

**ANALISIS PENGUJIAN PENYETELAN RELAY ARUS LEBIH SPAJ 131 C
DI LABORATORIUM PROTEKSI DAN DISTRIBUSI JURUSAN TEKNIK
ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI**

I Wayan Sudiarta, I Ketut TA, dan I G A M Sunaya. Nyoman Mudiana
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali
Bukit Jimbaran, Tuban Badung Bali
Phone : (0361) 701981, Fax (0361) 701128

ABSTRAK :

Proses penyaluran energi listrik dari pembangkit sampai ke konsumen selalu ada gangguan-gangguan yang yang tidak dapat dihindari. Salah satu gangguan pada sistem tenaga listrik adalah *over current* (arus lebih). Kondisi yang menyebabkan adanya arus lebih yaitu *over load* (beban lebih) dan *short circuit* (hubung singkat). *Relay SPAJ 131 C* yang ada di laboratorium proteksi dan distribusi jurusan teknik elektro Politeknik Negeri Bali merupakan peralatan sistem proteksi jenis baru yang belum dioperasikan sebagai bahan atau pun modul praktikum. Tujuan dari penelitian bagaimana cara mengoperasikan *relay* ini sebagai alat proteksi beban lebih dan hubung singkat, dan bagaimana mengoperasikan *software* dari *relay* yaitu HTL-PL-Soft4. Pengujian yang dilakukan menguji waktu pemutusan *relay* dengan karakteristik waktu *normal inverse*, *very inverse*, *extremely inverse* dan *defenite* serta mengoperasikan *software* HTL-PL-Soft4. Hasil pengujian NINV dengan setting arus 0.55 Amper dan waktu tunda 0.2 detik, saat arus gangguan sebesar 3 Amper, waktu pemutusannya 1.69 detik. Hasil pengujian VINV waktu pemutusannya 1.19 detik dan hasil pengujian EINV waktu pemutusannya adalah 0.75 detik. *Software* HTL-PL-Soft4 berfungsi sebagai monitoring data seting dan kerja dari *relay*.

Kata kunci: *proteksi, relay, arus, waktu*

Abstract: *The electric power distributing process from plant to consumer always gets unavoidable disturbance, one of which is over current. The condition triggers over loaded and short circuit condition. Relay SPAJ 131C in protection and distribution laboratory Electrical Department Politeknik Negeri Bali is a new type of protection system which has not been operated as a material or practicum module. This research was in purpose to investigate the way how to operate the relay as a over loaded and short circuit protecting device, and the way how operate software from the relay HTL-PL-Soft4. The test was focused on that of relay terminated time with characteristic of normal inverse time, very inverse time, extremely inverse and definitely and operating software HTL-PL-Sotf4. The result of analysis showed that NINV with current setting 0,55 ampere and delay time 0,2 second, during current disturbance 3 ampere, and disconnect time 1,69 second. VINV testing result that disconnect time 1.19 second and EINV testing result show that disconnecting time 0,75 second. Software HTL-PL-Soft4 functions as data monitoring and relay work.*

Keywords: *protection, relays, current time.*

1. Pendahuluan

Proses penyaluran energi listrik mulai dari pembangkit sampai ke konsumen selalu ada gangguan-gangguan yang tidak dapat dihindari. Gangguan-gangguan bisa berupa gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, hubung singkat antarfasa, hubung singkat tiga fasa. Gangguan gangguan tersebut menimbulkan arus yang sangat besar yang dapat merusak peralatan-peralatan listrik sehingga perlu adanya sistem proteksi yang dapat melindungi peralatan listrik dari kerusakan akibat arus berlebih. *Relay* SPAJ 131 C relay arus lebih dan hubung

singkat. *Relay* ini merupakan peralatan sistem proteksi dan belum pernah dilakukan pengujian sebagaimana standar yang berlaku. Berdasarkan uraian tersebut penulis ingin mengoperasikan *relay* tersebut untuk dapat digunakan sebagai peralatan praktikum di laboratorium sistem proteksi dan distribusi.

II. Tinjauan Pustaka

Sistem proteksi adalah suatu sistem yang bertujuan mengamankan serta melindungi saluran dan peralatan listrik dari gangguan. Saluran dan peralatan listrik

tersebut diamankan dan dilindungi dari kondisi yang tidak normal/gangguan-gangguan yang sangat tidak mungkin untuk dihindari dalam penyaluran energy listrik. Pengamanan ini dilakukan dengan cara memutuskan atau memisahkan saluran yang tidak normal tersebut dengan saluran yang beroperasi normal. *Relay* proteksi harus memenuhi syarat-syarat dasar *relay* proteksi yaitu sebagai berikut :

- a. Kepekaan (sensitivities)
- b. Selektifitas (selectivity)
- c. Kecepatan (speed)
- d. Keandalan (reability)
- e. Ekonomis

Sistem pengaman tenaga listrik merupakan system pengaman pada peralatan-peralatan yang terpasang pada sistem tenaga listrik terhadap kondisi abnormal operasi.

Relay Proteksi

Relay proteksi suatu alat yang mengawasi keadaan sebuah rangkaian dan memberikan perintah untuk membuka rangkaian saat kondisi tidak normal [3]. *Relay* proteksi harus bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan waktu yang cepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan, ataupun kalau suatu peralatan terjadi kerusakan secara dini telah diketahui. Dari uraian tersebut maka *relay* proteksi pada system tenaga listrik berfungsi untuk :

1. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian
2. Sistem yang terganggu serta memisah kansecepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal.
3. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
4. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
5. Memperkecil bahaya bagi manusia.

Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

Gangguan pada sistem tenaga listrik adalah segala kejadian atau peristiwa yang tidak diinginkan yang menyebabkan suatu keadaan normal menjadi tidak normal. Gangguan dalam operasi sistem tenaga listrik adalah kejadian yang menyebabkan bekerjanya *relay* dan menjatuhkan pemutus tenaga (PMT) diluar kehendak operator, sehingga menyebabkan putusnya aliran daya yang melalui PMT tersebut. Salah satu gangguan pada sistem tenaga listrik adalah *over*

current (arus lebih).ada dua kondisi yang menyebabkan adanya arus lebih yaitu *over load* dan *short circuit*. *Overload* (beban lebih) yaitu gangguan yang terjadi ketika arus yang mengalir dalam suatu sistem melebihi dari biasanya. *Over load* tidak terjadi secara tiba-tiba tetapi bertahap. Jika masalah ini gagal untuk diselesaikan, kabel penghantar akan menjadi panas dan meleleh, sehingga memungkinkan kabel penghantar menjadi terbuka. Gangguan beban lebih dapat terjadi karena penambahan beban tidak dengan penguatan instalasi. Koordinasi yang kurang baik dalam pengoperasian sistem dapat pula menimbulkan gangguan beban lebih.

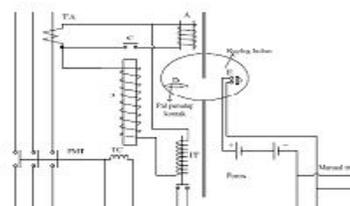
Short circuit (hubung singkat) adalah terhubungnya fasa dan netral, atau antar fasa dengan pentanahan. Koneksi antar-keduanya kemungkinan memiliki resistansi yang rendah, dan arus yang mengalir menjadi ratusan/ ribuan kali lebih tinggi dalam sistem .

Relay Arus Lebih

Relay arus lebih/*over current relay*(OCR) adalah suatu *relay* yang bekerja berdasarkan adanya arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Gangguan beban lebih dan hubung singkat fasa ke tanah atau fasa-fasa menimbulkan arus gangguan yang besarnya melebihi *setting* arus pada *relay* arus lebih, sehingga *relay* arus lebih memicu pemutus tenaga bekerja sesuai dengan setting waktu yang diterapkan, sehingga risiko kerusakan pada sistem kelistrikan dapat dihindari .

Konstruksi Relay Elektro Mekanik

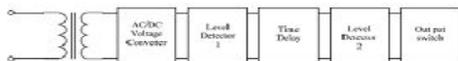
Relay elektro mekanik terdiri dari rangkaian listrik yang menggerakkan suatu mekanisme yang pada akhirnya harus men-trip PMT dengan jalan menutup kontak pemberi arus trip coil (kumparan trip) dari PMT konstruksi relay elektro mekanik dapat dilihat padagambar 1.



Gambar 1. Kontruksi Relay Elektro Mekanik

Static Relay (Solid State)

Relay solid state mempunyai konstruksi yang lebih ringkas (*more compact*) dan juga praktis tidak memerlukan banyak pemeliharaan jika dibandingkan dengan relay elektro mekanis. Penggunaan *microprocessor* sebagai inti *relay solid state* yang canggih, misalnya pada relay impedansi dapat menghasilkan unjuk kerja (performance) yang lebih baik dibandingkan unjuk kerja relay impedansi elektromekanis. Berdasar alasan-alasan tersebut diatas maka relay solid state makin banyak dipakai untuk pengaman sistem tenaga listrik. Relay solid state atau relay staticter sendiri dari rangkaian elektronik yang statis. Pada dasarnya relay ini terdiri dari transistor yang penyalannya diatur oleh tegangan grid dari transistor yang bersangkutan. Sedangkan tegangan grid ini dikontrol oleh suatu rangkaian yang menerima input dari kebesaran yang dilindungi (protected valve). Blok diagram Relay solid state dapat dilihat pada gambar 2.

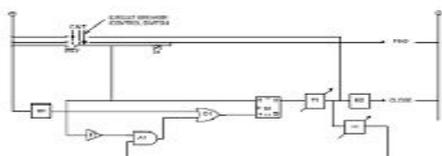


Gambar2. Blok diagram Relay Solid State

Relay Digital

Integrated circuit (IC) dengan teknik digital juga digunakan dalam *relay static*, masalah-masalah logika harus diselesaikan. Banyak perbedaan sistem logika yang telah dikembangkan, tetapi yang paling umum adalah diode transistor-logic (D.T.L), transistor-transistor-logic (T.T.L) dan yang terbaru adalah metal-oxide-semiconductor (M.O.S). secara detail ada beberapa variasi, tetapi ketiga tipe ini meliputi tiga keluarga dari logika yang umum digunakan untuk memenuhi fungsi logika seperti AND, OR, dan INVERT bersamaan dengan fungsi-fungsi kompleks lainnya seperti register geser dan sistem memori. Sistem M.O.S memerlukan lebih sedikit daya daripada sistem lainnya. Walaupun kecepatan operasinya tidak sama. M.O.S biasanya lebih dari cukup untuk aplikasi *relay*.

Gambar 3 menunjukkan sebuah skema auto reclose menggunakan komponen logika IC.



Gambar.3. Skema Static Auto-Reclose.

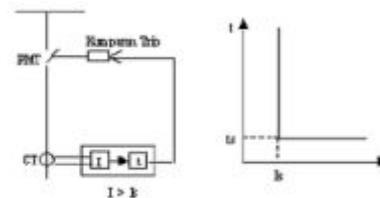
Karakteristik Waktu Kerja OCR (Over

CurrentRelay)

OCR beroperasi dengan *delay* waktu yang dapat di *setting*, *delay* waktu aktual bergantung pada arus yang melalui kumparan *relay*. Secara umum, arus yang lebih tinggi akan menyebabkan operasi *relay* lebih cepat. Arus minimum pada saat *relay* beroperasi (*pick-up current*) juga dapat diatur. OCR mempunyai beberapa karakteristik waktu :

a. Definite time

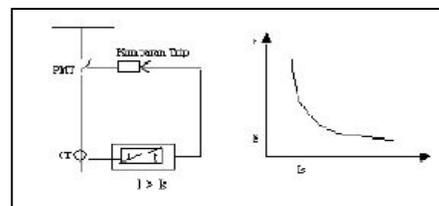
Karakteristik OCR *definite time* bekerja jika arus yang dirasakan melebihi arus *setting* maka *relay* arus lebih ini akan membuka anak kontaknya dengan atau tanpa penundaan waktu. Karakteristik *tripping relay definite time relay* arus lebih dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar.4. Karakteristik *Tripping Relay Arus Lebih Waktu Definite*

b. Inverse time

Karakteristik OCR Inverse time bekerja jika arus yang dirasakan melebihi arus *setting* maka relay arus lebih ini akan membuka anak kontaknya dengan penundaan waktu yang telah ditentukan. Karakteristik *inverse time relay* arus lebih dapat dilihat pada gambar.5.



Gambar.5. Karakteristik *Tripping Relay Arus Lebih Waktu Inverse*

Perhitungan Setting Arus

Batas setting minimum relay arus lebih, relay arus lebih tidak boleh bekerja pada saat terjadi beban maksimum. Dapat ditulis dengan persamaan :

$$I_S = \frac{k_{fk}}{k_d} \times I_{maks}$$

IS : penyetelan arus

Kfk : faktor keamanan, antara 1,1÷1,2

Kd : faktor arus kembali

Imaks : arus maksimum

Relay arus lebih definite

Setting arus Is : $I_s = k \times I_n$

K : konstanta perbanding

In : arus nominal, berupa dua nilai atau kelipatannya. (misal 2,5 A atau 5,0 A; 1,0 A atau 2,0 A dan seterusnya)

Relay arus lebih inverse

Relay ini sumbu tegak merupakan waktu dalam detik dan sumbu datar adalah beberapa kali besarnya arus gangguan yang melewati *relay* terhadap arus penyetelannya ($n \times I_{set}$) :

$$t = TMS (Td) \times \frac{k}{(I/I_{set})^a - 1} + c$$

III. Metode Penelitian

Metode yang dilakukan eksperimen yaitu metode pengukuran langsung untuk mendapat informasi/data-data langsung dari pengujian di laboratorium sistem proteksi dan distribusi. Alat yang dibutuhkan dalam eksperimen ini adalah: Peralatan dan Bahan Pengujian. Sebelum melakukan pengujian secara sistematis, penulis menyiapkan peralatan dan bahan pengujian yaitu sebagai berikut:

- a. Relay arus lebih SPAJ 131 C
- b. Multimeter tiga fasa
- c. Modul PMT
- d. Beban Resistive
- e. Injection current unit
- f. PC
- g. Software HTL-PL Soft4
- h. RS485-RS232 converter
- i. Jumper

Relay Arus Lebih SPAJ 131 C

Relay arus lebih SPAJ 131 C yang dijadikan obyek penelitian memiliki konstruksi pada gambar 6.



Gambar 6. Konstruksi Relay Arus Lebih SPAJ 131 C

Spesifikasi dari alat:

Tegangan Input : 19-390V DC atau 36 - 275 V AC

Frekuensi Input : 50/60 Hz

Arus setting karakteristik inverse : $0,5 - 2 \times I_n$

Arus setting karakteristik definite : $1 - 15 \times I_n$

Waktu tunda karakteristik inverse : $0 - 1 \text{ s}$

Dip-switch Blok

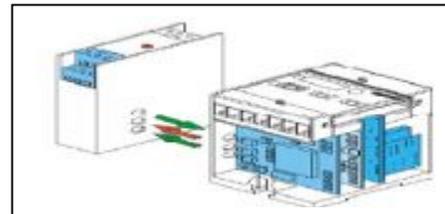
Dip-switch Blok dip switch pada plate depan XII-I berfungsi untuk menyesuaikan nilai nominal dan setting dari fungsi parameter.

Tabel.1. Fungsi-fungsi blok dip-switch

DIP-switch	OFF	ON	Fungsi
1	DEFT	INV	Sesuai karakteristik pemutusan
2	DIFF	VINV	idem
3	DEFT	ENV	idem
4	Tidak diblok	Eblok	Memblok elemen I->
5	Tidak diblok	Eblok	Memblok elemen I->
6	50 Hz	60 Hz	Sesuai frekuensi standar
7	x1 s	x10 s	Pengali waktu untuk t->
8	x1 s	x100 s	Pengali waktu untuk t->

Adapter XRS1

Relay XII-I dilengkapi dengan Adapter XRS1 yang berfungsi sebagai penghubung relay XII-I ke kabel RS485 yang selanjutnya dihubungkan ke PC. Dapat dilihat pada gambar. 7. Penyambungan adapter XRS1 pada relay.



Gambar .7. Penyambungan Adapter XRS1 Pada Relay

Software HTL-PL Soft4

Cara mengoperasikan *software* HTL-PL Soft4 ini adalah melalui langkah-langkah berikut:

1. Mengklik icon Soft4 pada PC.
2. Pilih Port / com yang terhubung ke PC
3. Setelah itu akan muncul tampilan awal soft4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar.8 Tampilan *software* HTL-PL Soft4



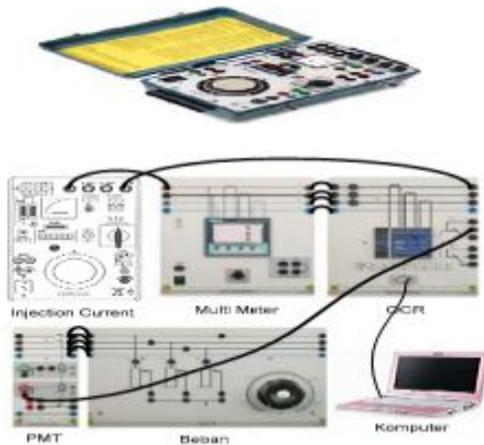
Gambar .8. Tampilan Software HTL-PL Soft4

Injection Current

Injection current berfungsi sebagai input simulasi arus ke rangkaian pengujian *relay* arus lebih SPAJ 131 C. *Injection current* yang digunakan Sverker 650.

Rangkaian Pengujian

Rangkaian pengujian individual relay arus lebih SPAJ 131 C adalah seperti Gambar.9.



Gambar.9. Rangkaian uji relay arus lebih SPAJ 131 C

IV. Hasil dan Pembahasan

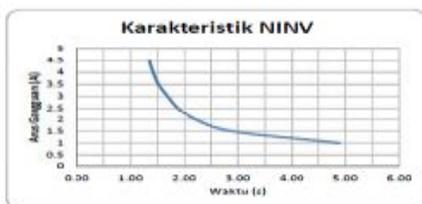
Analisis hasil dari pengujian karakteristik NINV, VINV, EINV, DEFT *relay* arus lebih woodward tipe XII-Idengan mensimulasikan arus gangguan serta mengoperasikan *software HTL-PL Soft4*.

Pengujian Relay NInv

Hasil pengujian *relay* dengan karakteristik waktu Normal Inverse pada Tabel 2, dan karakteristiknya dapat dilihat pada Gambar 10.

Tabel 2. Hasil pengujian NInv

I(A)	Is (A)	Td (s)	Waktu Trip
1	0,55	0,2	4,90
1,5	0,55	0,2	2,88
2	0,55	0,2	2,22
2,5	0,55	0,2	1,88
3	0,55	0,2	1,69
3,5	0,55	0,2	1,52
4	0,55	0,2	1,42
4,5	0,55	0,2	1,43



Gambar 10.Karakteristik waktu Normal Inverse

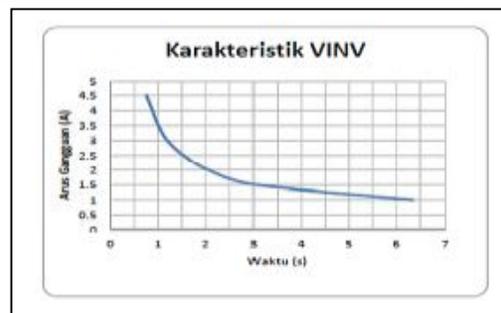
Hasil pengujian karakteristik relay NInv dapat dilihat pada tabel 2. dan karakteristik grafik time dia INInv pada gambar 11. Waktu trip relay berbanding terbalik dengan arus gangguan. Semakin besar arus gangguan, waktu trip relay dengan karakteristik NInv semakin cepat. Dengan setting arus 0.55A dan waktu tunda 0.2 s, saat arus gangguan sebesar 1 A, waktu pemutusannya adalah 4.9 s. Saat arus gangguan yang disimulasikan sebesar 2 A, waktu tripnya semakin cepat yaitu 2.22 s, saat arus simulasi gangguan dinaikkan menjadi 3 A, waktu tripnya menjadi 1,69 s, dan saat arus simulasi gangguan dinaikkan menjadi 4.5 A, waktu tripnya semakin cepat yaitu 1.34 s.

Pengujian Relay VInv

Hasil Pengujian relay dengan karakteristik waktu Very Inverse dapat dilihat pada Tabel 3. Dan karakteristiknya dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 3. Hasil Pengujian VInv

I(A)	Is (A)	Td (s)	Waktu Trip
1	0,55	0,2	6,35
1,5	0,55	0,2	3,03
2	0,55	0,2	2,05
2,5	0,55	0,2	1,54
3	0,55	0,2	1,19
3,5	0,55	0,2	1,01
4	0,55	0,2	0,88
4,5	0,55	0,2	0,75



Gambar 11.Karakteristik waktu Very Inverse

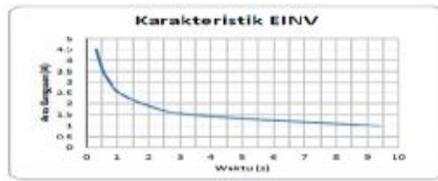
Hasil pengujian relay VInv dapat dilihat pada tabel 3. dan karakteristik grafik *time dial* VInv pada gambar 11. Waktu trip relay berbanding terbalik dengan arus gangguan. Semakin besar arus gangguan, waktu triprelay dengan arakteristik VInv semakin cepat. Setting arus 0.55A dan waktu tunda 0.2 s, saat arus gangguan sebesar 1 A, waktu pemutusannya adalah 6.35 s. Saat arus gangguan yang disimulasikan sebesar 2 A, waktu tripnya semakin cepat yaitu 2.05 s, saat arus simulasi gangguan dinaikkan menjadi 3 A, waktu tripnya menjadi1,19 s, dan saat arus simulasi gangguan dinaikkan menjadi 4.5 A, waktu tripnya semakin cepat yaitu 0.75 s.

Pengujian Relay EInv

Hasil Pengujian relay dengan karakteristik waktu *extreme inverse* dapat dilihat pada Tabel 4 dan karakteristiknya dapat dilihat pada gambar 12. Karakteristik waktu *extremely inverse*

Tabel 4. Hasil Pengujian EInv

I(A)	Is (A)	Td (s)	Waktu Trip
1	0,55	0,2	8,42
1,5	0,55	0,2	3,32
2	0,55	0,2	1,80
2,5	0,55	0,2	1,08
3	0,55	0,2	0,75
3,5	0,55	0,2	0,54
4	0,55	0,2	0,43
4,5	0,55	0,2	0,33



Gambar 12. Karakteristik waktu *Extremely Inverse*

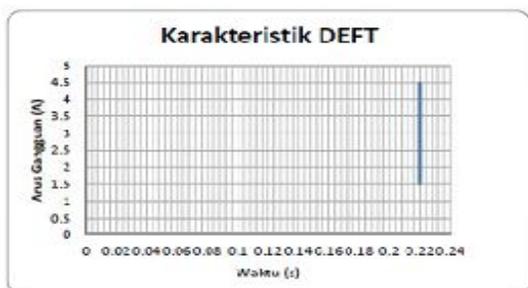
Hasil pengujian relay EINV dapat dilihat pada tabel 4. dan karakteristik grafik *time dial* EINV pada gambar 13. Waktu *trip relay* berbanding terbalik dengan arus gangguan. Semakin besar arus gangguan, waktu trip relay dengan karakteristik EINV semakin cepat. Dengan setting arus 0.55A dan waktu tunda 0.2 s, saat arus gangguan sebesar 1 A, waktu pemutusannya adalah 9.42s. Saat arus gangguan yang disimulasikan sebesar 2 A, waktu tripnya semakin cepat 1.80 s, saat arus simulasi gangguan dinaikkan menjadi 3 A, waktu tripnya menjadi 0.75 s, dan saat arus simulasi gangguan dinaikkan menjadi 4.5 A, waktu tripnya semakin cepat 0.33 s.

Pengujian Relay DEFT

Hasil Pengujian *relay* dengan karakteristik waktu *definite time* dapat dilihat pada Tabel 5. Karakteristiknya dapat dilihat pada gambar 13. Karakteristik waktu *definite*.

Tabel 5. Hasil Pengujian DEFT

I(A)	Is (A)	Td (s)	Waktu Trip
1	1	0,2	0,22
1,5	1	0,2	0,22
2	1	0,2	0,22
2,5	1	0,2	0,22
3	1	0,2	0,22
3,5	1	0,2	0,22
4	1	0,2	0,22
4,5	1	0,2	0,22



Gambar 13. Karakteristik waktu definite

Hasil pengujian *relay* DEFT dapat dilihat pada Tabel 5. dan karakteristik grafik *time dial* DEFT pada gambar 13. Setting arus 1A dan waktu tunda 0.2 s saat arus melewati arus setting 1.5 A, relay dengan karakteristik waktu *definite* bekerja dan *relay* akan trip pada waktu tunda 0.22 detik sesuai dengan setingan waktu tunda. Saat arus gangguan 2 A, relay trip pada waktu 0,22 s. Saat arus gangguan dinaikkan sebesar 3 A, *relay* trip pada waktu 0.22 s. Jadi, semakin besar arus gangguan, *relay* akan trip pada waktu tunda 0.2 detik sesuai dengan setingan waktu tunda.

V. Simpulan

1. Relay arus lebih SPAJ 131 C dapat dioperasikan sebagai proteksi beban lebihdetik. dan hubung singkat dengan karakteristik waktu inversenormal, *very inverse*, *extremely inverse* dan waktu definite pada seting dan arus gangguan yang sama. Hasil pengujian NINV dengan setting arus 0.55 Ampere dan waktu tunda 0.2 detik, saat arus gangguan sebesar 3 Amper, waktu pemutusannya adalah 1.69 detik. Hasil pengujian VINV waktu pemutusannya adalah 1.19 detik dan hasil pengujian EINV dengan seting dan arus gangguan yang sama, waktu pemutusannya adalah 0.75.
2. Software HTL-PL Soft4 hanya digunakan untuk melihat nilai setingan pada relay arus lebih SPAJ 131 C .

DAFTAR PUSTAKA

[1] Djiteng Marsudi. 1990. "Operasi Sistem Tenaga Listrik," Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Nasional.

[2] Evaluasi Koordinasi Relay Proteksi pada Feeder Distribusi Tenaga Listrik Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume. 1, No. 1; Januari 2011 18.

[3] GEC Measurements. 1975. "Protective Relays Application Guide," P.L.C of England.

[4] GUPTA J.B. 1996. " Switchgear and Protection, (Advanced Power Systems) Printed in India.

[5] GEC Measurement. Protective Relays Application Guide. Stafford. England.

[6] Pribadi Kadarisman, Wahyudi Sarimun.N. 2005." Proteksi Sistem Distribusi untuk Sistem Interkoneksi," PT. PLN.

[7]Turan Gonen, 1998, "Modern Power System Analysis," Copyright John Wiley & Sons, Printed in the US.