

ANALISA DAN SIMULASI STABILITAS TRANSIEN DENGAN PELEPASAN BEBAN PADA SISTEM PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK PT. INDO BHARAT RAYON

TRANSIENT STABILITY SIMULATION AND ANALYSIS WITH LOAD SHEDDING ON PT INDO BHARAT RAYON ELECTRIC POWER PLANT SYSTEM

Winarso¹, Yoga Yunarto²

Email: ewinarso@gmail.com

^{1,2}. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

Abstrak— Pada sistem tenaga listrik, frekuensi merupakan indikator dari keseimbangan antara daya yang dibangkitkan dengan total beban sistem. Makalah ini membahas analisis kestabilan transien akibat adanya pelepasan beban pada sistem tenaga listrik PT. Indo Bharat Rayon yang memiliki pembangkit listrik tenaga uap. Pelepasan beban dilakukan sebagai usaha memperbaiki kestabilan sistem yang terganggu akibat beban lebih. Pelepasan beban diharapkan dapat memulihkan frekuensi dengan cepat. Terdapat tahapan-tahapan yang dapat ditentukan dalam pelepasan beban. Untuk membuktikan keefektifan dari skema pelepasan beban, dibuatlah simulasi generator lepas yang menghasilkan ketidakseimbangan daya aktif antara daya yang dibangkitkan dengan daya yang dibutuhkan beban. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa frekuensi sistem dapat pulih hingga 2,86 detik setelah terjadi gangguan tegantung pada besar kelebihan beban pada sistem tenaga listrik.

Kata kunci — Kestabilan transien, pelepasan beban, frekuensi, pembangkit, ETAP.

Abstract— In the electric power system, frequency is an indicator of the balance between the generated power and the system load. This paper discuss the analysis of transient stability due to the release of the load shedding on the power system in PT. Indo Bharat Rayon which has a steam power plant. Load shedding is carried out as an effort to restore disturbance system stability because of overload condition. Load shedding is expected to quickly restore generator's frequency. There are steps that can be specified in load shedding. To prove the effectiveness of under frequency load shedding scheme, the final report makes some simulation of generators shed to make unbalanced active power generation toward required active power load. These simulations was performed using ETAP 12.6. From simulation results, it is shown that the PT. Indo Bharat Rayon system frequency is able to recover up to 2.86 seconds after disturbance depends on magnitude of overload on the power system.

Key words — Transient stability, load shedding, frequency, power plant, ETAP.

I. PENDAHULUAN

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri atas sistem pembangkit listrik, sistem transmisi tenaga listrik, sistem distribusi tenaga dan sistem proteksi tenaga listrik yang komponen tersebut semuanya saling berkaitan fungsinya untuk menghasilkan energi listrik yang disalurkan untuk konsumen dengan kualitas yang baik saat digunakan.

Keseimbangan daya antara kebutuhan beban dengan kapasitas pembangkitan generator merupakan salah satu parameter dari kestabilan operasi sistem tenaga listrik. Namun dalam pengoperasian sistem tenaga listrik akan selalu

terjadi perubahan beban sehingga pembangkit perlu menyesuaikan daya keluarannya melalui *governor* maupun pengaturan eksitasi. Hal ini perlu dilakukan agar kestabilan sistem tetap terjaga **Error! Reference source not found.**

Sistem tenaga listrik yang baik adalah sistem yang memiliki keandalan yang tinggi. Keandalan yang tinggi dapat ditunjukkan dari kemampuan memproses penyaluran energi listrik ke konsumen secara kontinyu. Dalam penyaluran yang kontinyu maka dibutuhkan sistem yang seimbang, sistem yang seimbang dapat dilihat dari minimnya gangguan pada sistem tenaga listrik tersebut, dan

perlu didukung penyediaan dan pemakaian yang seimbang serta didukung oleh infrastruktur yang baik. Gangguan listrik sering terjadi kapanpun oleh sebab itu sistem tenaga listrik perlu memiliki proteksi yang baik untuk menjaga keamanan sistem tersebut, keamanan pada sisi peralatan maupun keamanan pada penyaluran tenaga listrik.

Dalam sistem tenaga listrik dibutuhkan keseimbangan antara daya mekanik dengan daya elektrik. Daya mekanik berupa penggerak awal pada generator, sedangkan besarnya daya elektrik dipengaruhi oleh besarnya beban-beban listrik. Besar dari daya elektrik ini terus berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan. Pengaruh ketidakstabilan sistem disebabkan oleh gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik, hal tersebut dapat terjadi pada sistem pembangkitan, transmisi maupun distribusi. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisa dan mensimulasikan pelepasan beban untuk mengetahui kestabilan transien pada sistem pembangkit dengan simulasi program *analysis transient stability* ETAP 12.6.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kestabilan Transien Pada Sistem Tenaga

Terjadinya gangguan beban lebih suatu sistem tenaga listrik antara lain adalah akibat adanya pembangkit yang dapat mensuplai daya yang sangat besar keluar dari sistem sehingga menyebabkan terjadinya kelebihan beban pada beban yang disuplai dan besarnya daya yang dihasilkan generator tidak seimbang. Akibatnya frekuensi generator semakin lama semakin turun. Turunnya frekuensi tersebut dapat mempengaruhi kinerja generator sehingga hal ini tidak boleh dibiarkan terjadi dalam waktu yang lama [2]

Kestabilan transien adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisme ketika terjadi gangguan transien yang besar. Istilah hilangnya sinkronisasi adalah ketidakseimbangan antara daya pembangkit dengan beban sehingga menimbulkan suatu keadaan transient yang menyebabkan rotor dari mesin sinkron berayun karena adanya torsi yang mengakibatkan percepatan atau perlambatan pada rotor tersebut [3].

Respon sistem yang dihasilkan menyangkut sudut rotor generator dipengaruhi oleh hubungan sudut daya yang tidak linier. Kestabilan tergantung pada kondisi awal operasi sistem dan tingkat dari gangguan tersebut. Biasanya sistem tersebut akan diubah setelah terjadi gangguan kondisi stabil

berbeda dari sebelum terjadi gangguan. Gangguan secara luas dengan berbagai tingkat kerusakan dan kemungkinan dapat terjadi pada sistem.

Sistem ini dirancang dan dioperasikan sehingga akan menjadi stabil pada keadaan yang sudah dipilih. Biasanya dipertimbangkan adalah hubungan singkat fasa-fasa, fasa-fasa-tanah atau tiga fasa. Berdasarkan data dari Westinghouse pada tahun 1964, probabilitas terjadinya gangguan hubungan singkat untuk berbagai tipe gangguan yaitu untuk gangguan tiga fase sebesar 5 %, gangguan dua fase ke tanah sebesar 10 %, gangguan fase ke fasa sebesar 15 %, dan gangguan satu fase ke tanah sebesar 70 % [4]. Pada dasarnya, stabilitas sistem tenaga listrik terbagi dalam stabilitas *steady state* dan stabilitas transien [5].

B. Pelepasan Beban

Pelepasan beban merupakan salah satu fenomena yang terjadi disuatu sistem tenaga listrik yang mengijinkan adanya beberapa beban keluar dari sistem sehingga menghasilkan kestabilan sistem tenaga listrik. Hal ini biasanya disebabkan oleh beban lebih pada sistem, sehingga untuk dapat mengembalikan kondisi sistem seperti sedia kala diperlukan pelepasan beberapa beban tertentu.

Adanya ketidaknormalan yang disebabkan oleh terjadinya beban lebih pada umumnya dipicu oleh beberapa hal, antara lain :

- Adanya pembangkit yang lepas dari sistem yang mengakibatkan beban yang seharusnya disuplai oleh pembangkit tersebut menjadi tanggungan pembangkit lain.
- Adanya gangguan pada saluran transmisi sehingga ada beberapa beban yang tidak dapat suplai oleh salah satu pembangkit dalam sistem interkoneksi.
- Pelapasan beban akibat penurunan frekuensi diklasifikasikan berdasarkan laju penurunan yaitu : Pelepasan beban manual dan Pelepasan beban otomatis [6].
- Frekuensi sistem terus mengalami penurunan dikarenakan terjadinya ketidakseimbangan antara beban dengan sumber, maka governor yang bertugas sebagai pengatur daya yang dihasilkan generator akan memaksimalkan kerjanya. Namun apabila governor telah bekerja secara maksimal dan frekuensi sistem tetap turun, maka diperlukan suatu tindakan untuk melepaskan beberapa beban pada suatu sistem tenaga listrik. Setelah dilakukan pelepasan sebagian beban pada suatu sistem tenaga listrik,

maka diharapkan frekuensi sistem kembali berada pada nilai yang diizinkan untuk beroperasi [7].

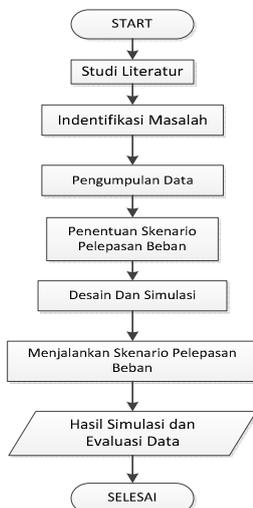
C. Syarat Pelepasan Beban

Sebelum dilakukan suatu pelepasan beban yang bertujuan untuk pemulihan frekuensi, hendaknya pelepasan beban ini memenuhi beberapa kriteria sebagai berikut.

1. Pelepasan beban dilakukan secara bertahap dengan tujuan apabila pada pelepasan tahap pertama frekuensi belum juga pulih masih dapat dilakukan pelepasan beban tahap berikutnya, untuk memperbaiki frekuensi.
2. Jumlah beban yang dilepaskan hendaknya seminimal mungkin sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik dalam memperbaiki frekuensi.
3. Beban yang dilepaskan adalah beban yang memiliki prioritas paling rendah dibandingkan beban lain dalam suatu sistem tenaga listrik. Oleh sebab itu seluruh beban terlebih dahulu diklasifikasikan menurut kriteria-kriteria tertentu.
4. Pelepasan beban harus dilakukan dengan tepat, sehingga harus ditentukan waktu tunda minimum relai untuk mendeteksi apakah penurunan frekuensi generator akibat beban lebih atau pengaruh lain seperti misalnya masuknya beban yang sangat besar ke dalam sistem secara tiba-tiba [8].

III. METODE

Penelitian ini dilakukan berdasarkan *flowchart* pada Gambar-1 diberikan :



Gambar-1. Diagram alir jalan penelitian

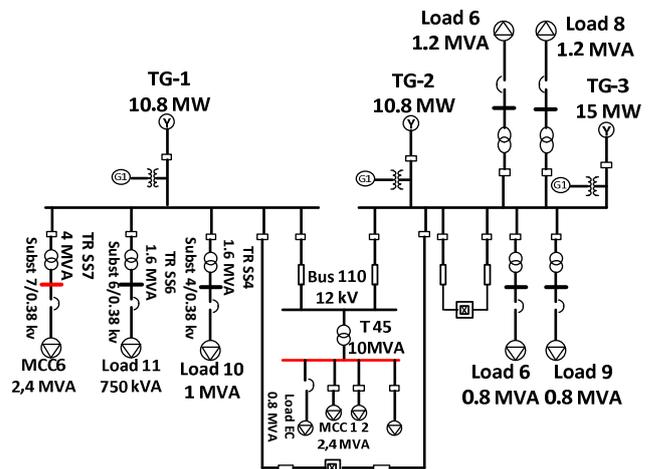
Pemodelan dan simulasi pelepasan beban yang dilakukan pada penelitian ini, dilakukan pada sistem pembangkit tenaga listrik di PT.Indo Bharat Rayon. Tabel-1 menyajikan data generator yang digunakan pada sistem pembangkit PT.Indo Bharat Rayon, yang dijadikan sebagai parameter yang dikaji dalam penelitian ini.

Tabel-1. Data generator

Genertor	Rating kapasitas (MVA)	Faktor Daya	Rating tegangan (kV)	Daya Operasi (MW)
TG-1	13,5	0,8	12	10,8
TG-2	13,5	0,8	12	10,8
TG-3	18,75	0,8	12	15

A. Perancangan Skenario Pelepasan Beban

Dalam perancangan ini akan dibahas mengenai simulasi pelepasan beban yang terjadi disebabkan penurunan frekuensi akibat beban lebih. Terjadinya beban lebih dalam simulasi ini disebabkan oleh adanya generator yang lepas dari sistem. Penyebab lepasnya generator tidak dibahas secara rinci. Dalam simulasi analisa transien dibutuhkan desain single line diagram. Selain itu untuk dapat memperkirakan besarnya frekuensi acuan pelepasan beban, maka dibuatlah beberapa kombinasi generator lepas.



Gambar-2. Diagram satu garis sistem pembangkit tenaga listrik di PT.Indo Bharat Rayon

Data diagram satu garis yang digunakan pada simulasi ini adalah data real pada pembangkit tenaga listrik yang digunakan PT.Indo Bharat Rayon sedangkan data beban yang digunakan adalah data simulasi. Gambar-2 menunjukkan diagram satu garis sistem pembangkit tenaga listrik di PT.Indo Bharat Rayon.

B. Skenario Kombinasi Generator Lepas

Dalam skenario ini akan dilepas kombinasi generator dan sumber PLN untuk mengetahui perubahan frekuensi yang terjadi akibat beban lebih. Seluruh gangguan akan diskernariokan dalam fitur *transient stability* pada ETAP, skenario dijalankan selama 60 detik untuk melihat kondisi transien sistem sebelum dan sesudah terjadi gangguan. Tabel-2 menunjukkan beberapa skenario generator lepas yang dilakukan pada perangkat lunak ETAP. Seperti tampak pada Tabel-2, pada penelitian ini disimulasikan sembilan skenario kombinasi lepas generator TG-1, TG-2, TG-3 dan grid PLN.

Tabel-2. Skenario generator lepas

No	TG-1	TG-2	TG-3	Grid PLN
1	Lepas	On	On	On
2	On	On	Lepas	On
3	On	On	On	Lepas
4	Lepas	Lepas	On	On
5	On	Lepas	Lepas	On
6	On	Lepas	On	Lepas
7	On	On	Lepas	Lepas
8	On	Lepas	Lepas	Lepas
9	Lepas	Lepas	On	Lepas

C. Beban Yang Dilepas

Ketepatan dalam menentukan jumlah beban yang dilepas saat frekuensi mencapai nilai tertentu, sangat diperlukan dalam pelepasan beban. Dalam perusahaan tertentu jumlah beban yang dilepaskan berkaitan dengan jumlah produksi yang hilang. Waktu pemulihan frekuensi yang diharapkan ketika terjadi penurunan frekuensi pada sistem tenaga listrik adalah 5 detik.

Tabel-3. Skema beban yang dilepas

No	Nama beban	Beban yang dilepas		
		Kapasitas Trafo (MVA)	Beban (kVA)	Beban (kW)
1	Energy Centre 6,7KV #1	15	4316	3985
2	Energy Centre 6,7KV #2	10	8654	7912
3	LOAD#1	5	950	779
4	LOAD#5	1.6	800	656
5	LOAD#6	3	1181	954
6	LOAD#8	3	1219	984
7	LOAD#11	1,6	730	671
8	MCC1	10	2300	1968
9	MCC2	10	2400	2460
10	MCC3	10	2300	1968

Kerugian yang cukup besar yang akan dialami perusahaan jika frekuensi terus turun karena akan membuat sistem mati total. Ketika terjadi penurunan frekuensi akibat beban lebih perlu dilakukan pelepasan beban agar sistem tenaga listrik dapat kembali normal dan stabil. Tabel-3 menunjukkan jenis beban yang dilepas pada sitem pembangkit listri PT. Indo Bharat Rayon.

D. Frekuensi kerja

Waktu kerja relai dipengaruhi oleh waktu *pick up*, waktu relai dan waktu pemutus tenaga. Waktu *pick up* dipengaruhi oleh besarnya penurunan frekuensi per detik. Frekuensi acuan tahap pertama digunakan adalah 49 Hz dengan waktu tunda 1 detik. Waktu kerja relai yang digunakan 50 ms dan waktu kerja pemutus tenaga hingga waktu rangkaian terbuka 100 ms. Penentuan pelepasan beban yang dilakukan merupakan kreasi dari perancangan sistem pelepasan beban dengan mempertimbangkan kemampuan sistem tenaga listrik dalam pemilihan frekuensi berdasar standar IEEE C37-106 2003, **Error! Reference source not found.**] tampak pada Tabel-4.

Tabel-4. Frekuensi acuan skema pelepasan beban akibat frekuensi rendah

Tahap ke	Frekuensi (Hz) Load Shedding
1	48,85
2	48,4
3	48,05
4	47,75

E. Pengaturan Under Frequency Relay

Dalam penelitian ini simulasi dan pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP.

Tabel-5. Seting relai frekuensi

No	Platform	CB	Relly	f(Hz)	Waktu tunda (s)
1	LOAD#1	CBLD1	FR#1	48,85	0,1
2	LOAD#5	CBLD5	FR#3		0,1
3	LOAD#6	CBLD6	FR#4		0,1
4	MCC1	MCC1	FR#2	48,4	0,1
5	LOAD#11	CBLD11	FR#4		0,1
6	LOAD#8	CB LD8	FR#3	48,05	0,1
7	Energy Centre 6,7KV #1	CB EC1	FR#1		0,1
8	Energy Centre 6,7KV #2	CB EC2	FR#1	0,1	
		CB EC3	FR#1	0,01	
9	MCC2	MCC2	FR#2	47,75	0,01

10	MCC3	MCC3	FR#2	0,01
----	------	------	------	------

Piranti yang digunakan untuk mendeteksi dan mengambil tindakan ketika terjadi penurunan frekuensi adalah relai frekuensi. Tabel-5 menyajikan seting pengaturan relai frekuensi yang digunakan. Dalam simulasi diperlukan beberapa pengaturan pada relai frekuensi oleh pengguna pengaturan tersebut meliputi : frekuensi *pick up*, waktu tunda dan pemutus tenaga terkait **Error! Reference source not found.**].

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Simulasi Skenario Pelepasan Beban

Pada penelitian ini dilakukan beberapa simulasi lepasnya generator untuk mengetahui respon dari sistem pelepasan beban yang telah dirancang sebelumnya. Gangguan yang terjadi tidak dibahas secara detail. Ketika terjadi peristiwa lepasnya generator maka jumlah suplai beban daya aktif akan lebih kecil daripada jumlah daya aktif permintaan beban. Akibat dari peristiwa tersebut frekuensi pada sistem mengalami penurunan. Perurunan frekuensi tersebut jika tidak ditangani akan membuat sistem menjadi *black out* (mati total). Dengan dirancangnya sistem pelepasan beban akibat penurunan frekuensi, diharapkan frekuensi sistem akan cepat pulih setelah dilakukannya pelepasan beban.

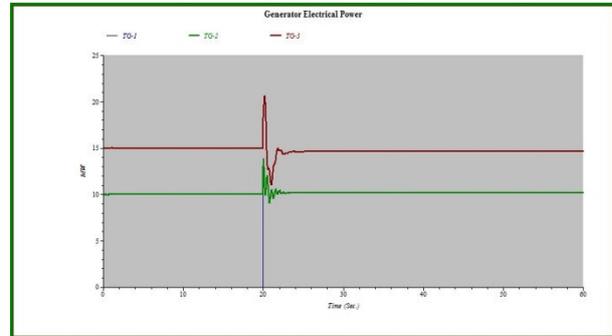
Simulasi pelepasan beban dilakukan menggunakan perngakat lunak ETAP. Fitur yang digunakan adalah analisa kestabilan transien (*transient stability analysis*). Pada fitur ini dapat dilihat perubahan perilaku beberapa komponen dalam sistem tenaga listrik sebelum dan terjadi gangguan, dalam hal ini gangguan yang dimaksud adalah generator lepas. Simulasi ini dijalankan dalam waktu 60 detik, hal ini bertujuan untk melihat perubahan yang terjadi pada sistem.

Pada setiap simulasi ini ada beberapa hal yang diamati diantaranya :

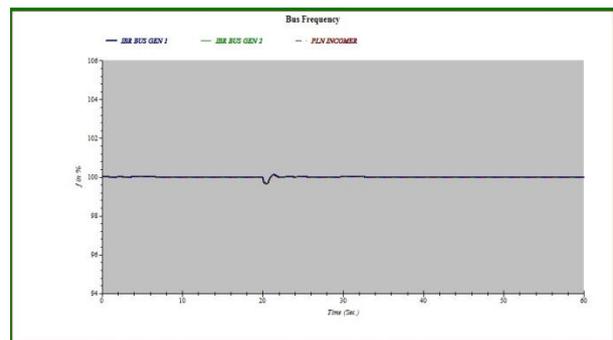
- Perubahan daya aktif setiap generator yang masih bekerja
- Perubahan beban yang dilepas untuk memulihkan frekuensi
- Besarnya beban yang dilepaskan untuk memulihkan frekuensi
- Durasi waktu pemulihan setelah gangguan terjadi

1. Skenario 1 : TG-1 Lepas

Pada simulasi ini satu generator dilepas yaitu generator TG-1 yang menghasilkan daya 10,8 MW sebelum gangguan. Gambar-3 dan Gambar-4, menunjukkan perubahan daya aktif generator TG-2 dan TG-3 dan perubahan frekuensi akibat gangguan lepasnya generator TG-1



Gambar-3. Perubahan daya aktif generator TG-2, dan TG-3 sebelum dan setelah gangguan TG-1 Lepas

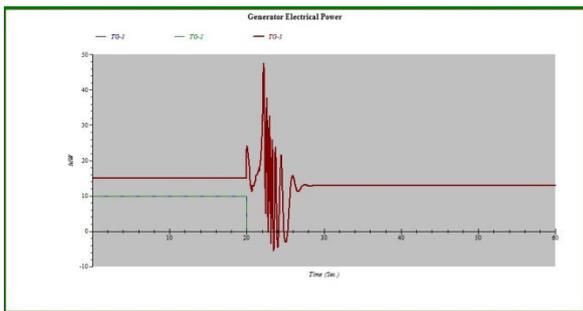


Gambar-4. Perubahan Frekuensi Sebelum dan setelah gangguan generator TG-1 lepas

Dalam simulasi ini suplai daya aktif yang dihasilkan sebelum gangguan terjadi adalah 34,880 MW dengan beban pemakaian 31,377 MW. PT.Indo Bharat akan tetapi suplai dari pembangkit sebesar 3,519 MW di berikan ke PLN sebelum terjadi gangguan. Pada skenario ini tidak ada beban yang dilepas hal ini dikarenakan penurunan hanya sebesar 0,02 Hz.

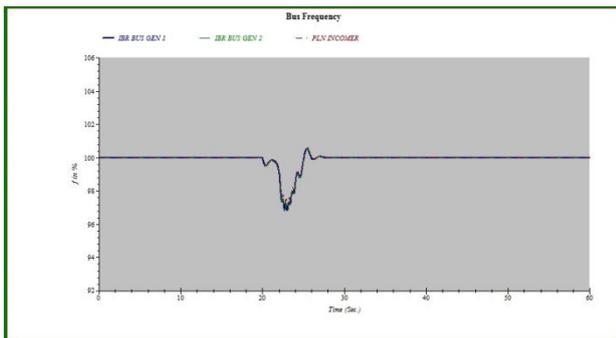
2. Skenario 2 : TG-1 dan TG-2 Lepas

Pada simulasi ini terdapat 2 generator lepas yaitu generator TG-1 dan TG-2 yang menghasilkan daya 21 MW sebelum gangguan terjadi.



Gambar-5 Perubahan daya aktif generator TG-3 sebelum dan setelah gangguan TG-1 dan TG-2 lepas

Lepasnya kedua generator tersebut membuat sistem kehilangan daya aktif sekitar 21 MW tampak pada Gambar-5. Generator TG-3 mengalami kenaikan suplai daya aktif yang sangat tinggi. Kenaikan beban tersebut menyebabkan frekuensi sistem menjadi turun, Sehingga diperlukan pelepasan beban. Pada detik ke 22,2 relai frekuensi aktif karena frekuensi turun menjadi 48,8 Hz hal ini menyebabkan terjadinya pelepasan beban tahap pertama, tampak pada Gambar-6.

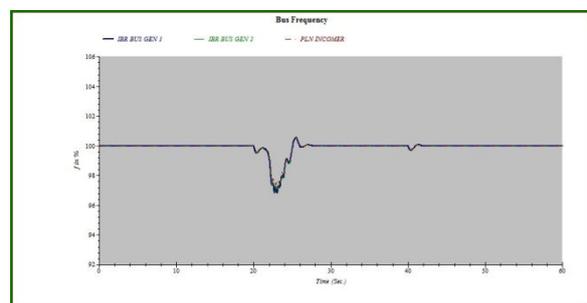


Gambar-6 Perubahan frekuensi sebelum dan setelah gangguan TG-1 dan TG-2 lepas

Pelepasan beban tahap pertama tidak membuat frekuensi naik. Maka, untuk memperbaiki sistem dilakukan pelepasan beban tahap berikutnya. Frekuensi mulai stabil ketika pelepasan telah mencapai tahap ke-4, pada tahap ini beban yang dilepas sebesar 22,335 MW. Saat terjadi pelepasan beban daya aktif yang disuplai generator TG-3 tidak stabil selama sesaat. pada skenario ini PLN masih tidak mensuplai kekurangan daya, genereator masih mensuplai daya ke PLN sebesar 4 MW hal ini membuat terjadinya pelepasan beban hingga tahap ke-4.

Untuk mengurangi kerugian dan dengan melihat cadangan berputar genreator dan cadangan daya dari suplai PLN, maka setelah frekuensi sistem kembali stabil beban-beban yang lepas dihubungkan kembali ke dalam sistem secara bertahap setiap 10 detik. Hal ini bertujuan untuk

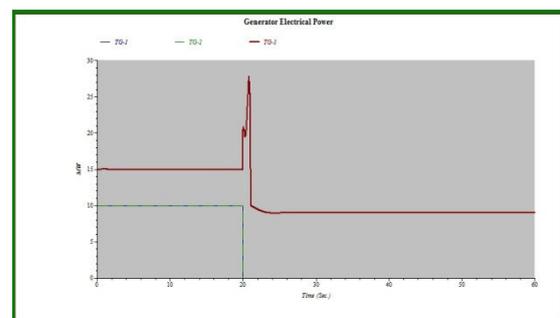
menghindari adanya penurunan frekuensi karena penambahan beban secara tiba-tiba. Pada detik ke 40 saat beban dihubungkan kembali terjadi penurunan sesaat tetapi frekuensi masih tetap terjaga diatas nilai 49 Hz sehingga tidak terjadi pelepasan beban. Hal ini merupakan pemilihan durasi waktu penghubungan kembali beban sistem setiap 10 detik. Dalam waktu 10 detik penurunan frekuensi yang dialami setiap tahap penambahan beban telah mengalami pemulihan sehingga frekuensi sistem setelah semua beban dihubungkan kembali relatif stabil, seperti yang tampak pada Gambar-7 berikut.



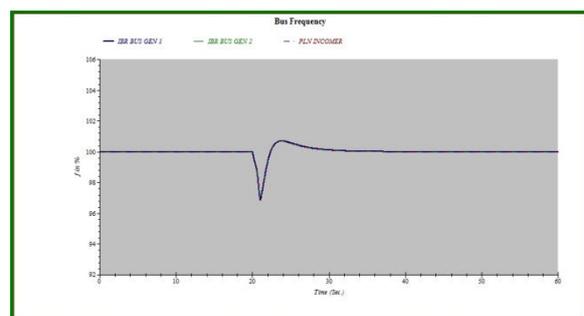
Gambar-7 Perubahan frekuensi setelah beban dihubungkan kembali

3. Skenario TG-1, TG-2 dan Suplai PLN Lepas

Pada simulasi ini terdapat 2 generator lepas yaitu generator TG-2, TG-3 dan lepasnya sulai dari PLN.

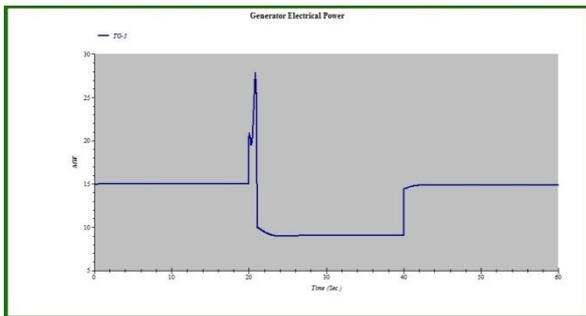


Gambar-8 Perubahan daya aktif generator TG-3 sebelum dan setelah gangguan



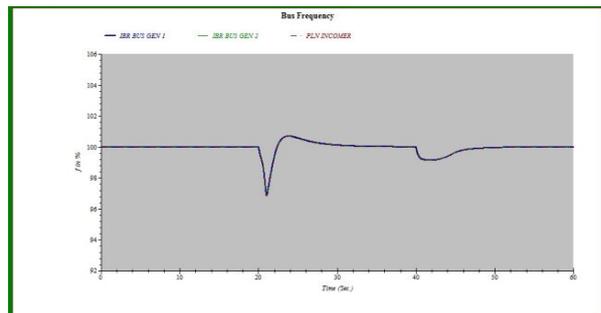
Gambar-9 Perubahan frekuensi sebelum dan setelah gangguan generator TG-2, TG-1 dan suplai PLN lepas

Pada skenario ini terdapat 2 generator lepas dan tidak adanya suplai cadangan daya dari PLN generator yang tersisa adalah generator TG-3 yang berkapasitas 15 MW. Lepasnya kedua generator membuat sistem kehilangan daya aktif sebesar 21,6 MW, tampak pada Gambar-8 dan tepisahnya sumber PLN membuat kelebihan daya tidak dapat dikurangi sehingga perlu adanya pelepasan beban. Pada skenario ini frekuensi turun hingga 47,7 HZ, tampak pada Gambar-9 sehingga pelepasan beban langsung memasuki tahap ke-4 untuk mengembalikan kembali kestabilan sistem. Frekuensi sistem membutuhkan waktu pulih selama 0,6 detik. Setelah terjadi pelepasan beban generator TG-3 hanya mensuplai daya aktif 9,03 MW saja ke beban sehingga terdapat cadangan daya yang dapat digunakan untuk menghubungkan kembali beban lepas.



Gambar-10 Perubahan daya aktif setelah beban dihubungkan kembali

Beban dihubungkan kembali 10 detik setelah frekuensi stabil untuk menghindari terjadinya penurunan frekuensi yang tinggi karena adanya kenaikan beban. Pada detik ke 40 suplai daya aktif generator TG-3 naik menjadi 14,8 MW setelah beban dihubungkan kembali. Beban yang dihubungkan kembali antara lain MCC 1, MCC 2, LD1 dan LD5 dengan total beban 5,8 MW, grafik perubahannya tampak pada Gambar-11.



Gambar-11 Perubahan frekuensi setelah beban dihubungkan kembali

Tabel-6. Pengaruh gangguan terhadap pelepasan beban dan waktu pemulihan sistem

Skenario	Sebelum Gangguan		Setelah Gangguan		Beban lepas (MW)	Waktu Pulih (s)
	Suplai (MW)	Beban (MW)	Suplai (MW)	Beban (MW)		
1	34.88	31.37	31.38	31.38	0	0
2	34.88	31.37	31.42	31.38	0	0
3	34.88	31.37	31.37	31.37	0	0
4	34.88	31.37	12.98	9.37	22.34	1.50
5	34.88	31.37	9.36	9.04	22.34	2.86
6	34.88	31.37	25.33	25.34	6.03	0.78
7	34.88	31.37	21.40	21.35	10.02	0.96
8	34.88	31.37	9.10	9.03	22.34	0.79
9	34.88	31.37	9.10	9.03	22.35	0.69

Tabel-6 menyajikan rangkuman hasil simulasi berbagai skenario. Pada skenario 1 s/d 3 hanya terdapat salah satu generator atau grid PLN yang lepas sistem masih tetap stabil dan tidak terjadi pelepasan beban. Kekurangan pasokan daya akibat lepasnya generator pada skenario 1 dan 2 dipenuhi

dari masuknya pasokan daya dari grid PLN. Skenario 4 s/d 9 pada Tabel-6 dengan beberapa generator dan atau suplai grid PLN yang lepas bersamaan, terjadi penurunan frekuensi akibat kekurangan pasokan suplai daya dari sumber. Hal ini menyebabkan relai frekuensi bekerja sehingga

terjadi pelepasan beban pada sistem. Besarnya beban lepas tergantung pada besar kekurangan pasokan daya dari sumber. Sedangkan waktu pemulihan frekuensi sistem bervariasi antara 0,69 hingga 2,86 detik.

V. KESIMPULAN

Hasil analisis kestabilan transien sistem pembangkit menunjukkan akibat adanya pelepasan beban pada sistem tenaga listrik. Skema pelepasan beban dilakukan untuk memulihkan frekuensi sistem menjadi normal. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa lepasnya beberapa generator atau generator dan grid PLN secara bersamaan menyebabkan terjadinya penurunan frekuensi yang berdampak pada pelepasan beban tergantung pada besar kelebihan beban pada sistem tenaga listrik. Frekuensi sistem dapat pulih dengan waktu pemulihan antara 0,69 hingga 2,86 detik setelah terjadi gangguan dan pelepasan beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ariansyah F, Priyadi A. Analisis Kestabilan Transien dan Pelepasan Beban Pada Sistem Integrasi 33 KV PT. Pertamina RU IV Cilacap akibat Penambahan Beban RFCC dan PLBC. *Jurnal Teknik ITS*. 2016; 5(1).
- [2]. Jamal A, Syahputra R. Model Power System Stabilizer Berbasis Neuro-Fuzzy Adaptif. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. 2011; 14(2): 139-149.
- [3]. Rotinsulu FA, Tuegeh M. Analisa Stabilitas Transient STL Minahasa Menggunakan Metode Kriteria Luas Sama. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*. 2015; 4(2): 33-40.
- [4]. Ram B, Vishwakarma. *Power System Protection and Switchgear*. New Delhi: McGraw-Hill. 1995.
- [5]. Saadat H. *Power System Analysis*. McGraw Hill. 1999.
- [6]. Bijang NL. Analisa Waktu Pemutusan Kritis Sistem Kelistrikan. *Jurnal Ilmiah Sains*. 2012; 12(2).
- [7]. Hadi A, Erfianto E. Studi Pelepasan Beban Dengan Menggunakan Relai Frekuensi Kurang Pada Sistem Tenaga Listrik. *Jom F.TEKNIK*. 2016; 3(2).
- [8]. Stevenson WD. 1983. *Analisis Sistem Tenaga Listrik*. Kamal Idris. Jakarta: Erlangga. 1996.
- [9]. Rubianto T, Syahrial, Waluyo. Studi Load Shedding pada Sistem Kelistrikan Pengeboran Minyak Lepas Pantai. *Jurnal Reka Elkomika Teknik*. 2013; 1(2).