

PROTOTYPE RECLOSER SEBAGAI PENGAMAN ARUS BOCOR

M.Zainal Muhtam¹, Wiwik Handajadi², dan Beny Firman³

Teknik Elektro IST AKPRIND YOGYAKARTA

Jalan Kalisahak 28, Komplek Balapan Tromol Pos 45, Yogyakarta 55222

muhtam.zainal@gmail.com¹, wiwikhan2@gmail.com², benyfirman@akprind.ac.id³

ABSTRACT

Electricity is the energy source that must be met well as technological developments. In the operation of the power systems common disorders that can lead to disruption of the distribution of electricity to customers. Where it should be the distribution of electricity to customer should take place in continuous. But in reality distribution of electricity to the customer is still not optimal. It is because there are a lot of disruption in the distribution of electricity to customers, especially in the distribution network. From these problems it is necessary to have protection equipment that can be used to maintain the stability of disbursement during interruption, both temporary and permanent disturbance. To that end, the author tries to design a tool "prototype of recloser as a leakage current protector" that can work auto reclose during temporary or permanent disturbance. After the design and testing, then evaluated the work of the tool. Where one of them by comparing the results on the measuring instrument and the results of the toll in the event of leakage current interruption. Therefore difference of the average of the reading of error is 0,01%.

Keywords : Leakage Current, Recloser, Protection

INTISARI

Listrik adalah sebuah sumber energi yang harus terpenuhi dengan baik seiring perkembangan teknologi. Dalam operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan – gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Yang dimana seharusnya penyaluran tenaga listrik ke konsumen harus berlangsung secara kontinuitas/terus – menerus. Tetapi pada kenyataannya penyaluran tenaga listrik ke konsumen masih belum maksimal, itu terjadi karena masih terdapat banyak gangguan pada penyaluran tenaga listrik ke konsumen khususnya pada jaringan distribusi. Dari persoalan tersebut maka perlu adanya peralatan proteksi yang dapat digunakan untuk menjaga kestabilan penyaluran saat terjadi gangguan, baik gangguan temporer maupun permanen. Untuk itu, penulis berusaha merancang sebuah alat "prototipe *recloser* sebagai pengaman arus bocor" yang dapat bekerja secara *auto reclose* saat terjadi gangguan temporer maupun permanen. Setelah dilakukan perancangan dan pengujian maka dilakukan evaluasi mengenai kerja alat. Dimana salah satunya dengan cara membandingkan hasil pembacaan pada alat ukur dan hasil pembacaan alat pada saat terjadi gangguan arus bocor, untuk selisih rata – rata pembacaan *error* tersebut adalah sebesar 0,01%.

Kata Kunci : Arus Bocor, Recloser, Proteksi

I. PENDAHULUAN

Listrik adalah sumber energi yang harus terpenuhi dengan baik didalam penyalurannya. Karena listrik sudah menjadi suatu yang penting bagi manusia. Dalam penyaluran atau operasi sistem tenaga listrik sering terjadi gangguan – gangguan yang dapat mengakibatkan terganggunya penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Yang dimana seharusnya penyaluran tenaga listrik ke konsumen harus berlangsung secara kontinuitas/terus – menerus. Tetapi pada kenyataannya penyaluran tenaga listrik ke konsumen masih belum maksimal, itu terjadi karena masih banyaknya gangguan pada penyaluran tenaga listrik ke konsumen khususnya pada jaringan distribusi. Gangguan tersebut dapat berupa gangguan hubung singkat, gangguan beban lebih, gangguan arus bocor atau gangguan lainnya. Arus bocor dapat terjadi karena adanya ketidakseimbangan pada beban – beban satu fasa jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus pada penghantar netral. Arus yang mengalir pada penghantar netral ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah.

Sistem proteksi merupakan suatu hal yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Sistem proteksi digunakan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan pada jaringan maupun pada beban atau sistem tenaga listrik yang disebabkan oleh gangguan dan menjaga kontinuitas dalam penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Oleh karena itu sangat dibutuhkan sistem proteksi yang dapat diandalkan agar penyaluran tenaga listrik kekonsumen tetap terjaga dan peralatan listriknya dapat terlindungi dari kerusakan. Sistem proteksi tersebut adalah PBO (penutup balik otomatis) atau *Recloser*.

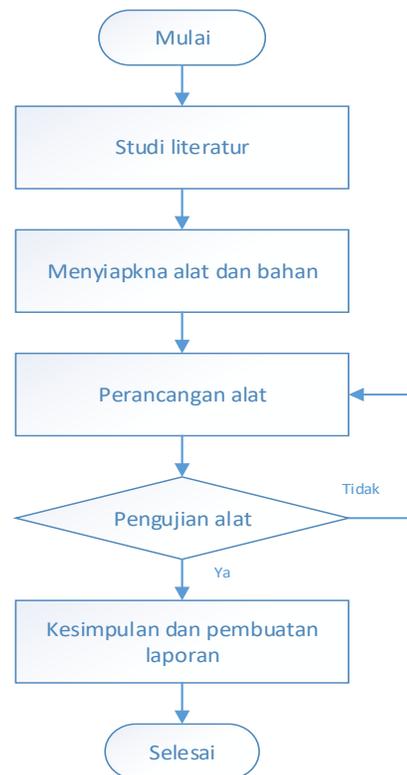
Recloser adalah suatu alat otomatis yang mempunyai kemampuan sebagai pemutus arus bila terjadi gangguan hubung singkat yang dilengkapi dengan alat pengindera arus gangguan dan merupakan peralatan pengatur kerja yang telah ditentukan apabila gangguan itu bersifat temporer, maka pemutus arus tidak sampai *lockout* (terkunci). Sedangkan bila

terjadi gangguan yang bersifat permanen, maka alat pemutus akan *lockout* (terkunci).

Pada suatu gangguan permanen, *recloser* berfungsi memisahkan daerah atau jaringan yang terganggu sistemnya secara cepat sehingga dapat memperkecil daerah yang terganggu pada gangguan sesaat, *recloser* akan memisahkan daerah gangguan secara sesaat sampai gangguan tersebut akan dianggap hilang, dengan demikian *recloser* akan masuk kembali sesuai settingannya sehingga jaringan akan aktif secara otomatis. (Abraham Silaban : 2009)

II. METODOLOGI

Pada perancangan kali ini terdapat beberapa langkah – langkah kerja yang perlu dilakukan, langkah – langkah tersebut akan ditunjukkan pada diagram alur dibawah ini :



Gambar 1 Perancangan system

A. Alat dan Bahan

Tabel 1 Alat yang digunakan.

No.	Nama Alat	Spesifikasi
1.	Tang Ampere	HIOKI
2.	Multimeter	Krisbow
3.	Software Eagle	EAGLE Layout Editor 7.2.0
4.	Pengupas Kabel	-
5.	Osilloscope	-
6.	Downloader	USBASP
7.	Software CV AVR	Code VisionAVR versi 2.05.3
8.	Obeng + -	-
9.	Atraktor	-
10.	Tang Potong	-
11.	Solder	-
12.	Tang Kombinasi	-
13.	Unit Komputer	Lenovo ideapad S400
14.	Corel Draw X5	-

Tabel 2 Bahan yang digunakan dalam perancangan

No.	Nama Bahan	Spesifikasi
1	Solid State Relay	Fotek 40DA
2	Sensor Arus	ACS712-05A
3	LCD	LCD 20x4
4	Board Arduino IC ATmega 328P	Board Arduino Atmel, 28 pin DIP
5	Sensor Arus	ACS712-30A
6	Pin Header F/M	1x 40 pin
7	LCD	LCD_Liquid Cristal 20x4
8	Resistor	10 kOhm ½W 1 kOhm ½W
9	Resistor Variable	50 kOhm ½W
10	Transistor	BD9014
11	Diode	IN4004
11	Kapasitor	0,1 uF 50V 2200 uF 25V
12	LM2576	IC Regulator 5V
13	Kabel Jumper	1Isi 6
16	Pin Header F/M	1x40 pin
17	Tombol Tekan	-
18	Buzzer	Buzzer 5 VDC

19	Led	Merah dan Kuning
20	Pin Terminal	2 Pole

B. Perancangan Sistem

Didalam perancangan sistem ini terdapat dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

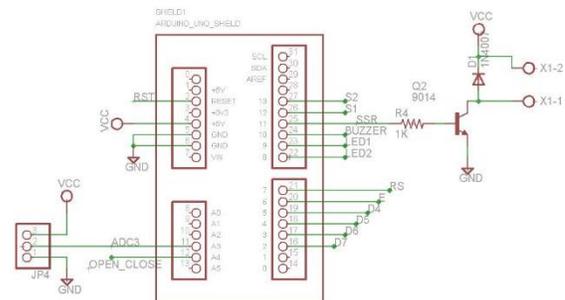
1. Perancangan Hardware

Dimana pada perancangan *hardware* akan dilakukan desain awal pembuatan perancangan gambar *schematic* yang nantinya akan dicetak pada PCB (*Printed Circuit Board*) dan selanjutnya dilakukan pemasangan komponen – komponen pada jalur yang telah dicetak sebelumnya dan akan menjadi sebuah rangkaian yang nantinya akan terhubung satu dengan rangkaian lainnya.

Pada perancangan ini terdapat beberapa rangkaian dengan kegunaan masing – masing dimana rangkaian tersebut diantaranya rangkaian SSR, rangkaian *Push Botton*, rangkaian penampil (LCD), rangkaian sensor arus, rangkaian *buzzer* dan LED dan rangkaian arduino shield.

a. Rangkaian Utama

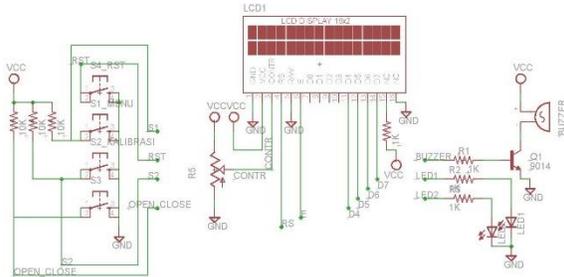
Pada rangkaian ini merupakan rangkaian yang yang menghubungkan antara rangkaian – rangkaian yang lainnya seperti sensor arus, rangkaian penampil, rangkaian SSR, dan menghubungkan komponen pengendali ke komponen *input* atau *output*.



Gambar 2 Rangkaian Utama

b. Rangkaian Penampil

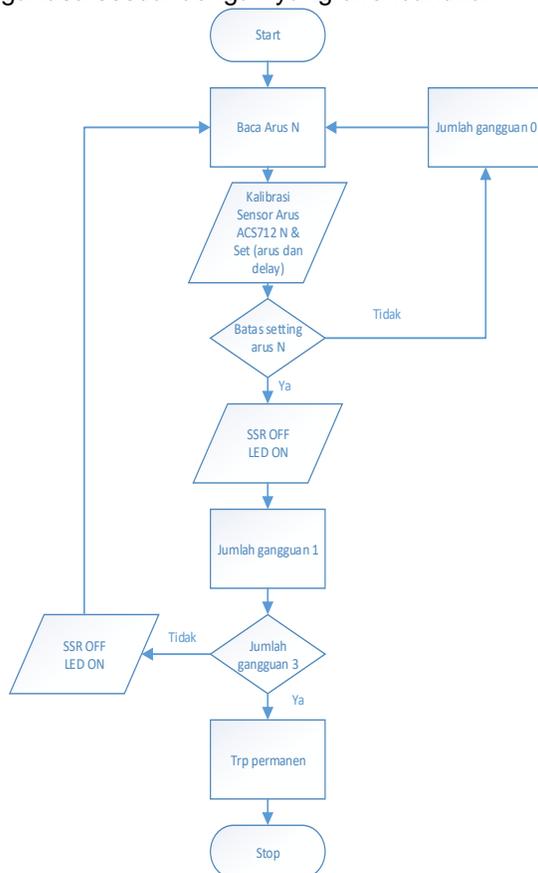
Pada rangkaian ini merupakan rangkaian yang berfungsi untuk menampilkan keadaan pada recloser, seperti menampilkan arus dan jumlah gangguanyang terjadi.



Gambar 2 Rangkaian Penampil

2. Perancangan Software

perancangan software ini adalah perancangan program utama yang meliputi perintah – perintah untuk mengkoordinasikan keseluruhan sistem yang telah dirancang untuk dapat menghasilkan kerja alat prototipe recloser tiga fasa sesuai dengan yang direncanakan



Gambar 3 Diagram alir perancangan program

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian prototipe *recloser* tiga fasa ini terdiri dari beberapa pengujian diantaranya pengujian catu daya, pengujian tegangan picu solid state *relay* (SSR), pengujian gangguan temporer, pengujian gangguan permanen, pengujian arus bocor terhadap beban seimbang, pengujian arus bocor terhadap beban tak seimbang. Adapapun pengujian – pengujian tersebut di jelaskan dalam sub bab berikut.

A. Hasil Pengujian Catu Daya

Tabel 3 Pengujian Catu Daya

Sumber Tegangan	Tegangan Hasil Pengukuran
Trafo Step – Down	12,2 Volt AC
	12,2 Volt AC
	12,2 Volt AC
Rangkaian Catu Daya	8,9 Volt DC
	8,9 Volt DC
	8,9 Volt DC

B. Pengujian Tegangan Pemicu Solid State Relay (SSR)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui tegangan yang digunakan sebagai pemicu atau mengaktifkan SSR, pengujian ini menggunakan alat ukur multimeter sebagai pengambilan data tegangan.

Tabel 4 Pengujian tegangan pemicu SSR

NO	Tegangan Sumber (VDC)	Kondisi SSR
1	1,5	OFF
2	1,9	OFF
3	2,3	OFF
4	2,7	OFF
5	3,1	ON
6	4,5	ON
7	7,2	ON

Dari hasil pengujian di dapatkan hasil bahwa SSR dapat aktif dengan sumber tegangan 3.1 VDC, sedangkan tegangan pemicu pada mikrokontroler yang dikuatkan transistor sebesar 5 VDC. Jadi tegangan keluaran pada sistem yang digunakan sebagai pemicu sudah

memenuhi syarat agar SSR (*Solid State Relay*) aktif.

C. Pengujian Prototipe Recloser Dengan Gangguan Temporer

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kerja dari recloser tiga fasa terhadap deteksi arus bocor dan mengetahui tingkat keberhasilan pada saat terjadi gangguan temporer. Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban takseimbang pada masing – masing fasa dimana pada kondisi ini akan menimbulkan arus bocor. Pengujian dilakukan secara beruntun dari jumlah gangguan 1 sampai dengan gangguan ke 4.

Tabel 5 Pengujian 1 kali gangguan temporer

NO	Jumlah Gangguan	Keadaan Recloser
1	Gangguan 1	Terbuka
	Lebih dari waktu tunda	Tertutup

Pada Tabel 5 pengujian diatas dapat dilihat dimana pada saat *recloser* mendeteksi gangguan temporer 1 SSR akan (*open*), dan akan terhitung pada gangguan 1, setelah tidak ada gangguan maka *recloser* akan kembali pada keadaan awal dan SSR akan (*close*) kembali.

Tabel 6 Pengujian 2 kali gangguan temporer

NO	Jumlah Gangguan	Keadaan Recloser
1	Gangguan 1	Terbuka
2	Gangguan 2	Terbuka
	Lebih dari waktu tunda	Tertutup

Pada Tabel 6 diatas dimana pada saat recloser mendeteksi gangguan temporer 1 SSR akan (*open*) dan akan terhitung pada gangguan 1, jika masih terdapat gangguan maka gangguan tersebut akan terhitung pada gangguan 2, dan apabila recloser sudah tidak mendeteksi adanya gangguan atau gangguan tersebut hilang maka recloser akan kembali pada keadaan awal dan SSR akan (*close*).

Tabel 7 Pengujian 3 kali gangguan temporer

NO	Jumlah Gangguan	Keadaan Recloser
1	Gangguan 1	Terbuka
2	Gangguan 2	Terbuka
3	Gangguan 3	Terbuka

	Lebih dari waktu tunda	Tertutup
--	------------------------	----------

Pada Tabel 7 dimana pada saat recloser mendeteksi gangguan temporer 1 SSR akan (*open*), jika masih terdapat gangguan maka akan terhitung untuk gangguan 2, dan apabila masih gangguan tersebut masih belum hilang juga, maka akan terhitung gangguan 3. Setelah gangguan tersebut hilang, maka recloser akan kembali pada keadaan awal dan SSR akan (*close*).

Tabel 8 Pengujian 4 kali gangguan temporer

NO	Jumlah Gangguan	Keadaan Recloser
1	Gangguan 1	Terbuka
2	Gangguan 2	Terbuka
3	Gangguan 3	Terbuka
4	Gangguan 4	Terbuka
	Lebih dari waktu tunda	Trip permanen

Tabel diatas dimana pada saat *recloser* mendeteksi 4 gangguan temporer maka SSR akan *open* dan *close*, dan selanjutnya akan trip permanen (*lock out*). Supaya *recloser* dapat bekerja kembali secara normal maka dapat dengan cara menekan tombol reset dan SSR akan *close* kembali dan SSR (*Solid State Relay*) dapat mengalirkan arus ke beban.

D. Pengujian Prototipe Recloser dengan Gangguan Permanen

Pada pengujian gangguan permanen ini bertujuan untuk mengetahui dari keberhasilan kerja recloser tiga fasa pada saat terjadi gangguan permanen. Pada pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan beban secara takseimbang sampai recloser mendeteksi gangguan tersebut. Sebelumnya recloser telah disetting dengan batas arus maksimal 0.5 ampere dan setting waktu reclose 1.5 detik. Untuk hasil pengujian gangguan permanen dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Pengujian prototipe recloser gangguan permanen

NO	Jumlah Gangguan	Keadaan Recloser
1	Gangguan 1	Trip 1
2	Gangguan 2	Trip 2
3	Gangguan 3	Trip 3

4	Gangguan 4	Trip Permanen
---	------------	---------------

E. Pengujian Arus Bocor Terhadap Beban Seimbang

Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban yang seimbang antar fasa R, fasa S, dan fasa T. Serta mencatat tegangan sumber menggunakan multi tester, mencatat arus yang terdapat pada LCD pada alat yang telah dibuat, mencatat arus yang mengalir pada kawat netral dengan menggunakan tang amper. Pengujian ini dilakukan dengan cara menaikkan beban dari beban terendah sampai beban tertinggi secara tetap seimbang. Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui ada atau tidaknya arus pada saat beban seimbang.

Tabel 10 Hasil pengujian beban seimbang

NO	Tegangan (V)			Arus (I)			Beban			Arus Bocor	
	R-N	S-N	T-N	R	S	T	R	S	T	Alat Ukur	Penampil (LCD)
1	118,8	122,8	120,5	0,09	0,14	0,8	25	25	25	0	0
2	118,1	123,8	120,1	0,19	0,8	0,14	40	40	40	0	0
3	118,2	123,6	119,7	0,17	0,16	0,22	65	65	65	0	0
4	119,5	121,3	120,6	0,19	0,22	0,19	60	60	60	0	0
5	118,8	121,8	120,6	0,25	0,30	0,27	85	85	85	0	0
6	119,7	120	120,9	0,30	0,38	0,30	100	100	100	0	0
7	119,1	121,3	119,8	0,38	0,41	0,38	120	120	120	0	0
8	119,6	121,4	121,8	0,38	0,43	0,43	125	125	125	0	0
9	119,2	122,4	121,6	0,40	0,43	0,43	140	140	140	0	0
10	119,7	121,5	122	0,48	0,57	0,51	160	160	160	0	0
11	119,5	121	122,5	0,56	0,65	0,57	185	185	185	0	0
12	119,7	120,6	122,1	0,64	0,71	0,62	200	200	200	0	0
13	120	120,8	120,9	0,67	0,73	0,70	220	220	220	0	0
14	119,9	121,3	121,8	0,69	0,79	0,73	225	225	225	0	0
15	117,9	122,1	121,8	0,82	0,73	0,81	240	240	240	0	0
16	119,8	120,3	121,8	0,80	0,87	0,84	260	260	260	0	0
17	119,1	120,3	121,5	1,01	1,09	1,03	320	320	320	0	0
18	121,1	123,4	121,6	1,11	1,17	1,19	345	345	345	0	0
19	120,8	123,6	122,6	1,24	1,28	1,40	385	385	385	0	0

Pada tabel pengujian diatas menunjukkan bahwa tidak ada arus yang mengalir pada penghantar N (arus bocor) yang dikarenakan beban yang terpasang adalah seimbang. Percobaan diatas dilakukan dengan cara menaikkan beban secara bertahap dengan terus menaikkan beban tersebut hingga benar – benar pada pengujian ini tidak terdapat arus bocor pada penghantar N.

F. Pengujian Arus Bocor Terhadap Beban Takseimbang

Pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban yang takseimbang pada masing - masing fasa. Serta mencatat tegangan sumber menggunakan multi meter, mencatat arus yang terdapat pada LCD (*Liquid Crystal Display*) pada alat yang telah dibuat, mencatat arus yang mengalir pada kawat netral dengan menggunakan tang amper. Pengujian ini dilakukan dengan cara menaikkan beban

secara tidak seimbang, Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya arus bocor yang mengalir pada fasa R, S dan T saat terjadi beban takseimbang.

Tabel 11 Hasil pengujian beban takseimbang

NO	Tegangan (V)			Arus (I)			Beban (R)			Arus Bocor (IN)	
	R-N	S-N	T-N	R	S	T	R	S	T	Alat Ukur	Penampil (LCD)
1	120,6	122,8	126,7	0,09	0,14	0	25	25	0	0,08	0,11
2	121	130	125	0,19	0,14	0,22	65	25	65	0,12	0,15
3	123,6	129,4	119,5	0,22	0,16	0,41	65	65	125	0,21	0,22
4	117,6	128,1	126,5	0,38	0,16	0,19	125	65	60	0,22	0,23
5	129,7	122,5	120,4	0,09	0,38	0,41	25	125	125	0,26	0,27
6	118,7	132,5	121,6	0,38	0,14	0,41	125	25	125	0,28	0,27
7	119,7	132,9	121,2	0,38	0,11	0,41	125	40	125	0,30	0,30
8	118,2	121,3	132,8	0,38	0,38	0	125	125	0	0,32	0,31
9	131,7	124,4	116,3	0,09	0,38	0,57	25	125	185	0,38	0,39
10	131,6	126,6	115,6	0,09	0,33	0,54	25	85	185	0,40	0,39
11	130,1	129,5	113,9	0,09	0,16	0,57	25	65	185	0,44	0,42
12	127,5	133,3	113,4	0,40	0,30	0,86	125	100	285	0,51	0,50
13	129,5	133,3	112	0,33	0,30	0,86	100	100	285	0,53	0,52
14	131,5	110,1	133	0,33	1,01	0,35	100	320	100	0,58	0,55
15	129,9	109,7	135	0,40	1,09	0,27	125	300	85	0,62	0,60
16	128,3	107,2	134,9	0,38	1,09	0,24	125	360	65	0,65	0,63
17	127,8	106,8	136	0,43	1,14	0,24	100	125	385	0,69	0,66
18	130,8	131,2	107,2	0,33	0,43	1,16	100	125	385	0,72	0,70
19	133,8	130,3	105,7	0,17	0,46	1,16	60	125	385	0,78	0,75
20	102,3	131,9	135,9	1,09	0,38	0,22	385	100	60	0,79	0,79

Pada Tabel 11 menunjukkan bahwa terdapat arus bocor pada penghantar N saat beban dalam keadaan takseimbang. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan beban secara tidak seimbang pada tiap fasa, menaikkan beban secara bertahap dan terus meningkat dari yang terendah sampai tertinggi. Dimana pada pengujian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besarnya perbedaan ketidakseimbangan beban pada setiap fasanya maka semakin besar pula arus bocor yang mengalir pada penghantar N.

G. Hubungan Antara Beban dan Arus Terhadap Arus Bocor

Pada Tabel 12 menunjukkan bahwa adanya arus bocor pada keadaan beban tidak seimbang. Arus bocor yang ada dipengaruhi oleh beban yang tidak seimbang pada masing – masing fasa. Dimana pada saat ketidakseimbangan beban yang selisihnya besar maka arus yang mengalir pada penghantar netral akan semakin besar pula. Batas setting arus pada recloser ini adalah sebesar 0,5 A, maka dari itu arus yang mengalir pada penghantar N jika arus tersebut belum melewati batas setting maka belum dikatakan gangguan, dan apabila arus yang mengalir pada penghantar N melebihi batas arus setting yaitu sebesar 0,5 A maka recloser akan mendeteksi gangguan.

Tabel 12 Hubungan antara beban dan arus teradap arus bocor

NO	Arus (I)			Beban (R)			Arus Bocor (IN)		Keadaan Recloser
	R	S	T	R	S	T	Alat Ukur	LCD	
1	0,09	0,14	0	25	25	0	0,08	0,11	Normal
2	0,19	0,14	0,22	65	25	65	0,12	0,15	Normal
3	0,22	0,16	0,41	65	65	125	0,21	0,22	Normal
4	0,38	0,16	0,19	125	65	60	0,22	0,23	Normal
5	0,09	0,38	0,41	25	125	125	0,26	0,27	Normal
6	0,38	0,14	0,41	125	25	125	0,28	0,27	Normal
7	0,38	0,11	0,41	125	40	125	0,3	0,3	Normal
8	0,38	0,38	0	125	125	0	0,32	0,31	Normal
9	0,09	0,38	0,57	25	125	185	0,38	0,39	Normal
10	0,09	0,33	0,54	25	85	185	0,4	0,39	Normal
11	0,09	0,16	0,57	25	65	185	0,44	0,42	Normal
12	0,4	0,3	0,86	125	100	285	0,51	0,5	Gangguan
13	0,33	0,3	0,86	100	100	285	0,53	0,52	Gangguan
14	0,33	1,01	0,35	100	320	100	0,58	0,55	Gangguan
15	0,4	1,09	0,27	125	300	85	0,62	0,6	Gangguan
16	0,38	1,09	0,24	125	360	65	0,65	0,63	Gangguan
17	0,43	1,14	0,24	100	125	385	0,69	0,66	Gangguan
18	0,33	0,43	1,16	100	125	385	0,72	0,7	Gangguan
19	0,17	0,46	1,16	60	125	385	0,78	0,75	Gangguan
20	1,09	0,38	0,22	385	100	60	0,79	0,79	Gangguan

H. Perbandingan nilai error pada alat ukur dan penampil LCD

Pada Table 13 merupakan perbandingan nilai *error* pada pembacaan alat ukur Tang Ampere dan pada layar penampil LCD. Dimana perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan pembacaan alat.

Tabel 13 Perbandingan nilai error pada alat ukur dan penampil

NO	Arus Bocor		Error
	Alat Ukur	Penampil LCD	
1	0,08	0,11	0,03
2	0,12	0,15	0,03
3	0,21	0,22	0,01
4	0,22	0,23	0,01
5	0,26	0,27	0,01
6	0,28	0,27	0,01
7	0,3	0,3	0
8	0,32	0,31	0,01
9	0,38	0,39	0,01
10	0,4	0,39	0,01
11	0,44	0,42	0,02
12	0,51	0,5	0,01
13	0,53	0,52	0,01
14	0,58	0,55	0,03
15	0,62	0,6	0,02
16	0,65	0,63	0,02
17	0,69	0,66	0,03
18	0,72	0,7	0,02
19	0,78	0,75	0,03
20	0,79	0,79	0
Rata-rata error			0,01%

Dari tabel diatas diperoleh nilai rata – rata error pembacaan pada alat ukur Tang Ampere dan penampil LCD sebesar 0,01%, dimana nilai tersebut masih dibawah nilai *error* yang ditentukan. Untuk itu dapat dikatakan pembacaan arus dari alat ini sudah cukup baik dan dapat digunakan.

Kesimpulan

Dari hasil perancangan alat Prototipe *recloser* sebagai pengaman arus bocor dan yang telah dilakukan pengujian maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. SSR pada prototipe *recloser* tiga fasa yang telah dirancang ini akan dapat bekerja pada tegangan picu 3.1 VDC. sedangkan pada sistem tegangan pemacu yang butuhkan SSR adalah sebesar 5 VDC. untuk itu, tegangan pada sistem sudah dapat untuk menghidupkan SSR.
2. Dari pembacaan antara alat ukur dan penampil LCD pada saat pengujian arus bocor pada saat beban takseimbang terdapat nilai error rata – rata sebesar 0,01%.

SARAN

Berdasarkan dari kesimpulan alat Prototipe Proteksi Arus Lebih Pada Transformator Tiga Fasa Menggunakan *Recloser*, masih terdapat keterbatasan yaitu :

1. Dimana sensor dalam pembacaannya mempunyai batas minimum pembacaan yaitu sebesar 0,10 A untuk arus dibawah batas minimum tersebut tidak dapat terbaca oleh sensor. Untuk itu dapat menambahkan penguat untuk mendapatkan sensitivitas pembacaan yang lebih akurat.
2. Pembacaan arus yang kurang cepat, untuk itu agar hasil pembacaan memiliki respon yang lebih tinggi dapat digunakan mikrokontroller yang memiliki ACD 12 – 16 bit.

IV. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Tuhan Yang Maha Esa , yang selalu memberikan kesehatan, keselamatan dan kelancaran dalam melaksanakan skripsi ini, Dr. Ir. Amir Hamzah, M.T. selaku Rektor IST AKPRIND Yogyakarta, Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.,selaku Dekan FTI IST AKPRIND Yogyakarta , Sigit Priyambodo, S.T. M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro IST AKPRIND Yogyakarta , Ir.Wiwik Handajadi,M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik I, Beny Firman,S.T.M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik II, bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberi bimbingan pada kegiatan ini ,Bapak, ibu serta kakak yang selalu mendukung serta memberikan motivasi dan dukungan moril dan materiil pada perancangan skripsi ini, Teman – teman teknik elektro 2013 yang telah memberikan semangat dan membantu dalam pengerjaan skripsi.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Aulia*. (2005). Analisis arus bocor pada isolator suspensi terkontaminasi berat pada suhu diatas suhu kamar dan tegangan berfluktuasi, 3.
- Aziz, F.* (2009). Analisis hubung singkat asimetris pada kelistrikan sulawesi selatan

dan barat dengan menggunakan Electrical Transient Analyzer Program (ETAP), 20.

- Bono, K. H.* (2005). Analisa penggunaan recloser 3 fasa 20 KV untuk pengaman arus lebih pada SUTM 20 KV sistem 3 fasa 4 kawat di PT. PLN (PERSERO) APJ SEMARANG, 1-2.
- Dahlan, M.* (2008). Akibat ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada transformator distribusi, 3-4.
- Malik,Alwi* (2013). *Prototipe Recloser*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Maxtrada, B.* (2008). Pengaruh ketidakseimbangan beban antara fasa - fasa dengan fasa - netral terhadap hasil pengukuran, 10-13.
- Nugroho, W. T.* (2016). *Prototipe Recloser Berbasis Aduino Uno*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta.
- Nurhaida.* (2010). Perancangan pemutus rangkaian arus bocor ke tanah tiga fasa, 1-5.
- Silaban, A.* (2009). Studi tentang penggunaan recloser pada sistem jaringan distribusi 20 KV. MEDAN: UNIVERSITAS SUMATERA UTARA.
- William D. Stevenson, J.* (1984). *Power System Analysis*. Carolina: North Carolina State University.