reverse



Gambar 4. Zero Crossing Detector

Pada perencanaan sensor terhadap gangguan phase reverse ini mengambil sinyal dari penguat deferensial sensor arus untuk diteruskan pada rangkaian *zero crossing*. Kemudian diteruskan pada *triger* dan rangkaian Xor hingga masuk pada ADC mikrokontroler.

2.1.4. Perencanaan Sensor Ground Fault



Gambar 5. ZCT

Untuk mendeteksi gangguan ground fault, digunakan ZCT (*Zero Current Transformer*).

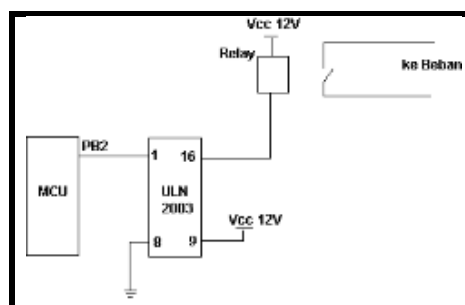
2.1.5. Relay

Pemilihan relay yang digunakan berdasarkan kemampuan hantar arus dari kontaknya. Dalam alat ini karena beban maksimal yang diijinkan adalah 1000 VA, maka arus maksimal adalah:

$$I_{maks} = \frac{S}{V} = \frac{1000}{380} = 2,63 \text{ A}$$

Pemilihan kemampuan hantar arus kontak relay > 2,63 A, maka spesifikasi relay yang dipilih adalah:

- Tegangan kerja = 12 Vdc
- Switch AC = 40 VAC dengan arus 5 A
- Switch DC = 30VDC dengan arus 5 A



Gambar 6. Rangkaian Penggerak Relay

Untuk meng-off kan sistem/ mengetriapkan motor jika ada gangguan menggunakan relay yang dikontrol software melalui port MCU. Untuk menggerakkan relay diperlukan arus yang cukup besar. Oleh karena port MCU tidak mampu menyediakan arus yang dibutuhkan relay, maka digunakan rangkaian penggerak relay dengan menggunakan IC ULN 2003 sebagai penguat arusnya. Rangkaian penggerak relay dapat dilihat pada Gambar 6.

2.1.6. Perencanaan Pemrograman Software Mikrokontroler AVR

Mikrokontroler ini merupakan pusat untuk melakukan semua proses yang diperlukan dalam proyek akhir ini. Untuk dapat menggunakan mikrokontroler ini diperlukan rangkaian elektronika yang disebut minimum sistem agar mikrokontroler dapat melakukan proses yang dibutuhkan. Untuk mendownload program dari PC ke Mikrokontroler dengan menggunakan downloader ISP (*In Serial Programming*) 6-wire yang dapat langsung di download tanpa melepas prosesor. Downloader ini pada PC dihubungkan ke port paralel.

Pembagian penggunaan port pada mikrokontroler adalah sebagai berikut: port D (untuk keypad), port C (untuk LCD) dan port A (untuk ADC) dan port B untuk masukan relay dan sensor ground fault.

Dalam proyek akhir ini digunakan keypad 4x4 dengan metode scanning per kolom. Sehingga PORT D digunakan sebagai driver keypad. Untuk PORT A digunakan sebagai output digital untuk mengirim data hasil proses perhitungan ke ADC.

Program ditulis menggunakan tool CodeVision AVR. CodeVision AVR Merupakan Cross Compiler. Program cukup ditulis menggunakan bahasa-C.

Pada pemrograman nantinya, diatur juga range batasan relay proteksi agar dapat dengan waktu yang ditentukan sesuai dengan standar yang ada. Berikut batasan range arus dan trip time yang akan diprogram:

Tabel 1. Perencanaan Range Arus dan Range trip Time

Jenis Gangguan	Range Arus	Range trip time maksimal
<i>Over Load</i>	1,6 x T_{nom}	0-time
<i>Phase Loss</i>	-	3 s
<i>Phase Reverse</i>	-	0,1 s
<i>Phase Unbalance</i>	-	3 s
<i>Short Circuit</i>	300%- 2000%(In)	0,03 – 0,05 s
<i>Ground fault</i>	0.05 A – 2.50 A	0,5 – 1 s
<i>Locked Rotor</i>	2 x I.nom	0,5 s after d-time

2.1.6.1. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Over Load*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Untuk proteksi terhadap gangguan *over load*, elektronik motor relay akan trip jika arus motor (I_n) melebihi setting *overload* (Is). Pendeteksian gangguan *over load* terjadi saat 0-time, dimana jika arus yang mengalir pada motor melebihi setting proteksi, dalam waktu 0-time, relay akan trip. Trip time disetting dengan 0-time = 4 detik, d-time = 5 detik. (d-time adalah waktu yang diberikan pada saat starting motor).

2.1.6.2. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Phase Reverse*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Proteksi terhadap gangguan *phase reverse* dibuat agar terdeteksi sejak awal. Jika sistem normal dengan urutan fasa yang benar, maka pada LCD akan tampil tulisan "NORMAL", sedangkan jika urutan fasa tidak sesuai sebenarnya, maka pada LCD akan tampil

tuisan deteksi "Phase Reverse" yang artinya saat elektronik motor relay mendeteksi adanya fasa yang terbalik, maka saat itu juga sistem tidak bekerja yang ditandai dengan tidak adanya arus yang mengalir walau saklar ON ditekan.

2.1.6.3. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Phase Unbalance*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Untuk proteksi terhadap gangguan *phase unbalance*, setting trip timenya adalah 3 detik, yang artinya saat elektronik motor relay mendeteksi adanya fasa yang tidak seimbang, dengan waktu maksimal 3 detik, elektronik motor relay akan off, sehingga sistem tidak bekerja.

2.1.6.4. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Phase Loss*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Untuk proteksi terhadap gangguan *phase loss*, setting trip timenya adalah 3 detik, yang artinya saat elektronik motor relay mendeteksi tegangan / arus di salah satu fasanya yang tidak ada, dengan waktu maksimal 3 detik, elektronik motor relay akan off, sehingga sistem tidak bekerja.

2.1.6.5. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Short Circuit*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Untuk proteksi terhadap gangguan short circuit, setting trip timenya adalah 1 detik, yang artinya saat elektronik motor relay mendeteksi adanya arus yang melebihi settingan relay, dengan waktu maksimal 1 detik, elektronik motor relay akan off, sehingga sistem tidak bekerja.

2.1.6.6. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Locked rotor*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Untuk proteksi terhadap gangguan *Locked rotor*, setting trip timenya adalah 0,5 detik after d-time, yang artinya saat elektronik motor relay mendeteksi adanya arus yang melebihi settingan relay, dengan waktu maksimal 0,5 s, elektronik motor relay akan off, sehingga sistem tidak bekerja. Range arus lebih yang dibolehkan saat gangguan *Locked rotor* ini adalah $2 \times I_{\text{nominal}}$.

2.1.6.7. Perencanaan Pemrograman Mikrokontroler AVR Terhadap Gangguan *Ground Fault*

Sesuai pada tabel 1, settingan trip time pada elektronik motor relay diatur pada pemrograman AVR. Untuk proteksi terhadap gangguan ground fault, setting trip timenya adalah 0,5- 1 detik, yang artinya saat elektronik motor relay mendeteksi adanya arus yang melebihi settingan relay, dengan waktu maksimal 0,03- 0,05 mili detik, elektronik motor relay akan off, sehingga sistem tidak bekerja. Range arus lebih yang dibolehkan saat gangguan *ground fault* ini adalah 0.05 A – 2.50 A.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian *Hardware*

1. Data Vout ke ADC dengan Arus Variabel

Tabel 2. Pengukuran Vout dengan kenaikan Arus

V supply	I (A)	Vout (VDC)
Konstan 380 V	1	1,19
	2	1,3
	3	1,47
	3,5	1,5
	4	1,6
	4,5	1,7
	5	1,8

Berdasarkan pengambilan data pada table 2. tersebut, dapat dilihat bahwa dengan tegangan supply konstan, dan saat arus makin dinaikkan maka Voutput yang menuju ADC juga semakin naik. Ini menunjukkan bahwa kenaikan arusnya menyebabkan kenaikan Vout yang menuju ke ADC sehingga dapat dikatakan bahwa hardware untuk sensor arus ini sudah baik baik dan benar.

2. Pengujian dan analisa sensor Tegangan

Tabel 3. Pengukuran Vout dengan kenaikan Tegangan Supply

Tegangan Supply (Vac)	Vout (Vdc)
364	2,5
350	2,4
325	2,2
300	1,9
275	1,7
250	1,5
200	1,3
175	1,1
150	0,9
100	0,7
75	0,6
50	0,3
25	0,1
0	0

Pada proses pengujian sensor tegangan dilakukan dengan 2 tahap. Yang pertama adalah mengukur tegangan output dari titik-titik output rangkaian dan yang kedua adalah mengoperasikan sistem hingga motor running terlebih dahulu. Kemudian menurunkan tegangan supply secara bertahap dari 0-380 V. Kemudian diukur tegangan outputnya yang akan masuk ke ADC.

3.2. Pengujian *Software*

3.2.1 Pengujian Keseluruhan Sistem

Dengan menggabungkan *hardware* dan *software* yang telah dirancang, LCD sudah dapat menampilkan parameter yang diinginkan, seperti gambar-gambar berikut ini:

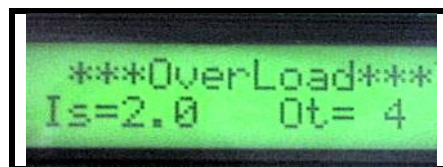


Gambar 7. Tampilan Arus Pada LCD Dalam Kondisi Normal (belum ada gangguan)





Gambar 8. Tegangan Pada LCD Dalam Kondisi Normal (belum ada gangguan)

Gambar 7 dan 8 menunjukkan tampilan arus dan tegangan saat motor running dan sistem masih dalam keadaan normal (belum ada gangguan). Arus dan tegangan tersebut ditampilkan bergantian secara otomatis. IR menunjukkan besarnya arus yang mengalir di fasa R, IS menunjukkan besarnya arus yang mengalir di fasa S, dan IT menunjukkan besarnya arus yang mengalir di fasa T. Begitu juga dengan TR, TS, dan TT menunjukkan tegangan pada masing-masing fasa R, S dan T.



Gambar 9. Tampilan Menu Gangguan *Overload*

Is pada Gambar 9. menunjukkan setting parameter arus, sedangkan Ot menunjukkan setting parameter trip time. Gambar 10 merupakan tampilan LCD yang muncul jika menekan tombol  (yang berarti menu pada keypad) saat tampilan LCD dalam kondisi seperti gambar 9 dan 10. Tampilan LCD akan berubah ke menu gangguan lainnya dengan menekan tombol , sehingga akan muncul tampilan seperti gambar 12 sampai 15. PLt pada Gambar 9. menunjukkan parameter *trip time*.



Gambar 10. Tampilan Menu Gangguan *Phase Loss*



Gambar 11. Tampilan Menu Gangguan *Phase Unbalance*

Vpu pada gambar 11. menunjukkan setting parameter persentase kenaikan dan penurunan tegangan unbalance, sedangkan PUt menunjukkan setting parameter *trip time*.

Untuk menu gangguan phase loss dan phase unbalance seperti tampak pada gambar 10 dan 11 tidak ada modus setting untuk arus, karena sensing gangguan phase loss dan phase unbalance diambil dari parameter tegangannya. Sedangkan untuk gangguan *short circuit* dan *locked rotor* ada modus setting arus, tetapi tidak ada modus setting tegangan karena sensing gangguan *short circuit* dan *locked rotor* berdasarkan parameter arus.



Gambar 12. Tampilan Menu Gangguan Short Circuit

Isc pada Gambar 12 menunjukkan seting parameter arus hubung singkat, sedangkan SCt menunjukkan parameter *trip time*.



Gambar 13. Tampilan Menu gangguan *Locked Rotor*

Islr pada Gambar 13. menunjukkan seting parameter arus locked rotor, sedangkan Ot menunjukkan setting parameter trip time. Untuk proses penyetingan arus, tegangan, maupun trip time, dapat dilakukan dengan menekan tombol 1 dan 2 pada keypad. Sebagai contoh, saat tampilan LCD tampak seperti gambar 12. dan tombol 1 pada keypad ditekan, maka sistem masuk ke penyetingan arus, dan tampilan LCD menjadi seperti gambar 15.



Gambar 14. Contoh Tampilan Setting Parameter Arus pada *Over Load*



Gambar 15. Contoh Tampilan Editing Parameter Arus pada *Over Load*

Jika tombol 2 ditekan, maka *system* akan masuk pada penyetingan *trip time* seperti Gambar 16.

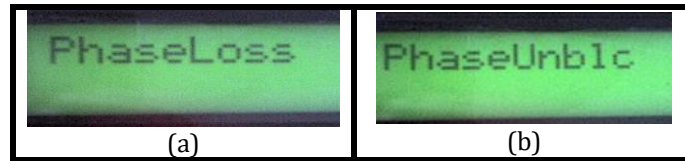


Gambar 16. Contoh Tampilan Seting Parameter Waktu pada *Over Load*

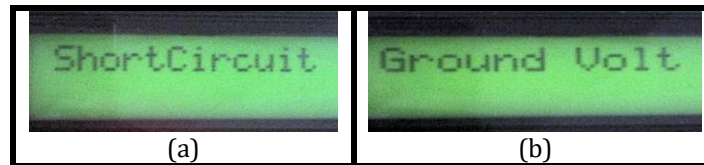
Setelah dilakukan pengujian sesuai perencanaan pada setiap gangguan, maka didapatkan suatu kepresisian kinerja elektronik motor relay untuk proteksi gangguan *over load*, *phase loss*, *phase reverse*, *phase unbalance*, *short circuit*, *locked rotor* dan *ground fault*. Tampilan hasil deteksi masing-masing gangguan ditunjukkan pada Gambar 17 – 19. berikut ini:



Gambar 17. Tampilan LCD Saat Terdeteksi a) Gangguan *Over Load*, b) Gangguan *Locked Rotor*



Gambar 18. Tampilan LCD Saat Terdeteksi a) Gangguan *Phase Loss*, b) Gangguan *Phase Unbalance*



Gambar 19. Tampilan LCD Saat Terdeteksi a) Gangguan *Short Circuit*, b) Gangguan *Ground Fault*



Gambar 20. Elektronik Motor Relay

Gambar 20. menunjukkan gambar elektronik motor relay yang terdiri dari box berisi sensor-sensor dan box rangkaian elektronik.

3.3. Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Gangguan

Tabel 4. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem dengan Gangguan

Jenis Gangguan	I setting (A)	Trip Time Setting (s)	I Fault (A)	Unbalance Setting (%)	Kondisi Motor	Keterangan
Over Load	2	4	2	-	Deteksi Ot	Arus motor nominal=1A
	3	4	3	-	OFF	Arus motor nominal=1A
Phase Loss	-	O_{to} rating (1s)	-	-	dengan deteksi PU	Memutus salah satu fase yaitu fase R,S,T secara bergantian di sisi system dan sisi motor.
	-		-	5	VR-S diturunkan 5% (VR-S = 361V)	
Phase Unbalance	-	O_{to} rating (8s)	-	7		VR-S diturunkan 7% (VR-S= 353.4V)
	-		-	10		VR-S diturunkan 10% (VR-S = 341V)
	-		-	5		VR-S dinaikkan 5% (VR-S = 399V)
Locked Rotor	3.1	2.5 s	3.1	-	OFF dengan deteksi 1.2 s	V supply 380V/220V
Gound Fault	-	-	-	-	-	V supply 75V

4. Kesimpulan

Dari data pengujian dan analisa pada bab IV dapat ditarik kesimpulan:

1. Elektronik motor relay sudah bekerja dengan cukup baik;
2. Adanya kegagalan deteksi gangguan oleh elektronik motor relay disebabkan karena kesalahan memasukkan dalam range program.

Referensi

- [1] Harten,P.Van dan E. Setiawan. *Instalasi Listrik Arus Kuat 3*. Jakarta: Bina Cipta. 1992.
- [2] Badan Standarisasi Nasional. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta:Yayasan PUIL. 2000.
- [3] Firmansyah, Tomi. Rancang Bangun Mesin Kelopak Bunga Rosella Berbasis Presentase Berat. Tugas Akhir Teknik Elektro Polinema Malang ; 2010.
- [4] Kadir ,Abdul. *Mesin Takserempak*. Jakarta : Djambatan. 1990.
- [5] Honggowiyono, Puger. Sistem Pengaman Motor Listrik 3 Fasa Pada Berbagai Jenis Gangguan. TEKNO, Vol: 4, Agustus 2005.
- [6] Soelaiman, Ts. Mhd dan Mabuchi Magarisawa. *Sistem Proteksi*. Jakarta: Pradnya Paramita. 1995.
- [7] Prassetyo. *Modul Sistem Pengaman Tenaga Listrik*. Surabaya 2008.
- [8] Zuhul. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung : Penerbit ITB. 1991.
- [9] SAMWHA-EOCRcorporationhttp://www.eocr.com/enghish/pro01_32.htm.
- [10] Cooper Bussman. 1990. *SPD Electrical Protection Handbook –Selecting Protective Devices Based on the National Electrical Code*: St. Louis.
- [11] TERCO. 2006. *Job Sheet of Electrical Motor*. Politecnic state of malang.

