

PERANCANGAN RELE ARUS LEBIH DENGAN KARAKTERISTIK INVERS BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 8535

Cahayahati¹, Mirza Zoni²

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bung Hatta¹

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bung Hatta²

ABSTRAK

Untuk melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat gangguan hubung singkat atau short circuit penyebab masalah yang harus diaman diperlukan suatu alat pengaman arus lebih (*over current protection* atau *over current relay* (OCR)). Alat pengaman ini dapat bekerja dengan respon cepat, fleksibel, tidak mudah rusak, akurat dalam mengatasi gangguan dan dirancang dengan rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler. Bentuk prototipe proteksi arus lebih digital (Digital over current protection) dengan karakteristik *invers* dengan rele arus lebih ini dirancang dengan menggunakan *Hall Effect Current Sensor tipe ACS706 ELC020* sebagai pendeteksi arus. Perancangan rele arus lebih didukung oleh teknologi mikrokontroler AVR Atmega 8535 yang diprogram dengan BASCOM-AVR, dengan tingkat kepresisian waktu trip yang tinggi.

Kata kunci: Proteksi digital, Mikrokontroler, Hubung Singkat,

I. PENDAHULUAN

Dalam operasi sistem tenaga untuk mensuplai beban diharapkan sistem beroperasi tanpa gangguan. Jika terjadi gangguan hubung singkat sistem dapat kembali operasi dan gangguan dapat diamankan dengan cepat tepat pada daerah yang terganggu.

Untuk mengamankan sistem tenaga dari gangguan hubung singkat diperlukan alat rele proteksi yang dapat bekerja dengan cepat, tepat, andal dan berkerja terintegrasi dengan peralatan lain. Sedangkan rele proteksi konvensional terdiri dari rele tipe elektromagnetik dan tipe statik mempunyai banyak kekurangan dalam melindungi sistem tenaga listrik dan peralatan-peralatan lainnya.

Rele tipe elektromagnetik dan tipe statik mempunyai beberapa kekurangan seperti waktu operasi yang lama, permasalahan kontak, tidak fleksibel, tidak mudah diubah, sensitif terhadap suhu dan tidak dapat diintegrasikan dengan peralatan lain. Sejalan dengan perkembangan teknologi sistem digital dan peralatan yang dapat merasakan nilai analog, peralatan yang dapat mengkonversikan nilai analog ke digital dan sebaliknya serta modul yang dapat

mengolah, menyimpan dan merubah-ubah data digital sesuai yang diinginkan dalam bentuk mikrokontroler (microcontroller). Sehingga membuka peluang untuk merancang rele proteksi arus lebih digital berbasis mikrokontroler.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian ini mencari acuan dari riset-riset sebelumnya, seperti tercantum di bawah ini:

Rina (2007), meneliti tentang "*Perencanaan sistem koordinasi rele arus lebih (OCR) dengan rele gangguan tanah (GFR) sistem proteksi kota Padang*". Hasil penelitiannya diperoleh koordinasi rele arus lebih (OCR) dengan rele gangguan tanah (GFR) yang baik sebagai sistem proteksi kota Padang .

Wahidil (2007), meneliti tentang "*Analisa setting arus dan waktu rele arus lebih dan rele gangguan tanah untuk gangguan hubung singkat berdasarkan perkiraan jarak gangguan*". Hasil penelitiannya diperoleh setting arus dan waktu rele arus lebih dan rele gangguan tanah untuk gangguan hubung singkat berdasarkan perkiraan jarak gangguan.

Desrizal (2007), meneliti tentang "Studi penentuan karakteristik waktu tunda dan waktu kerja Over Current Relay (OCR) dan pemutus balik otomatis". Hasil penelitiannya diperoleh cara menentukan karakteristik waktu tunda dan waktu kerja Over Current Relay (OCR) dan pemutus balik otomatis.

Saputra (2006), meneliti tentang "Perancangan pengaman digital pada transformator tiga fasa berbasis mikrokontroler atmega 8". Hasil penelitiannya diperoleh sebuah alat pengaman digital yang mampu melindungi transformator tiga pahasa dari gangguan arus lebih, tegangan lebih dan tegangan kurang serta gaangguan kenaikan suhu berbasis mikrokontroler atmega 8.

Berdasarkan tinjauan di atas, maka penulis dalam penelitian ini akan merancang rele arus lebih dengan karakteristik *invers* yang dapat diatur berbasis mikrokontroler Atmega 8535, agar dapat digunakan untuk melindungi beban dari gangguan arus lebih.

III. METODE PENELITIAN

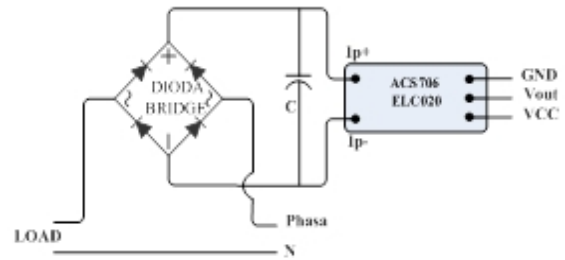
Metode penelitian perancangan rele arus lebih dengan karakteristik *invers* berbasis mikrokontroler terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak.

3.1. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras (Hardware) terdiri dari :

1. Perancangan rangkaian deteksi arus dengan keluaran tegangan.

Rangkaian ini terdiri dari dioda *bridge* dan sensor arus yaitu *Hall Effect Current Sensor Type ACS706 ELC20*. Dioda *bridge* berfungsi untuk mengkonversikan besaran arus menjadi besaran tegangan. Besaran tegangan tersebut selanjutnya diinputkan ke sensor arus, tepatnya pada terminal IP+ dan terminal IP-. Sensor arus tersebut menghasilkan tegangan DC sebagai tegangan keluran 5 Vdc. Gambar rangkaian deteksi arus dan bentuk fisik rangkaiannya pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Deteksi Arus

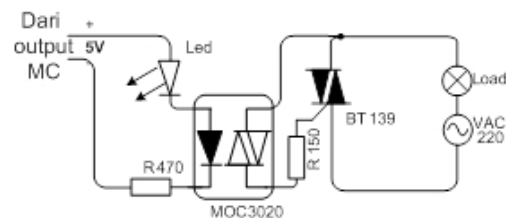
Bentuk fisik rangkaian deteksi arus sebagai berikut:



Gambar 2. Bentuk Fisik Rangkaian Deteksi Arus

2. Perancangan Rangkaian Driver

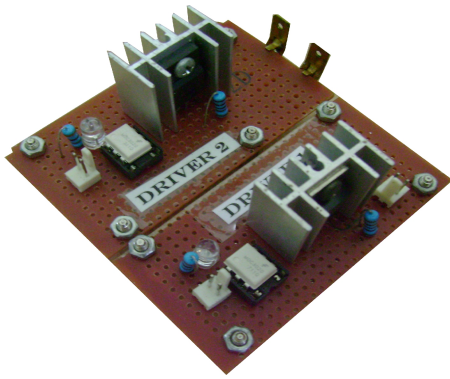
Rangkaian ini berfungsi sebagai saklar on/off yang terdiri dari optocoupler, triac, led dan resistor. Optocoupler digunakan untuk memisahkan rangkaian dengan tegangan kerja yang berbeda, yaitu mikrokontroler dan kontaktor. Mikrokontroler akan memberikan tegangan (pulsa) pada MOC 3020 yang selanjutnya akan memberikan trigger pada triac. Rangkaian dan bentuk fisik driver ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 berikut.



Gambar 3 Rangkaian driver

Komponen yang digunakan:

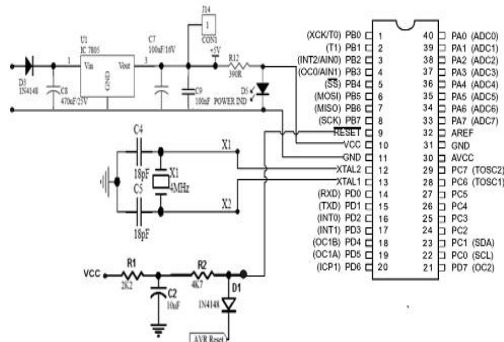
- Optocoupler tipe MOC 3020
- Triac tipe BT 137 dan BT 139
- Resistor 470 dan 150
- Led



Gambar 4 Bentuk fisik rangkaian driver

3. Rangkaian *Microcontroller* ATmega 8535

Mikrokontroler merupakan rangkaian CPU tempat penyimpanan dan pelaksanaan perintah-perintah dari hasil keseluruhan pemrograman. Dengan mikrokontroler AVR Atmega 8535 sebagai komponen utama, blok rangkaian mikrokontroler ini juga memerlukan komponen pendukung lainnya agar bisa bekerja secara sempurna. *Single line diagram* rangkaian Atmega 8535 ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian mikrokontroler 8535

Rangkaian mikrokontroler AVR Atmega 8535 terdiri dari :

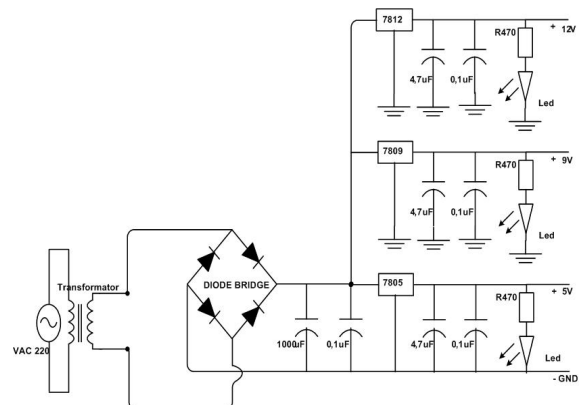
- Rangkaian *clock* yang terdiri dari kristal 12 Mhz berfungsi untuk menghasilkan kecepatan operasi Atmega 8535 dalam mengolah data.
- Rangkaian reset digunakan untuk mengembalikan keadaan register di dalam mikrokontroler ke posisi awal.
- Rangkaian catu daya menggunakan IC 7809 sabagai regulator tegangan 9 VDC yang masuk ke mikrokontroler.

4. Rangkaian Catu Daya

Perangkat elektronika memerlukan suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu rangkaian catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. Pada perancangan ini dibutuhkan beberapa sumber tegangan DC (*penyearah/rectifier*) sebagai catu daya perangkat keras, antara lain:

1. 5 V untuk catu daya rangkaian sensor arus, dan 5 V untuk catu daya rangkaian penguat *push button*.
2. 12 V untuk catu daya fan dan 12 V untuk catu daya rangkaian driver alarm
3. 9 V untuk catu daya mikrokontroler

Gambar rangkaian catu daya ditunjukkan oleh gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Rangkaian catu daya

Rangkaian catu daya ini termasuk ke dalam jenis penyearah gelombang penuh. Dengan menambah kapasitor untuk memperkecil tegangan ripple keluaran catu daya.

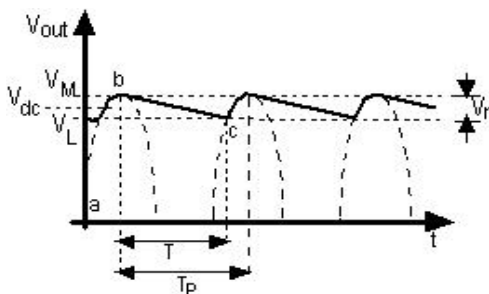
$$V_r = I T/C \tag{1}$$

Keterangan :

- V_r = Tegangan ripple (Volt)
- I = Arus (A)
- T = Prioda (S)
- C = Nilai Capasitor (F)

Rumus ini menjelaskan, jika arus beban I semakin besar, maka tegangan ripple akan semakin besar. Sebaliknya jika kapasitansi C semakin besar, tegangan ripple akan semakin kecil. Untuk penyederhanaan biasanya dianggap $T=Tp$, yaitu periode satu gelombang sinus dari jala-jala listrik yang frekuensinya 50Hz atau 60Hz. Jika frekuensi jala-jala listrik 50Hz, maka $T = Tp = 1/f = 1/50 = 0.02$ det. Ini berlaku untuk penyearah setengah gelombang. Untuk penyearah gelombang penuh, tentu saja frekuensi gelombangnya dua kali lipat, sehingga $T = 1/2 Tp = 0.01$ det. Penyearah (power suply) adalah rangkaian yang dapat mengkonversikan arus bolak balik (AC) menjadi arus searah (DC). Penyearah yang digunakan adalah dioda bridge. Dioda jenis bridge ini merupakan penyearah gelombang penuh yang tersusun dari empat buah dioda yang terangkai sistem jembatan.

Bentuk gelombang keluaran dari catu daya gelombang penuh setelah diratakan dengan kapasitor direpresentasikan oleh gambar 7.



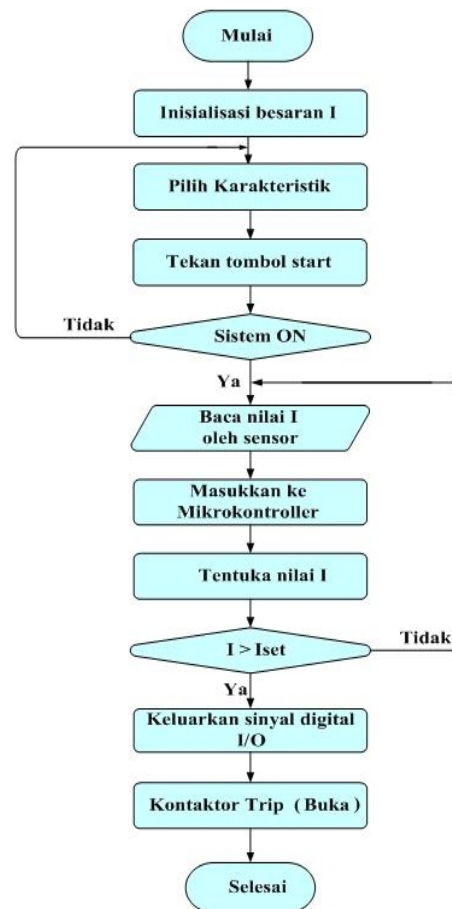
Gambar 7. Bentuk catu daya gelombang penuh Searah

Rangkaian catu daya dibutuhkan untuk memberikan daya pada rangkaian yang akan dikendali pada transformator. Tegangan yang dibutuhkan pada rangkaian perancangan ini adalah 5 V, 9 V, dan 12 V. Untuk mendapatkan tegangan 5 V, 9 V, dan 12 V yang stabil disini menggunakan IC regulator tegangan 7805, 7809, dan 7812. Untuk menjaga terjadinya kerusakan pada IC regulator digunakan pendingin sebagai penyerap panas.

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak (software) rele arus lebih dengan karakteristik invers

berbasis mikrokontroler dinyatakan dalam flow chart sebagai berikut.



Gambar 8 Flow Chart Rele Arus lebih

Rumusan untuk menentukan waktu trip pada gangguan bersifat *normal invers* dapat dinyatakan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{0,14}{(I / I_s)^{0,02} - 1} \cdot \frac{1}{2,97} \quad (2)$$

Untuk menentukan waktu trip pada gangguan bersifat *very invers* dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{13,5}{(I / I_s) - 1} \cdot \frac{1}{2,97} \quad (3)$$

Untuk menentukan waktu trip pada gangguan bersifat *extremelly invers* dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{80}{(I/I_s)^2 - 1} \cdot \frac{1}{2,97} \quad (4)$$

Untuk menentukan waktu trip pada gangguan bersifat *long invers* dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$t = \frac{120}{(I/I_s) - 1} \cdot \frac{1}{2,97} \quad (5)$$

Dimana :

- t = Waktu trip (detik)
- I = Arus yang mengalir (A)
- Is = Harga Arus Setting (A)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

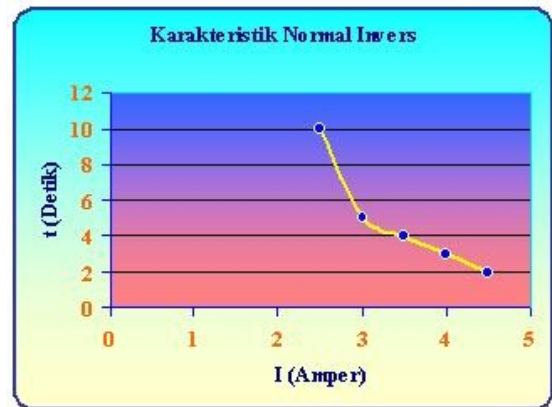
4.1. Karakteristik *Normal Invers*

Pengujian gangguan bersifat *normal invers* merupakan pengujian rele arus lebih dengan karakteristik waktu dan arus berbanding terbalik sehingga beda waktu (t) yang diberikan tidak terlalu besar apabila terjadi gangguan. Pada pengujian ini kita menguji ketepatan waktu trip secara perhitungan dengan waktu trip dalam pengujian.

Tabel 1. Hasil Pengujian *normal invers*

Arus Set Point (A)	Arus Beban (A)	Waktu Trip Teori (detik)	Waktu Trip Praktek (detik)	Tampilan Arus pada LCD (A)
2	2.5	10	10	2.5
2	3	5	5	3
2	3.5	4	4	3.5
2	4	3	3	4
2	4.5	2	2	4.5

Grafik hubungan antara arus pemakaian (arus beban) dan waktu trip kontaktor apabila diberikan arus *set point* 2 A gangguan bersifat *normal invers* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 9. Karakteristik *Normal Invers*

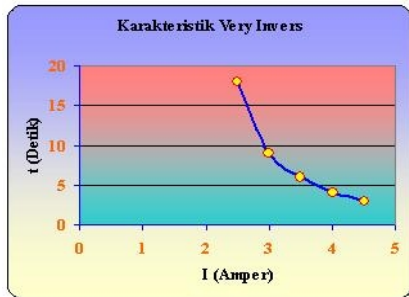
4.2. Karakteristik *Very Invers*

Pengujian gangguan bersifat karakteristik *very inverse* merupakan pengujian rele arus lebih dengan karakteristik waktu arus sangat berbanding terbalik sehingga beda waktu (t) yang diberikan akan lebih besar apabila terjadi gangguan dan lebih lama dibandingkan dengan *normal invers*. Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketepatan waktu trip secara perhitungan atau secara teori dengan waktu trip dalam pengujian. Tabel 2 hasil pengujian karakteristik *very invers*.

Tabel 2 Hasil Karakteristik *very invers*

Arus Set Point t (A)	Arus Beban (A)	Waktu Trip Teori (detik)	Waktu Trip Praktek (detik)	Tampilan Arus pada LCD (A)
2	2.5	18	18	2.5
2	3	9	9	3
2	3.5	6	6	3.5
2	4	4	4	4
2	4.5	3	3	4.5

Dalam bentuk grafik hubungan antara arus pemakaian (arus beban) dan waktu trip kontaktor apabila diberikan arus *set point* 2 A. Hasil karakteristik *very invers* dari tabel 2 dapat digambarkan dibawah ini.



Gambar 10 Hasil Karakteristik *Very Invers*

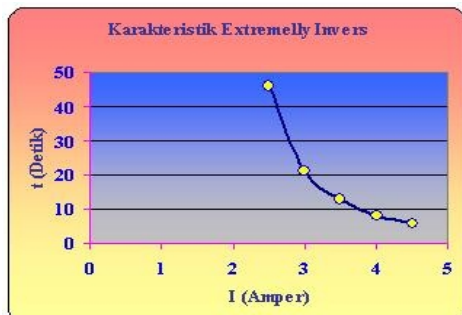
4.3. Karakteristik *Extremelly Invers*

Pengujian gangguan bersifat karakteristik *extremelly invers* merupakan pengujian rele arus lebih dengan karakteristik waktu arus sangat berbanding terbalik sekali, sehingga beda waktu (t) yang diberikan akan lebih besar apabila terjadi gangguan dan lebih lama dibandingkan dengan *very invers*. Hasil pengujian dilakukan untuk menguji ketepatan waktu trip secara perhitungan dengan waktu trip. Hasil pengujian pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Karakteristik *Extremelly Invers*

Arus Set Point (A)	Arus Beban (A)	Waktu Trip Teori (detik)	Waktu Trip Praktek (detik)	Tampilan Arus pada LCD (A)
2	2.5	46	46	2.5
2	3	21	21	3
2	3.5	13	13	3.5
2	4	8	8	4
2	4.5	6	6	4.5

Dari tabel 3 dapat dibuat karakteristik *extremelly invers*, yang menunjukkan hubungan antara arus pemakaian dan waktu trip apabila diberikan arus *set point* 2 A. Karakteristik *extremelly invers*, ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 11 Hasil Karakteristik *extremelly invers*

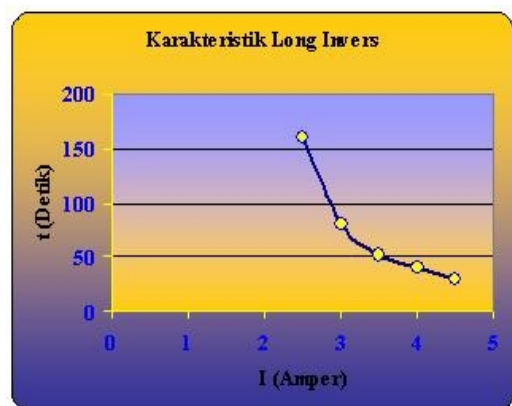
4.4. Karakteristik *Long Invers*

Pengujian gangguan bersifat *long invers* merupakan pengujian rele arus lebih dengan karakteristik waktu arus yang sangat-sangat berbanding terbalik sekali sehingga beda waktu yang diberikan akan lebih besar apabila terjadi gangguan dan lebih lama dibandingkan dengan *extremelly invers*. Pengujian ini dilakukan untuk menguji ketepatan waktu trip secara perhitungan dengan waktu trip dalam pengujian. Tabel 4 hasil pengujian karakteristik *long invers*.

Tabel 4. Hasil Karakteristik *Long Invers*

Arus Set Point (A)	Arus Beban (A)	Waktu Trip Teori (detik)	Waktu Trip Praktek (detik)	Tampilan Arus pada LCD (A)
2	2.5	160	160	2.5
2	3	80	80	3
2	3.5	52	52	3.5
2	4	40	40	4
2	4.5	30	30	4.5

Dari tabel 4 dapat dibuat karakteristik *long invers*, yang menunjukkan antara arus pemakaian dan waktu trip apabila diberikan arus *set point* 2 A. Gambar karakteristik *long invers* ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Hasil Karakteristik *Long Invers*

V. Pembahasan

Pengujian alat rele proteksi arus lebih dengan karakteristik invers berbasis mikrokontroler dengan beberapa karakteristik *normal invers*, *very invers*, *extremelly invers*, dan *long invers* dengan arus setting sebesar 2 A dan variasi arus beban mulai dari 2,5 A, 3 A, 3,5 A, 4 A, dan 4,5 A.

Pada pengujian karakteristik normal invers, rele trip dalam waktu 10 detik sampai waktu 2 detik kesalahan pengujian rata-rata 12,4 %. Pada pengujian karakteristik very invers, rele trip dalam waktu 18 detik sampai dengan waktu 3 detik kesalahan pengujian rata-rata 6,2 %.

Pada pengujian karakteristik extremelly invers, rele trip dalam waktu 46 detik sampai dengan 6 detik kesalahan pengujian rata-rata 5,2 %. Pada pengujian karakteristik long invers, rele trip dalam waktu 160 detik sampai dengan waktu 30 detik kesalahan pengujian rata-rata 2,8%.

VI. KESIMPULAN

Hasil pengujian rele proteksi arus lebih dengan karakteristik invers berbasis mikrokontroler dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar arus gangguan terjadi semakin cepat pula waktu bekerja rele arus lebih ini membuka kontaktor. Arus gangguan terbesar 4,5 A dengan waktu trip tercepat adalah 2 detik
2. Waktu yang digunakan untuk melepaskan beban dari gangguan telah sesuai dengan waktu yang disetting, ini

Biodata Penulis

Penulis menamatkan S1 di Universitas Bung Hatta. Pendidikan S2 Teknik Elektro diselesaikan di Institut Teknologi Bandung (ITB). Saat ini penulis terdaftar sebagai dosen Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.

membuktikan tingkat kepresisian rele yang tinggi.

3. Error atau kesalahan waktu trip antara data hasil pengujian dan analisa secara teori sangat kecil. Error tekecilnya 2,8% dan error terbesarnya 12,4%

Daftar Pustaka

- [1] Anistardi, I. (1997). Bereksperimen Dengan Mikrokontroler 8031. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- [2] Desrizal. (2007). Studi Penentuan Karakteristik Waktu Tunda Dan Waktu Kerja Over Current Relay (OCR) Dan Pemutus Balik Otomatis. Universitas Bung Hatta: Skripsi S1
- [3] Ogata, K. (1993). Teknik Kontrol Otomatik. Jakarta: Erlangga.
- [4] Petruzella, FD. (2001). Elektronik Industri. Yogyakarta: Erlangga.
- [5] Rina. (2007). Perencanaan Sistem Koordinasi Rele Arus Lebih (OCR) Dengan Rele Gangguan Tanah (GFR) Sistem Proteksi Kota Padang. Universitas Bung Hatta: Skripsi S1.
- [6] Saputra. (2005). Perancangan Auto Recloser Elektronik. Universitas Bung Hatta: Skripsi S1.
- [7] Sugiharto, A. (2006). Penerapan Dasar Transduser Dan Sensor. Jakarta: Gramedia.
- [8] Wardhana, L. (2006). Mikrokontroler AVR Seri ATMEGA8535. Yogyakarta: Gramedia.
- [9] Widodo, B. (2006). Belajar Sendiri 12 Proyek Mikrokontroler Untuk Pemula. Jakarta: Gramedia
- [10] Zoro, R. (1987). Rele Proteksi. Institute Teknologi Bandung: Skripsi S1.
- [11] Zuhul. (1991). Dasar Tenaga Listrik. Institute Teknologi Bandung: Skripsi S1.