

KAJIAN PROTEKSI MOTOR 200 KW,6000 V, 50 HZ DENGAN SEPAM 1000+ SERI M41

Heri Sungkowo¹

Abstrak

SEPAM (*System Electronic Protection Automation Measurement*)**1000+ seriM41** adalah suatu rele proteksi yang di desain untuk mengamankan operasional Motor 200 KW, 6000V, 50 Hz dari gangguan hubung singkat, dan tujuan penelitian adalah pemilihan *Current Transformer* (CT) dan *Potensial Transformer* (PT) untuk keperluan proteksi dan koordinasi pengaman, dari hasil penelitian untuk analisa gangguan hubung singkat 3 fasa (perhitungan) sebesar 18397,71 A. Sedangkan pada percobaan etap sebesar 18220 A. Untuk settingan arus dan waktu GFR dengan pengaman di atasnya telah sesuai. Settingan arus GFR untuk motor disetting paling rendah, yakni sebesar 3A dengan waktu pemutusan 0,22 s. Semakin keatas nilai settingan arusnya akan semakin besar dengan waktu pemutusan yang semakin lama.

Kata-kata kunci: proteksi, SEPAM 1000+ seri M41, motor 200KW.

Abstract

SEPAM (*Electronic Protection System Automation Measurement*) **1000 + seriM41** is a protection relays are designed to secure operational Motor 200 KW, 6000V, 50 Hz from short circuit, and the purpose of the research is the selection of *Current Transformer* (CT) and *Potential Transformer* (PT) for the purposes of protection and safety coordination, analysis of research results for 3-phase short circuit (calculation) of 18397.71 A. While on trial at etap 18220 A. for setting the flow and GFR time in accordance with the above safety. GFR current setting for the bike be set low, which is equal to 3A with a time of 0.22 s termination. More and setting up the current value will be greater with the termination of the longer time.

Keywords: Protection, SEPAM 1000+ seri M41, Motor 200kW

¹ Heri Sungkowo. Dosen Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang.

1. PENDAHULUAN

Pada motor listrik proteksi pada motor - motor sudah menggunakan SEPAM. Namun pada awal penggunaannya masih terdapat trip yang mengakibatkan proses produksi terganggu. Ini mungkin dikarenakan adanya kesalahan pada beberapa parameter. Hal ini mengingat peralatan proteksi baru yang terpasang mempunyai karakteristik yang berbeda dari peralatan proteksi sebelumnya, sehingga memerlukan beberapa penyesuaian. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diatas proteksi yang digunakan adalah SEPAM 1000+ seri M41 untuk memproteksi motor-motor yang digunakan. Pada praktek di lapangan, tidak semua fitur proteksi pada SEPAM difungsikan. Hal ini mengacu pada standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Beberapa fitur proteksi motor yang digunakan adalah :

1. 50/51 Phase Over Current
2. 50N/51N Earth Fault
3. 48/51 Excessive Starting Time, Locked Rotor
4. 46 Negative Sequence Current / Unbalance
5. 49RMS Thermal Overload
6. 66 Starts per Hour

Penggunaan SEPAM 1000+ seri M41 ini sendiri karena pertimbangan motor – motor yang digunakan berdaya besar serta mempunyai rating tegangan yang tinggi, yakni sebesar 6 kV.

Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pemilihan Current Transformer (CT) dan Potensial Transformer (PT) untuk keperluan proteksi?
2. Bagaimana koordinasi pengaman dengan pengaman diatasnya?

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Relai Proteksi

Relai proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan bekerja secara otomatis untuk mengatur atau memberikan informasi agar segera membuka pemutus tenaga, untuk memisahkan peralatan atau bagian sistem yang terganggu dan memberikan isyarat bahwa

telah terjadi gangguan, misalnya dengan lampu dan alarm. Untuk melokalisir daerah yang terganggu ini diperlukan alat pengaman sehingga peralatan - peralatan tersebut tidak akan mengalami kerusakan yang lebih fatal.

2.2 Fungsi dan Peranan Relai Proteksi

Maksud dan tujuan pemasangan relai proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar, dengan cara : ²

1. Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya yang dapat membahayakan peralatan atau sistem.
2. Melepaskan (memisahkan) bagian sistem yang terganggu atau yang mengalami keadaan abnormal lainnya secepat mungkin sehingga kerusakan instalasi yang terganggu dapat dihindari dan bagian sistem lainnya tetap dapat beroperasi.
3. Memberikan pengamanan cadangan bagi instalasi lainnya.

2.3 Syarat – syarat Relai Proteksi

Untuk memenuhi fungsi diatas, maka relai proteksi harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut : ³

1. Selektif

Mengamankan suatu alat atau bagian dari sistem tenaga listrik dalam jangkauan pengamannya (kecermatan pemilihan daerah gangguan dalam pengamanan).

Adapun selektifitas dapat dicapai dengan dua cara :

- a. Dengan pembagian daerah pengaman.
 - b. Koordinasi pertingkatan waktu (Time Grading).
2. Reliable (Kehandalan)

¹ *Heri sungkowo. Dosen Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang*

Dalam keadaan normal dan beban maksimal, relay harus tidak bekerja tetapi apabila saat terjadi gangguan relay harus dapat bekerja (rele tidak boleh gagal bekerja)

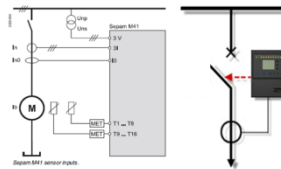
3. Cepat

Waktu kerja rele cepat bereaksi dalam kondisi abnormal.

4. Sensitif

Cukup sensitive dalam merasakan gangguan yang terjadi di kawasan pangamannya meskipun dalam kondisi rangsangan yang minimum atau pada saat terjadi gangguan pada titik terjauh dari suatu daerah sistem pengaman.

5. Murah/Ekonomis



Gambar 1. Blok Diagram Proteksi Pada Motor^{*)}

^{*)}Schneider Electric, Electrical Network Protection Sepam Series 40, October 2009

2.4 Relai Arus Lebih (*Over Current Relay*)

Adalah suatu relay yang bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi nilai pengamanan yang telah ditentukan (*Iset*) dan dalam jangka waktu tertentu. Arus lebih adalah arus yang melampaui arus beban maximum yang dibolehkan. Arus lebih bisa dipakai untuk mendeteksi adanya beban lebih, gangguan hubung-singkat (dua fasa atau tiga fasa) atau gangguan satu fasa ketanah.

Dalam menentukan setelan arus relay arus lebih terdapat batas minimum dan maksimum, yaitu :

1. Batas Minimum

Sebagai batas minimum seting adalah arus beban maksimum.

$$I_S = \text{penyetelan arus} \frac{k_{Fk}}{k_d} \times I_{maks} \dots\dots\dots (1)$$

k_{Fk} = factor keamanan, 0,1~1,2

k_d = factor arus kembali, tergantung jenis rele. Untuk karakteristik waktu tertentu 0,8-0,9, sedangkan untuk waktu terbalik (rele jenis induksi) mendekati 1,0.

I_{maks} = arus maksimum yang diizinkan pada peralatan yang diamankan, arus nominal.

2. Batas Maksimum

Sebagai batas maksimum adalah arus gangguan hubung singkat di ujung seksi depannya. maka arus hubung singkat tersebut adalah arus hubung singkat dua fasa pada pembangkit minimum. Jadi :

$$I_{maks} = K_s I_{Hs_min_2fase} \dots\dots\dots (2)$$

I_{maks} = arus setting maksimum

K_s = factor kemanan (0,7-0,8)

$I_{Hs_min_2fase}$ = arus gangguan 2 fasa pada pembangkitan minimum disatu seksi.

2.5 Koordinasi Pengaman

Dalam koordinasi, diskriminasi peralatan pengaman yang bersangkutan dibandingkan untuk memperoleh selektifitas pemutusan.

Untuk itu digunakan prinsip - prinsip koordinasi sebagai berikut :

- a. Peralatan pada sisi beban harus menghilangkan gangguan tetap atau sementara sebelum peralatan sisi sumber memutus rangkaian.
- b. Kerusakan yang disebabkan oleh gangguan tetap harus dibatasi.

Berdasarkan standard IEEE 242 waktu yang dibutuhkan untuk kerja relay sampai circuit breaker membuka adalah 0.2-0.4 s. Dari Standard tersebut ditentukan koordinasi antara dua relay yang bekerja sebagai relay utama dan relay back up adalah 0.3 s.

2.5. SEPAM 1000+

SEPAM (*System Electronic Protection Automation Measurement*) adalah suatu jajaran relay proteksi yang didesain untuk mengamankan operasional dari suatu mesin dan jaringan

distribusi tenaga listrik pada instalasi industry serta beroperasi pada frekuensi 50 Hz/60 Hz.

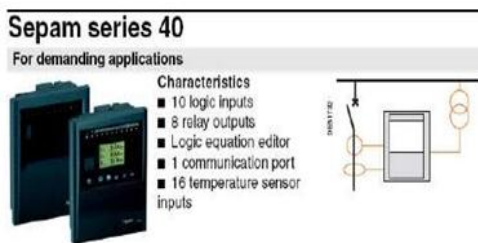
2.5.1. Klasifikasi SEPAM 1000+

Berikut klasifikasi SEPAM 1000+ berdasarkan jenis dan kelasnya:

- SEPAM 1000+ jenis S. Digunakan untuk proteksi Switchgear .
- SEPAM 1000+ jenis B. Digunakan untuk proteksi Busbar.
- SEPAM 1000+ jenis T. Digunakan untuk proteksi Transformator.
- SEPAM 1000+ jenis M. Digunakan untuk proteksi Motor listrik.
- SEPAM 1000+ jenis C. Digunakan untuk proteksi Kapasitor bank.
- SEPAM 1000+ jenis G. Digunakan untuk proteksi Generator.

Dan SEPAM yang dipakai pada penelitian proteksi motor 200 KW ini adalah SEPAM 1000+ seri M41, yaitu termasuk dari SEPAM 1000+ tipe 40.

2.5.2. SEPAM 1000+ Tipe 40



Gambar 2. SEPAM 1000+ Tipe 40^{*)}

^{*)}Schneider Electric, Electrical Network Protection Sepam Series 40, October 2009

SEPAM tipe 40 dirancang untuk pengoperasian mesin dan jaringan distribusi listrik dari instalasi industri dan gardu utilitas untuk semua tingkat tegangan.

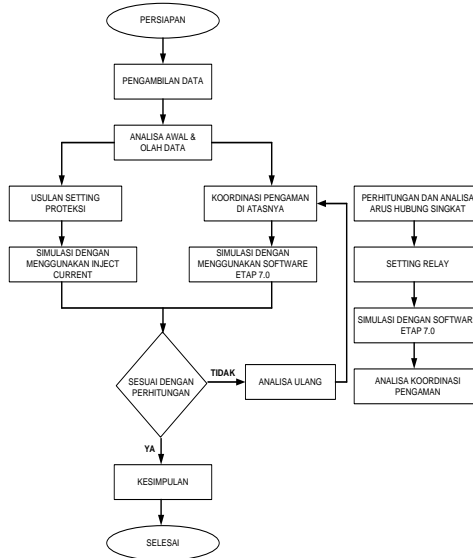
3. METODE

Pada penelitian ini untuk mendapatkan seperti pada tujuan penelitian, maka dibawah ini adalah data beban motor tersebut :

3.1 Spesifikasi Data Observasi

Manufacturer	: Siemens Motor
Type – Frame size	: 1LA4 310 4AN60-Z. B3
Enclosure Type	:
Nom. rating KW – HP	: 200 kW
Nom. Rating power faktor	: 0,81
Phase / Voltage / Freq	: 3phase / 6000V / 50Hz
Synchronous speed/Poles	: 1480/Current Transf:50/5 A
Full Load current	: 25A/Potensial Transf:6K/110V
Insulation class	: F, Stator&Rotor weight:1500 kg
Over temperature °C	: 155 °C
Bearing type D.F.	: 6218 C3

Adapun *flow chart* langkah-langkah penelitian seperti dibawah ini :



Gambar 3. *Flow chart* langkah-langkah penyelesaian setting proteksinya

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan Current Transformer dan Potential Transformer

a. Current Transformer (CT)

Current transformer adalah suatu peralatan transformator yang diletakkan dalam rangkaian tenaga listrik yang berguna sebagai alat untuk menurunkan besaran arus dari sisi primer ke sisi sekunder dari nilai yang besar ke nilai yang rendah dan juga untuk mengisolasi bagian yang bertegangan tinggi terhadap alat – alat ukur.

Trafo arus juga dihubungkan dengan relay pengaman hal ini dilakukan untuk memperluas batas pengukuran suatu alat ukur serta harus mampu bekerja lebih dari 10 kali arus pengenalnya.

Untuk pemilihan CT pada Motor 18MM4114 200KW, 6 kV dengan rasio sebesar 50/5A telah sesuai. Hal ini bisa dibuktikan dengan rumus :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot 1,73 \\
 200 &= 6000 \times I \times 0,81 \times 1,73 \\
 &= \frac{200}{0,81 \times 1,73} \\
 &= \frac{6 \times 0,81 \times 1,73}{200} \\
 &= 8,40 \\
 &= 23,78 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dipilih rasio 50/5A karena rasio CT yang ada dimulai dari 5, 10, 25, 50, 75, 100 dst.

Jika dipilih dengan rasio 25 tidaklah mungkin karena menurut perhitungan arus primer (arus beban penuh) sebesar 23,78. Jika tetap dipilih menggunakan rasio 25, maka CT akan mencapai titik jenuh pada saat pembebanan karena arus yang terukur sangat dekat sekali dengan range arus CT.

Kemudian harus disesuaikan kembali dengan karakteristik CT dari Sepam SFT2841 M41 itu sendiri, seperti berikut :

Tabel 1. Karakteristik Current dan Potential Transformer

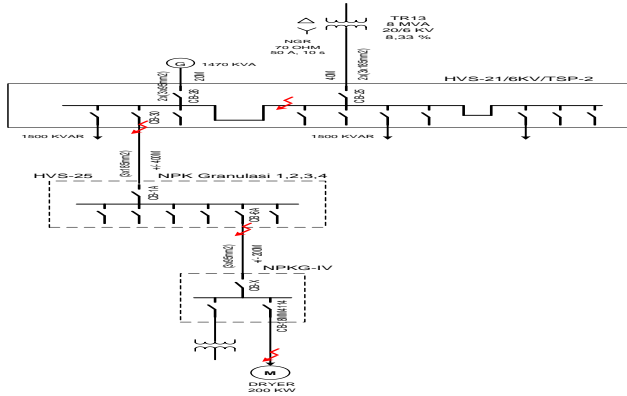
General settings		Selection	Setting range
In	Rated phase current (sensor primary current)	2 or 3 CT 1 A / 5 A	1 A to 6250 A
		3 LPCTs	25 A to 3150 A ⁽¹⁾
lb	Base current, according to rated power of equipment		0.2 In to 1.3 In
In0	Rated residual current	Sum of 3 phase currents	See In rated phase current
		CSH120 or CSH200 core balance CT	2 A, 5 A or 20 A rating
		1 A/5 A CT	1 A to 6250 A (In0 = In)
		1 A/5 A CT Sensitivity x 10	0.1 A to 625 A (In0 = In/10)
		Core balance CT + ACE990 (the core balance CT ratio 1/n must be such that 50 < n < 1500)	According to current monitored and use of ACE990
Unp	Rated primary phase-to-phase voltage (Vnp: rated primary phase-to-neutral voltage Vnp = Unp/√3)		220 V to 250 kV
Uns	Rated secondary phase-to-phase voltage	3 VTs: V1, V2, V3	90 V to 230 V in steps of 1 V
		2 VTs: U21, U32	90 V to 120 V in steps of 1 V
		1 VT: V1	90 V to 120 V in steps of 1 V

b. Potential Transformer

Untuk pemilihan PT sendiri disesuaikan dengan rating tegangan sumber yakni sebesar 6000 V untuk tegangan primernya. Sedangkan rating tegangan sekundernya dipilih sebesar 110 V. Hal ini disesuaikan dengan karakteristik modul yang terpasang pada SEPAM. Sehingga pemilihan PT yang dipakai mempunyai ratio 6000/110V.

4.2 Koordinasi Pengaman

Asumsi Letak Titik Gangguan



Gambar 4. Single diagram

a. Perhitungan Sistem Proteksi
Perhitungan Impedansi Dasar

Base daya = 100 MVA (data acuan yang digunakan oleh PLN se Jawa Timur)

$$Z_{base\ 20} = \frac{(V_{base})^2}{MVA_{base}} = \frac{(20)^2}{100} = 4 \Omega \text{ (primer trafo)}$$

$$Z_{base\ 6} = \frac{(6)^2}{100} = 0,36 \Omega \text{ (sekunder trafo)}$$

$$I_{base} = \frac{MVA_{base}}{\sqrt{3} \cdot V_{base}}$$

$$I_{base\ 20} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 20} \cdot 10^3 = 2886 \text{ A}$$

$$I_{base\ 6} = \frac{100}{\sqrt{3} \times 6} \cdot 10^3 = 9622 \text{ A}$$

Perhitungan Impedansi Trafo

$$X_t = \frac{Z}{MVA_{base}} = \frac{8,33}{100} = 0,0833 \text{ pu}$$

$$X_{t1} = X_t \frac{MVA_{base}}{S} = 0,0833 \times \frac{100}{8} = j1,04$$

$$X_{t1} = X_{t2} = X_{t0}$$

$$X_{ts1} = 0,5 \times X_{t1} = j0,52$$

$$X_{ts1} = X_{ts2} = X_{ts0}$$

Perhitungan Impedansi Urutan

Perhitungan Impedansi Penghantar 6 kV Dari Trafo ke bus HVS-21 (F1), panjang penghantar = +/- 40 m

Tabel 2. Data Impedansi Urutan (F1)

Jenis Penghantar	Teg.	Imp.urutan positif		Imp.urutan negatif		Imp.urutan nol	
	(kV)	R ₁ (pu)	X ₁ (pu)	R ₂ (pu)	X ₂ (pu)	R ₀ (pu)	X ₀ (pu)
N2XSEY 185 mm ²	6	0,0991	0,0845	0,0991	0,0845	0.2973	0,2535

#Impedansi Positif

$$Z_{t1} = \left(\frac{\text{Jarak penghantar (m)}}{\text{Impedansi per km}} \times Z_{\text{penghantar HVS21}} \right) + (X_{ts1})$$

$$= \left(\frac{40}{1000} \times 0,0991 + j 0,0845 \right) + (j 0,52)$$

$$= 0,003964 + j0,5233 = 0,523 \angle 89,56^\circ \text{ pu}$$

$$Z_{t1} = Z_{t2}$$

#Impedansi Nol

$$Z_{t0} = \left(\frac{\text{Jarak penghantar (m)}}{\text{Impedansi per km}} \times Z_{\text{penghantar HVS21}} \right) + (X_{ts0})$$

$$= \left(\frac{40}{1000} \times 0,2973 + j 0,2535 \right) + (j 0,52)$$

$$= 0,0118 + j0,530 = 0,5301 \angle 88,72^\circ \text{ pu}$$

Tabel 3. Impedansi Urutan Positif dan Negatif

Titik Gangguan	Urutan Positif			
	R1	X1	Z	θ
F1	0,003964	0,5233	0,523	89,56
F2	0,0435	0,5571	0,558	85,53
F3	0,0822	0,575	0,580	81,86
F4	0,1014	0,612	0,620	80,59

Tabel 4. Impedansi Urutan Nol

Titik Gangguan	Urutan Nol			
	R0	X0	Z	θ
F1	0,0118	0,530	0,5301	88,72
F2	0,1307	0,631	0,644	78,29
F3	0,2465	0,686	0,728	70,23
F4	0,2951	0,738	0,795	68,21

Perhitungan Arus Hubung Singkat

Tabel 4-5. Arus Hubung Singkat

Titik Gangguan	F30 (A)		F20 (A)		F20G (A)		F10G (A)		
	Z	ø	Z	ø	Z	ø	Z	ø	
F1	Ia	18397,71	-89,56	0	0	24464,07	-89,42	18307,59	-89,28
	Ib	18397,71	150,44	15923,29	0,43	10588,33	-60,41	0	0
	Ic	18397,71	30,44	15923,29	0,43	6197,00	31,24	0	0
F2	Ia	17243,73	-85,53	0	0	22425,18	-84,36	16413,02	-82,88
	Ib	17243,73	154,47	14912,24	4,46	9692,61	-63,85	0	0
	Ic	17243,73	34,47	14912,24	4,46	6264,58	42,03	0	0
F3	Ia	16589,66	-81,86	0	0	21272,61	-80,01	15342,68	-77,38
	Ib	16589,66	158,14	14346,14	8,13	9192,55	-65,73	0	0
	Ic	16589,66	38,18	14346,14	8,13	6342,43	49,53	0	0
F4	Ia	15519,35	-80,59	0	0	19844,68	-78,63	14258,47	-75,76
	Ib	15519,35	159,41	13432,72	9,40	8577,89	-65,98	0	0
	Ic	15519,35	39,41	13432,72	9,40	5978,43	51,72	0	0

Perhitungan Setting Rele OCR

Relai ini bekerja untuk melindungi peralatan listrik lainnya apabila terjadi arus lebih akibat adanya penambahan beban ataupun adanya gangguan hubung sin,

OCR CB25

Arus nominal (In) : 737 A
 CTp : $\frac{750}{5} = 150 \text{ A}$
 Ketetapan waktu (t) : 0,3 dt

Setting Arus

Iset = $1,2 \times I_n$
 = $1,2 \times 737$
 = 884,4 A

Waktu kerja yang diinginkan

$t_d = \frac{0,14}{\left[\frac{I_{set}^2 - I_{p}^2}{I_{set}^2} \right]^{0,02} - 1} \times t$
 = $\frac{0,14}{\left[\frac{15923,29}{884,4} \right]^{0,02} - 1} \times 0,3$
 = 0,7 s

Tabel 4-6. Setting Rele OCR

Setting rele OCR			
No.	CB	I > (A)	Td > (s)
1.	CB 25	884,4	0,7
2.	CB 30	660	0,65
3.	CB 1A	642	0,64
4.	CB 6A	252	0,49
5.	CB X	402	0,56
6.	CB 18MM 4114	30	0,32

Perhitungan Setting Rele GFR

Prinsip kerja rele ini hampir sama dengan rele arus lebih seperti yang digunakan pada gangguan hubung singkat antara fasa tetapi berbeda rangkaiannya bila terjadi ketidak seimbangan arus atau terjadi gangguan hubung singkat ke tanah, maka akan timbul arus urutan nol pada petanahan trafo sehingga rele di netral trafo akan berkerja.

Sistem pentanahan yang digunakan pada trafo sisi 20 kv adalah menggunakan NGR 500Ω, dengan arus gangguan maksimal 25 A dan waktu pemutusan selama 30 s.

GFR CB25

Arus nominal (In) : 737 A
 CTp : $\frac{750}{5} = 150 \text{ A}$
 Faktor Keamanan : 1,2 (Kf)
 Ketetapan waktu (t) : 0,3 dt

Setting Arus

$$\begin{aligned} I_{set} &= K_f \times I_n \times \frac{1}{\text{rasio CT}} \\ &= 1,2 \times 737 \times \frac{1}{750/5} \\ &= 5,89 \text{ A} \end{aligned}$$

Tabel 4-7. Setting Rele GFR

Setting rele GFR			
No.	CB	I > (A)	Td > (s)
1.	CB 25	5,89	0,246
2.	CB 30	5,5	0,242
3.	CB 1A	5,35	0,241
4.	CB 6A	5,04	0,241

Waktu kerja yang diinginkan

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{0,14}{\left[\frac{I_{\text{bus 1 phasa F1}}}{I_{\text{set}}} \right]^{0,02} - 1} \times t \\ &= \frac{0,14}{\left[\frac{18307,59}{5,89} \right]^{0,02} - 1} \times 0,3 \\ &= 0,246 \text{ s} \end{aligned}$$

5. PENUTUP

Dari hasil pembahasan dan analisis yang dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk pemilihan CT disesuaikan dengan arus nominal serta harus selalu mengacu pada karakteristik CT pada SEPAM.

Oleh karena itu dipilih rasio 50/5A karena arus primer (arus beban penuh) sebesar 23,78A.

Sedangkan untuk pemilihan PT sendiri disesuaikan dengan rating tegangan sumber yakni sebesar 6000 V untuk tegangan primernya. Dan rating tegangan sekundernya dipilih sebesar 110 V. Untuk koordinasi pengaman yang digunakan adalah dengan cara perhitungan arus hubung singkat. Terjadi perbedaan antara nilai arus hubung singkat secara perhitungan dengan nilai yang ada pada percobaan pada Etap. Untuk gangguan pada F1, gangguan hubung singkat 3 fasa (perhitungan), sebesar 18397,71 A. Sedangkan pada percobaan etap sebesar 18220 A.

2. Untuk settingan arus dan waktu GFR dengan pengaman di atasnya telah sesuai. Settingan arus GFR untuk motor disetting paling rendah, yakni sebesar 3A dengan waktu pemutusan 0,22 s. Semakin keatas nilai settingan arusnya akan semakin besar dengan waktu pemutusan yang semakin lama.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Teknik Tenaga Listrik, Jilid II, Jakarta 1993
- Aslimeri, dkk, Teknik Transmisi Tenaga Listrik Untuk SMK, Jilid III, Jakarta 2008
- Buku ajar, Sistem Pengaman dan Proteksi, Politeknik Negeri Malang, 2002
- Departemen Pendidikan Nasional, Sistem Proteksi Tenaga Listrik, Jakarta 2003
- Sumardjati, Prih, Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik, Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
- Merlin Gerlin, Electrical Network Protection Series 20, 2006.