

Analisis Kestabilan Transien di PT. Petrokimia Gresik Akibat Integrasi Pabrik I, II, III, Unit Batu Bara dan PLN Menggunakan Sistem Distribusi Ring

Muhammad Wimas Adhyatma, Margo Pujiantara, dan Ardyono Priyadi
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: margo@ee.its.ac.id, priyadi@ee.its.ac.id

Abstrak — Kestabilan transien merupakan kemampuan sistem tenaga listrik untuk mempertahankan sinkronisasi dan keseimbangan daya pembangkitan dengan daya pembebanan dalam sistem. Dalam keadaan ini, semua generator berputar pada kecepatan sinkron. Gangguan-gangguan besar yang terjadi secara tiba-tiba seperti lepasnya pembangkit, *starting motor* daya besar, dan hubung singkat mampu mengakibatkan percepatan ataupun perlambatan putaran rotor sehingga hilangnya sinkronisasi dapat terjadi pada sistem kelistrikan.

Integrasi pada sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik menggunakan sistem distribusi ring memiliki kelebihan yaitu penyaluran daya listrik yang dapat disuplai melalui dua generator atau lebih. Respon kestabilan sistem tenaga listrik di PT. Petrokimia Gresik dilakukan untuk mengetahui respon sistem akibat adanya gangguan secara tiba-tiba sehingga rekomendasi kestabilan yang handal dapat ditentukan.

Respon kestabilan pada periode transien dapat diamati melalui respon frekuensi, tegangan, dan sudut rotor pada kondisi normal maupun gangguan. Untuk mengetahui batas kestabilan yang baik pada sistem kelistrikan suatu industri, maka ditetapkan standar batas kemampuan normal frekuensi, tegangan, dan sudut rotor. Standar yang digunakan mengacu pada IEEE Std C37.106-2003 (Revisi dari ANSI/IEEE C37.106-1987) mengenai pengamanan frekuensi abnormal turbin dengan menggunakan metode pelepasan beban.

Kata Kunci — Kestabilan Transien, Pelepasan Beban, PT. Petrokimia Gresik, Distribusi Ring

I. PENDAHULUAN

Keseimbangan daya antara kebutuhan beban dengan pembangkitan generator merupakan salah satu ukuran kestabilan operasi sistem tenaga listrik. Pada pengoperasian sistem tenaga listrik, hampir setiap saat akan selalu terjadi perubahan kapasitas dan letak beban dalam sistem yang sedang beroperasi. Perubahan tersebut mengharuskan setiap pembangkit menyesuaikan daya keluarannya melalui kendali governor maupun eksitasi mengikuti perubahan beban sistem. Jika hal ini tidak dilakukan maka mampu menyebabkan keseimbangan daya dalam sistem terganggu dan efisiensi pengoperasian sistem menurun sehingga mengakibatkan kinerja sistem memburuk, berdasarkan referensi [1].

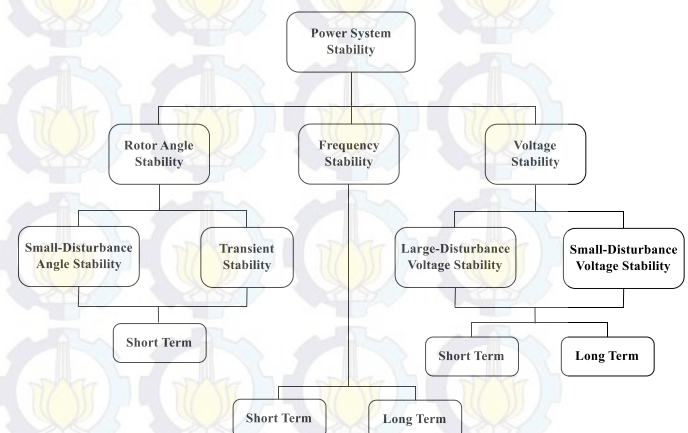
II. KESTABILAN SISTEM TENAGA LISTRIK

A. Definisi Kestabilan Transien

Dalam keadaan operasi yang stabil dari sistem tenaga listrik terdapat keseimbangan antara daya mekanis pada *prime mover* dengan daya listrik/beban listrik pada sistem. Dalam keadaan ini semua generator berputar pada kecepatan sinkron. Hal ini terjadi bila setiap kenaikan dan penurunan beban harus diikuti dengan perubahan daya *input* mekanis pada *prime mover* dari generator-generator. Bila daya *input* mekanis tidak cepat mengikuti dengan perubahan beban dan rugi-rugi sistem maka kecepatan rotor generator (frekuensi sistem) dan tegangan akan menyimpang dari keadaan normal terutama jika terjadi gangguan, maka sesaat terjadi perbedaan yang besar antara daya mekanis pada generator dan daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Kelebihan daya mekanis terhadap daya listrik mengakibatkan percepatan pada putaran rotor generator atau sebaliknya, bila gangguan tersebut tidak dihilangkan segera maka percepatan dan perlambatan putaran rotor generator akan mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dalam sistem, berdasarkan referensi [2].

B. Klasifikasi Kestabilan Transien

Berdasarkan sifat fisik dari fenomena, stabilitas sistem tenaga dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori seperti pada Gambar 1, yaitu, berdasarkan referensi [3]:



Gambar 1. Klasifikasi kestabilan sistem tenaga listrik

1. Kestabilan Frekuensi (Frequency Stability)

Kestabilan frekuensi mengacu pada kemampuan sistem untuk tetap mempertahankan nilai frekuensi nominal agar tetap stabil mengikuti perubahan sistem yang berubah secara tiba-tiba akibat ketidakseimbangan pasokan daya pembangkit dengan daya yang diserap beban, berdasarkan referensi [4].

2. Kestabilan Tegangan (Voltage Stability)

Stabilitas tegangan mengacu pada kemampuan suatu sistem tenaga untuk mempertahankan tegangan pada kondisi stabil pada semua bus dalam sistem tenaga listrik setelah terjadi gangguan dari kondisi operasi awal. Hal ini tergantung pada kemampuan untuk mempertahankan /mengembalikan keseimbangan antara permintaan beban dan suplai beban dari sistem tenaga listrik.

3. Kestabilan Sudut Rotor (Rotor Angle Stability)

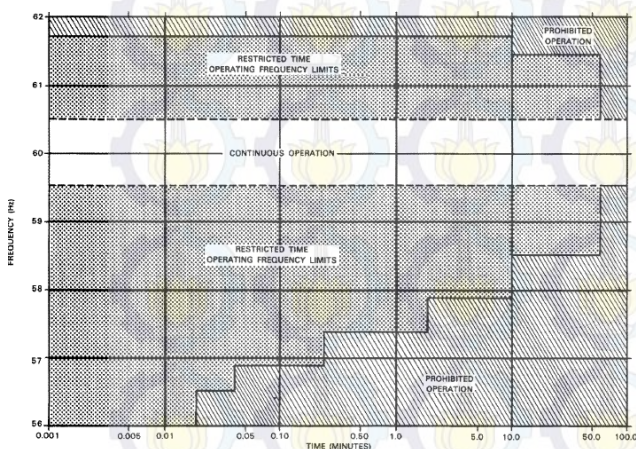
Stabilitas sudut rotor mengacu pada kemampuan mesin sinkron yang saling berhubungan/terinterkoneksi untuk tetap berada pada kondisi sinkron setelah mengalami gangguan. Hal ini tergantung pada kemampuan untuk mempertahankan /mengembalikan keseimbangan antara torsi elektromagnetik dan torsi mekanik setiap mesin sinkron dalam sistem tersebut., berdasarkan referensi [4].

C. Standar Kestabilan Transien

Dalam penerapannya, kestabilan transien disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak/software untuk mengetahui keadaan sistem sesaat setelah terjadi gangguan. Aturan mengenai kestabilan transien menggunakan standar internasional sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk analisis sistem tenaga listrik.

1. Standar Kemampuan Frekuensi Abnormal Turbin

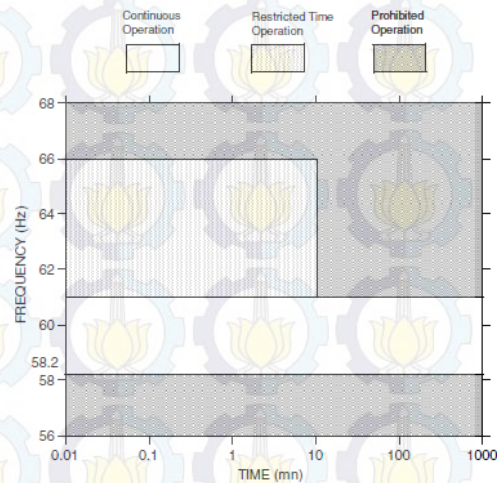
Setiap produsen mampu memberikan karakteristik operasi normal terhadap peralatan yang dibuatnya. Pada turbin uap misalnya, produsen umumnya memiliki data berupa batas kemampuan turbin ketika beroperasi. Batasan ini digunakan sebagai antisipasi perlindungan peralatan sehingga resiko kerusakan dapat dihindari. Gambar 2 merupakan standar kemampuan frekuensi abnormal pada turbin uap, berdasarkan referensi [4].



Gambar 2. Standar batas operasi turbin uap (Over/Under Frequency)

Pada gambar tersebut, batas frekuensi antara 59,5 Hz – 60,5 Hz merupakan batas normal operasi turbin uap. Sedangkan batas frekuensi diatas 60,5 Hz dan dibawah 59,5 Hz adalah batas larangan turbin uap beroperasi. Batas frekuensi yang telah disebutkan sebelumnya, merupakan batas frekuensi standar 60 Hz. Jika dikonversi menjadi standar 50 Hz maka 59,5 Hz akan menjadi 49,58 Hz atau sekitar 99,16%. Sedangkan 60 Hz menjadi 50,42 Hz atau sekitar 100,83 Hz.

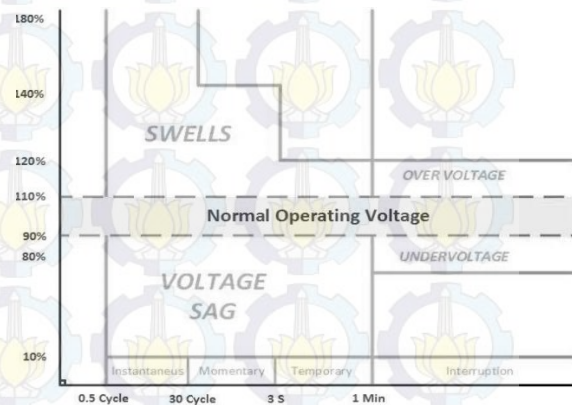
Penerapan batas frekuensi bawah memiliki kesamaan dengan penerapan batas frekuensi bawah pada turbin uap. Namun, terdapat perbedaan pada desain turbin serta adanya pembakaran yang mengakibatkan persyaratan perlindungan juga berbeda. Pada Gambar 3 berikut ini merupakan standar batas operasi pada gas turbin.



Gambar 3. Standar batas operasi gas turbin (Over/Under Frequency)

2. Standar Batas Operasi Tegangan

Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebagai penyedia listrik di Indonesia, memiliki standar mengenai batas tegangan operasi yang harus dipenuhi untuk penggunaan di industri. Pada Gambar 4 berikut ini merupakan batas operasi normal tegangan pada kondisi transien hingga *steady state*.



Gambar 4. Standar batas operasi tegangan kestabilan transien

Standar tegangan nominal dalam kondisi normal yang diperbolehkan oleh PLN yaitu:

- 500 kV + 5%, -5%
- 150 kV + 5%, -10%
- 70 kV + 5%, -10%
- 20 kV + 5%, -10%

3. Standar Pelepasan Beban (Load Shedding)

Berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987, terdapat 2 skema pelepasan beban ketika terjadi gangguan antara lain adalah pelepasan beban 3 langkah dan pelepasan beban 6 langkah. Tabel 1 dan 2 berikut adalah pelepasan beban 3 langkah dan pelepasan beban 6 langkah, berdasarkan referensi [4].

Tabel 1. Standar pelepasan beban 3 langkah

Step	Frequency Trip Point		Percent	Percent of Load Shedding (%)	Fixed Time Delay (Cycles) on Relay
	60 Hz	50 Hz			
1	59,3	49,42	98,84%	10	6
2	58,9	49,08	98,16%	15	6
3	58,5	48,75	97,5%	As required to arrest decline before 58,2 Hz	

Tabel 2. Standar pelepasan beban 6 langkah

Step	Frequency Trip Point		Percent	Percent of Load Shedding (%)	Fixed Time Delay (Cycles) on Relay
	60 Hz	50 Hz			
1	59,5	49,58	99,16%	10	6
2	59,2	49,33	98,66%	10	6
3	58,8	49	98%	5	6
4	58,8	49	98%	5	14
5	58,4	48,67	97,34%	5	14
6	58,4	48,67	97,34%	5	21

III. SISTEM KELISTRIKAN PT. PETROKIMIA GRESIK

A. Sistem Kelistrikan di PT. Petrokimia Gresik

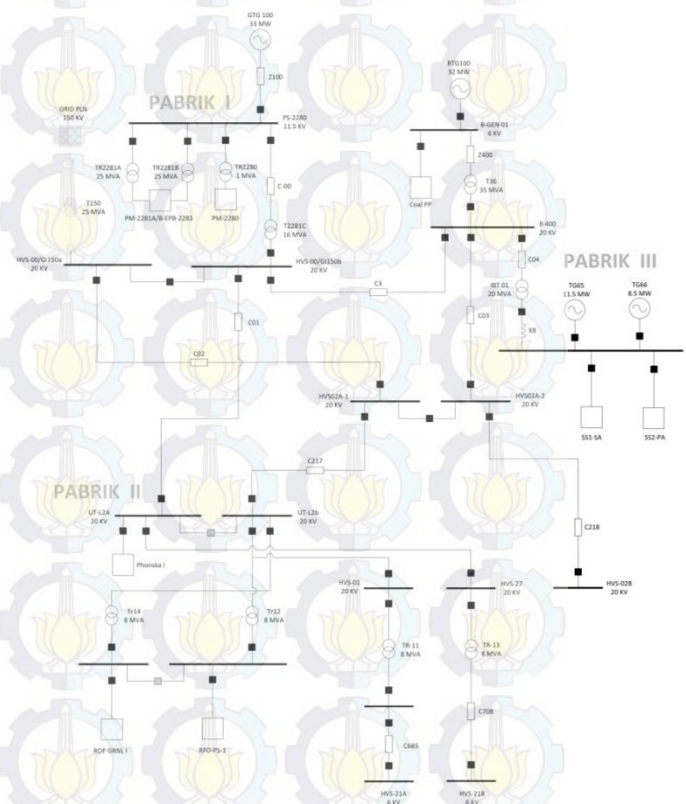
Kegiatan operasional di PT. Petrokimia Gresik memerlukan pembangkit listrik yang cukup untuk melayani kebutuhan daya beban selama proses produksi. Data spesifikasi generator yang digunakan di PT. Petrokimia seperti yang terlampir pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Data spesifikasi generator di PT. Petrokimia Gresik

No.	Spesifikasi	Generator ID				
		GTG 100	BTG100	TG 65	TG 66	DE - 2283
1.	Rating Daya (MW)	33	32	11,5	8,5	0,9
2.	Tegangan (kV)	11,5	6	6	6	0,38
3.	Kutub	4	2	4	4	4
4.	Faktor Daya	80%	80%	80%	80%	85%
5.	Tipe Exciter	DC1	ST1	ST1	ST1	-
6.	Tipe Governor	GT	ST	2301	2301	-
7.	Mode	Droop	Droop	Droop	Droop	Droop

Oleh karena itu, PT. Petrokimia Gresik mengoperasikan *Gas Turbine Generator (GTG Plant-I)* dengan daya sebesar

1x33 MW, *Steam Turbine Generator (STG Plant-III)* 1x11,5 MW dan 1x8,5 MW serta Daya dari PLN. Pada tahun 2010, PT. Petrokimia Gresik berupaya meningkatkan keandalan dengan menambahkan satu unit pembangkit *Steam Turbine Generator (STG UBB Plant)* sebesar 1x32 MW untuk meningkatkan keandalan dan *spinning reserve*. Unit-unit pembangkit tersebut akan diintegrasikan langsung ke sistem tegangan 20 KV. Berikut pada Gambar 5 yaitu sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik.



Gambar 5. Sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik

B. Motor Induksi MC-1301 (4000 kW) di PT. Petrokimia Gresik

Proses produksi pupuk maupun non-pupuk di Pabrik III, banyak digunakan motor-motor listrik sebagai alat produksinya. Salah satu motor tegangan menengah yang digunakan yaitu motor dengan *equipment id* MC-1301 (4000 kW). Di Pabrik III, MC-1301 merupakan *air blower* yang berfungsi untuk pembakaran (pemanasan) sulfur di tabung pembakaran.

IV. HASIL SIMULASI & ANALISIS KESTABILAN TRANSIEN DI PT. PETROKIMIA GRESIK

A. Perencanaan Studi Kasus PT. Petrokimia Gresik

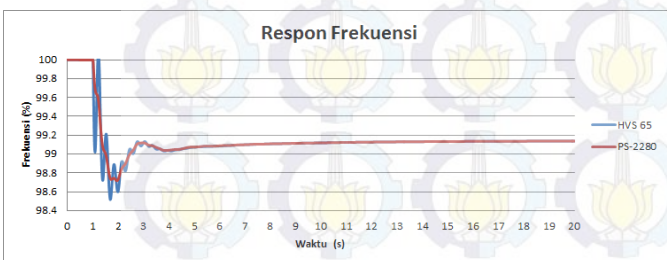
Pengujian sistem terhadap gangguan berfungsi untuk mengetahui respon sistem terhadap gangguan-gangguan yang mungkin terjadi. Gangguan-gangguan yang akan dilakukan antara lain adalah gangguan generator lepas, *starting motor*, dan hubung singkat. Studi kasus yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini secara umum seperti pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Studi kasus sistem pada PT. Petrokimia Gresik

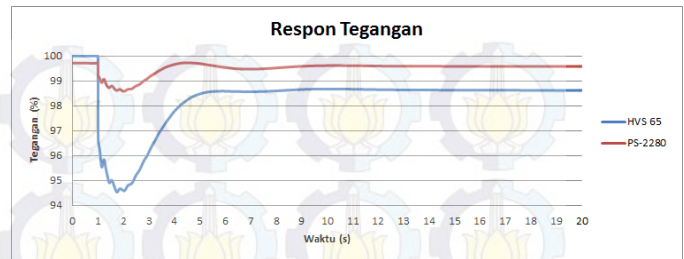
No.	Studi Kasus	Keterangan
1.	1Gen.OFF	Generator TG65 lepas dari sistem.
2.	1Gen.OFF + Load shedding (LS1)	Generator TG65 lepas dari sistem kemudian dilanjutkan dengan pelepasan beban 1.
3.	2Gen.OFF	Generator TG65 & TG66 lepas dari sistem.
4.	2Gen.OFF + Load shedding 1 (LS1)	Generator TG65 & TG66 lepas dari sistem kemudian dilanjutkan dengan pelepasan beban (1 langkah).
5.	2Gen.OFF + Load shedding 2 (LS2)	Generator TG65 & TG66 lepas dari sistem kemudian dilanjutkan dengan pelepasan beban (2 langkah).
6.	1 Motor Start (MS1)	Motor ID MC-1301 (4000 kW) pada bus SS#1-SA start saat 1 detik setelah sistem berjalan.
7.	Hubung Singkat 1 / Short Circuit 1 (SC1)	Gangguan hubung singkat 1 pada bus HVS 65 (6 kV) kemudian dilanjutkan dengan CB CB 01-HVS-02 2 open 0,3 detik setelah terjadi gangguan.
8.	Hubung Singkat 2 / Short Circuit 2 (SC2)	Gangguan hubung singkat 2 pada bus HVS-27 (20 kV) kemudian dilanjutkan dengan CB 02CB33 open 0,3 detik setelah terjadi gangguan.

B1. 1Gen.OFF : 1 generator lepas dari sistem ($t=1s$)

Pada kasus 1Gen.OFF ditunjukkan bahwa generator TG65 OFF ketika sistem berjalan selama 1 detik dengan asumsi semua pembangkit ON kecuali pembangkit PLN. Respon frekuensi dan tegangan akan diamati melalui simulasi transien pada software ETAP 12.6 pada bus PS-2280 (11,5 kV) dan bus HVS 65 (6 kV). Berikut pada Gambar 6 merupakan respon frekuensi ketika 1 generator lepas dari sistem.

**Gambar 6.** Respon frekuensi ketika generator TG65 lepas dari sistem.

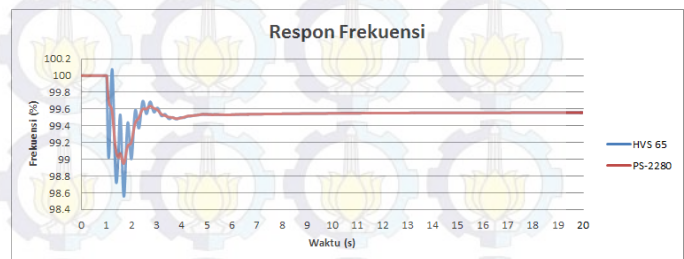
Pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa sistem mengalami gangguan ketika sistem sedang berjalan selama 1 detik dengan lama simulasi transien adalah 20 detik. Respon frekuensi sistem mengalami penurunan terendah yaitu sebesar 98,517% di 1,681 detik. Penurunan frekuensi secara drastis ini diakibatkan oleh lepasnya generator pada sistem dengan daya suplai generator ke sistem sebesar 10 MW. Berdasarkan data di atas, respon frekuensi tersebut belum memenuhi standar ANSI/IEEE C37.106-1987 sehingga perlu dilakukan pelepasan beban untuk memperbaiki respon frekuensi akibat gangguan tersebut.

**Gambar 7.** Respon tegangan ketika generator TG65 lepas dari sistem.

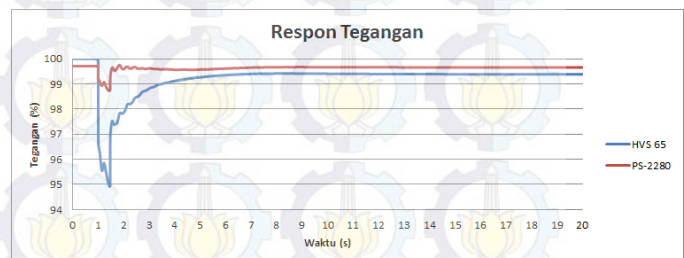
Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa tegangan sistem pada bus HVS 65 (6 kV) mengalami penurunan hingga mencapai 94,5478% di 1,751 detik. Respon tegangan sistem masih berada pada kondisi aman sehingga sistem dapat beroperasi pada keadaan tegangan di atas.

B2. 1Gen.OFF + LS1: 1 generator lepas dari sistem ($t=1s$) + load shedding 1 (LS1)

Pada kasus 1Gen.OFF + LS1 akan ditunjukkan hasil simulasi analisis kestabilan transien menggunakan pelepasan beban sebesar 10% dari beban total berdasarkan ANSI/IEEE C37.106-1987.

**Gambar 8.** Respon frekuensi ketika generator TG65 lepas dari sistem dan pelepasan beban 1 (LS1).

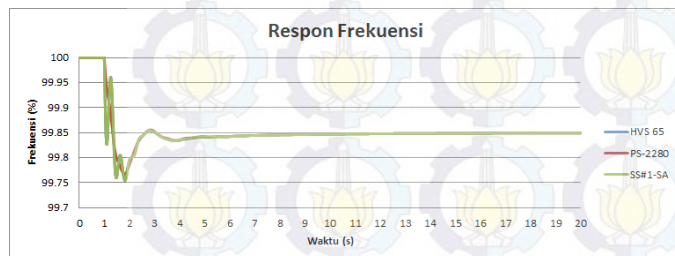
Pada Gambar 8 dapat diketahui bahwa frekuensi pada bus HVS 65 berosilasi akibat pelepasan beban sebesar 5,5 MW hingga mencapai titik paling rendah yaitu sebesar 98,5579% pada 1,682 detik dan mencapai titik tertinggi pada 100,075% pada 1,211 detik. Pelepasan beban dilakukan ketika frekuensi sistem berada pada 98,812% di 1,351 detik. Pelepasan beban pertama membutuhkan waktu 6 cycle atau 0,12 detik. Sehingga, pelepasan beban sistem dilakukan pada $1,351 + 0,12 = 1,471$ detik. Berdasarkan hasil pelepasan beban pertama, frekuensi sistem mengalami osilasi tertinggi hingga melebihi batas 100% dan frekuensi *steady state* pada 99,5319% di 5,562 detik. Respon ini masih dalam kondisi yang aman berdasarkan standar frekuensi.

**Gambar 9.** Respon tegangan ketika generator TG65 lepas dari sistem dan pelepasan beban 1 (LS1).

Pada Gambar 9, dapat diketahui respon tegangan pada bus HVS 65 paling rendah terjadi pada 94,9145% pada 1,451 detik kemudian mulai naik hingga mengalami *steady state* pada 99,3901% di 6,762 detik. Berdasarkan respon tegangan tersebut, maka sistem diizinkan beroperasi pada keadaan ini.

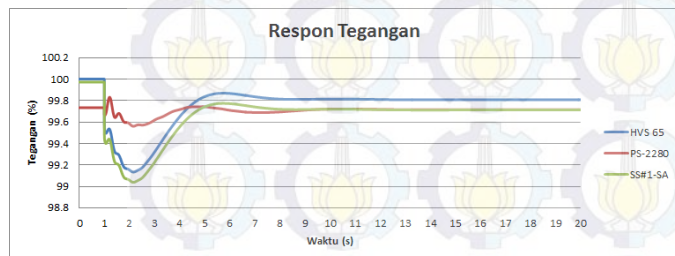
C. *MS1 : 1 motor berputar ketika sistem beroperasi selama 1 detik ($t=1s$)*

Pada kasus MS1 yaitu motor yang akan beroperasi merupakan motor induksi tiga fasa dengan ID motor yaitu MC-1301 yang memiliki kapasitas daya 4000 kW. Berikut pada Gambar 10 akan dilihat respon frekuensi sistem ketika motor di-start.



Gambar 10. Respon frekuensi ketika motor MC-1301 start dari sistem.

Pada Gambar 10 dapat diketahui bahwa penurunan frekuensi tersebut berada pada titik terendah yaitu 99,7546% di 1,821 detik. Sedangkan kenaikan frekuensi tertinggi setelah start motor berada pada 99,9611% di 1,251 detik. Berdasarkan standar frekuensi yang telah ditetapkan, respon frekuensi ini masih berada dalam kondisi aman.



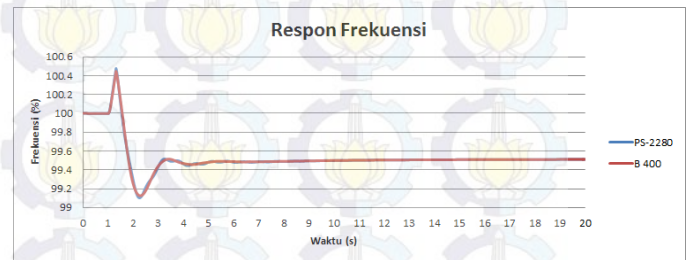
Gambar 11. Respon tegangan ketika motor MC-1301 start dari sistem.

Pada Gambar 11, penurunan tegangan terendah yang terjadi akibat adanya start motor MC-1301 adalah 99,0378% di 2,151 detik. Sedangkan respon keadaan *steady state* pada bus SS#1-SA setelah motor dihubungkan ke sistem yaitu terdapat pada 99,7157% di 8,451 detik. Berdasarkan kondisi respon tegangan tersebut, respon tegangan masih berada pada kategori aman.

D. *SC1 : Hubung Singkat / Short Circuit 1 (SC1)*

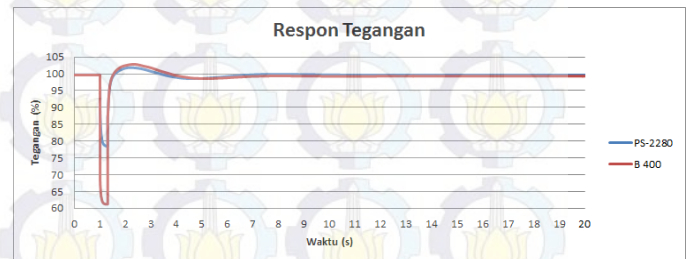
Pada kasus hubung singkat 1, diasumsikan terjadi hubung singkat pada bus HVS 65 (6 kV) setelah sistem beroperasi selama 1 detik. *Circuit breaker* beroperasi seketika yaitu sebesar 0,3 detik ketika bus mengalami hubung singkat tiga fasa untuk mengamankan sistem. Respon frekuensi dan tegangan akan diamati dengan mempertimbangkan standar

frekuensi dan tegangan. Berikut pada Gambar 12 adalah respon frekuensi pada kasus hubung singkat 1.



Gambar 12. Respon frekuensi ketika bus HVS 65 mengalami gangguan hubung singkat.

Pada Gambar 12 dapat diketahui frekuensi menyentuh angka tertinggi pada 100,446% di 1,301 detik. Gangguan tersebut kemudian dilepaskan dari sistem saat 0,3 detik dengan membuka CB TG9 untuk melindungi sistem agar tetap dapat beroperasi sehingga respon frekuensi turun sesaat kemudian berosilasi hingga kondisi sistem stabil pada 99,4844% di 6,361 detik.



Gambar 13. Respon tegangan ketika bus HVS 65 mengalami gangguan hubung singkat.

Pada Gambar 13 dapat dianalisis bahwa tegangan pada pusat gangguan turun drastis akibat adanya gangguan. Untuk mempertahankan sistem, maka gangguan hubung singkat di bus HVS 65 harus segera dihilangkan dengan cara membuka CB pada daerah yang mengalami gangguan yaitu CB TG9. Respon tegangan ketika sistem pada bus HVS 65 dilepas adalah terjadi peningkatan tegangan mencapai nilai tertinggi pada 102,82% di 2,321 detik. Setelah itu keadaan tegangan menjadi lebih stabil dengan titik kestabilan yang dicapai pada 99,241% di 7,031 detik.

E. *Rekapitulasi Data Kestabilan di PT. Petrokimia Gresik*

Hasil seluruh respon sistem akibat adanya gangguan lepasnya generator, *starting motor*, dan hubung singkat utamanya respon frekuensi dan tegangan sistem terdapat pada Tabel 5 hingga Tabel 8 berikut:

Tabel 5. Rekapitulasi data *load shedding*

Studi Kasus	Load Shedding	Waktu (s)	Beban (%)	MW
Gen1.OFF	1	1,471 s	10 %	5,5 MW
Gen2.OFF	1	1,401 s	10%	5,5 MW
	2	1,692 s	15%	8,2 MW
Total			25%	13,7 MW

Tabel 6. Rekapitulasi data studi kasus generator lepas

Studi Kasus	Bus ID	f min. (%)	Waktu (s)	V min. (%)	Waktu (s)	Kondisi	
						f	V
1Gen.OFF	HVS 65	98,517	1,681	94,5478	1,751	x	√
1Gen.OFF + LS1	HVS 65	98,5579	1,682	94,9145	1,451	√	√
2Gen.OFF	HVS 65	97,7826	1,811	77,2039	1,141	x	x
2Gen.OFF + LS1	HVS 65	98,8191	1,281	77,2437	1,121	x	x
2Gen.OFF + LS2	HVS 65	98,1557	1,572	86,2679	1,592	√	√

Tabel 7. Rekapitulasi data studi kasus *starting motor*

Studi Kasus	Bus ID	f min. (%)	Waktu (s)	V min. (%)	Waktu (s)	Kondisi	
						f	V
MS1	SS#1-SA	99,7546	1,821	99,0378	2,151	√	√

Tabel 8. Rekapitulasi data studi kasus hubung singkat

Studi Kasus	Bus ID	f max. (%)	Waktu (s)	V max. (%)	Waktu (s)	Kondisi	
						f	V
SC1	B 400	100,446	1,301	102,82	2,321	√	√
SC2	UT-L2A	101,453	1,661	109,432	2,871	√	√

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Gangguan lepasnya generator pada kasus 1Gen.OFF dan 2Gen.OFF sebelum dilakukannya *load shedding* dari sistem, mengakibatkan kondisi kestabilan sistem berpotensi membahayakan kelistrikan PT. Petrokimia Gresik. Kasus tersebut menyebabkan penurunan frekuensi terendah pada bus HVS 65 sebesar 98,517% di 1,681 detik dan 97,7826% di 1,811 detik.
- 2) Pelepasan beban/*load shedding* pada kasus 1Gen.OFF sebesar 5,5 MW dan 2Gen.OFF sebesar 13,7 MW harus dilakukan untuk mempertahankan kestabilan sistem kembali pada keadaan yang diizinkan berdasarkan pada standar frekuensi ANSI/IEEE Std C37.106-2003.
- 3) *Starting motor* dengan daya sebesar 4000 kW (MC-1301) di PT. Petrokimia Gresik secara langsung ketika 4 generator beroperasi masih diizinkan. *Starting motor* MC-1301 menyebabkan penurunan respon frekuensi terendah sebesar 99,7546% di 1,821 detik dan penurunan respon tegangan terendah sebesar 99,0378% di 2,151 detik.
- 4) Gangguan hubung singkat/*short circuit* dapat mengakibatkan respon frekuensi dan tegangan sistem kelistrikan PT. Petrokimia Gresik menjadi tidak stabil. Namun, sistem pengamanan bekerja dengan baik pada 0,3 detik setelah gangguan pada bus HVS 65 (6 kV) sehingga respon frekuensi di bus B 400 menjadi stabil hingga mencapai keadaan *steady state* sebesar 99,4844%

di 6,361 detik dan respon tegangan berada dalam kondisi yang sama pada 99,241% di 7,031 detik. Sedangkan pada kasus hubung singkat di bus HVS-27 (20 kV), respon frekuensi di bus UT-L2A berada dalam kondisi *steady state* sebesar 100,255% di 8,191 detik dan respon tegangan berada dalam kondisi yang sama pada 100,235% di 8,651 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saadat, Hadi, “**Power System Analysis**”, McGraw-Hill Inc., 1999.
- [2] Marsudi, Djiteng, “**Operasi Sistem Tenaga Listrik**”, Yogyakarta : Graha Ilmu, 2006.
- [3] IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, “**Definition and Classification of Power System Stability**”, IEEE Transactions on Power System , Vol. 19, No. 2, May 2004
- [4] ANSI/IEEE C37.106-1987, “**IEEE Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants**”.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Wimas Adhyatma dilahirkan pada tanggal 11 Agustus 1990 di Gresik, Jawa Timur. Lahir sebagai anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis menempuh jenjang pendidikan di SD Negeri Menanggal 601 Surabaya, SMP Negeri 1 Surabaya, SMA Negeri 6 Surabaya. Setelah lulus SMA pada tahun 2009, melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Program Diploma 3 ITS pada Tahun 2010 dan lulus pada Tahun 2013. Kemudian, melanjutkan pendidikan Program Lintas Jalur S1 Teknik Elektro ITS Surabaya dengan mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi pada *e-mail* : m.wimas.a@gmail.com.