

PENGEMBANGAN SISTEM PROTEKSI DIGITAL ARUS LEBIH BERBASIS LOGIKA FUZZY SEBAGAI PENGAMAN PLTMH

¹Cahayahati,² Syafii, ¹Ija Darmana, ³Zulwisli

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Bung Hatta

²Jurusan Teknik Elektro Universitas Andalas

³Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Padang

e-mail : cahayahati_fti@yahoo.com

***Abstract-**In this paper discussed digital overcurrent protection system fuzzy logic on plant systems or Micro Hydro Power Plants with fuzzy logic approach to the identification of the signal changes due to interference overcurrent short circuit the lifeboat station on the system. A digital overcurrent protection with a fuzzy logic-based method and the rules set if-then, fuzzification and defuzzification which has 2 inputs are crisp and delta error and error the actual fault current has a crisp output 1 to input changes in current to drive the relay breaker. This system consists of a hardware system with microcontroller (mc) ATmega8535 and other series as well as software that helps in the protection process performance Delpi 7 computer using fuzzy logic and program using C language and dicompel with CodeVisionAVR software and uploaded to the microcontroller using ponyprog2000 ATmega8535. The success of a prototype digital overcurrent protection system was tested on a fuzzy logic system voltage of 220 volts with a simple system technique burdened beyond any current settings and calculated over a given working time protection relay. After testing and calculations, then the inverse Characteristics of digital protection between the current disruption to the working time protection can be envisaged that a larger fault current less time working to secure protection from interference generating systems.*

***Abstrak-**Dalam makalah ini dibahas sistem proteksi digital arus lebih logic fuzzy (Fuzzy Logic Protection) pada sistem pembangkit atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan pendekatan fuzzy logic untuk identifikasi perubahan sinyal besar gangguan arus lebih akibat hubung singkat yang terjadi pada sistem pembangkit. Suatu proteksi digital arus lebih dengan metode berbasis logika fuzzy dan kaidah-kaidah atur if-then, fuzzifikasi dan defuzzifikasi yang mempunyai 2 crisp input yaitu error dan delta error arus gangguan aktual dan mempunyai 1 crisp output perubahan arus untuk input rele untuk menggerakkan pemutus. Sistem ini terdiri dari perangkat keras dengan sistem mikrokontroler (mc) ATmega8535 dan rangkaian lainnya serta perangkat lunak yang membantu penampilan proses proteksi di komputer menggunakan Delpi 7 dan program fuzzy logic menggunakan bahasa C dan dicompel dengan software CodeVisionAVR dan diupload ke mikrokontroler ATmega8535 menggunakan ponyprog2000. Keberhasilan prototipe sistem proteksi digital arus lebih fuzzy logic diujikan pada sistem sederhana tegangan 220 Volt dengan teknik sistem dibebani melebihi setting dan setiap arus lebih yang diberikan dihitung waktu kerja rele proteksi. Setelah melakukan pengujian dan perhitungan, maka karakteristik invers proteksi digital antara arus gangguan terhadap waktu kerja proteksi dapat tergambar bahwa semakin besar arus gangguan semakin cepat waktu kerja proteksi untuk mengamankan sistem pembangkit dari gangguan.*

Keyword : Fuzzy Logic, ATmega8535, Proteksi Digital.

I. PENDAHULUAN

Sistem pembangkit alternatif skala kecil tersebar (PSK) dalam membangkitkan dan menyalurkan daya pada titik-titik beban dengan aman tanpa gangguan. Sementara kemungkinan gangguan dapat terjadi kapan saja dan dimana saja karena pembangkit alternatif berada dialam terbuka. Agar sistem pembangkit alternatif dapat membangkitkan dan menyalurkan daya

dengan aman dari gangguan diperlukan alat proteksi digital yang bekerja dengan baik dan tepat.

Pembangunan pembangkit alternatif skala kecil tersebar (PSK) dalam hal ini Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) untuk negara kita sudah berjalan beberapa tahun terakhir. Begitu perhatian pemerintah tentang PSK keluarlah Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral NO : 1122 K/30/MEM/2002 12 Juni 2002 Tentang

Pedoman Pengusahaan Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Tersebar sehingga sampai sekarang sudah banyak PLTMH beroperasi tapi belum menggunakan sistem proteksi sebagai pengaman.

Kapasitas daya yang dibangkitkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro disamping untuk memenuhi kebutuhan energi listrik lokal dan sisa energi listriknya dapat dijual pada sistem grid PLN. Tentunya diharapkan PLTMH beroperasi tanpa gangguan walaupun terjadi gangguan dapat diamankan dan beroperasi dalam keadaan normal karena salah satu syarat terhubung dengan grid PLN sistem pembangkit mempunyai sistem proteksi.

Untuk menghasilkan sistem pembangkit dalam keadaan aman dan PLTMH beroperasi dalam keadaan mantap tanpa gangguan diperlukan **sistem proteksi arus lebih (Over Current Protection) dan proteksi gangguan tanah (Earth Fault Protection)**. Sistem proteksi yang ada berdasarkan hasil pengamatan menggunakan tipe elektromagnetik, statik dan PLTMH tanpa proteksi otomatis.

Keadaan rele proteksi 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 mengkonversi-kan nilai analog ke digital dan sebaliknya serta modul yang dapat mengolah, menyimpan dan merubah-ubah data digital sesuai yang diinginkan dalam bentuk mikrokontroler (microcontroller). Dalam merancang rele proteksi arus lebih digital berbasis mikrokontroler yang diaplikasikan pada sistem pembangkit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada umumnya proteksi pada pembangkit saat ini membutuhkan kecepatan, ketepatan dan fleksibel dari kerja rele proteksi yang terhubung padanya. Dengan pengembangan teori fuzzy oleh lutfi A. Zadeh pada tahun 1965 berkembang sangat pesat.

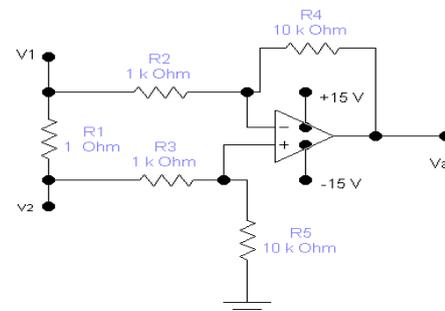
Peneliti bidang proteksi digital melirik penggunaan teori fuzzy logic controller untuk sistem proteksi dan pada 2011 wujud penggunaan fuzzy logic controller untuk rele arus lebih berdasarkan processor sinyal digital yang ditulis oleh YIN LEE GOH yang berjudul “ Digital Signal Processor Based Over-Current Relay fuzzy logic controller”. Sebuah rele proteksi arus lebih berbasis prosesor sinyal digital menggunakan fuzzy logic digabungkan dengan sistem kontrol diaplikasikan pada level tegangan menengah.

III. METODA PENELITIAN

3.1.Konsep Perangkat Keras Proteksi Digital Arus lebih

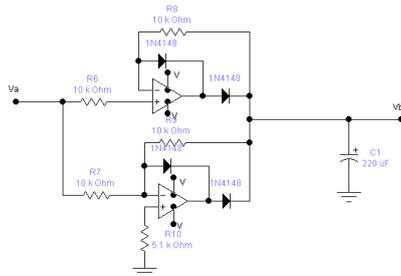
Proteksi digital arus lebih berbasis logika Fuzzy (Fuzzy Logic) adalah pusat dari sebuah sistem yang membuat keputusan logik yang berpengaruh pada masukan dari sistem pembangkit yang terganggu. Keputusan yang diambil Fuzzy Logic dengan respon cepat apabila terjadi perubahan sinyal besar dari sistem akibat gangguan hubung singkat yang mengakibatkan bertambah nilai arus sistem.

Penerapan teknik proteksi digital logika fuzzy dalam mengamankan arus gangguan PLTMH melalui trafo arus (current transformer (CT)) yang berfungsi merubah arus gangguan yang nilainya besar pada sistem sisi primer menjadi nilai arus kecil pada sisi sekunder yang masuk pada rangkaian konversi arus-tegangan I/V. Proses pengolahan sinyal analog arus gangguan yang telah ditransformasikan sebagai input pada rangkaian konversi I/V menjadi sinyal analog tegangan bolak-balik dapat dilihat pada gambar 1. Tegangan analog yang keluar dari rangkaian I/V masih dalam bentuk tegangan bolak-balik (V_{AC}).



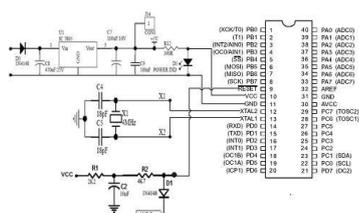
Gambar 1 Rangkaian I/V

Sedangkan tegangan yang diinputkan ke konverter analog digital (analog digital converter (ADC)) berada di internal mikrokontroler dalam bentuk tegangan searah (V_{dc}). Untuk itu diperlukan rangkaian V_{ac}/V_{dc} yang dapat merubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah yang diperkuat menjadi tegangan searah V_{dc} gelombang penuh dapat dilihat gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Penyearah Gel. Penuh

Proses perubahan sinyal analog tegangan searah sebagai input menjadi sinyal digital sebagai output pada ADC. Keluaran sinyal digital dari ADC sebagai proses dalam menentukan kerja rele proteksi digital fuzzy logic yang ditetapkan dalam bentuk karakteristik invers. Dimana karakteristik invers merupakan perbandingan terbalik antara arus gangguan dan waktu kerja rele dengan setting arus yang sudah ditetapkan. Semakin besar arus gangguan semakin cepat waktu kerja rele proteksi digital, begitu sebaliknya semakin lambat kerja rele proteksi arus gangguannya kecil. Sistem Proteksi digital arus lebih fuzzy logic dapat bekerja jika pemutus (PMT) mendapat sinyal digital yang telah diperkuat untuk membuka sistem pembangkit (PLTMH). Untuk mengolah sinyal data digital dalam pemrograman rele proteksi digital arus lebih fuzzy logic digunakan mikrokontroler Atmega 8535 dapat dilihat gambar 3 yang dapat merasakan arus gangguan yang perlu diamankan dengan memerintahkan pemutus untuk membuka.



Gambar 3 Rangk. MC Atmega 8535

Tahap pengolahan data digital adalah proses pencuplikan (sampling) menggunakan mikrokontroler 8535. Proses pencuplikan terhadap sinyal-sinyal arus gangguan hubung singkat sistem dilakukan selama 1 siklus dari perubahan sistem tenaga. Selama waktu tersebut, sinyal-sinyal arus gangguan yang telah dikonversikan ke tegangan dicuplik dengan kerja analog digital konverter ditentukan oleh kriteria perancangan. Sinyal arus gangguan yang telah mengalami pencuplikan diinputkan ke mikrokontroler sebagai sinyal digital masukan rele proteksi digital arus lebih fuzzy logic. Sinyal digital yang berada pada mikrokontroler di proses menjadi sinyal yang dapat memberikan pengamanan pada sistem pembangkit.

3.2. Konsep Perangkat Lunak Proteksi Digital Arus lebih

Sistem proteksi digital arus lebih fuzzy logic merupakan klasifikasi sistem proteksi digital arus lebih modern yang di dasari oleh kaidah-kaidah logika fuzzy. Proteksi digital arus lebih fuzzy logic bertitik tolak ke model logika yang merepresentasikan proses berfikir seorang operator ketika sedang mengamankan suatu operasi PLTMH dengan menggunakan rule sistem Fuzzy Associative Memory (FAM).

Konfigurasi dasar sistem logika Fuzzy terdiri dari empat komponen utama yaitu: Fuzzifikasi, Basis pengetahuan, Logika Pengambilan Keputusan dan Defuzzifikasi

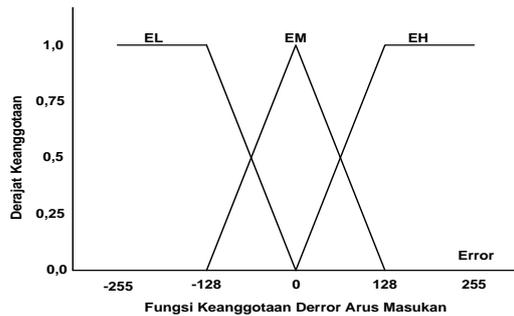
Sistem proteksi digital arus lebih fuzzy logic yang dikembangkan dalam penelitian ini mempunyai dua crisp masukan error dan delta error tegangan sistem dan satu crisp keluaran yaitu perubahan arus gangguan Error dan delta error dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error} = \text{Arus gangguan Aktual} - \text{Arus setting}$$

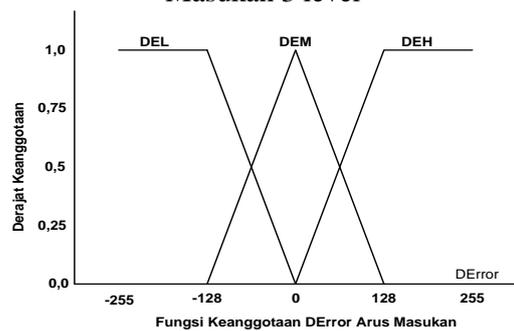
$$\text{Derror} = \text{Error}(n) - \text{Error}(n-1)$$

Arus gangguan aktual adalah arus pada sistem pembangkit aktual sedang arus yang diinginkan adalah arus setpoint. Derror dinyatakan sebagai selisih error Sekarang dengan error sebelumnya.

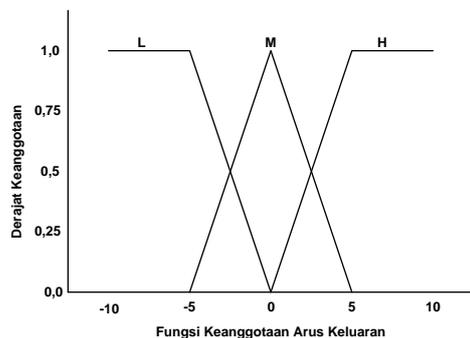
Dalam sistem ini didesain membership fuction untuk masukan dan keluaran dengan jumlah 3 label dengan bentuk yang bervariasi yaitu segitiga sebagai berikut :



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Error Arus Masukan 3 level



Gambar 5. Fungsi Keanggotaan DError Arus Masukan 3 level



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Arus Keluaran 3 level

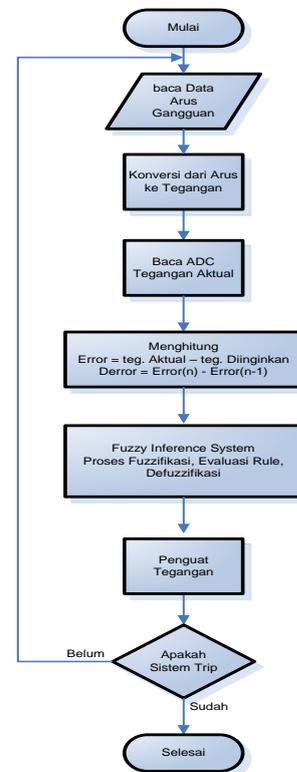
Aturan if-then fuzzy didesain untuk bentuk segitiga atau trapezoid dengan masukan Error dan DError didapat evaluasi rule keluaran untuk 3 label sebagai berikut :

Tabel 1. Aturan If-Then Bentuk Segitiga atau 3 Level

		DError			
		ΔI	DEL	DEM	DEH
Error	EL		N	N	Z
	EM		N	Z	P
	EH		Z	P	P

3.3. Desain Program Proteksi Digital Arus Lebih Fuzzy Logic

Diagram alir program Proteksi Digital Arus Lebih Fuzzy Logic dapat dilihat :



Gambar 7. Flow Chart Proteksi Digital

IV. HASIL Dan PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Pengujian sistem proteksi digital arus lebih dengan karakteristik normal invers, very invers, extremely invers dan long invers ditetapkan arus setting berdasarkan arus skunder $I_{skunder}$ sebesar 0.01 Ampere dan arus mengalir yang dinyatakan sebagai arus gangguan sebanyak 5 kali dari 0,015, 0,023, 0,032, 0,04, 0,048 Ampere. Dengan mengukur transformasi arus pada CT sisi primer ke sisi sekunder, konversi arus ke tegangan, perubahan dari tegangan bolak-balik V_{ac} ke tegangan searah V_{dc} diperkuat 10 kali dan beban lampu pijar dan TL. Hasil pengujian bagian peralatan melihtakan bahwa I_{phasa} atau arus aktual pada sistem, $I_{skunder}$ arus yang telah diturunkan sebesar 150 kali.

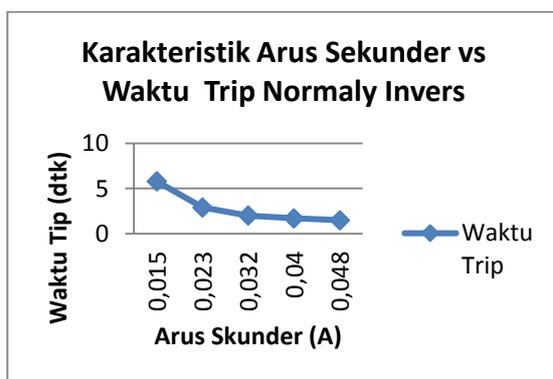
Tabel 2. Hasil Pengukuran Pengujian Alat Sistem Proteksi Digital

I _{Phasa} (A)	I _{Skunder} (A)	V _{AC} (Volt)	V _{dc} (Volt)	Beban (Watt) Lampu
2,2	0,015	0,02	0,245	480
3,4	0,023	0,04	0,34	740
4,8	0,032	0,05	0,43	1040
6	0,04	0,055	0,45	1300
7,2	0,048	0,06	0,6	1580

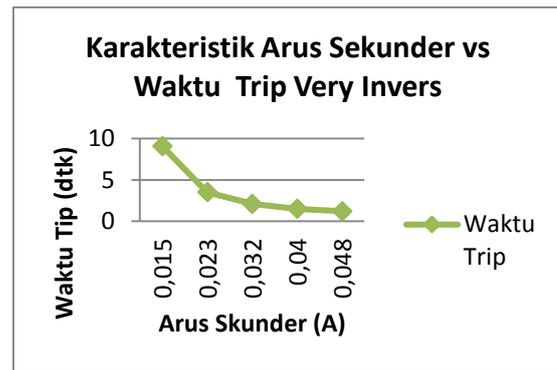
Tabel 3. Perbandingan Karakteristik Waktu Rele Arus Lebih

I _{Skunder} (A)	Waktu Trip N.I (detik)	Waktu Trip V.I (detik)	Waktu Trip E.I (detik)	Waktu Trip L.I (detik)
0.015	5,8	9,1	21,6	80,8
0.023	2,9	3,5	6,3	31,1
0.032	2,0	2,1	2,9	18,4
0.04	1,7	1,5	1,8	13,5
0.048	1,5	1,2	1,2	10,6

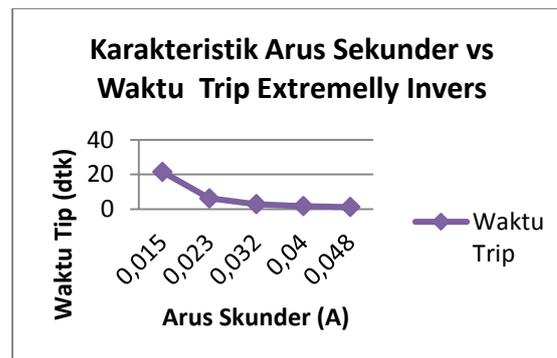
Hasil karakteristik normal invers, very invers, extremelly invers dan long invers proteksi digital diatas didapat waktu trip rele proteksi digital diatas. Sedangkan dalam bentuk Kurva karakteristik proteksi digital arus lebih sebagai berikut:



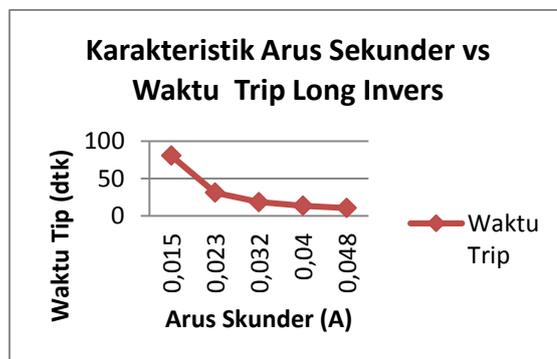
Gambar 8. Karakter. Normaly Invers



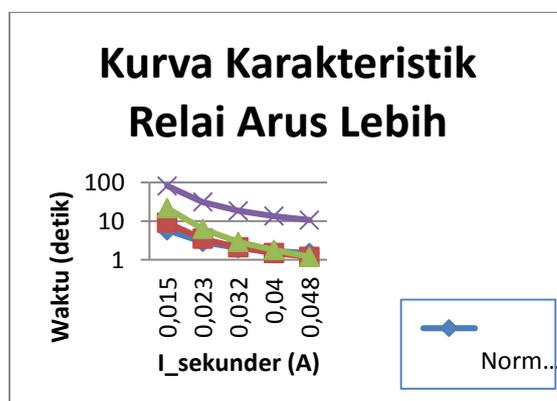
Gambar 9. Karakteristik Very Invers



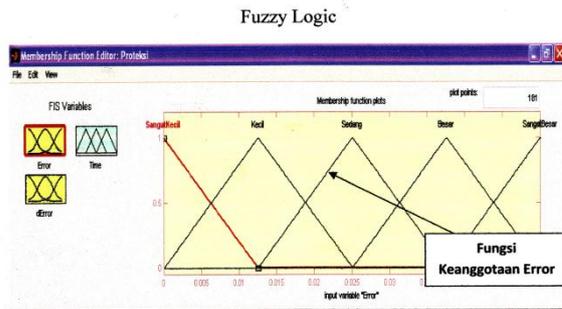
Gambar 10. Karakteristik Extremelly Invers



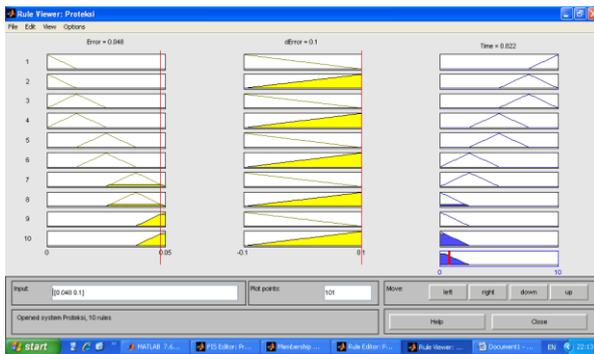
Gambar 11. Karakteristik Long Invers



Gambar 12. Karakteristik Normaly Invers



Gambar 13 Fungsi Keanggotaan Error



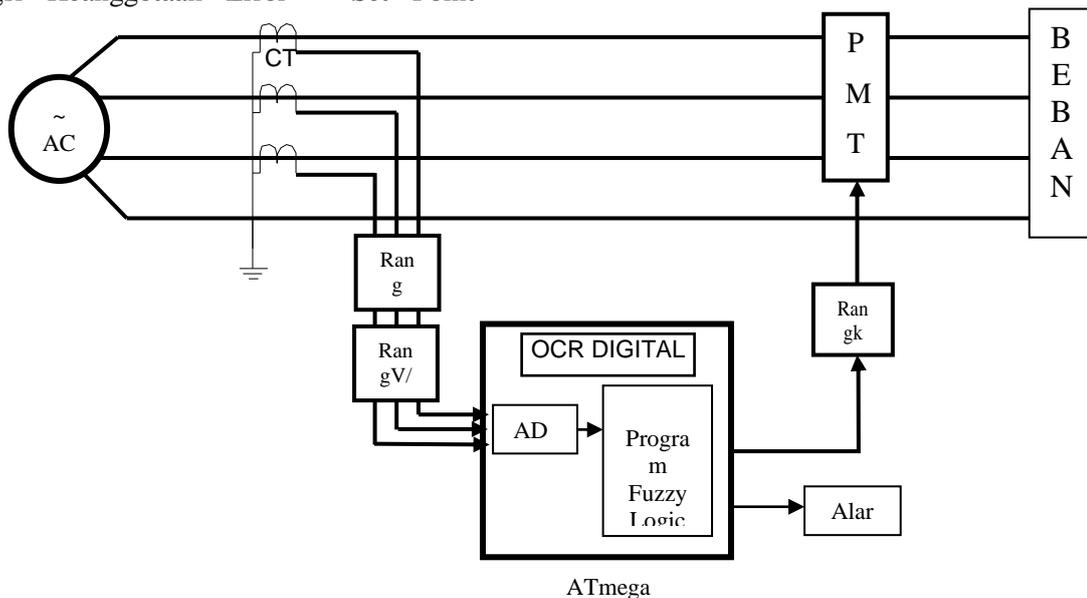
Gambar 14 Arus Gangguan 0,048 A Waktu 0,822 detik

4.2.Pembahasan

Proses pengolahan sinyal digital pada proteksi digital arus lebih fuzzy logic dengan rule sistem Fuzzy Associative Memory (FAM) dinyatakan dengan 2 input dan 1 output. Input proteksi digital arus lebih fuzzy logic adalah Fungsi Keanggotaan Error = Set Point -

Gangguan = [sangat kecil, kecil, sedang, besar, sangat besar] dengan range = [0 0,015] A. Fungsi Keanggotaan Derror=Error-En_1=[kecil,besar] dengan range=[-0,05 0,05] A. Output proteksi digital arus lebih fuzzy logic adalah Fungsi keanggotaan Time (detik) dengan fungsi keanggotaan=[sangatcepat, cepat, sedang, lambat, sangatlambat]. Untuk menghasilkan waktu kerja proteksi digital dinyatakan dengan 10 aturan fuzzy arus setting 0,01 A.

Hasil pengujian sistem proteksi digital arus lebih fuzzy logic pada operasi sistem pembangkit 3 fasa didapat grafik karakteristik respon arus gangguan aktual terhadap waktu kerja pemutus sistem pembangkit dengan referensi arus setting. Dengan kenaikan beban secara bertahap dari 2,2 Ampere sampai dengan 7,2 Ampere dengan rata-rata kenaikan 1,2 Ampere didapat Karakteristik proteksi digital dalam bentuk normal invers semakin cepat waktu kerja dari 5,8 detik sampai dengan 1,5 detik, very invers sangat cepat waktu kerja rele dari 9,1 detik sampai dengan 1,2 detik, extremelly invers super cepat waktu kerja rele dari 21,6 detik sampai dengan 1,2 detik dan long invers didapat hasil bahwa semakin besar arus gangguan terhadap arus settingnya, maka kerja proteksi semakin cepat memutuskan sistem tenaga untuk diamankan dari gangguan.



Gambar 15 Rangkaian Pengujian Proteksi Fuzzy Logia Dan Pembangkit

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian sistem proteksi digital arus lebih fuzzy logic untuk mengamankan sistem pembangkit dari gangguan hubung singkat tahun I didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Proteksi digital arus lebih dengan karakteristik normal invers, very invers, extremelly invers dan long invers bekerja dengan sangat cepat jika arus gangguan atau arus aktualnya jauh lebih besar dari arus settingnya sehingga sistem pembangkit aman dari gangguan.
2. Kenaikan arus gangguan rata-rata 1,2 amper sedangkan waktu kerja rele proteksi digital dengan karakteristik normal invers semakin cepat kerja proteksi, very invers sangat lebih cepat kerja proteksi, extremelly invers dan long invers perbandingan sangat lebih cepat waktu kerjanya.
3. Pengembangan sistem proteksi digital arus lebih fuzzy logic dengan implimentasi modul microcontroller ATMega 8535 terprogram mampu berinteraksi dengan perangkat keras dan sistem pembangkit untuk merespon arus gangguan sinyal besar perubahan analog ke digital dengan kecepatan dalam hitungan detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amzah Saputra, Cahayahati (Pembimbing), 2008 " Perancangan Rele Arus Lebih Dengan Karakteristik Invers Yang Dapat Diatur Berbasis Mikrokontroler ATMega 8535", Tugas Akhir Sarjana, Fakultas teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
- [2] Cihanjung Inti Teknik, 2003," Studi Kelayakan dan Disain Engineering Pembangkit Tenaga Listrik Mikro Hidro (PLTMH)", Laporan Studi Kelayakan PLTMH Tambak Baya Garut.
- [3] Cahayahati, Hidayat, 2005," Perancangan Sistem Pengontrolan Frekuensi Beban Kriteria Optimal pada PLTU menggunakan Metode Limier Kuadrat Regulasi (LQR)", Jurnal tekno-2K FTI Universitas Bung Hatta
- [4] Cahayahati, 2005," Optimasi Pengaturan Daya reaktif menggunakan Tap Changer Tranformer Untuk Meminimumkan Rugi-Rugi Daya Aktif Sistem 150 kV Sumbar-Riau". Jurnal Tekno-2K FTI Universitas Bung Hatta
- [5] Goerge K.I. 1999" Analysis of Action Fuzzy PID Controller Structures", Cybernetics, vol 29
- [6] Heikki N. Koivo, 1995 " Fuzzy Logic in PID Gain Scheduling" third European Congress on Fuzzy and Intelligent Technologies EUFIT.
- [7] Hidayat, Cahayahati, dan Raswandi, 2004, "Penalaran Konstanta PID (Propotional Integrated Derivative) Pada Pengendalian Kecepatan Motor Arus Searah Berbasis Logika Fuzzy", Jurnal Momentum Institut teknologi Padang.
- [8] Hidayat, Cahayahati, 2005," Pengendalian Frekuensi PLTA Mikro Hidro Berbasis Saving Energi", Proceeding The 6TH Seminar on Intelligent Teknologi and ITS Application.
- [9] <http://www.selinc.com/distsys.htm>, 2005, SEL -451 Protection, Automation, and Control System, Schweitzer Engineering laboratories, Inc.
- [10] Jacob, J. Michael, 1989, " Industrial Control Electronics Application and Design, Prentice Hall International, USA.
- [11] J.P. REy, 2002, " Priciples of Fuzzy Logic", University of professional Education leeuwarden.
- [12] Muhammad J., Nader V., Timothy J. R., 1993," Fuzzy Logic and Control", Prentice- Hall International, Inc.
- [13] Paulus A. Nalwan, 2002, " Mikrokontroler AT89C51" Erlan

Biodata Penulis

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