



JURNAL AMPERE

VOL. 2 NO. 1
Januari - Juni 2017



ISSN : 2477-2755



9 772477 275007

Penerbit : Prodi Teknik Elektro Univ.PGRI Palembang

JURNAL AMPERE

Pelindung

Muhammad Firdaus (Univ. PGRI Palembang)

Pengarah

M. Saleh Al Amin (Univ. PGRI Palembang)

Adiguna (Univ. PGRI Palembang)

Aan Sefentry (Univ. PGRI Palembang)

Pimpinan Editorial

Emidiana (Univ. PGRI Palembang)

Dewan Editorial

Sabilal Rasyad (Politeknik Negeri Sriwijaya)

Nefo Alamsyah (Univ. Tridinanti Palembang)

M. Saleh Al Amin (Univ. PGRI Palembang)

Alimin Nurdin (Univ. PGRI Palembang)

Staff Editor

Nita Nurdiana (Univ. PGRI Palembang)

Endang Kurniawan (Univ. PGRI Palembang)

Alamat Redaksi :

Program Studi Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang
Jalan Jend. A. Yani Lorong Gotong Royong 9/10 Ulu Palembang Sumatera Selatan
Telp. 0711-510043 Fax. 0711-514782 e-mail : ampere_pgri@yahoo.com

JURNAL AMPERE

Volume 2, Nomor 1, Januari – Juni 2017

DAFTAR ISI

Artikel Penelitian	Halaman
1. Studi Penerapan Over Load Shediing (OLS) Relay pada Sisi Sekunder Transfor mator Daya 20 MVa Penyulang Aries 20 KV di Gardu Induk Lahat, Dian Eka Putra, Andi Siahaan.....	1-11
2. Pengaruh Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa Ke Tanah Terhadap Kinerja Alternator, Emidiana.....	12-18
3. Analisa Penurunan Faktor Kerja Transformator Daya 30 MVA, Irine Kartika Febrianti.,	19-22
4. Studi Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Gardu Induk Talang Ratu Palembang, Nita Nurdiana	23-30
5. Aplikasi Linier Programming Pada Sistim Optimasi Saluran Transmisi, Masayu Anisa, A.N Afandi, Sabilal Rasyad, Evelina, Taufik Roseno.....	31-38
6. Analisa Perkiraan Kemampuan Daya Yang dibutuhkan Untuk Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Surya Darma.....	39-53
7. Analisa Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara dan Sistem Penerangan di Area Produksi PT. Siwijaya Alam Segar Palembang, Dina Fitria, Yudi Irwansi, Yuwon.....	54--66
Petunjuk Untuk Penulisan	iii
Daftar Pustaka	iv



STUDI PENERAPAN OVER LOAD SHEDDING (OLS) RELAY PADA SISI SEKUNDER TRANSFORMATOR DAYA 20 MVA PENYULANG ARIES 20 KV DI GARDU INDUK LAHAT

Dian Eka Putra¹⁾, Andi Siahaan²⁾

¹⁾ Dosen Tetap Yayasan pada Prodi Teknik Elektro Universitas Palembang

²⁾ Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Palembang

e-mail : dianekaputra90@gmail.com

ABSTRAK

Pembebanan pada Transformator daya 20 MVA di Gardu Induk Lahat terus mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu, dikemudian hari kemungkinan transformator daya tersebut memiliki beban penuh atau melebihi kapasitasnya. Untuk mengantisipasi hal tersebut salah satunya diperlukan proteksi beban lebih terhadap transformator daya tersebut yaitu relai Over Load Shedding (OLS) yang dikoordinasi pada sisi sekunder transformator daya pada setiap penyulang 20 kV.

Karena Relay OLS termasuk pada OCR incoming 20 KV dan cara kerja OLS mentripkan penyulang 20 kV berdasarkan beban lebih. Maka ketiganya harus dikoordinasikan, untuk penyulang dipilih salah satu yaitu penyulang Aries. Arus gangguan hubung singkat maksimum pada penyulang aries sebesar 3430.4 A, waktu kerja (t) = 0,2229 s, sedangkan Arus gangguan hubung singkat maksimum OCR incoming 20 kV 4600 A, waktu kerja (t) = 0,877 s. Untuk Set_{OLS} yaitu 580 A dan waktu relai OLS diambil 2 detik. Dari hasil diatas menunjukkan apabila terjadi hubung singkat pada penyulang Aries OCR bekerja terlebih dahulu dari OLS, ketika terjadi beban lebih pada transformator daya, maka OLS bekerja terlebih dahulu dengan melepas penyulang aries. Jika incoming 20 kV tidak diterapkan OLS, ketika I_{maks} transformator daya setting PLN (650 Ampere) maka OCR incoming 20 kV bekerja dengan mentripkan PMT Incoming 20 kV, otomatis seluruh penyulang akan hilang beban atau trip.

Kata kunci : Relai arus lebih, OLS (over load shedding), setting relai, transformator daya.

PENDAHULUAN

Sering terjadinya gangguan disebabkan adanya bagian dari sistem yang mengalami beban lebih, dimana gangguan tersebut terjadi karena sebelumnya sudah ada gangguan yang menyebabkan beban berpindah kebagian sistem yang lain sehingga timbul beban lebih, gangguan ini disebut gangguan kaskade [2]. Djiten Marsudi. Operasi Sistem Tenaga Listrik 2006 : 332

Oleh karena itu pembebanan pada transformator daya 20 MVA di Gardu Induk Lahat terus mengalami kenaikan seiring bertambahnya waktu, kedepannya kemungkinan transformator daya tersebut memiliki beban penuh atau melebihi kapasitasnya. Beban lebih pada transformator daya dapat memperpendek umur transformator daya dan unjuk kerja transformator daya menurun. Untuk mengantisipasi hal tersebut salah satunya diperlukan proteksi beban lebih terhadap transformator daya yaitu Relai Over Load Shedding (OLS).

Relai Over Load Shedding (OLS) merupakan proteksi yang dipasang pada incoming 20 kV pada transformator daya, yang bekerja apabila beban transformator daya sudah mencapai settingnya

dengan memutuskan beban perpenyulang yang dianggap kurang penting secara bertahap sebagai pencegahan dini sebelum Transformator Daya tersebut trip total akibat beban yang melebihi kapasitasnya. Oleh karena itu, dengan penerapan Over Load Shedding (OLS) pada Transformator Daya 20 MVA di Gardu Induk Lahat yang melayani empat penyulang 20 kV diharapkan dapat menjaga stabilitas dan keandalan peralatan dalam sistem penyaluran tenaga listrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Proteksi

Gangguan dalam sistem tenaga listrik adalah hal yang tak diinginkan tetapi tidak dapat dihindarkan, maka perlu usaha-usaha untuk mengurangi jumlah gangguan melalui sistem proteksi, dimana sistem proteksi bertujuan untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar. Untuk memenuhi fungsi dari sistem proteksi alat-alat proteksi dalam sistem harus dapat dikoordinir satu sama lain, sehingga hanya alat proteksi yang terdekat dengan tempat gangguan saja yang bekerja. [2]. Djiten Marsudi. Operasi Sistem Tenaga Listrik 2006 : 349.

Sistem proteksi terdiri dari relai proteksi, transformator arus (CT) dan atau transformator tegangan (PT/CVT), pemutus tenaga (PMT), Catu daya dan Circuit Breaker yang terintegrasi dalam suatu rangkaian. Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidak normalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa lampu dan bel. [1]. Ir. H. Hazairin Samaullah, M.Eng., Ph.D. Dasar-dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik. 2004:03. Untuk efektifitas dan efisiensi, maka setiap peralatan proteksi yang dipasang harus disesuaikan dengan kebutuhan dan ancaman ketahanan peralatan yang dilindungi sebagai jaminan pengaman.

Berdasarkan daerah pengamanannya sistem proteksi dibedakan menjadi :

1. Proteksi pada Generator
2. Proteksi pada Transformator Daya
3. Proteksi pada Transmisi
4. Proteksi pada Distribusi

Tujuan Pemasangan Relai Proteksi Pada Transformator Daya

Maksud dan tujuan pemasangan relai proteksi pada transformator daya adalah untuk mengamankan peralatan /sistem sehingga kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi menjadi sekecil mungkin.

Gangguan pada Transformator Tenaga

Gangguan pada transformator daya tidak dapat kita hindari, namun akibat dari gangguan tersebut harus diupayakan seminimal mungkin dampaknya agar keandalan dan peralatan pada sistem tetap terjaga. Ada dua jenis penyebab gangguan pada transformator daya, yaitu gangguan eksternal dan gangguan internal

Jenis Proteksi pada Transformator Daya

Kebutuhan peralatan proteksi trafo berdasarkan kapasitas transformator daya sesuai SPLN adalah seperti pada tabel dibawah ini :

Pengertian Over Load Shedding (OLS)

Salah satu Gangguan pada transformator daya ketika beroperasi yaitu gangguan beban lebih seperti pembebanan feeder yang semakin hari semakin bertambah, pengalihan beban feeder dari gardu hubung distribusi akibat gangguan dan pengalihan beban feeder akibat pemeliharaan transformator daya, akibatnya beban pada transformator daya bertambah semakin cepat sehingga beban sistem dapat mencapai harga yang melebihi harga yang seharusnya.

Sehingga untuk mencegah kegagalan total sistem, maka perlu melepas sejumlah beban tertentu dari sistem (pemadaman). Setelah pelepasan sejumlah beban, diharapkan terjadi keseimbangan antara kapasitas transformator daya dan pembebanan transformator daya pada sistem gardu induk.

Pada pelaksanaannya pelepasan beban dapat dilakukan dua cara, yaitu:

1. Pelepasan beban manual (Manual Load Shedding)
2. Pelepasan beban otomatis (Automatic Load Shedding)

Tabel 1 Kriteria sistem proteksi sesuai SPLN 52 83-1983

No	Jenis Proteksi	Kapasitas (MVA)		
		≤ 10	10 < < 30	≥ 30
1	Rele Suhu	+	+	+
2	Rele Bucholz	+	+	+
3	Rele Jansen	+	+	+
4	Rele Tekanan Lebih	+	+	+
5	Rele Differensial	-	-	+
6	Rele Tangki Tanah	-	+	-
7	Rele Hubung Tanah Terbatas (REF)	-	-	+
8	Rele Beban Lebih (OLR)	-	+	+
9	Rele Arus Lebih (OCR)	+	+	+
10	Rele Hubung Tanah (GFR)	+	+	+
11	Pelebur (Fuse)	+	-	-

Pelepasan Beban Lebih (Overload Shedding)

Pelepasan beban dilakukan secara bertahap agar sistem tidak mengalami pelepasan beban yang terlalu besar atau pelepasan beban yang tidak diperlukan.

Over Load shedding (OLS) yang bekerja atas dasar arus, diset pada suatu harga setting arus dibawah arus nominalnya (I) dan kemudian akan memberikan perintah pemutus daya (PMT) untuk melaksanakan pelepasan beban feeder.

Karena beban lebih merupakan salah satu gangguan yang menyebabkan arus lebih maka setting Overload Shedding (OLS) akan dikoordinasikan dengan setting Overcurrent relay (OCR) pada incoming 20 kV dan OCR penyulang 20 kV. Agar pada saat terjadi pemutusan PMT, tidak terjadi kesalahan waktu pemutusan dan indikasi relai yang kerja.

Penyetelan Rele Arus Lebih dan Relai OLS

Prinsip Dasar Perhitungan Penyetelan Arus Lebih

Pada dasarnya penyetelan pengaman arus lebih dilakukan penyetelan atas besaran arus dan waktu. Batasan dalam penyetelan arus yang harus diperhatikan adalah batas penyetelan minimum arus kerja yang tidak boleh bekerja pada saat arus beban maksimum.

Secara umum batasan dalam penyetelan arus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$I_{\max} < I_s < I_{sc} \text{ min}$$

dimana :

- I_s = Nilai setting arus (ampere)
- I_{max} = Arus beban maksimum yang diizinkan untuk alat yang diamankan, pada umumnya diambil arus nominalnya (I_n).Ampere)
- $I_{sc\ min}$ = Arus hubung singkat minimum. (Ampere)

Sedangkan untuk setelan arus dari relai arus lebih yang mengalir di penyulang atau incoming feeder, penjelasannya seperti dibawah ini:

1. Relai arus lebih yang terpasang di penyulang outgoing, dihitung berdasarkan arus beban maksimum (beban puncak) yang mengalir di penyulang tersebut.
2. Relai arus lebih yang terpasang di penyulang incoming, dihitung berdasarkan arus nominal transformator daya.

Arus setelan primer pada rele arus lebih pada OCR sesuai british standard untuk

- Relai Inverse diset sebesar 1,05 s/d 1,3 x I_{beban}
- Relai Definite diset sebesar 1,2 s/d 1,3 x I_{beban}

Arus setelan primer pada rele arus lebih pada OLS disetel 0,8 s/d 0,95 x $I_{n\ trafo}$ dengan karakteristik definite.

Untuk arus setting pada relai menggunakan perhitungan

$$I_{set\ (sek)} = I_{set\ (pri)} \times \frac{1}{Ratio\ CT}$$

dimana :

- $I_{set\ (sek)}$ = nilai setting arus sekunder rele (Ampere)
- $I_{set\ (pri)}$ = nilai setting arus primer rele (Ampere)
- Ratio CT = Perbandingan transformator arus terpasang (Ampere)

Prinsip Dasar Perhitungan Penyetelan Waktu

Untuk mendapatkan pengamanan yang selektif maka penyetelan waktunya dibuat bertingkat agar bila ada gangguan arus lebih di beberapa seksi rele arus akan bekerja.

Cara penyetelan waktu :

- 1) Rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (definite time)
Untuk rele OLS menggunakan karakteristik waktu tertentu, waktu kerjanya tidak dipengaruhi oleh besarnya arus.
- 2) Rele arus lebih dengan karakteristik waktu terbalik (inverse time)
Untuk rele arus lebih (OCR) menggunakan karakteristik waktu terbalik, grafiknya terbalik antara arus dan waktu, dimana makin besar arus makin kecil waktu yang dibutuhkan untuk membuka PMT. Setelan waktu kerja standar inverse didapat dengan menggunakan kurva waktu dan arus.

Secara matematis dapat ditentukan dengan persamaan :

$$tms = \frac{t_{set} \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta}$$

dimana :

- tms = factor pengali terhadap waktu
- I_{fault} = Arus gangguan (Ampere)
- Iset = Arus setting (Ampere)

t_{set} = Waktu setting (detik)
 α dan β = konstanta

Tabel 2. Tabel karakteristik Inverse

Karakteristik	α	β
Standard Inverse	0.02	0.14
Very Inverse	1.0	13.5
Extremely Inverse	2.0	80.0
Long Time Inverse	1.0	120.0

tms (Time Multiplier Setting) merupakan pengali waktu untuk penyetelan relai arus lebih (OCR) satuannya bukan detik namun satuannya berdasarkan setelan inverse. Persyaratan lain yang harus dipenuhi penyetelan waktu minimum untuk relai arus lebih (terutama di penyulang) tidak lebih kecil dari 0,3 detik, pertimbangan ini diambil agar relai tidak sampai trip lagi, akibat arus inrush current dari transformator distribusi yang tersambung di jaringan distribusi, sewaktu PMT penyulang dioperasikan. yang terpenting adalah menentukan beda waktu (Δ) antara dua tingkat pengaman agar pengamanan selektif atau pola waktu bertingkat (cascading).

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran dan perhitungan setting OCR dan OLS pada sisi sekunder Transformator tenaga 20 MVA pada Gardu Induk Lahat.

Tabel 3. Tabel Data Logsheets GI Lahat

DATA LOGSHEET GI LAHAT – TRAFU 20 MVA														
J A M	TRAFU (20 MVA)				TRAFU (20 MVA)									
	SISI 20 kV				ARIES		SCORPIO		GEMINI		TAURUS		SPARE	
	CT1000 / 5 A				CT 300/5A		CT 300/5A		CT 300/5A		CT 300/5A		CT 300/5A	
	A	MW	Mvar	kV	A	MW	A	MW	A	MW	A	MW	A	MW
00.30	343	10,29	6,174	20,3	105	3,15	58	1,74	155	4,65	25	0,75		
01.00	338	10,14	6,084	20,2	103	3,09	58	1,74	155	4,65	22	0,66		
01.30	373	11,19	6,714	20,1	133	3,99	58	1,74	155	4,65	27	0,81		
02.00	372	11,16	6,696	20,2	133	3,99	58	1,74	155	4,65	26	0,78		
02.30	369	11,07	6,642	20,1	131	3,93	57	1,71	155	4,65	26	0,78		
03.00	366	10,98	6,588	20,1	129	3,87	56	1,68	155	4,65	26	0,78		
03.30	361	10,83	6,498	20,2	124	3,72	58	1,74	155	4,65	24	0,72		
04.00	368	11,04	6,624	20,2	130	3,9	58	1,74	155	4,65	25	0,75		
04.30	388	11,64	6,984	20,2	145	4,35	60	1,8	155	4,65	28	0,84		
05.00	356	10,68	6,408	20,4	113	3,39	61	1,83	155	4,65	27	0,81		
05.30	359	10,77	6,462	20,4	114	3,42	62	1,86	155	4,65	28	0,84		
06.00	352	10,56	6,336	20,3	110	3,3	60	1,8	155	4,65	27	0,81		
06.30	370	11,1	6,66	20,3	117	3,51	59	1,77	165	4,95	29	0,87		
07.00	355	10,65	6,39	20,3	109	3,27	55	1,65	165	4,95	26	0,78		
07.30	339	10,17	6,102	20,3	96	2,88	55	1,65	165	4,95	23	0,69		

08.00	338	10,14	6,084	20,3	96	2,88	54	1,62	165	4,95	23	0,69		
08.30	342	10,26	6,156	20,3	93	2,79	61	1,83	165	4,95	23	0,69		
09.00	342	10,26	6,156	20,3	93	2,79	61	1,83	165	4,95	23	0,69		
09.30	342	10,26	6,156	20,3	93	2,79	61	1,83	165	4,95	23	0,69		
10.00	352	10,56	6,336	20,3	93	2,79	61	1,83	175	5,25	23	0,69		
10.30	352	10,56	6,336	20,3	93	2,79	61	1,83	175	5,25	23	0,69		
11.00	347	10,41	6,246	20,2	88	2,64	59	1,77	175	5,25	25	0,75		
11.30	347	10,41	6,246	20,2	88	2,64	59	1,77	175	5,25	25	0,75		
12.00	351	10,53	6,318	20,2	93	2,79	57	1,71	175	5,25	26	0,78		
12.30	351	10,53	6,318	20,2	93	2,79	57	1,71	175	5,25	26	0,78		
13.00	351	10,53	6,318	20,3	93	2,79	57	1,71	175	5,25	26	0,78		
13.30	402	12,06	7,236	20,3	143	4,29	59	1,77	175	5,25	25	0,75		
14.00	402	12,06	7,236	20,3	143	4,29	59	1,77	175	5,25	25	0,75		
14.30	402	12,06	7,236	20,3	143	4,29	59	1,77	175	5,25	25	0,75		
15.00	402	12,06	7,236	20,3	142	4,26	59	1,77	175	5,25	26	0,78		
15.30	402	12,06	7,236	20,3	142	4,26	60	1,8	175	5,25	25	0,75		
16.00	402	12,06	7,236	20,3	142	4,26	60	1,8	175	5,25	25	0,75		
16.30	402	12,06	7,236	20,3	142	4,26	60	1,8	175	5,25	25	0,75		
17.00	433	12,99	7,794	20,3	169	5,07	63	1,89	175	5,25	26	0,78		
17.30	451	13,53	8,118	20,3	176	5,28	69	2,07	175	5,25	31	0,93		
18.00	461	13,83	8,298	20,3	176	5,28	69	2,07	185	5,55	31	0,93		
18.30	558	16,74	10,04	20,3	248	7,44	85	2,55	185	5,55	40	1,2		
19.00	570	17,1	10,26	20,1	249	7,47	84	2,52	198	5,94	39	1,17		
19.30	567	17,01	10,21	20,1	249	7,47	84	2,52	195	5,85	39	1,17		
20.00	516	15,48	9,288	20,1	210	6,3	84	2,52	185	5,55	37	1,11		
20.30	516	15,48	9,288	20,1	210	6,3	84	2,52	185	5,55	37	1,11		
21.00	507	15,21	9,126	20,1	207	6,21	82	2,46	180	5,4	38	1,14		
21.30	501	15,03	9,018	20,1	205	6,15	80	2,4	180	5,4	36	1,08		
22.00	501	15,03	9,018	20,1	205	6,15	80	2,4	180	5,4	36	1,08		
22.30	490	14,7	8,82	20,1	205	6,15	80	2,4	175	5,25	30	0,9		
23.00	430	12,9	7,74	20,3	163	4,89	64	1,92	175	5,25	28	0,84		
23.30	420	12,6	7,56		163	4,89	64	1,92	165	4,95	28	0,84		
24.00	414	12,42	7,452	20,3	164	4,92	60	1,8	165	4,95	25	0,75		

HASIL DAN ANALISA

Perhitungan Relai Arus Lebih

Pada saat terjadi beban lebih (over load) pada transformator daya relai OLS (over load shedding) akan memerintahkan PMT pada penyulang aries untuk melakukan pemutusan (trip). Sehingga pada penggunaannya, setting OLS (over load shedding) pada transformator daya ini akan dikoordinasikan dengan setelan relai arus lebih (OCR) pada penyulang aries.

Perhitungan elemen hubung singkat

Perhitungan Impedansi Sumber

Untuk sisi 150 kv dengan kapasitas sumber 20 MVA

(I_{sc1}) sisi 150 KV = 4,6 KA dengan menggunakan persamaan 3.16 didapat nilai,

$$\text{Arus } (I_{sc1}) = \frac{MVA(sc)}{\sqrt{3} \cdot V_{primer}}$$

$$MVA_{sc} = 4,6 \times 1,732 \times 150 = 1195 \text{ KVA}$$

Selanjutnya menghitung impedansi sumber, didapat nilai,

$$X_{sc1} = \frac{(KV_1)^2}{MVA(sc)}$$

$$X_{sc1} = \frac{(150)^2}{1195} = 18,83 \Omega$$

Untuk sisi 20 kv , menggunakan persamaan :

$$X_{sc2} = \frac{(KV_2)^2}{(KV_1)^2} \times X_{sc1}$$

$$X_{sc2} = \frac{(20)^2}{(150)^2} \times 18,83 = 0,33 \Omega$$

Perhitungan Impedansi Pada Transformator Daya

Diketahui impedansi transformator daya pada name plate sebesar 12,48 %

Untuk menghitung nilai reaktansi dasar pada transformator daya sisi 20 kv, dengan persamaan 3.19, maka nilai,

$$X_T = \frac{(KV_2)^2}{MVA_{trafo}} \times \text{impedansi transformator daya}(\%)$$

$$X_T = \frac{(20)^2}{20} \times 12,48\% = 2,49 \Omega$$

Reaktansi $X_T = X_{T1} = X_{T2}$ yaitu reaktansi positif (X_{T1}) dan reaktansi negatif (X_{T2}) = 2,49 Ω

Perhitungan Impedansi saluran pada penyulang Aries

Dihitung pada 100% jaringan terdiri dari :

❖ Z_{1F} adalah SKTM 240 mm² , panjang 0,2 km

$$Z_{1Fa} = 0,2 \text{ km} \times (0,1250 + j0,097) \Omega/\text{km} = 0,025 + j0,0194 \Omega$$

❖ Z_{2F} adalah A3C 150 mm², panjang 142,2 km

$$Z_{1Fb} = 142,2 \text{ km} \times (0,2162 + j0,3305) \Omega/\text{km} = 30,7436 + j46,9971 \Omega$$

Jadi impedansi total penyulang aries sebagai berikut ,

$$Z_{total} = Z_{1Fa} + Z_{1Fb}$$

$$Z_{total} = (0,025 + j0,0194) + (30,7436 + j46,9971)$$

$$Z_{total} = 30,7686 + j47,0165 \Omega$$

Tabel 4. Nilai impedansi penyulang aries berdasarkan % jaringan

SUTM %	panjang jaringan (km)			
	SKTM	A3C 70	A3C 150	Σ
	0,2	0	142,2	
1	0,02	0	1,422	1,442
10	0,002	0	14,22	14,222
20	0,04	0	28,44	28,48
30	0,06	0	42,66	42,72
40	0,08	0	56,88	56,96
50	0,1	0	71,1	71,2
60	0,12	0	85,32	85,44
70	0,14	0	99,54	99,68
80	0,16	0	113,76	113,92
90	0,18	0	127,98	128,16
100	0,2	0	142,2	142,4

Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat

Perhitungan yang dilakukan adalah perhitungan arus hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa setiap penyulang. Pada perhitungan arus gangguan hubung singkat tersebut, diperlukan nilai impedansi total yaitu $Z_{1eq} = Z_{2eq}$, selanjutnya dihitung arus gangguan penyulang aries.

Diketahui :

$$Z_{1S} = j0,33 \Omega, Z_{1T} = j2,49 \Omega, Z_{1F} = 30,7686 + j47,0165 \Omega$$

Dengan persamaan 3.21 didapat hasil nilai impedansi ekuivalen urutan positif dan nilai impedansi ekuivalen urutan negatif sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Z_{1eq} = Z_{2eq} &= Z_{1S} + Z_{1T} + Z_{1F} \\ &= j0,33 \Omega + j2,49 \Omega + 30,7686 + j47,0165 \Omega \\ &= 30,7686 + j49,8365 \Omega \\ &= 30,7686 + j 49,8365 \Omega = 58,5694 \quad \angle 31^{\circ} \Omega \end{aligned}$$

Gangguan Tiga Fasa (3 φ)

Dengan persamaan 3.22 dan 3.23 didapat hasil arus hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{sc3} &= \frac{V_n}{Z_{1eq}} \\ I_{sc3} &= \frac{20000/\sqrt{3}}{58,5694} = 197,1566 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Gangguan Dua Fasa (2 φ)

$$\begin{aligned} I_{sc2} &= \frac{V_{fasa}}{Z_{1eq} + Z_{2eq}} \\ I_{sc2} &= \frac{20000}{2 \times 58,5694} = 170,74 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil arus hubung singkat 3 fasa dan 2 fasa berdasarkan % jaringan

%	Z1F= Z2F		Z1eq = Z2eq		Z1eq = Z2eq		hubung singkat	
	R	jX	R	jX	Z	∠°	I3fasa	I2fasa
1	0,3099	0,4719	0,3099	3,3519	3,3662	84,7171	3430,4	2970,7
10	3,0746	4,6999	3,0746	7,5799	8,1797	67,9212	1411,7	1222,5
20	6,1537	9,4033	6,1537	12,2833	13,739	63,3899	840,51	727,88
30	9,2306	14,1050	9,2306	16,9850	19,331	61,4778	597,34	517,3
40	12,3075	18,8066	12,3075	21,6866	24,936	60,4245	463,09	401,03
50	15,3843	23,5083	15,3843	26,3883	30,545	59,7579	378,04	327,38
60	18,4612	28,2099	18,4612	31,0899	36,158	59,2982	319,36	276,56
70	21,5380	32,9116	21,5380	35,7916	41,772	58,962	276,44	239,39
80	24,6149	37,6132	24,6149	40,4932	47,388	58,7055	243,68	211,03
90	27,6918	42,3149	27,6918	45,1949	53,004	58,5034	217,86	188,67
100	30,7686	47,0165	30,7686	49,8965	58,621	58,34	196,98	170,59

Setting Relai Arus Lebih (OCR)

Setting relai arus lebih ada dua yaitu, pertama setting relai arus lebih di incoming transformator daya 20 MVA dan setting relai arus lebih di penyulang aries.

Setting Relai Arus Lebih di Incoming Transformator Daya 20 MVA

Diketahui arus setting di relai OCR incoming transformator 20 MVA adalah sebesar 650 ampere dan TMS 250 mSI (mili standard inverse). Waktu settingnya dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$tms = \frac{t_{set} \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta}$$

$$Tms = \frac{tx \left(\left(\frac{4600}{650} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$t = \frac{0,14 \times 0,25}{\left(\frac{4600}{650} \right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,877 \text{ s}$$

Setting Relai Arus Lebih di Penyulang Aries

Diketahui arus setting di penyulang aries adalah 4,5 ampere dan TMS 125 mSI (mili Standard Inverse). Waktu settingnya dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$tms = \frac{t_{set} \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^\alpha - 1 \right)}{\beta}$$

$$Tms = \frac{tx \left(\left(\frac{197}{270} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0.14}$$

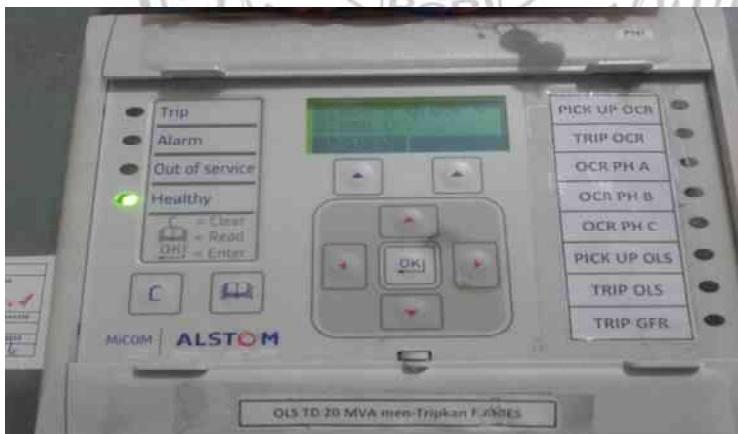
$$t = \frac{0,14 \times 0,125}{\left(\frac{197}{4,5} \right)^{0,02} - 1}$$

$$t = 0,2229 \text{ s}$$

Setting Over Load Shedding (OLS)

Setting Arus Lebih

Untuk setelan OLS di Incoming 20 KV pada transformator daya 20 MVA, arus setting diusahakan mendekati dan tidak melebihi arus nominal transformator daya. Seperti diketahui, arus beban maksimum sekarang atau $I_{\text{bebanmax}} = I_{\text{Aries}} + I_{\text{Scorpio}} + I_{\text{Gemini}} + I_{\text{Taurus}} = 570 \text{ A}$, akan tetapi kita asumsikan beban transformator daya ke depannya ditambah ada beban 1 penyulang yang belum operasi (spare) yang apabila seluruh penyulang beroperasi penuh, dapat menyebabkan terjadinya overload pada transformator daya. Arus setting OLS di transformator daya 20 MVA adalah 580 ampere dan jumlah beban-beban penyulang yang sudah dicapai adalah 570 ampere. Artinya ketika beban incoming transformator daya sudah mencapai 580 ampere maka akan ada beban penyulang yang akan dibuang dan penyulang yang sudah diprioritaskan dibuang adalah penyulang aries maksudnya ketika beban transformator daya sudah mencapai batas setting OLS yaitu 580 ampere maka penyulang Aries akan trip.



Gambar 1. Relay Over Load Shedding Penyulang Aries

Setting Waktu OLS

Karakteristik waktu yang dipakai relai OLS yaitu definite. Setting waktu kerja standar minimum definite yaitu 1 detik, dengan mentripkan satu penyulang (aries), OLS juga dapat disetting dengan melepas satu per satu penyulang sesuai kebutuhan hingga beban transformator daya aman dari gangguan beban lebih. Maka untuk setting waktu OLS:

$$t_{\text{set OLS}} = 2 \text{ detik (trip penyulang aries).}$$

Karena OLS merupakan bagian dari relai arus lebih maka dalam penyetapan waktu dikoordinasikan dengan setting waktu incoming 20 kv dan penyulang aries untuk selektifitas.

Analisa setting OCR dan OLS

Dari hasil penjelasan di atas dapat dianalisa bahwa:

1. Setting waktu OCR (over current relai) penyulang aries dibuat lebih cepat dari setting OCR incoming trafo 20 MVA untuk melindungi incoming transformator daya dari gangguan hubung singkat.
2. Karakteristik relai OCR adalah standar inverse time sedangkan karakteristik relai OLS adalah definite time.
3. Relai OLS termasuk pada OCR incoming 20 kV dan cara kerja OLS mentripkan penyulang 20 kV berdasarkan beban lebih, harus dikoordinasikan, untuk penyulang dipilih salah satu yaitu penyulang Aries. dimana arus gangguan hubung singkat maksimum pada penyulang aries sebesar 3430,4 A, waktu kerja (t) = 0,2229 s, sedangkan Arus gangguan hubung singkat maksimum OCR incoming 20 kV 4600 A, waktu kerja (t) = 0,877 s. Untuk Set_{OLS} yaitu 580 A dan waktu relai OLS diambil 2 detik. Dari hasil diatas menunjukkan apabila terjadi hubung singkat pada penyulang Aries OCR bekerja terlebih dahulu dari OLS, ketika terjadi beban lebih pada transformator daya, maka OLS bekerja terlebih dahulu dengan melepas penyulang aries.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa didapat dari laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Setting OCR transformator daya 20 MVA adalah 650 ampere dengan setting waktu 0,877 sekon dan setting OCR penyulang aries adalah 270 ampere dengan setting waktu 0,2229 sekon sedangkan setting OLS transformator daya 20 MVA adalah 580 Ampere dengan setting waktu 2 sekon.
2. Koordinasi relai OLS dengan relai OCR incoming 20 KV dan penyulang aries adalah ketika beban transformator daya 20 MVA sudah mencapai 580 ampere maka penyulang aries akan trip agar transformator daya terlindungi supaya tidak trip.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Prof. Ir. H. Hazairin Samaulah. M.Eng.Ph.D. 2004."Dasar-dasar Sistem proteksi Tenaga Listrik" Unsri.Palembang.
- [2]. Djiteng Marsudi.2006.'Operasi Sistem Tenaga Listrik"Graha Ilmu.Yogyakarta.
- [3]. Bonar Panjaitan. 2012. "Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik ". Andi.Yogyakarta.
- [4]. Pabla, AS, dan Abdul Hadi, "Sistem Distribusi Daya Listrik". Erlangga. 1986. Jakarta.
- [5]. Standar PLN - SPLN 52-83:1983, Kriteria sistem proteksi - Perusahaan Umum Listrik Negara.
- [6]. Rio Parohon T. Tambunan.2012. Penerapan Relay OLS Pada Trafo TD3#30 MVA GI Sukamerindu Bengkulu Dengan Sensing Arus Primer 70 KV Untuk Mentripkan Penyulang 20 KV.
- [7]. <http://dunia-listrik.blogspot.co.id>