

# STUDI SKEMA PELEPASAN GENERATOR PADA FREKUENSI BERLEBIH SEBAGAI PENGAMAN UNIT PEMBANGKIT SUBSISTEM SUMBAGSEL

Yudha Prahara Gurun<sup>1\*</sup>, Rudyanto Thayib<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya \*E-mail : yudhap3bs@gmail.com

*Abstrak-Kontinuitas penyaluran tenaga listrik sangat dipengaruhi stabilitas pembangkit yang beroperasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi stabilitas pembangkit adalah nilai frekuensi. Pada kondisi operasi, nilai frekuensi dapat melewati batas tinggi ataupun kurang dari batas rendah. Salah satu langkah antisipasi ketidakstabilan frekuensi yang melewati batas tinggi adalah dengan menerapkan skema pelepasan generator dengan rele frekuensi lebih. Pelepasan generator dengan rele frekuensi lebih harus dapat mengakomodir berbagai jenis 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 Sumatera.*

*Kata Kunci:* Frekuensi, Generator

*Abstract-The continuity electricity transfer very affected by operated plant stability. One of the factor that affect the plant stability is frequency value. In operation condition, frequency value can cross the maximum operation value or under the minimum operation value. The solution of anticipate unstable frequency that cross the maximum operation value is tripping generation with over frequency relay. Tripping generation with the frequency relay must accommodate the variety of electricity loads, there are weekday load, weekend load, national holiday load (specific days). Otherwise, this scheme must be deplete frequency value in the range that accommodate plant can operation in normal condition appropriate standard in grid code PLN Sumatera.*

*Keywords.* Frequency, Generation

## I. PENDAHULUAN

Pemutusan beban secara mendadak akibat gangguan pada saluran transmisi atau distribusi dapat mengakibatkan kenaikan frekuensi cukup tinggi pada sistem. Kenaikan frekuensi akan mengganggu kestabilan dari pembangkit yang sedang beroperasi sehingga pembangkit perlu diproteksi menggunakan rele frekuensi lebih yang mentripping generator saat frekuensi sistem melebihi setelan rele frekuensi lebih pembangkit.

Sesuai Aturan Jaringan PLN Sumatera, setelan rele frekuensi lebih adalah sama (52 Hz) pada setiap pembangkit kecuali permintaan PLN P3B Sumatera sehingga sangat mungkin terjadi pemadaman total sistem atau *blackout* akibat tripnya semua pembangkit. Oleh karena itu, perlu dipasang skema pelepasan generator pada frekuensi berlebih dengan setelan frekuensi dan waktu yang lebih kecil dari rele frekuensi lebih (non-skema) pembangkit dengan konsep melepas generator pembangkit tertentu untuk menurunkan kembali frekuensi sistem sebelum rele frekuensi lebih melepas generator pembangkit dengan jumlah daya yang lebih besar.

### A. Tujuan

Penulisan jurnal ini bertujuan untuk mempertahankan subsistem tenaga listrik Sumbagsel dari pemadaman total atau *blackout* akibat gangguan frekuensi lebih karena

suplai daya dari Sumsel ke Lampung melalui SUTT 150 kV Baturaja-Blambangan Umpu-Bukit Kemuning terputus

### B. Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka permasalahan yang ada dirumuskan sebagai berikut:

1. Penyetelan frekuensi dan waktu skema rele frekuensi lebih jika suplai daya dari Sumsel ke Lampung melalui SUTT 150 kV Baturaja-Blambangan Umpu-Bukit Kemuning terputus.
2. Berapa besar target trip pembangkit serta berapa tahapan trip oleh skema rele frekuensi lebih jika suplai daya dari Sumsel ke Lampung melalui SUTT 150 kV Baturaja-Blambangan Umpu-Bukit Kemuning terputus.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengaturan Frekuensi Sistem Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

Pengaturan frekuensi dalam interkoneksi sistem tenaga sangat diperlukan karena alasan-alasan berikut :

1. Kestabilan frekuensi dapat mempermudah pengontrolan generator dan governor, khususnya untuk pembangkit termal dengan kapasitas besar. Kestabilan pada pengaturan kecepatan dapat mempermudah operasi boiler dan turbin, menurunkan tekanan termal dan vibrasi sudu-sudu rotor. Intensitas

tekanan disebabkan oleh uap yang masuk ke sudu-sudu rotor turbin tidak tersebar merata. Intensitas terdiri dari frekuensi dasar dari satu putaran yang dianggap satu siklus dan menambah harmonik yang lebih besar. Sudu-sudu rotor menerima uap sebanding dengan frekuensi dasar dan harmonik yang lebih besar perputarannya. Dengan kata lain, vibrasi natural frekuensi pada sudu-sudu rotor umumnya antara 100-300 rpm. Interval ini harus disesuaikan dengan integral frekuensi nominal.

- Untuk interkoneksi, frekuensi harus diatur secara presisi sehingga aliran daya berubah sesuai dengan fluktuasi frekuensi.
- Tegangan berfluktuasi berdasarkan perubahan frekuensi (jika terjadi kesalahan fungsi pengatur tegangan otomatis, fluktuasi frekuensi sebesar 1 % menghasilkan deviasi tegangan 2-3 %), kestabilan frekuensi memudahkan pengaturan tegangan. Interval fluktuasi frekuensi yang diijinkan umumnya  $\pm 0.1$  Hz.

Di Amerika dan Eropa  $\pm 0.1$  Hz banyak digunakan dan dalam sistem interkoneksi yang besar, interval  $\pm 0.04$  Hz sampai  $\pm 0.08$  Hz diijinkan. Sistem tenaga di Jepang memakai interval  $\pm 0,1$  Hz. Frekuensi sistem diturunkan dari putaran nominal generator yang terhubung ke sistem. Ini berarti fluktuasi frekuensi sama dengan putaran nominal generator. Perubahan kecepatan putaran generator disebabkan oleh ketidakseimbangan antara masukan dan keluaran generator dan motor, yang disebabkan oleh fluktuasi beban yang terhubung ke generator atau lepasnya generator lain yang terhubung paralel. Jika masukan lebih besar dari keluaran, kecepatan putar meningkat. Jika masukan lebih besar daripada keluaran maka frekuensi turun.

### B. Pengaruh Pelepasan Beban Terhadap Kenaikan Frekuensi Sistem<sup>[2]</sup>

Jika beban yang lepas atau *trip* pada sistem adalah sebesar P, maka pada saat beban ini lepas atau *trip* terjadi kelebihan daya yang dibangkitkan sebesar P, kekurangan daya inilah yang akan mengakibatkan terjadinya kenaikan frekuensi. Secara fisik, kelebihan daya ini mengakibatkan kopel yang dihasilkan generator ( $T_G$ ) lebih besar dari kopel beban ( $T_B$ ).

Saat terjadinya pelepasan beban secara mendadak, maka sistem mula-mula akan distabilkan oleh momen inersia. Besarnya momen inersia berbeda-beda pada tiap pembangkit. Untuk menghitung respon frekuensi pada sistem, kita perlu menghitung besarnya momen inersia total pada sistem dengan persamaan :

$$H_{\text{sistem}} = \sum_i^n \left( \frac{H_i G_i}{G_i} \right) \text{ MW-det/ MVA} \quad (1)$$

dengan :

H = Momen inersia pembangkit ke i

$G_i$  = Kapasitas terpasang unit pembangkit ke i

n = Jumlah n unit pembangkit

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung respon kenaikan frekuensi karena terlepasnya *tie-line* secara mendadak dapat menggunakan perpaduan persamaan penurunan frekuensi karena *trip*-nya

pembangkit lalu menggunakan persamaan kenaikan frekuensi karena pelepasan beban. Hal ini dikarenakan studi kasus untuk pelepasan *tie-line* berbeda dengan studi kasus biasanya, karena selain pelepasan beban, juga terdapat pelepasan pembangkit.

Adapun persamaan penurunan frekuensi karena *trip*-nya pembangkit sebagai berikut :

$$\frac{df}{dt} = - \frac{f_0 (P_{so})}{2H (P_{got} - P_{sot})} \quad (2)$$

dengan :

$$\frac{df}{dt} = \text{Perubahan frekuensi} \quad (3)$$

$f_0$  = Frekuensi Awal

H = Momen Inersia

$P_{S0}$  = besarnya beban unit yang terganggu

$P_{GOT}$  = daya terpasang dalam MW dari unit-unit pembangkit yang beroperasi sebelum terjadi gangguan

$P_{SOT}$  = daya terpasang dalam MW dari unit yang mengalami gangguan (daya awal dikurangi daya pembangkit yang terganggu)

$P_{GOT}$  = daya terpasang dalam MW dari unit-unit pembangkit yang beroperasi sebelum terjadi gangguan

$P_{SOT}$  = daya terpasang dalam MW dari unit yang mengalami gangguan

$P_{BR}$  = besarnya beban yang dilepas oleh rele frekuensi kurang

$P_{B1}$  = besarnya beban sistem setelah frekuensi turun

Setelah mendapatkan perubahan frekuensi, selanjutnya grafik dapat dibuat dengan menggunakan interval 0,1 detik (dalam rentang 0,1 detik, dianggap tidak terjadi perubahan frekuensi). Adapun perhitungan pada persamaan 2 merupakan perhitungan awal pada  $t_0 - t_1$ . Sedangkan untuk menghitung respon frekuensi pada  $t_1 - t_2$  dan seterusnya maka beban sistem setelah terjadi kenaikan frekuensi ( $P_{B1}$ ) harus dihitung terlebih dahulu. Setelah mengetahui nilai  $P_{B1}$  digunakan persamaan :

$$\left( \frac{df}{dt} \right)_{1-2} = - \frac{f_1 (P_{go} - P_{so}) - P_{b1}}{2H (P_{got} - P_{sot})} \quad (4)$$

### C. Cara Kerja Rele Frekuensi Lebih<sup>[3]</sup>

Rele frekuensi lebih digunakan untuk memproteksi generator AC dari kemungkinan terjadi overspeed akibat frekuensi lebih. Kemungkinan ini dapat terjadi pada generator AC yang terhubung dengan sistem interkoneksi, namun tidak dilengkapi governor.

Rele frekuensi saat ini dilengkapi dengan penyetelan frekuensi lebih dan frekuensi kurang dengan output yang berbeda. Salah satu contoh rele frekuensi tipe RXF 2H merk ABB, merupakan rele standar menggunakan *microprocessor* statis yang dapat disetel dua tahap. Peralatan utamanya adalah input dari trafo tegangan, *filter circuit*, *human monitoring interface* (HMI), LED untuk indikasi start, indikasi trip, dan output. Penyetelan pada rele tipe ini dapat dilakukan secara paralel baik penyetelan lebih, penyetelan kurang, tahap 1, serta tahap 2.

Sistem kerja rele frekuensi lebih adalah sebagai berikut : rele menerima input tegangan dari trafo tegangan yang telah di-filter melalui *filtercircuit*, jika frekuensi tegangan melebihi setelan pada rele, rele akan segera start dan akan trip setelah *definite time* (setelan waktu) rele terlampaui.

**D. Setelan Rele Frekuensi Lebih Pembangkit<sup>[4]</sup>**

Sesuai dengan Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera Tahun 2008 pasal CC 3.2.5 “setiap unit harus tetap terhubung ke jaringan pada rentang frekuensi 47,5 Hz hingga 52 Hz. Pemisahan unit pembangkit dari jaringan dalam rentang frekuensi ini dibolehkan apabila merupakan bagian dari keamanan jaringan secara keseluruhan yang diatur oleh Pusat Pengatur Beban atau Unit Pengatur Beban/ Sub-Unit Pengatur Beban”.

Sesuai dengan Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik Sumatera Tahun 2008 diatas, umumnya setelan frekuensi lebih pada pembangkit adalah sama, yaitu  $\geq 52$  Hz. Namun, jika memang diperlukan, Pusat Pengatur Beban atau Unit Pengatur Beban/ Sub-Unit Pengatur Beban yang dalam hal ini adalah PLN P3B Sumatera dan PLN UPB Sumbagsel dapat melakukan penyetelan rele frekuensi lebih dalam rentang 50 Hz hingga 52 Hz.

Jika dilihat dari karakteristik rele (contoh rele frekuensi tipe RXF 2H merk ABB), umumnya rele frekuensi (lebih/kurang) dapat disetel pada rentang frekuensi 45 Hz hingga 55 Hz dengan setelan waktu tertentu/ *definite* 0 detik s.d 20 detik.

**III. METODE PENELITIAN**

**A. Studi Referensi**

Mengumpulkan bahan-bahan bacaan yang berkaitan dengan judul penelitian dari berbagai media seperti buku-buku penunjang, jurnal, internet, dan lain-lain.

**B. Pengumpulan Data**

Mengambil data-data realisasi operasi berupa beban sistem, beban pembangkit, inersia pembangkit, serta topologi Subsistem Sumbagsel dari Sumber PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel.

**C. Perhitungan Aliran Daya**

Menghitung aliran daya pada SUTT 150 kV Baturaja-Bukit Kemuning dengan menggunakan metode operasi pembangkit berdasarkan *merit order*.

**D. Pembuatan Skenario**

Menentukan generator yang dilepas berikut nilai setelan frekuensi dan waktu tunda.

**E. Perhitungan**

Menghitung pengaruh pelepasan SUTT 150 kV Baturaja-Bukit Kemuning sebagai jalur evakuasi daya dari Subsistem Sumsel ke Subsistem Lampung terhadap kenaikan frekuensi serta menghitung pengaruh pelepasan pembangkit terhadap penurunan kembali frekuensi sistem.

**F. Analisa dan Kesimpulan**

Menganalisa keperluan pelepasan generator untuk menurunkan kembali frekuensi dan memberikan kesimpulan dari studi.

**IV. PEMBAHASAN DAN ANALISA**

**A. Pembangkit Subsistem Sumbagsel**

**TABEL 1**  
**PEMBANGKIT SUBSISTEM SUMSEL-BENGGKULU**

No	Pembangkit	Rating (MVA)	DMN (MW)	DMP (MW)	MW min	Inertia (s)	BPP	Kondisi
1	PLTGU INDRALAYA ST 1.0	50	40	23	20	7.04	0	FD
2	PLTA MUSI # 1,2,3	3x87.5	3x70	3x70	3x25	3x7	3x5	Ops
3	PLTA TESS # 1,2	2x0.83	2x0.66	2x0.6	2x0.6	2x4	2x5	Ops
4	PLTA TESS # 3,4,5,6	4x4.9	4x4.4	4x4.3	4x2	4x4	4x5	Ops
5	PLTU BUKIT ASAM # 1,2,3,4	4x81.25	4x60	4x57	4x40	4x4.8	4x461.8	Ops
6	PLTMG PRABUMULIH # 1,2	2x7.5	2x6	2x5.8	2x3	2x1.2	2x490	Ops
7	PLTMG SEWA BORANG	40	33	30	15	3	491.4	Ops
8	PLTMG MUSI II # 1,2,3	3x8	3x6.4	3x4.7	3x3	3x1.5	3x517	Ops
9	PLTMG MUSI II ST	8.75	7	5	4	1.2	517	Ops
10	PLTU SIMPANG BELIMBING # 1,2	2x137.5	2x130	2x113.5	2x80	2x6.8	2x517.4	Ops
11	PLTGU AGP BORANG GT	140	112	100	80	3.4	533.6	Ops
12	PLTGU AGP BORANG ST	62.5	60	50	40	7.04	533.6	Ops
13	PLTGU GUNUNG MEGANG GT.11, GT 1.2	2x50	2x40	2x40	2x25	2x4.8	2x542.1	Ops
14	PLTGU GUNUNG MEGANG ST.10	56.5	40	30	25	7.04	542.1	Ops
15	PLTA LEBONG # 1,2,3	3x4.9	3x4	3x4	3x2	3x4	3x603	Ops
16	PLTMG SAKO # 1,2	2x7.5	2x6	2x5.5	2x3	2x1.2	2x628	Ops
17	PLTU PT BA # 1,2,3	3x12.5	3x10	3x10	3x4	3x4.25	3x656	Ops
18	PLTG LM 6000 BORANG #1,2 (Sewa)	2x46.86	2x33.6	2x33	2x20	2x3.2	2x600.6	Ops
19	PLTGU KRASAN 1,2	2x50	2x45	2x40	2x20	2x3.2	642.6	Ops
20	PLTG LM 2000 BORANG #3	27	20	12	10	4	709.8	Ops
21	PLTU BATURAJA # 1,2	2x15.75	2x10	2x10	2x6	2x4.25	2x787	Ops
22	PLTGU INDRALAYA GT 1.1	64.5	50	26	20	6	898.9	FD
23	PLTGU INDRALAYA GT 1.2	53	40	28	20	6.99	898.9	FD
24	PLTG TALANG DUKUH # 2 LM	50	35	28	15	3.3	934.2	Ops
25	PLTG KERAMASAN # 4	27	20	16	10	2.4	1101.8	Ops
26	PLTG KERAMASAN # 3	26.69	21.4	16	10	6	1168.3	Ops
27	PLTG TALANG DUKUH # 3 TM	33	21.5	14	10	7.04	1168.3	Ops
28	PLTG JKBRG # 1 (CNG)	27	20	17.5	12	3	1168.3	Ops
29	PLTG JKBRG # 2 (CNG)	27	20	17.5	12	3	1189	Ops
30	PLTG JKBRG # 3 (CNG)	27	20	12	12	3	1261.8	Ops
31	PLTG SUNGAI JUARO # 1,2	2x15.75	2x12.6	2x11	2x7	2x5	2x1945	Ops
32	PLTG TALANG DUKUH # 1	27	14	0	0	3	1261.8	OMC
33	PLTG KERAMASAN # 1	17.39	11.8	0	0	6	1261.8	FO
34	PLTG KERAMASAN # 2	17.39	11.8	0	0	6	1634	FO
<b>TOTAL</b>		<b>2096.9</b>	<b>1674.02</b>	<b>1435.1</b>	<b>902.2</b>			

**TABEL 2**  
**PEMBANGKIT SUBSISTEM LAMPUNG**

No	Pembangkit	Rating (MVA)	DMN (MW)	DMP (MW)	MW min	Inertia (s)	BPP	Kondisi
1	PLTA BATUTEGI # 1,2	2x17.86	2x14.8	2x14.2	2x7	2x4	2x5	Ops
2	PLTA BESAI # 1,2	2x53	2x45	2x44.8	2x6	2x4.25	2x5	Ops
3	PLTU SEBALANG # 1	140	105	65	65	4	287	Ops
4	PLTU TARAHAN # 3,4	2x137.5	2x105	2x88.8	2x65	2x4.396	2x287	Ops
5	PLTP ULU BELU #1,2	2x65.5	2x55	2x55	2x40	2x5.5	2x420	Ops
6	PLTU PELABUHAN TARAHAN # 2	8	6	6	4	1.2	787	Ops
7	PLTD TGNGG # 1,2,3	3x11.75	3x6	3x6	3x6	3x1.5	3x2697	Ops
8	PLTD TRHAN # 2	7.96	4	4	4	1.5	2697	Ops
9	PLTD TRHAN # 4,5	2x11	2x4	2x4	2x4	2x1.5	2x2697	Ops
10	PLTD TLBTG # 4,5	2x1.6	2x0.5	2x0.5	2x0.5	2x1.5	2x2697	Ops
11	PLTD TLBTG # 7	5.05	3.5	3.5	3.5	1.5	2697	Ops
12	PLTD SEWA KRUI	5.7	5	5	3	4.5	2753	Ops
13	PLTD SEWA WNSBO	5.7	5	5	3	4	2753	Ops
14	PLTD SEWA TLPDG	11.75	10	7	5	1.5	2753	Ops
15	PLTD SEWA TGNGG	27	20	20	10	3	2753	Ops
16	PLTD SEWA TRHAN	18.1	10	10	5	1.7	2753	Ops
17	PLTD SEWA STAMI	46.86	30	30	15	3.2	2753	Ops
18	PLTD TRHAN # 6	11	4	0	0	1.5	2697	FO
19	PLTD TLBTG # 8	5.05	4	0	0	1.5	2697	FO
20	PLTD TLBTG # 10	7.96	4	0	0	1.5	2697	FO
21	PLTG TARAHAN	27	21.4	0	0	7.04	5103.4	FO
22	PLTU G. SUGIH#1,2	2x8.75	2x7	2x0	2x0	2x1.2	2x787	Belum COD
23	PLTU PELABUHAN TARAHAN # 1	8	6	0	0	1.2	787	FO
<b>Total</b>		<b>992.3</b>	<b>738.5</b>	<b>608.1</b>	<b>392.5</b>			

Sumber : PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel

Keterangan : FO = *Forced Outage*/ gangguan

Ops = Operasi  
 FD = *Forced derating* (pengurangan beban dikarenakan kondisi internal unit maupun kendala eksternal unit)

**B. Beban Subsistem Sumbagsel**

**TABEL 3**  
**BEBAN SUBSISTEM SUMSEL-BENGGULU DAN SUBSISTEM LAMPUNG**

TIPE	Tanggal	WBP					LWBP				
		Pukul (tertinggi)	Sumbagsel	Beban Subsistem Sumsel-Bengkulu*	Beban Subsistem Lampung**	Beban GI BTRJA	Pukul (terendah)	Sumbagsel	Beban Subsistem Sumsel-Bengkulu*	Beban Subsistem Lampung**	
Hari Libur	12 Jan'14	20:00	1321	698.9	622.1	34.9	15:00	804	488	316	
Hari Kerja	14 Feb'14	19:30	1584	859.9	724.1	56.9	4:30	979	516.7	462.3	
Hari Khusus	01 Jan'14	19:30	1247	735	512	40	14:30	804	357	447	

Sumber : PT PLN (Persero) UPB Sumbagsel

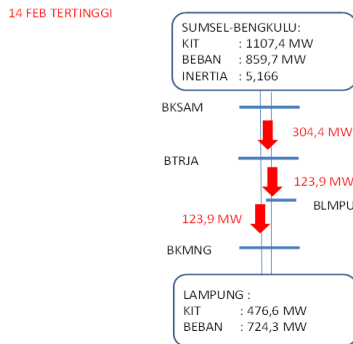
Keterangan :

\* Termasuk beban GI Baturaja

\*\* Tidak termasuk beban GI Baturaja

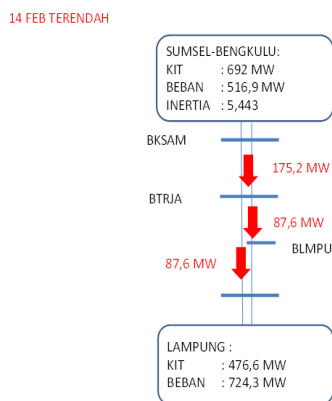
**C. Transfer Daya Subsistem Sumbagsel**

**1. Transfer Daya Beban Hari Kerja WBP**



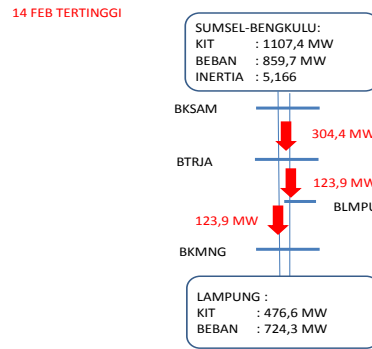
Gambar 1. Trf Daya Beban Hari Kerja WBP

**2. Transfer Daya Beban Hari Kerja LWBP**



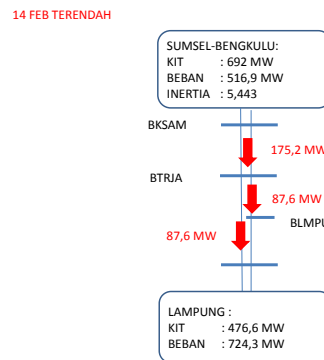
Gambar 2. Trf Daya Beban Hari Kerja LWBP

**3. Transfer Daya Beban Hari Libur WBP**



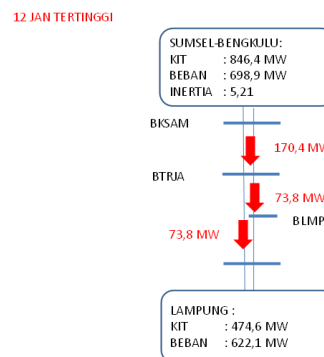
Gambar 3. Trf Daya Beban Hari Libur WBP

**4. Transfer Daya Beban Hari Libur LWBP**



Gambar 4. Trf Daya Beban Hari Libur LWBP

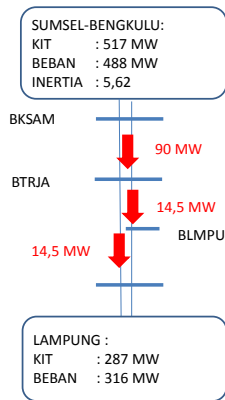
**5. Transfer Daya Beban Hari Khusus WBP**



Gambar 5. Trf Daya Beban Hari Khusus WBP

6. Transfer Daya Beban Hari Khusus LWBP

12 JAN TERENDAH



Gambar 6. Trf Daya Beban Hari Khusus LWBP

D. Skema Pelepasan Generator

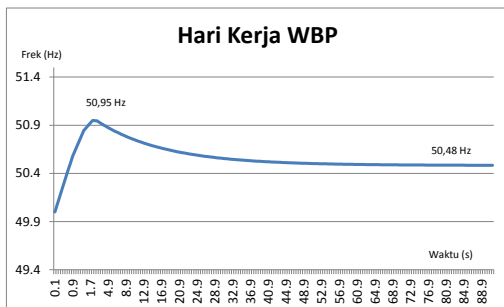
Skema pelepasan generator yang dirancang penulis sebagai berikut :

TABEL 4  
SKENARIO PELEPASAN GENERATOR

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	DMN	Waktu Tunda	df/dt
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	70	Instant	-
2	50,5 Hz	PLTA Musi #2	70	delay 0.5 s	-
		PLTA Tes 4 Unit	17.6	delay 0.5 s	-
3	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 4	60	delay 0.5 s	-
		PLTG TALANG DUKUH # 2 LM	35	delay 0.5 s	-
		PLTG KERAMASAN # 4	20	delay 0.5 s	-
4	50,7 Hz	PLTGU KRSAN 2	45	delay 1.0 s	≥0,01 Hz/sec
5	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 3	56	delay 1.5 s	≥0,01 Hz/sec
		PLTGU GUNUNG MEGANG ST.10	30	delay 1.5 s	≥0,01 Hz/sec
		PLTMG SAKO # 1,2	11	delay 1.5 s	≥0,01 Hz/sec
		PLTMG PRABUMULIH # 1	11.6	delay 1.5 s	≥0,01 Hz/sec

E. Hasil Perhitungan Respon Frekuensi

1. Hari kerja WBP

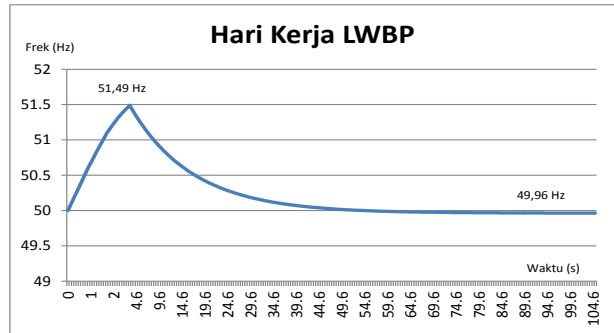


Gambar 7. Respon Frekuensi Hari Kerja WBP

TABEL 5  
SKENARIO PELEPASAN KIT HARI KERJA WBP

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	Beban (MW)	Waktu Tunda	df/dt	Waktu Pick-up (sec)
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	70	Instant	-	0.7
2	50,5 Hz	PLTA Musi #2	70	delay 0.5 s	-	1.2
		PLTA Tes 4 Unit	17.2	delay 0.5 s	-	1.2
3	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 4	57	delay 0.5 s	-	2
		PLTG TALANG DUKUH # 2 LM	15	delay 0.5 s	-	2
		PLTG KERAMASAN # 4	10	delay 0.5 s	-	2
		TOTAL	239.2			

2. Hari kerja LWBP

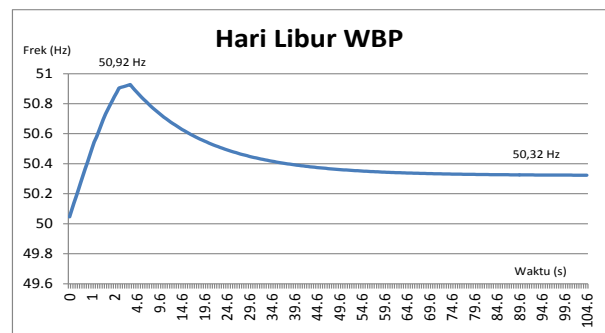


Gambar 8. Respon Frekuensi Hari Kerja LWBP

TABEL 6  
SKENARIO PELEPASAN KT HARI KERJA LWBP

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	Beban (MW)	Waktu Tunda	df/dt	Waktu Pick-up (sec)
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	25	Instant	-	0.8
2	50,5 Hz	PLTA Musi #2	0	delay 0.5 s	-	1.3
		PLTA Tes 4 Unit	8.6	delay 0.5 s	-	1.3
3	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 4	40	delay 0.5 s	-	1.6
		PLTG TALANG DUKUH # 2 LM	0	delay 0.5 s	-	1.6
		PLTG KERAMASAN # 4	0	delay 0.5 s	-	1.6
4	50,7 Hz	PLTGU KRSAN 2	20	delay 1.0 s	0,1 Hz/sec	2.1
5	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 3	40	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.6
		PLTGU GUNUNG MEGANG ST.10	25	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.6
		PLTMG SAKO # 1,2	11	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.6
		PLTMG PRABUMULIH # 1	6	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.6
		TOTAL	175.6			

3. Hari Libur WBP

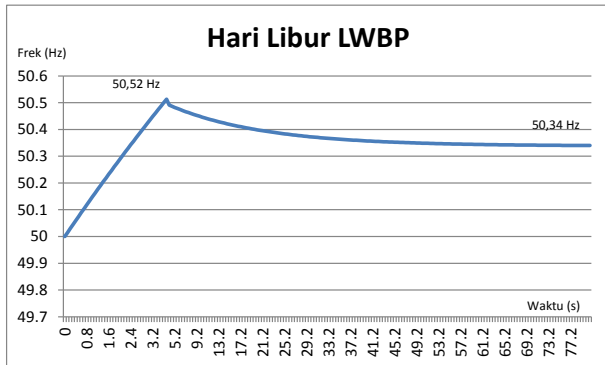


Gambar 9. Respon Frekuensi Hari Libur WBP

**TABEL 7**  
**SKENARIO PELEPASAN PEMBANGKIT HARI LIBUR WBP**

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	Beban (MW)	Waktu Tunda	df/dt	Waktu Pick-up (sec)
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	25	Instant	-	1.1
2	50,5 Hz	PLTA Musi #2	25	delay 0.5 s	-	1.6
		PLTA Tes 4 Unit	8	delay 0.5 s	-	1.6
3	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 4	40	delay 0.5 s	-	2.2
		PLTG TALANG DUKUH # 2 LM	15	delay 0.5 s	-	2.2
		PLTG KERAMASAN # 4	10	delay 0.5 s	-	2.2
4	50,7 Hz	PLTGU KRSAN 2	20	delay 1.0 s	0,1 Hz/sec	2.7
		TOTAL	143			

4. Hari Libur LWBP

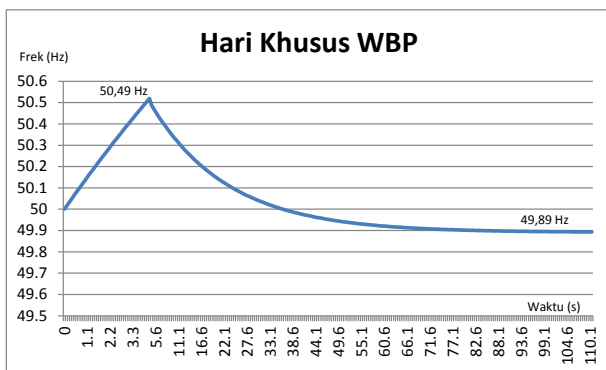


Gambar 10. Respon Frekuensi Hari Libur LWBP

**TABEL 8**  
**SKENARIO PELEPASAN PEMBANGKIT HARI LIBUR LWBP**

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	Beban (MW)	Waktu Tunda	df/dt	Waktu Pick-up (sec)
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	25.7	Instant	-	3.6
		TOTAL	25.7			

5. Hari Khusus WBP

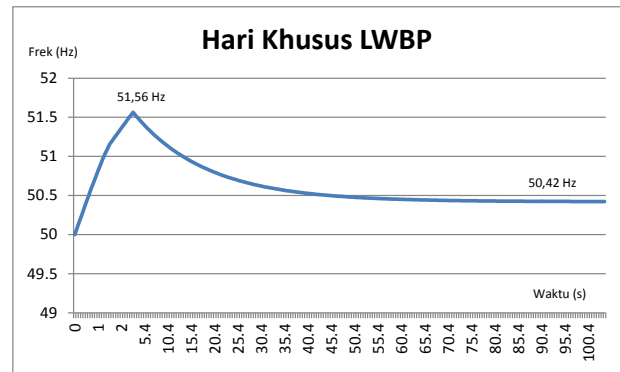


Gambar 11. Respon Frekuensi Hari Khusus WBP

**TABEL 9**  
**SKENARIO PELEPASAN PEMBANGKIT HARI KHUSUS WBP**

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	Beban (MW)	Waktu Tunda	df/dt	Waktu Pick-up (sec)
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	43	Instant	-	4
		TOTAL	43			

6. Hari Khusus LWBP



Gambar 12. Respon Frekuensi Hari Khusus LWBP

**TABEL 10**  
**SKENARIO PELEPASAN PEMBANGKIT HARI KHUSUS LWBP**

Tahap	Setelan Frekuensi	Unit Pembangkit	Beban (MW)	Waktu Tunda	df/dt	Waktu Pick-up (sec)
1	50,5 Hz	PLTA Musi #1	25.7	Instant	-	0.6
2	50,5 Hz	PLTA Musi #2	25.7	delay 0.5 s	-	1.1
		PLTA Tes 4 Unit	8.6	delay 0.5 s	-	1.1
3	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 4	40	delay 0.5 s	-	1.4
		PLTG TALANG DUKUH # 2 LM	0	delay 0.5 s	-	1.4
		PLTG KERAMASAN # 4	0	delay 0.5 s	-	1.4
4	50,7 Hz	PLTGU KRSAN 2	0	delay 1.0 s	0,1 Hz/sec	1.9
5	50,7 Hz	PLTU BUKIT ASAM # 3	40	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.4
		PLTGU GUNJUNG MEGANG ST.10	0	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.4
		PLTMG SAKO # 1,2	11	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.4
		PLTMG PRABUMULIH # 1	6	delay 1.5 s	0,1 Hz/sec	2.4
		TOTAL	157			

6. Pembahasan

**TABEL 11**  
**RESUME HASIL PERHITUNGAN**

KONDISI	HARI KERJA WBP	HARI KERJA LWBP	HARI LIBUR WBP	HARI LIBUR LWBP	HARI KHUSUS WBP	HARI KHUSUS LWBP
BEBAN SUBSISTEM SUMSEL-BENGKULU (MW)	859.9	516.8	698.9	488	735	357
PEMBANGKIT SUMSEL-BENGKULU (MW)	1107.4	692	846.4	517	776.4	517
BEBAN SUBSISTEM LAMPUNG (MW)	724.1	462.2	622.1	316	512	447
TRANSFER (MW)	247.5	175.2	147.5	29.0	41.4	160
KENAIKAN FREKUENSI (Hz/sec)	0.734	0.6908	0.4628	0.1509	0.1390	0.839
FREKUENSI TERTINGGI (Hz)	50.98	51.48	50.96	50.50	50.49	51.34
JUMLAH TAHAP PELEPASAN	3	5	4	1	1	5
BESAR PELEPASAN PEMBANGKIT (MW)	239.2	175.6	143	25.7	43	157
PENURUNAN FREKUENSI (Hz/sec)	-0.0334	-0.1126	-0.0395	-0.0092	-0.0326	-0.0766
FREKUENSI STABIL (Hz)	50.48	49.96	50.32	50.34	49.89	50.42

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pada hari kerja WBP, kehilangan transfer sebesar 247,7 MW terjadi kenaikan frekuensi tertinggi sebesar 50,95 Hz, dilakukan pelepasan generator dengan total beban sebesar 239,2 MW dalam tiga tahap sehingga frekuensi akhir menjadi 50,48 Hz.
2. Pada hari kerja LWBP, kehilangan transfer sebesar 175,2 MW terjadi kenaikan frekuensi tertinggi sebesar 51,49 Hz, dilakukan pelepasan generator

dengan total beban sebesar 175,6 MW dalam lima tahap sehingga frekuensi akhir menjadi 49,96 Hz.

3. Pada hari libur WBP, kehilangan transfer sebesar 147,5 MW terjadi kenaikan frekuensi tertinggi sebesar 50,92 Hz, dilakukan pelepasan generator dengan total beban sebesar 175,6 MW dalam empat tahap sehingga frekuensi akhir menjadi 50,32 Hz.
4. Pada hari libur LWBP, kehilangan transfer sebesar 29 MW terjadi kenaikan frekuensi tertinggi sebesar 50,52 Hz, dilakukan pelepasan generator dengan total beban sebesar 25,7 MW dalam satu tahap sehingga frekuensi akhir menjadi 50,34 Hz.
5. Pada hari khusus WBP, kehilangan transfer sebesar 41,4 MW terjadi kenaikan frekuensi tertinggi sebesar 50,49 Hz, dilakukan pelepasan generator dengan total beban sebesar 43 MW dalam satu tahap sehingga frekuensi akhir menjadi 49,89 Hz.
6. Pada hari khusus LWBP, kehilangan transfer sebesar 160 MW terjadi kenaikan frekuensi tertinggi sebesar 51,56 Hz, dilakukan pelepasan generator dengan total beban sebesar 157 MW dalam lima tahap sehingga frekuensi akhir menjadi 50,42 Hz.

#### B. Saran

Hasil perhitungan ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk PLN dalam menentukan skema pelepasan generator untuk mengantisipasi gangguan frekuensi berlebih pada Subsistem Sumsel-Bengkulu saat terjadi gangguan pada Pht 150 kV Baturaja-BlambanganUmpu-Bukit Kemuning.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marsudi, Djiteng. 2005. *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- [2] Marsudi, Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Penerbit Graha Ilmu
- [3] Nugraheni, Ari. (2011). *Simulasi Pelepasan Beban Dengan Menggunakan Rele Frekuensi Pada Sistem Tenaga Listrik CNOOC SES Ltd*. Skripsi sarjana UI.
- [4] Mawar, Sri. (2009). *Pelepasan Beban Menggunakan Under Frequency Relay Pada Pusat Pembangkit Tello (online)*. Vol. 12, No. 2, 7 halaman. Tersedia : <http://puslit2.petra.ac.id> [15 Juni 2014].
- [5] Tim Pusdiklat PLN. *Pengaturan Frekuensi, PT PLN (Persero) Pusat Pendidikan dan Pelatihan*, 2009.