

# **SIMULASI PELEPASAN BEBAN DENGAN RELAY FREQUENCY PADA SISTEM TENAGA LISTRIK CNOOC SES Ltd. NORTH BUSINESS UNIT MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 7.5**

**Syarif Mahmud, M. Toni Prasetyo, Achmad Solichan**

*Jurusan Teknik Elektro FT Universitas Muhammadiyah Semarang*

*Jl. Kasipah No.12 Semarang INDONESIA*

*Email : [Syarifmahmud223@yahoo.co.id](mailto:Syarifmahmud223@yahoo.co.id)*

## **ABSTRAK**

*Adanya gangguan pada sistem tenaga listrik dapat memicu ketidakstabilan frekuensi sistem. Tugas Akhir ini membahas tentang skema pelepasan beban menggunakan rele frekuensi pada sistem tenaga listrik CNOOC SES Ltd. North Business Unit yang mempunyai pembangkit listrik tenaga gas. Metode yang digunakan untuk simulasi transien analisis adalah perangkat lunak ETAP 7.5. Pelepasan beban dapat memulihkan frekuensi dengan cepat dan jumlah beban yang dilepaskan seminimal mungkin. Oleh sebab itu diperlukan seting waktu tunda rele, frekuensi kerja dan besar beban yang dilepaskan. Dari simulasi menggunakan rele frekuensi dapat mencegah penurunan frekuensi dan mengembalikan ke kondisi normal.*

**Kata kunci:** ETAP 7.5, Pelepasan Beban, Pembangkit Listrik Tenaga Gas, Rele Frekuensi

## **1. PENDAHULUAN**

Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem tenaga listrik yang memiliki keandalan tinggi, bersifat ekonomis dan aman. Keandalan yang tinggi dapat ditunjukkan oleh kemampuan dari sistem tersebut mampu menghasilkan dan menyalurkan energi listrik kepada konsumen secara kontinyu. Dalam penyediaan energi listrik yang kontinyu maka harus didukung dengan pemakaian dan penyediaan daya listrik yang seimbang dan tentunya dengan infrastruktur yang baik. Keamanan dari sistem tenaga listrik perlu diperhatikan, baik keamanan dari sisi peralatan yang

digunakan maupun keamanan dalam penyaluran energi listrik

Untuk menjaga kualitas energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit yang kelebihan beban, maka dilakukanlah suatu pelepasan beban untuk memperbaiki frekuensi sistem. Pelepasan beban dapat dilakukan secara manual maupun otomatis, hal ini bergantung kepada besar penurunan frekuensi yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Semakin besar kelebihan beban yang terjadi maka semakin besar pula penurunan frekuensi yang terjadi. Untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan maka pelepasan beban pun semakin cepat dilakukan. Dengan menggunakan skema

pelepasan beban menggunakan rele frekuensi penurunan frekuensi pada sistem tenaga listrik *CNOOC SES Ltd North Business Unit*. cepat teratasi tanpa menimbulkan kerugian yang signifikan terhadap perusahaan (Wahyu, 2011).

## 2. PERANCANGAN SKEMA PELEPASAN BEBAN

Penurunan frekuensi yang berkelanjutan akan mengakibatkan pemadaman total pada sistem untuk menghindari kerusakan pada sistem pembangkitan (ANSI/IEEE Std C37.102-1995). Hal-hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut adalah :

- a. Mengoptimalkan kapasitas pembangkit yang masih beroperasi.

Dalam hal ini mengoptimalkan cadangan daya pembangkit yang masih belum dimanfaatkan ketika seluruh pembangkit beroperasi dengan normal. Pengoptimalan daya ini dilakukan oleh pengaturan *governor*.

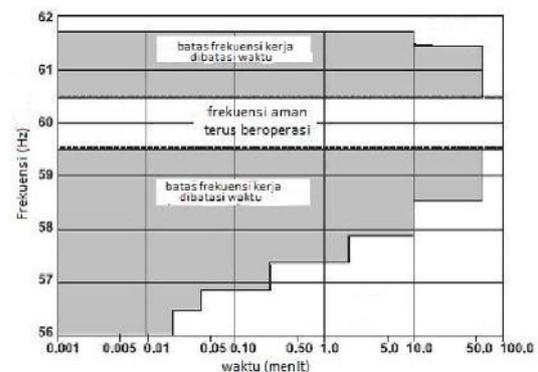
- b. Pelepasan beban (*Load Shedding*)

Ketika beban lebih terjadi pada sistem tenaga listrik yang telah mengoptimalkan seluruh kapasitas daya pembangkitnya diperlukan suatu pelepasan beban untuk memperbaiki frekuensinya. Pelepasan beban ini dilakukan secara bertahap sesuai dengan tingkatan turunnya frekuensi.

- c. Pemisahan sistem (*Islanding*)

Ketika penurunan frekuensi terjadi secara drastis dan pelepasan beban tidak mampu mengatasi hal tersebut, hal yang paling mungkin dilakukan sebelum pemadaman total adalah memisahkan sistem pembangkit dan beban yang masih mampu disuplai ke dalam kelompok-kelompok kecil. Hal ini bertujuan untuk menyelamatkan sistem tenaga listrik yang masih bisa beroperasi dengan normal.

Generator turbin gas memiliki karakteristik frekuensi tertentu, karakteristik frekuensi kerja tersebut 60 Hz dan waktu operasi yang diijinkan telah diatur dalam beberapa standar, antara lain ANSI/IEEE C37.106-1987 dan ANSI/IEEE C37-106-2003 tentang standar frekuensi abnormal yang digunakan dalam pemasangan rele frekuensi. Standar frekuensi kerja abnormal generator turbin gas dan waktu operasi yang diijinkan digambarkan pada grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Standar frekuensi kerja abnormal generator turbin gas dan waktu operasi yang diijinkan

Frekuensi kerja yang diijinkan adalah  $60 \pm 0.5$  Hz. Ketika generator bekerja diluar batas frekuensi tersebut maka terdapat batas waktu operasi yang diijinkan. Sesuai dengan standar tersebut, generatorturbin gas boleh bekerja secara terus-menerus ketika frekuensi kerja memiliki nilai  $59,5 - 60,5$  Hz dengan frekuensi nominal 60 Hz. Karena usi generator yang relatif tua, maka pada skema pelepasan beban ini dipilih frekuensi 59,5 Hz sebagai frekuensi kerja rele tahap pertama.

### 3. SIMULASI

Simulasi pelepasan beban akibat frekuensi rendah dapat dilakukan pada perangkat lunak ETAP 7.5 (Electrical Transient Analyzer Program). Fitur perangkat lunak yang dapat mensimulasikan kondisi transien adalah *transient stability analysis*. Untuk dapat mengamati perubahan perilaku sistem tenaga listrik saat sebelum gangguan dan penurunan frekuensi hingga terjadi pelepasan beban dan frekuensi pulih, simulasi dilakukan selama 60 detik.

Studi kasus diterapkan pada CNOOC SES Ltd sesuai data pada tahun 2009. Pada simulasi analisis transien akan dilakukan 3 skenario yaitu :

- a. Lepasnya *Incoming Kara*
- b. Lepasnya GT 5 dan GT 7 di Rig lisa.

- c. Lepasnya *Incoming Kara* tanpa ada pelepasan beban

Untuk dapat mensimulasikan adanya gangguan generator lepas dari sistem dan melihat respon frekuensi dari sistem akibat gangguan tersebut pada skripsi ini digunakan perangkat lunak *ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)* dengan fitur analisa stabilitas transien. *Device* yang digunakan untuk mendeteksi dan mengambil tindakan ketika terjadi penurunan frekuensi pada tenaga listrik adalah rele frekuensi. Berikut ini adalah pengaturan rele frekuensi yang digunakan pada simulasi ETAP 7.5.

Tabel 1. Pengaturan rele frekuensi

No	Platform	CB	Relay	%Hz	F (Hz)	Waktu tunda
1	Widuri E	CB 5	FR 4	99.16	59.5	1
2	Widuri B	CB 4	FR 4	98.83	59.2	1
3	Indri	CB 2	FR 4	97.5	58.5	1

Untuk mengantisipasi kerusakan pada generator akibat terjadinya penurunan frekuensi drastis yang dapat menyebabkan pemadaman total, selain pemasangan rele frekuensi pada bus *Switchgear*, pada setiap bus generator juga dipasang rele frekuensi yang akan mengirimkan sinyal kepada pemutus tenaga yang ada didekat generator ketika frekuensi pada bus

generator tersebut bernilai 57.6 Hz (96%) (Multilin, 2005).

Berikut ini adalah pengaturan rele frekuensi pada bus generator di sistem tenaga listrik *CNOOC SES LtdNorth Business Unit*.

Tabel 2. Pengaturan rele frekuensi pada bus generator *CNOOC SES LtdNorth Business Unit*.

No	Generator	CB	Relay	% Hz	Waktu tunda
1	GT 2	CB 6	FR 12	96	0,01
2	GT 3	CB 11	FR 11	96	0,01
3	GT 5	CB 33	FR 10	96	0,01
4	GT 6	CB 30	FR 9	96	0,01
5	GT 7	CB 34	FR 8	96	0,01
6	GT 8	CB 36	FR 7	96	0,01
7	GT 10	CB 22	FR 6	96	0,01
8	GT 12	CB 26	FR 5	96	0,01

Pada setiap simulasi hal yang diamati adalah :

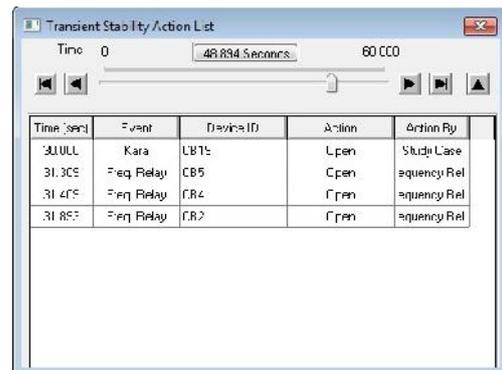
- Perubahan frekuensi sistem tenaga listrik.
- Besarnya beban yang dilepaskan untuk memulihkan frekuensi

### Skenario 1 Lepasnya *Incoming Kara*

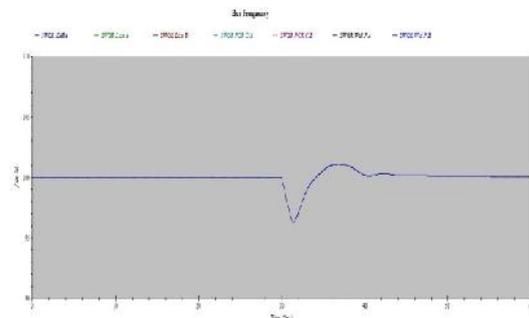
Pada setiap simulasi yang diamati adalah perubahan frekuensi sistem tenaga listrik di area utara. Skenario ini *incoming kara* lepas dan menyuplai daya sebesar 12 MW sebelum gangguan terjadi.

Tabel 3. Skenario 1 Lepasnya *Incoming Kara*

Kondisi sebelum gangguan		Kondisi setelah gangguan		Beban lepas (MW)	Pemutus <i>incoming kara</i>
Suplai (MW)	Beban (MW)	Suplai (MW)	Beban (MW)	13.707	OFF
53.730	53.231	41.730	39.524		



Gambar 2. Daftar aksi stabilitas transien pada skenario 1



Gambar 3. Perubahan frekuensi sebelum dan setelah gangguanskenario 1

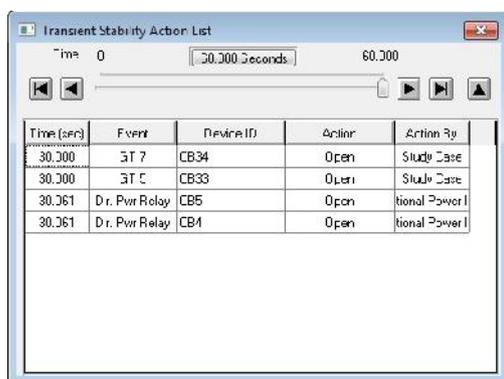
Lepasnya *Incoming Kara* tersebut membuat sistem tenaga listrik kehilangan Daya aktif sebesar 12 MW, hal ini menyebabkan frekuensi turun drastis karena cadangan daya aktif yang dimiliki generator di utara sudah maksimal. Sehingga untuk memulihkan frekuensi sistem dibutuhkan pelepasan beban hingga 3 tahap. Setelah dilakukan pelepasan beban frekuensi akan normal kembali

### Skenario 2 lepasnya GT 5 dan GT 7 di Rig Lisa

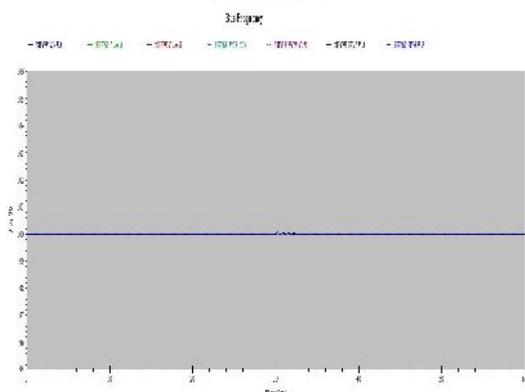
Tabel 4. Skenario 2 lepasnya GT 5 dan GT 7 di Rig Lisa

Kondisi sebelum gangguan		Kondisi setelah gangguan		Beban lepas (MW)	Pemutus incoming kara
Suplai (MW)	Beban (MW)	Suplai (MW)	Beban (MW)		
53.730	53.231	45.830	33.699	12.131	OFF

### Perubahan Sistem Tenaga Listrik Ketika lepasnya GT 5 dan GT 7 di Rig Lisa



Gambar 4. Daftar aksi stabilitas transien pada skenario 2



Gambar 5. Perubahan frekuensi sebelum dan setelah gangguanskenario 2

Ketika skenario 2 terjadi pada saat  $t=30s$ , rele daya lebih (*Over Power Relay*) bekerja karena daya yang dikirimkan dari *Incoming Kara* lebih dari pengaturan rele Simulasi Pelepasan Beban.....

yakni 12 MW. Setelah lepasnya GT 5 dan GT 7 yang ada di rig Lisa, generator yang ada di wilayah utara berusaha memenuhi seluruh kebutuhan daya beban tetapi tidak dapat menyuplai daya beban akhirnya terjadi pelepasan beban di platform Widuri E dan platform Widuri B.

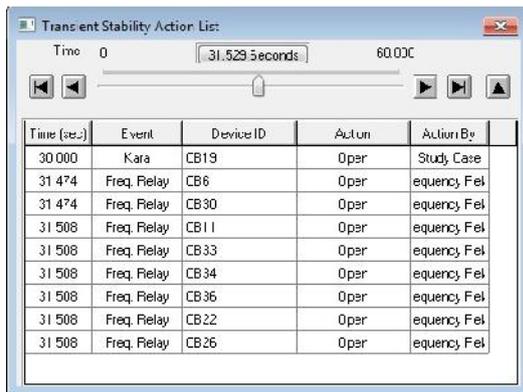
Daya aktif setelah adanya pelepasan beban di dua platform masih tersisa 4.5 MW untuk mengurangi kerugian perusahaan setelah sistem stabil kembali, maka beban yang dilepaskan dihubungkan kembali kesistem dengan cara dipilih sumur yang paling banyak produksinya. Frekuensi sistem setelah beban yang telah dilepaskan dihubungkan kembali tetap terjaga diatas 59.5 Hz sehingga tidak terjadi pelepasan beban.

### Skenario 3 Incoming Kara Lepas Tanpa Ada Pelepasan Beban

Perubahan Sistem Tenaga Listrik Ketika *Incoming Kara* Lepas tanpa Ada Pelepasan Beban

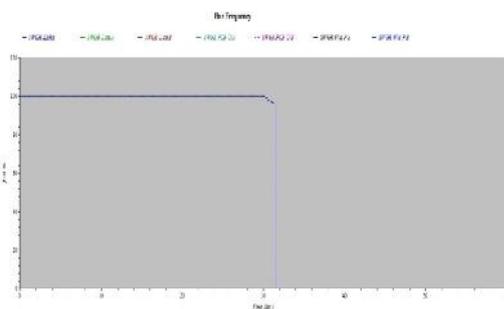
Tabel 5.Skenario 3Incoming Kara Lepas Tanpa Ada Pelepasan Beban

Kondisi sebelum gangguan		Kondisi setelah gangguan		Beban lepas (MW)	Pemutus incoming kara
Suplai (MW)	Beban (MW)	Suplai (MW)	Beban (MW)		
53.730	53.231	0	0	0	OFF



Time (sec.)	Event	Device ID	Action	Action By
30 000	Kara	CB19	Opar	Study Case
31 474	Freq. Relay	CB6	Opar	equency, Fel
31 474	Freq. Relay	CB30	Opar	equency, Fel
31 508	Freq. Relay	CB11	Opar	equency, Fel
31 508	Freq. Relay	CB33	Opar	equency, Fel
31 508	Freq. Relay	CB34	Opar	equency, Fel
31 508	Freq. Relay	CB36	Opar	equency, Fel
31 508	Freq. Relay	CB22	Opar	equency, Fel
31 508	Freq. Relay	CB26	Opar	equency, Fel

Gambar 6. Daftar aksi stabilitas transien pada skenario 3



Gambar 7. Perubahan frekuensi sebelum dan setelah gangguanskenario 3

Pada skenario ini lepasnya *Incoming kara* menyebabkan kehilangan daya sebesar 12 MW sehingga drastis penurunan frekuensinya tanpa diimbangi pelepasan beban disebabkan *Under Frequency Relay* tidak mendeteksi sinyal penurunan frekuensi di bus yang dipasang rele tersebut. Sedangkan pada masing-masing bus generator terdapat rele frekuensi yang akan mengirimkan sinyal kepada pemutus tenaga didekat generator untuk bekerja apabila frekuensi yang terdeteksi di bus tersebut mencapai 57.6 Hz dengan waktu tunda 0.01 s. hal ini tidak dapat mengembalikan frekuensi ke sistem ke keadaan normal dan penurunan frekuensi masih terus berlangsung hingga

menyentuh 57.6 Hz. Rele frekuensi pada semua bus generator pada unit bisnis utara mengirimkan sinyal ke pemutus tenaga generator untuk bekerja. Sehingga skenario ini terjadi pemadaman total pada bisnis unit utara. Ini terjadi untuk menyelamatkan generator yang masih aktif.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah melakukan beberapa simulasi berkaitan dengan pelepasan beban menggunakan rele frekuensi pada *CNOOC SES Ltd North Business Unit* dapat ditarik beberapa kesimpulan :

- Penggunaan rele frekuensi sebagai *device* untuk mendeteksi adanya penurunan frekuensi akibat beban lebih karena generator lepas pada suatu sistem tenaga listrik memiliki kemampuan yang cukup baik dalam rangka upaya pemulihan frekuensi.
- 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 kegagalan sistem secara total. Pelepasan sebagian beban secara otomatis dengan menggunakan rele

frekuensi (*Under Frequency Relay*), dapat mencegah penurunan frekuensi dan mengembalikannya ke kondisi frekuensi yang normal.

#### DAFTAR PUSTAKA

ANSI/IEEE C37.106-1987, “*IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants*”.

ANSI/IEEE C37.106-2003, “*IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants*”.

ANSI/IEEE Std. C.37.117-2007, “*IEEE Guide for The Application of Protective Relays Used for Abnormal Frequency Load Shedding and Restoration*”.

ANSI/IEEE Std C37.102-1995, *IEEE Guide for AC Generator protection*”.

ANSI/IEEE C37.97-1979, “*IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power System Buses*”.

CNOOC SES Ltd Database Library Power System, 2009. “*Load Shedding North Business Unit*”.

Wahyu Winanti Chairi, 2011. “*Analisis Statis dan Dinamis Stabilitas Tegangan Sistem Tenaga Listrik CNOOC SES Ltd*”. UI.

GE Multilin, 2005. “*F35 Multiple Feeder Management Relay*”.

Hidayat, Fani Irfan 2004. “*Simulasi Pelepasan Beban Pada Sistem*

*Tenaga Listrik*”. Depok: Departemen. Elektro Fakultas Teknik UI.

Indar Chaerah Gunadin, 2009. “*Studi Laju Penurunan Frekuensi Pada Saat PLTG Sengkang Lepas dari Sistem Sulseltrabar*”. Unhas.

Jusmedy, Fery, 2007. “*Studi aliran daya sistem 115 KV PT. Chevron Pacific Indonesia*”.

Putranta Ary Primanda, 2006. “*Analisis Stabilitas Transien Dan Perancangan Pelepasan Beban Pada Sistem Kelistrikan Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP) Kalimantan Timur*”. Teknik Elektro, ITS.

Waluyo, Triwahyu Rubianto, Syahrial, 2013. “*Studi Load Shedding Pada Sistem Kelistrikan Pengeboran Minyak Lepas Pantai*”. Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung.

\_\_\_\_\_ Help program, “*Electric Transient Analyzer Program*”. Versi 7.5.