

STUDI SKEMA PELEPASAN BEBAN SECARA OTOMATIS PADA SAAT SISTEM 70 kV KEHILANGAN SUPLAJ DARI SISTEM 150 kV DI KERAMASAN MENGGUNAKAN RELE (UFR)

Sofiah¹, Airi Nopiansyah²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang

Email : Airinopiansyah2@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang skema pelepasan beban secara otomatis menggunakan rele, *Under Frekuensi Rele* (UFR) pada sistem 70 kV Keramasan. Pelepasan beban dilakukan sebagai suatu usaha memperbaiki kestabilan sistem yang terganggu karena beban lebih akibat terjadi gangguan pada sistem penyaluran, nilai frekuensi dapat melewati batas tinggi (52 Hz) ataupun dibawah dari batas rendah (47.5 Hz). Pelepasan beban diharapkan dapat memulihkan frekuensi dengan cepat dan jumlah beban yang dilepas seminimal mungkin. Oleh sebab itu diperlukan beberapa tahapan pelepasan beban untuk mendapatkan nilai frekuensi yang maksimal. Pelepasan beban dengan rele frekuensi kurang harus dapat mengakomodir berbagai kategori beban tenaga listrik, mulai dari hari kerja, hari libur, maupun hari libur nasional (hari khusus). Selain itu, penerapan skema ini harus dapat mengembalikan nilai frekuensi pada rentang yang masih memungkinkan pembangkit dapat beroperasi secara normal sesuai standar pada Aturan Jaringan PLN ($49,7 \text{ Hz} < f < 50,2 \text{ Hz}$).

Keywords: Frekuensi, UFR, tahapan, beban

1. PENDAHULUAN

Gangguan pada sistem tenaga listrik bisa saja terjadi kapan saja yang diakibatkan dari berbagai hal baik dari sistem pembangkitan, gardu induk maupun distribusi. Gangguan yang besar sangat mempengaruhi kestabilan frekuensi dan tegangan sistem. Ketidak stabilan seperti penurunan frekuensi yang drastis dapat menyebabkan sistem pemadaman total.

Kondisi normal frekuensi ($50 \pm 0,2 \text{ Hz}$), jaringan tetap aman artinya tidak ada pemadaman, baik pemadaman bergilir ataupun total. Oleh karenanya untuk mengantisipasi dan menjaga kestabilan diperlukan daya yang berkualitas, perbaikan frekuensi dan tegangan. Pengaturan sistem tenaga memegang peranan penting untuk menjaga operasi sistem dan kestabilan frekuensi

Aturan jaringan (grid code) PLN, Pembangkit listrik akan beroperasi *house load* (keluar sistem) pada frekuensi 47,5 Hz. Maka, untuk menjaga kestabilan frekuensi pada saat terjadi gangguan pada pembangkit besar atau terpisah sistem (*operasi pulau*), perlu dilakukan suatu pelepasan beban untuk mengantisipasi penurunan frekuensi sistem yang bisa mengakibatkan semua pembangkit trip (frek 47,5 Hz) atau padam total. Oleh karena itu, penulis akan membahas studi skema pelepasan beban secara otomatis pada sistem 70kV Keramasan kehilangan suplai dari sistem 150 kV keramasan menggunakan *Under Frekuensi Rele* (UFR). Skema pelepasan beban menggunakan rele UFR ini diharapkan dapat mengoptimalkan penentuan prioritas beban yang dilepaskan. Penelitian ini bertujuan untuk membahas skema pelepasan beban secara otomatis dengan menggunakan rele UFR pada saat terbentuk Pulau sistem 70 kV Keramasan (Trafo IBT Keramasan trip) untuk menjaga kestabilan frekuensi. Dengan batasan masalah penurunan frekuensi saat suplai daya dari GI Keramasan 150 kV terputus (Trafo IBT Keramasan trip) dan Perhitungan studi ini menggunakan data beban puncak dari beberapa Gardu Induk yang berada dalam lingkup *operasi pulau* sistem 70 kV Keramasan (GI Keramasan 70 kV, GI Bukit Siguntang, GI Talang Ratu, dan GI Bungaran) serta membahas prinsip kerja dari Under Frekuensi Rele (UFR) yang di asumsikan ketika trafo 1 IBT sedang pemeliharaan rutin dan 1 Trafo lagi Terjadi gangguan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rangkaian proses dan sistem penghasilan energi listrik hingga energi tersebut dapat di manfaatkan oleh orang banyak secara aman disebut dengan sistem tenaga listrik. Energi listrik yang mula-mula oleh generator yang memanfaatkan berbagai penggerak utama (*prime mover*). Dalam hal ini yang dihasilkan oleh generator adalah suatu tegangan dan arus yang nantinya akan ditransmisikan ke beban. Kemudian, tahap yang harus dilalui oleh tegangan tersebut sebelum dapat dimanfaatkan oleh konsumen adalah transmisi tenaga listrik.

Komponen penting dalam sistem transmisi tenaga listrik adalah generator penaik tegangan (*step up*) dan saluran transmisi. Hal ini penting untuk dilakukan karena pada umumnya letak pembangkit cukup jauh dari konsumen, untuk mengurangi rugi-rugi daya pada saat penyaluran maka tegangan sistem dinaikkan sehingga

arus transmisi kecil. Untuk dapat di manfaatkan oleh peralatan listrik yang di gunakan oleh konsumen,tegangan dari sistem transmisi masuk ke sisitem distribusi tenaga listrik. Pada sistem ini komponen yang di butuhkan adalah transformator penurun tegangan (*step down*) dan saluran distribusi serta sistem froteksi. Penurunan tegangan yang dilakukan disesuaikan dengan kebutuhan peralatan listrik untuk menghasilkan energi listrik yang andal dan aman bagi alat dan pemakainnya. Rangkaian sistem ini dilengkapi dengan sistem proteksi. (Ari, 2011)Sistem pembangkitan energi listrik, komponen yang terpenting selain dari generator ialah rele proteksi. Rele proteksi adalah merupakan suatu alat yang mampu mendeteksi gangguan-gangguan yang terjadi seketika sehingga mengirim informasi dan kondisi daerah yang diproteksi, sehingga berita yang dikirim langsung bisa ditanggapi. Rele proteksi yang biasa di gunakan sistem pembangkitan bergantung pada sistem tenaga listrik berdasarkan tingkatan dan besaran sistem pembangkitan. (Nugraheni & Setiabudy, 2009)

2.1. Jenis Dan Prinsip Kerja Rele

Berdasarkan besaran ukur dan prinsip kerja, rele proteksi dapat di bedakan sebagai berikut:

a. Rele Arus Lebih (*Over Current Rele*)

Adalah suatu rangkaian peralatan rele pengaman yang memberikan respon terhadap kenaikan arus yang melebihi harga arus yang telah di tentukan pada rangkaian yang di amankan

b. B. Rele Tegangan Kurang (*Under Voltage Rele*)

Adalah rele yang bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur. Rele akan bekerja jika mendeteksi adanya penurunan tegangan melampaui batas yang telah di tetapkan. Untuk waktu yang relatif lama tegangan turun adalah lebih kecil dari 5% dari tegangan nominal dan dalam jangka waktu jam beberapa peralatan yang beroperasi dengan tegangan di bawah 10% akan mengalami penurunan efisien

c. Rele Jarak (*Distance Rele*)

Adalah rele yang bekerja dengan engukur tegangan pada titik rele dan arus gangguan yang terlihat dari Rele, dengan membagi besaran tegangan dan arus maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan

d. UFR (*Under Frekuensi Rele*)

Adalah rele yang digunakan dalam skema pertahanan sistem karena adanya penurunan frekuensi dengan cara meleas beban. Cara melepas beban-beban. UFR terdiri dari tujuh tahapan yang dimulai dari 49.00 Hz-48.3 Hz. UFR ini juga digunakan untuk keperluan pemisahan system pulau-pulau (*island Operatiaon*). (Khairuddin, Soeprijanto, & Purnomo, 2008).

2.2. UFR Dan Prinsip Kerja

Pada sistem tenaga listrik, frekuensi merupakan indikator dari keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan total beban sistem. Frekuensi sistem akan turun bila terjadi kekurangan pembangkitan atau kelebihan beban. Penurunan frekuensi yang besar dapat mengakibatkan kegagalan unit-unit pembangkit secara beruntun yang menyebabkan *blackout* sistematau padam total. Pelepasan sebagian beban secara otomatis dengan menggunakan rele frekuensi (*under frekuensi rele*), dapat mencegah penurunan frekuensi dan mengembalikannya ke kondisi frekuensi yang normal. (Djiteng, Operasi Sistem Tenaga Listrik, 2006).

Under frekuensi mula-mula terlebih dahulu akan membandingkan frekuensi sistem dengan prekuensi settingannya. Bila frekuensi sistem lebih kecil atau sama dengan frekuensi settingan maka UFR akan bekerja, Prinsip kerja UFR adalah sebagai berikut :

a.UFR bekerja bila frekuensi sistem lebih kecil atau sama dengan frekuensi setting.

b.Besaran input dari rele frekuensi adalah tegangan yang diambil dari trafo tegangan (PT),

c.Pada kondisi under voltage (tegangan masukan sekunder PT turun dibawah nilai tertentu) rele ini akan blok.

sistem tenaga listrik harus dapat memenuhi kebutuhan untuk keperluan konsumen dari waktu kewaktu. Makadari itu daya yang di bangkitkan dalam sistem tenaga listrik haruslah selalu sam dengan beban sistem, hal ini dapat dilihat dari ketentuan yang sudah berlaku. Yakni bila daya yang di bangkitkan dalam sistem lebih kecil dari pada beban maka frekuensi akan menjadi rendah dan sebaliknya jika daya yang di bangkitkan lebih besar dari beban maka frekuensi akan menjadi lebih besar dari nilai standar, pengaturan frekuensi dilakukan oleh suatu perangkatyang disebut *Governor* sebagai alat pengendali frekuensi. (Sri, 2009)

2.3. Penyebab Penurunan Frekuensi

Salah satu faktor yang mempengaruhi atau penyebab penurunan frekuensi sistem adalah masalah gangguan, baik yang terjadi pada peralatan maupun yang terjadi pada sistem. Definisi gangguan adalah terjadinya suatu kerusakan didalam sirkuit listrik yang menyebabkan aliran arus dibelokkan dari saluran yang sebenarnya.

2.4. Hubungan Daya Aktif dan Frekuensi

Sistem tenaga listrik haruslah mampu menyediakan tenaga listrik bagi para pelanggan secara kontinue, dengan frekuensi yang senantiasa stabil, karena penyimpangan frekuensi dari nilai nominal harus selalu dalam batas nilai yang diperbolehkan.

Daya aktif sangat erat hubungannya dengan nilai frekuensi dalam sistem, sedangkan beban sistem yang berupa daya aktif maupun reaktif selalu berubah sepanjang waktu, Pembangkit daya aktif dalam sistem harus disesuaikan dengan kebutuhan konsumen atas daya aktif (Nugraheni & Setiabudy, 2009)

$$T_G - T_B = H \times (d\omega/dt) \dots \dots \dots 2.1$$

T_G = Kopel penggerak generator

T_B = Kopel beban yang membebani generator

H = Momen inersia dari generator beserta mesin penggerak

ω = Kecepatan sudut perputaran generator

Diketahui bahwa $\omega = 2\pi f$, sehingga persamaan frekuensi adalah

$$f = \omega/2\pi \dots \dots \dots 2.2$$

Persamaan 2.1 dan 2.2 dapat diketahui bahwa pengaturan frekuensi sistem berarti mengatur berapa putaran pembangkit. Mengatur putaran pembangkit berarti mengatur jumlah daya aktif (MW) yang dibangkitkan. Persamaan 2.1 dan 2.2, didapat persamaan-persamaan berikut : (Sri, 2009)

$$T_G - T_B = H \times 2\pi(df/dt)$$

$$T_G - T_B = 2\pi H(df/dt)$$

$$Df/dt = (T_G - T_B) / (2\pi H) \dots \dots \dots 2.3$$

Persamaan 2.3 didapat hubungan sebagai berikut :

1. Pada kondisi dimana daya yang dibangkitkan tidak mencukupi kebutuhan beban, $T_G - T_B < 0$, maka frekuensi sistem akan turun.
2. Sebaliknya, jika daya yang dibangkitkan melebihi kebutuhan beban, $T_G - T_B > 0$, maka frekuensi akan naik

3. METODE PENELITIAN

1. Pengumpulan Data Mengumpulkan semua data yang diperlukan dalam perhitungan penelitian

1. Data pembangkitan Subsistem 70 kV Keramasan pada Triwulan I
2. Data beban puncak Subsistem 70 kV Keramasan I pada Triwulan I
3. Data transfer daya Subsistem 70 kV Keramasan pada Triwulan I
4. Inersia pembangkit Subsistem 70 kV Keramasan

2. Perhitungan Data

Data yang telah diperoleh digunakan untuk menghitung perubahan frekuensi terhadap waktu saat 70 kV terpisah dari sistem 150 kV keramasan akibat pemeliharaan rutin (PHR) dan gangguan pada trafo IBT Keramasan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada kondisi normal sistem 70 kV Palembang di bagi menjadi dua sistem yang terpisah yaitu sistem 70 kV yang di suplay dari Trafo IBT GI keramasan dan sistem 70 kV yang di suplai dari Trafo IBT Gardu Induk Borang, dimana pemisahannya di antara sisi utara dan sisi selatan. dimana sisi utara itu adalah Antara Gardu Induk Talang Ratu dan Gardu Induk Seduduk putih sementara sisi selatan adalah pada Gardu Induk Bungaran dan Gardu Induk Sungai Kedukan. Namun ketika dalam kondisi tertentu misalnya terjadi gangguan pada Trafo IBT Borang maka semua Gardu Induk 70 kV disuplay oleh Trafo IBT keramasan dengan mengoperasikan *Circuit Breaker* (CB) yang di antara di Gardu Induk Seduduk Putih dan Gardu Induk Talang Ratu dan juga Gardu Induk Bungaran dan Gardu Induk Sungai kedukan, yang pada awalnya ketika dalam kondisi normal *Circuit Breaker* (CB) ke empat Gardu Induk tersebut terbuka atau dilepas.

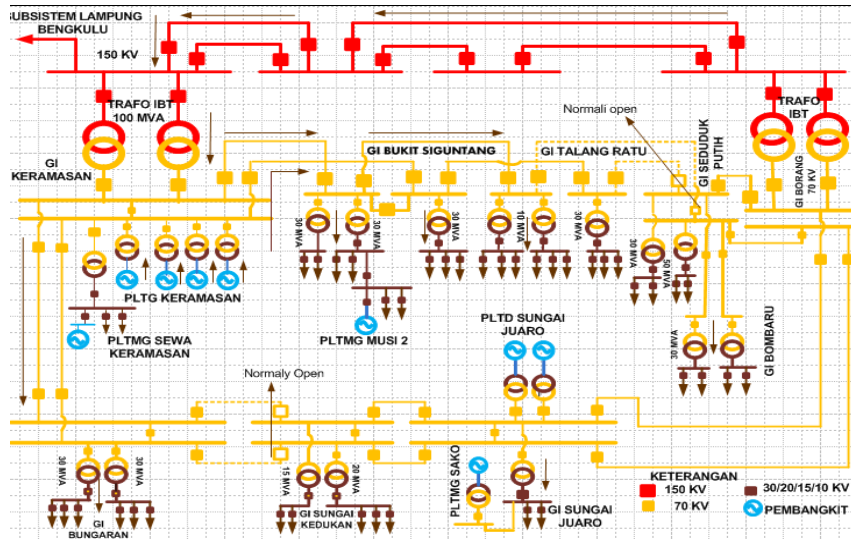
4.1 Pembangkit Sistem 70 kV Palembang

Dalam Sistem 70 kV Palembang terdapat beberapa pembangkit yaitu :

PLTMG MUSI II Unit 1, 2, 3, PLTMG MUSI II ST, PLTMG SAKO Unit1 .2 PLTG KERAMASAN Unit 1,2,3 ,PLTD SUNGAI JUARO Unit 1,2. Dan PLTMG Sewa Keramasan, Masing-masing Pembangkit mempunyai nilai Daya Mampu Pasok (DMP) dan Daya Mampu Netto (DMN) yang berbeda-beda

4.3. Aliran Daya sistem 70 kV Palembang

Aliran Daya system 70 kV Palembang secara rinci bias dilihat pada gambar *single line*. Pada halaman berikutnya.



Gambar.4.2 Aliran Daya Sistem 70 kV Palembang

Sumber : PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel

Berdasarkan *single line diagram* diatas dapat dilihat aliran transfer daya sistem 70 kV Palembang, yang meliputi Sembilan Gardu Induk semua di suplai dari sistem 150 kV dari Gardu Induk Keramasan dan Gardu Induk Borang, dimana Gardu Induk Keramasan mentransfer ke Gardu Induk Bungaran dan Gardu Induk Bukit Siguntang dan Gardu Induk Talang ratu. Sementara Gardu Induk Borang mentransfer ke Gardu Induk Seduduk Putih, dan sunagi juaro, Gardu Induk Sungai Kedukan, dan Gardu Induk Bombaru.

4.5 Subsistem 70 kV Keramasan

4.5.1 Beban Subsistem 70 kV Keramasan

Beberapa Gardu Induk yang ada di system 70 kV Palembang dalam kondisi normal terbagi menjadi dua aliran daya seperti telah di jelaskan sebelumnya dan Karena dalam penelitian ini fokusnya hanya pada sistem 70 kV kramasan maka data dan perhitungan hanya di ambil pada beban yang ada Gardu Induk 70 kV Keramasan,

Tabel. 4.3. Beban Subsistem 70 kV Gardu Induk Keramasan 23 Juni 2016

No	Gardu induk	Trafo	Beban (MW) /WBP
1	Keramasan	Trafo 1	2,2
		Trafo 2	17,8
2	Talang ratu	Trafo 1	4,4
		Trafo 3	9,2
		Trafo 3	6,3
3	Bungaran	Trafo 1	16,7
		Trafo 2	3,7
		Trafo 1	9,3
4	Bukit Siguntang	Trafo 2	16,7
		Trafo 3	7,8
		Trafo 1	16,4
Total			110,5

4.5.2. Pembangkit Sistem 70 kV Keramasan

Beberapa Pembangkit yang menyuplai ke Sistem 70 kV kramasan yaitu PLTMG MUSI II unit 1,2,3 ,PLTMG MUSI II ST, PLTMG KERAMASAN unit 1,2,3,4, dan PLTMG SEWA KERAMASAN yang juga memiliki rincian yang berbeda-beda.

Rincian DMN dan DMP Konstanta Inersia pembangkit sistem 70 kV keramasan ditampilkan Pada tabel 4.4. dan 4.5 pada halaman 22.

Tabel 4.4. DMP dan DMN Pembangkit sistem 70 kV Kramasan 23 Juni 2016

No	Pembangkit	Rating (MVA)	DMN (MW)	DMP (MW)	Inersia (s)	Ket
1	PLTMG Keramasan 1	17,39	11,8	10	6	ops
2	PLTMG Keramasan 2	17,39	11,8	0	6	fo
3	PLTMG Keramasan 3	26,69	21,4	16	6	ops
4	PLTMG Keramasan 4	27	20	17,5	3	ops
5	PLTMG Musi II 1	8	6,4	4,7	1,5	ops
6	PLTMG Musi II 2	8	6,4	4,7	1,5	ops
7	PLTMG Musi II 3	8	6,4	4,7	1,5	ops
8	PLTMG Musi II ST	8,75	7	5	1,3	ops
9	PLTMG Sewa Krmsn	30	25	20	5	ops
10	Total		116,2	82,6		

Sumber : PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel

Keterangan : FO = *Forced Outage*/ gangguan

Ops = Operasi

Tabel 4. 5. Konstanta Pembangkit Sistem 70 kV Keramasan 23 juni 2016

No	Pembangkit	DMN (MW)	Inersia (s)	H Terhitung
1	PLTMG Musi II # 1	6,4	1,5	0,121
2	PLTMG Musi II # 2	6,4	1,5	0,121
3	PLTMG Musi II # 3	6,4	1,5	0,121
4	PLTMG Musi II ST	7	1,2	0,106
5	PITG Keramasan # 1	11,8	6	0,892
6	PITG Keramasan #2 (FO)			
7	PITG Keramasan # 3	21,4	6	1,617
8	PITG Keramasan # 4	20	2,4	0,605
	Total	79,4		3,582

Sumber : PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel

Keterangan : FO = *Forced Outage*/ gangguan

4.6. Perhitungan perubahan Frekuensi

Perhitungan akan dilakukan sesuai dengan data transfer dan beban pada hari kerja tanggal 23 juni 2016

Tabel 4.6. Data Perhitungan Hari Kerja 23 Juni 2016.

Simbol	Parameter	MW
Pbo	Beban Subsistem 70 KV Keramasan	110,5
Pbr	Transfer Trafo IBT Keramasan	27,9
Pgo	Beban KIT 70 KV Keramasan (DMP)	82,6
Pgot	Daya terpasang KIT 70 KV Keramasan (DMN)	116,2
F	Frekuensi Sistem	50 HZ
H	InersiaSubsistem 70 KV Keramasan	3,58

Sumber : PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel

Selanjutnya kita akan menghitung perubahan frekuensi terhadap waktu saat Trafo IBT Keramasan Trip secara tiba-tiba. sehingga transfer daya dari sistem 150 kV terputus

Prosedur penghitungannya sebagai berikut.

1. Hitung besar perubahan (df/dt) penurunan frekuensi akibat gangguan trafo IBT keramasan *trip* dengan menggunakan rumus (1)

$$\frac{df}{dt} = \frac{f}{2.H} \left(\frac{P_{go} - P_{b0}}{P_{got}} \right)$$

$$\frac{df}{dt} = \frac{50}{2 \times 3.58} \left(\frac{82.6 - 110.5}{116.2} \right)$$

$$\frac{df}{dt} = -1.67 \text{ Hz/sec}$$

2. Hitung frekuensi akibat gangguan trafo IBT *trip* dengan menggunakan rumus (2) selisih waktu yang kita gunakan adalah 0,1 sec. Nilai n di mulai dari 0.

$$f1 = f0 + \frac{df}{dt}(0.1)$$

$$f1 = 50 + (-1.67)(0.1)$$

$f1 = 49.83 \text{ Hz}$. Tentukan beban sistem setelah perubahan frekuensi (pb) waktu ke n dengan selang waktu masing-masing $t=0,1$ sec dengan menggunakan rumus (3)

$$P_{b1} = \frac{f}{f_0} \times p_{b0}$$

$$P_{b1} = \frac{49.83}{50} \times 110.5$$

$$P_{b1} = 110.12 \text{ MW}$$

3. Lanjutkan perhitungan s.d Frekuensi mencapai 47.5 Hz, yaitu semua pembangkit Trip atau beroperasi House Load

5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 . KESIMPULAN

1. Perbandingan antara nilai frekuensi stabil yaitu 50.0/49.80 Hz dengan besarnya beban yang dilepas yaitu sebesar 26 MW. Nilai frekuensi stabil dapat mempunyai nilai dibawah ataupun diatas nilai nominal (50 Hz). Hal ini tergantung dari besarnya transfer yang hilang.
2. Perbandingan antara nilai transfer yang hilang Sebesar 27.9 MW dengan besarnya frekuensi 50.0/49.80 Jika beban yang dilepas semakin besar, maka kenaikan frekuensi untuk mengembalikan frekuensi ke rentang aman semakin besar.
3. Perbandingan antara jumlah tahap pelepasan beban dengan nilai transfer yang hilang. Jumlah tahap pelepasan beban dapat dipengaruhi nilai transfer yang hilang yaitu 27.9 MW, dimana semakin besar transfer yang hilang maka semakin banyak tahap pelepasan beban.

5.2. SARAN

1. Hasil perhitungan ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk PLN dalam menentukan skema pelepasan beban untuk mengantisipasi gangguan frekuensi kurang pada Subsistem 70 kV Keramasan saat terjadi gangguan terpisah interkoneksi dari Trafo IBT Keramasan 150 kV
2. Kajian ini agar selalu *diupdate* sesuai dengan kondisi kekinian, karena boleh jadi di tahun 2016 banyak tambahan pembangkit baru yang beroperasi di subsistem Sumsel dan perubahan beban konsumen yang meningkat

DAFTAR PUSTAKA

- Ari. (2011). *Simulasi Pelepasan Beban Dengan Menggunakan Rele Frekuensi Pada Sistem Tenaga Listrik CNOOC SES Ltd. Skripsi sarjana UI.*
- Djiteng, M. (2005). *Pembangkitan Energi Listrik.* Jakarta: erlangga.
- Djiteng, M. (2006). *operasi sistem tenaga listrik.* Jakarta: Graha Ilmu.
- Khairuddin, K., Soeprijanto, A., & Purnomo, M. H. (2008). Pelepasan beban otomatis Menggunakan ANN –CB-FLC Pada sistem tenaga listrik.
- Nugraheni, A., & Setiabudy, R. (2009). *Simulasi pelepasan beban dengan menggunakan rele frekuensi pada sistem tenaga listrik CNOOC SES LTD.* Jakarta.
- Sri, S. M. (2009). Pelepasan Beban Menggunakan Under Frequency Relay Pada Pusat Pembangkit Tello (online). 2,7.