

# Studi Analisa Stabilitas *Transien* Sistem Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500kV Setelah Masuknya Pembangkit Paiton 1000 MW Pada Tahun 2021

Prima Prahasta Rezky, Ontoseno Penangsang, Ni Ketut Aryani  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111, Indonesia  
*e-mail:* ontosenop@ee.its.ac.id, Ketut.Aryani@ee.its.ac.id, prezky6@gmail.com

**Abstrak**—Dengan kebutuhan akan listrik yang setiap tahunnya meningkat khususnya di pulau Jawa dan sekitarnya, pemerintah melalui PLN merencanakan pengembangan kapasitas dan energi listrik guna mengatasi meningkatnya kebutuhan tersebut. Sehingga pada tahun 2021 sistem kelistrikan di Jawa-Bali menambahkan satu unit pembangkit Paiton 1000 MW. Dengan adanya pembangkit baru tersebut maka diperlukan rekonfigurasi jaringan dan perlu dilakukan analisis ulang terhadap kinerja sistem secara keseluruhan.

Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk kasus lepasnya generator, lepasnya satu saluran dan saluran double bus tidak menyebabkan sistem lepas sinkron. Karena ketika generator lepas, daya *supply* yang hilang hanya 2% dari total pembangkitan dan lepasnya saluran dapat di backup oleh sistem interkoneksi. Begitu juga dengan kasus single pole auto reclosing dengan waktu CB kembali tertutup sebesar 500 ms setelah gangguan, hasil respon sudut rotor, frekuensi dan tegangan menunjukkan sistem tetap stabil. Kemudian untuk kasus waktu pemutusan kritis (CCT), nilai CCT pada sistem berada pada kisaran 300 ms – 400 ms. Sehingga dengan standar batas pemutusan CB untuk sistem transmisi adalah 120 ms – 140 ms maka dapat dikatakan sistem tetap stabil ketika terjadi hubung singkat tiga fasa ke tanah.

**Kata Kunci**—kestabilan *transien*, generator *trip*, saluran *trip*, *single pole auto reclosing*, *critical clearing time*.

## I. PENDAHULUAN

STABILITAS *transien* berhubungan dengan gangguan besar secara tiba-tiba seperti gangguan hubung singkat, kabel transmisi *trip*, serta pelepasan beban/generator secara tiba-tiba. Apabila terjadi gangguan tersebut dan gangguan tidak segera dihilangkan, maka percepatan atau perlambatan putaran rotor generator akan mengakibatkan hilangnya sinkronisasi dalam sistem. Sebagai contoh adalah generator *trip*. Ketika terjadi generator *trip*, maka sudut rotor yang dibentuk oleh generator akan berubah menuju sudut rotor baru. Apabila setelah masa *transien* sudut rotor bisa mencapai kondisi kestabilan baru maka sistem dikatakan stabil. Sedangkan apabila setelah masa *transien* rotor tetap berosilasi dan tidak mencapai sudut kestabilan baru maka sistem dikatakan tidak stabil.

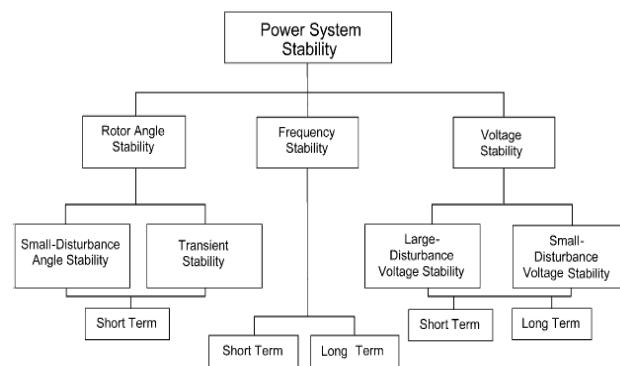
Penambahan pembangkit pada sistem kelistrikan Jawa-Madura-Bali (Jamali) sebesar 1000 MW Paiton merupakan

pengembangan untuk menanggulangi permintaan beban yang semakin meningkat. Permintaan listrik yang terus meningkat memaksa sistem untuk beroperasi lebih dekat ke batas stabilitas. Mengingat dengan masuknya 1 unit pembangkit Paiton 1000 MW belum dilakukan studi tentang stabilitas *transien*, sehingga perlu dilakukan studi kestabilan *transien* untuk mengetahui keandalan sistem saat terjadi gangguan *transien*. Analisis tersebut dipandang perlu untuk mengkaji ulang sistem pengamanan yang ada yaitu dengan melakukan analisis *transien* sistem kelistrikan Jamali tahun 2021.

## II. KESTABILAN SISTEM TENAGA

### A. Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga Listrik

Dalam paper IEEE *definition and classification of power system stability*, kestabilan sistem tenaga listrik secara umum dapat dibagi menjadi tiga macam kategori, yaitu: *Angle Stability*, *Frequency stability* dan *Voltage stability*. *Angle Stability* yaitu kemampuan dari mesin-mesin sinkron yang saling terkoneksi pada suatu sistem tenaga listrik untuk tetap dalam keadaan sinkron. *Frequency stability* yaitu kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk mempertahankan kondisi *steady state* frekuensi akibat gangguan. Sedangkan *Voltage Stability*: yaitu kestabilan dari sistem tenaga listrik untuk dapat mempertahankan nilai tegangan yang masih dapat diterima saat terjadi *kontingensi* atau gangguan [1].



Gambar 1. Klasifikasi Sistem tenaga listrik [1]

**B. Kestabilan Transien**

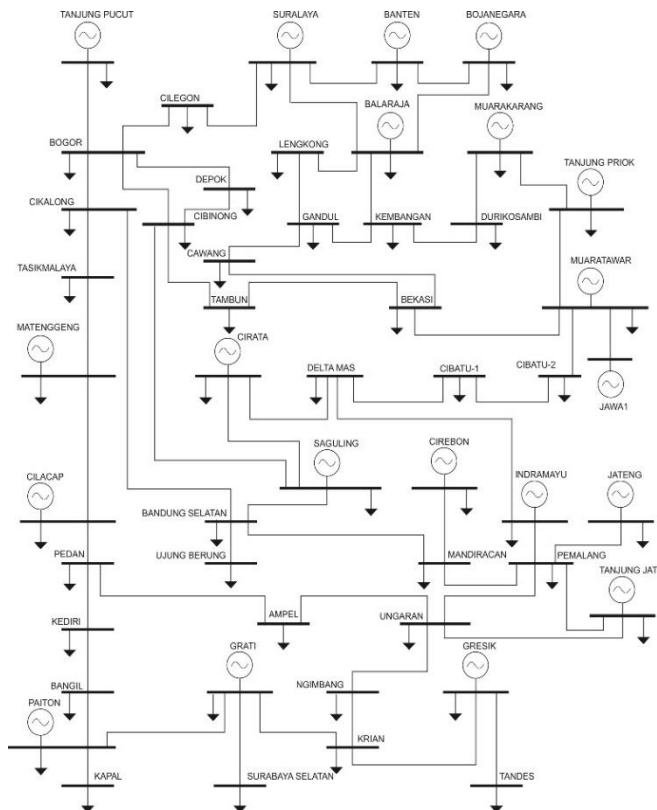
Adalah kemampuan dari suatu sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisasi setelah mengalami gangguan besar yang bersifat mendadak selama sekitar satu “swing” (yang pertama) dengan asumsi bahwa pengatur tegangan otomatis (AVR) dan governor belum bekerja [2].

**C. Metode Mempertahankan Stabilitas Sistem dari Gangguan [3]**

1. Menaikkan Konstanta Inersia Generator
2. Menaikkan Tegangan Generator
3. Menggunakan Peralatan Pemutus Rangkaian Yang Cepat (*High Speed Recloser*)
4. Menurunkan Reaktansi Seri Saluran

**III. PEMODELAN DAN METODOLOGI SISTEM KELISTRIKAN TRANSMISI JAWA-MADURA-BALI 500Kv TAHUN 2021**

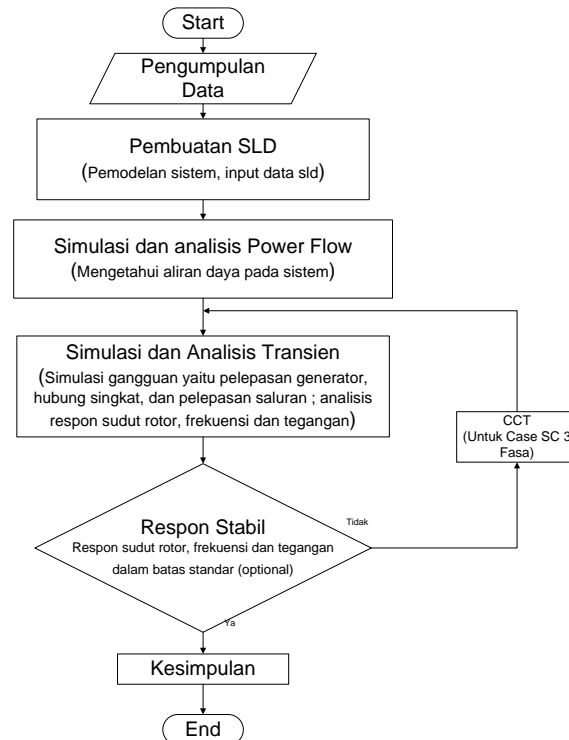
Interkoneksi sistem kelistrikan Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500 kV yang digunakan untuk analisa sistem stabilitas *transien* dapat digambarkan dengan *single line* diagram dapat ditunjukkan pada gambar 2. Sistem transmisi Jawa-Madura-Bali pada tahun 2021 memiliki jumlah pembangkit sebanyak 20 unit dengan total kapasitas 50682.5 MW sedangkan untuk kebutuhan beban puncak dan beban dasar di tahun 2021 adalah 38900 MW dan 23018.3 MW.



Gambar 2. Sistem interkoneksi 500 kV Jamali

Sebelum tahap simulasi dan analisa, diperlukan suatu metodologi tentang apa saja yang diperlukan untuk simulasi

dan hasil simulasi seperti apa yang diinginkan. Metodologi yang digunakan pada tugas akhir ini yaitu.



Gambar 3 Flow chart metodologi

Berdasarkan gambar 3 di atas maka metodologi simulasi yang digunakan dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan data-data yang dari sistem kelistrikan Jamali 500 kV. Data-data meliputi data pembangkitan, data beban, dan data saluran dari masing-masing bus. Kemudian dilakukan studi aliran daya (*load flow analysis*) dengan ETAP 12.6.0 saat keadaan awal untuk mengetahui apakah sistem dalam kondisi normal atau tidak.
2. *Simulasi Transien*  
Setelah menentukan studi kasus untuk analisis *transien* maka dilakukan simulasi sistem saat mengalami gangguan *transien*. Gangguan *transien* yang disimulasikan ada tiga yakni pelepasan generator, pelepasan saluran, dan gangguan hubung singkat.
3. *Analisis Transien*  
Dari hasil simulasi *transien* akan dianalisis respon frekuensi, tegangan dan sudut rotor akibat gangguan *transien*. Perubahan dari respon tegangan, frekuensi dan sudut rotor juga akan diamati dalam selang waktu yang ditentukan, apakah sistem kembali stabil atau tidak berdasarkan standar yang dijadikan acuan. Khusus untuk gangguan hubung singkat 3 fasa apabila sistem dikatakan tidak stabil akan dilakukan penambahan waktu untuk *trip* CB sampai waktu stabil sistem atau dinamakan juga CCT.
4. *Penarikan Kesimpulan*  
Memberikan kesimpulan mengenai kondisi kestabilan sistem akibat gangguan *transien* di Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500kV setelah masuknya Pembangkit Paiton 1000

MW tahun 2021 serta memberikan rekomendasi untuk mengatasi gangguan tersebut.

IV. SIMULASI DAN ANALISIS

Setelah menggambarkan pemodelan dan penyederhanaan sistem kelistrikan Jawa-Madura-Bali 500kV tahun 2021 dalam bentuk *single line diagram software* ETAP 12.6, maka selanjutnya akan dilakukan simulasi stabilitas *transien* meliputi beberapa kasus seperti gangguan pembangkit *trip*, saluran lepas, hubung singkat 3 fasa dan hubung singkat 1 fasa dengan studi kasus seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 1.  
Studi Kasus Stabilitas *Transien*

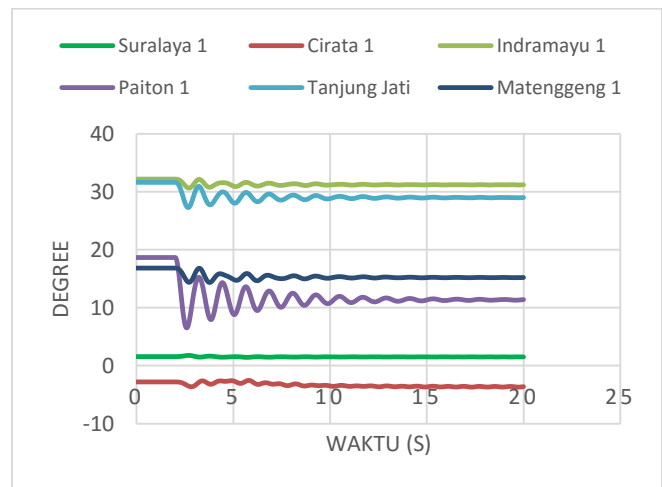
Kasus	Keterangan Kasus	Aksi	Waktu (detik)	Daya
Kasus 1	Generator Paiton 10 <i>trip</i>	Paiton 10 <i>delete</i>	2	800 MW
Kasus 2a	Hubung singkat saluran Depok – Cibinong	3 <i>phase fault</i>	2	-
	<i>Trip</i> satu saluran dari double sirkit Depok-Cibinong	CB 42 & 41 <i>open</i> , CB antara saluran Depok-Cibinong	-	-
Kasus 2b	Hubung singkat saluran Gandul-Cawang	3 <i>phase fault</i>	2	-
	<i>Trip</i> satu saluran dari double sirkit Gandul-Cawang	CB 43 & 44 <i>open</i> , CB antara saluran Gandul-Cawang	-	-
Kasus 2c	Hubung singkat saluran M.Tawar – Cibatu 2	3 <i>phase fault</i>	2	-
	<i>Trip</i> satu saluran dari double sirkit M.Tawar – Cibatu 2	CB 52 & 53 <i>open</i> , CB antara saluran M.Tawar – Cibatu 2	-	-
Kasus 3	<i>Trip</i> Saluran double sirkit	CB 11 & 12 <i>open</i> (saluran Suralaya-Cilegon)	2	-
Kasus 4	<i>Trip</i> satu saluran dari double sirkit	CB 11 & 12 <i>open</i> (saluran Suralaya-Cilegon)	2	-
	Hubung singkat saluran Bekasi – Muara Tawar	<i>Line-Ground phase fault</i>	2	-
	<i>Trip</i> satu line dari double sirkit	• CB 51 <i>open</i> , CB double sirkit Cibatu-Muara Tawar	2.2	-
		• CB 319 <i>close</i> , CB single sirkit Cibatu-Muara Tawar	-	-
Kasus 5	<i>Recloser</i> bekerja (saluran double sirkit on)	• CB 51 <i>close</i> , CB double sirkit Cibatu-Muara Tawar	2.5	-
		• CB 319 <i>open</i> , CB single sirkit Cibatu-Muara Tawar	-	-

A. Simulasi Stabilitas *Transien*

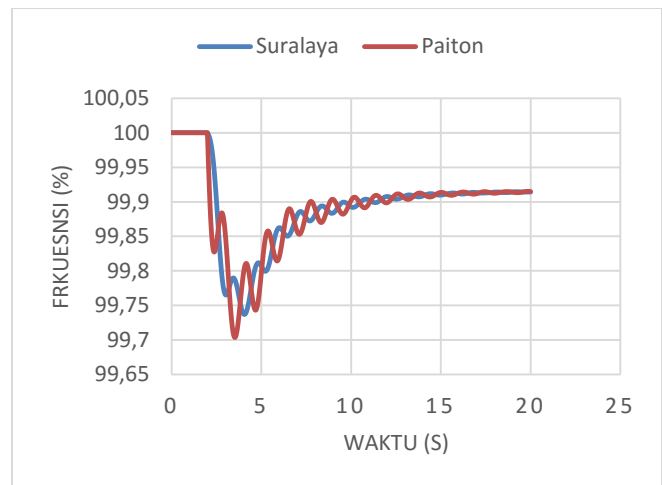
- Kasus 1 Paiton 10 *Off* (Semua Pembangkit Jamali *On*) : Paiton 10 *Delete* (t = 2 s)

- Kondisi operasi beban puncak

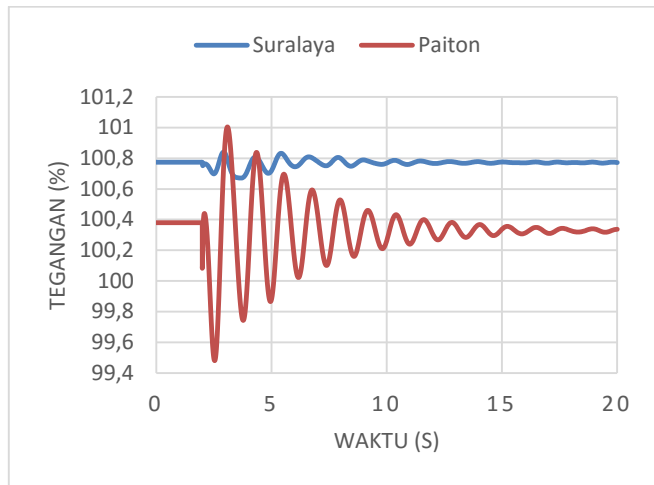
Pada kasus ini sistem akan kehilangan daya dengan nilai kapasitas 1000 MW. Pembangkit ini dioperasikan sebagai *voltage control* dengan daya 800 MW sedangkan daya keseluruhan yang dibangkitkan 40.665,1 MW dan kebutuhan bebannya 38.900 MW. Sehingga ketika terjadi kasus Paiton 10 *off* sistem hanya kehilangan daya sebesar 800 MW atau 1,97 % dari keseluruhan daya yang dibangkitkan dan daya yang dibangkitkan sistem masih mencukupi kebutuhan bebannya. Untuk hasil simulasinya sebagai berikut.



Gambar 4 Respon Sudut Rotor 6 generator ketika Paiton 10 *trip*



Gambar 5 Respon Frekuensi bus Suralaya dan Paiton ketika Paiton 10 *trip*



Gambar 6 Respon Tegangan bus Suralaya dan Paiton ketika Paiton 10 trip

Ketika pembangkit Paiton 10 lepas dengan daya pembangkitan sebesar 800 MW maka sudut rotor semua generator pada sistem akan berubah. Sudut rotor diatas mengalami osilasi ketika terjadi gangguan tetapi dapat mencapai nilai yang baru dan stabil. Sehingga dapat disimpulkan sudut rotor generator dari sistem dapat kembali stabil.

Saat terjadi gangguan yaitu pada waktu 2s sesaat terjadi penurunan frekuensi untuk bus Suralaya sebesar 49,87 Hz sedangkan bus Paiton 49.85 Hz kemudian nilainya meningkat sampai mencapai *steady state* pada frekuensi masing-masing 49,95%. Berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 frekuensi sistem masih dalam *range* yang aman.

Sedangkan respon tegangan di bus Suralaya maupun Paiton mengalami fluktuasi nilai tegangan yang tidak terlalu besar. Dan nilai tegangan saat pada kasus ini menurut standar PLN tegangan untuk sistem 500 kV masih dalam batas aman.

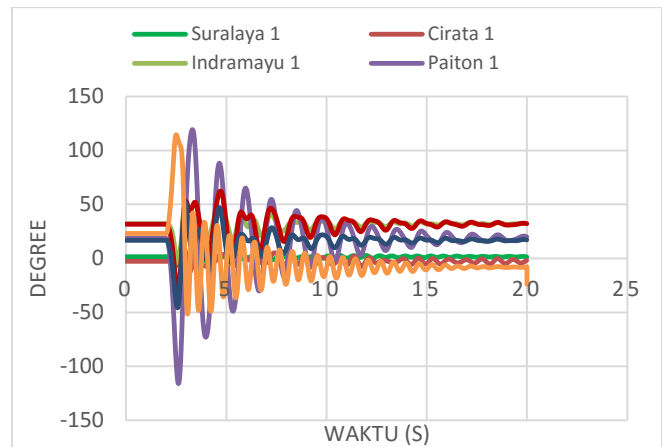
• Kasus 2 *Critical Fault Clearing Time* ( $t = 2s$ )

Pada kasus ini, *critical fault clearing time* disebabkan oleh saluran yang terhubung double sirkuit terkena gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah. Sehingga dilakukan simulasi hubung singkat terlebih dahulu untuk mengetahui nilai hubung singkat terbesar di saluran Untuk menentukan waktu *trip* CB dilakukan metode *trial and error* dengan mengatur waktu pemutusan yang tepat pada saluran sebelum sistem menjadi tidak stabil. Pada kasus ini parameter yang dilihat yaitu bus *swing* Suralaya dan bus terdekat dengan saluran yang terkena hubung singkat. Waktu pemutusan CB sebelum sistem menjadi tidak stabil adalah *critical fault clearing time*. Pada simulasi berikut yang diperhitungkan hanya ketika operasi beban puncak, untuk hasil simulasinya sebagai berikut.

Tabel 2  
Data *Short Circuit* 3 fasa pada bus Jamali

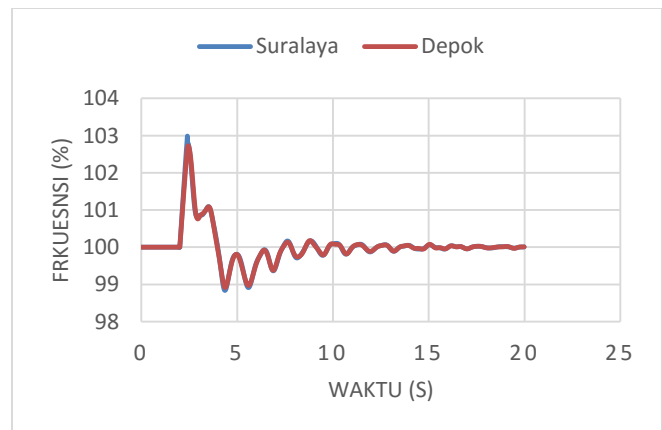
Bus	Short Circuit (kA)	
	Peak	
Suralaya	79,38	
Paiton	51,74	
Gresik	49,43	
Rawalo	43,23	
Depok	140,8	
Gandul	134,5	
Muara Tawar	117,6	

- Kondisi operasi beban puncak ( SC di bus Depok )



Gambar 7 Respon Sudut Rotor 7 generator ketika hubung singkat tiga fasa ke tanah untuk gangguan selama 400 ms

Dapat dilihat pada gambar 7 ketika terjadi hubung singkat tiga fasa ke tanah maka setelah CB dibuka saat 0,4 sekon setelah gangguan sudut rotor semua generator mengalami osilasi tetapi dapat kembali *steady state* pada nilai yang baru, sedangkan generator Paiton mengalami osilasi yang cukup besar sampai minimal -115,82 *degree* dan maksimal 119,35 *degree* tetapi nilainya dapat kembali *steady state*. Sehingga dapat disimpulkan sudut rotor generator dari sistem dapat kembali stabil. Dan batasan CB untuk *trip* pada kasus diatas sesuai dengan standar waktu pemutusan CB sistem 500 kV yaitu 80 ms.



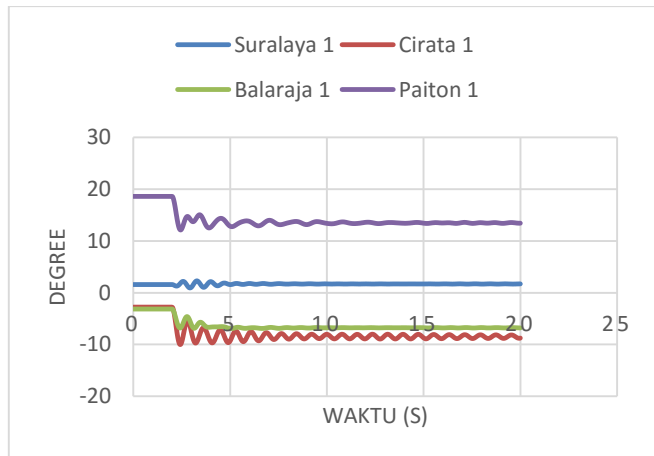
Gambar 8 Respon Frekuensi bus Suralaya dan Depok ketika hubung singkat tiga fasa ke tanah untuk gangguan selama 300 ms

Dapat dilihat pada gambar 8 respon frekuensi antara bus Suralaya dengan bus Depok memiliki kesamaan ketika terjadi gangguan frekuensi sistem terjadi osilasi mencapai maksimal 51,49 Hz dan minimal 48,42 Hz tetapi frekuensi sistem atau bus dapat kembali ke nilai *steady state* pada 50,004 Hz dan diketahui berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 frekuensi sistem masih dalam *range* yang aman.

- Kasus 3 *No-Fault Double-Circuit Tripping of Interconnection Transmission Line* ( $t = 2s$ )

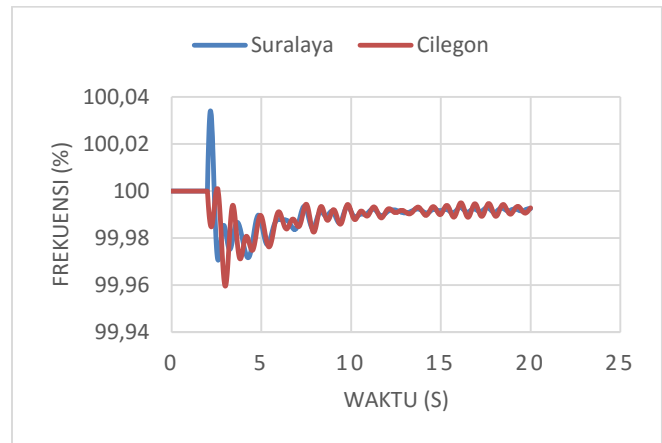
Untuk sistem berdaya besar dengan jumlah pembangkit yang banyak terkoneksi dengan sistem berdaya kecil dengan jumlah pembangkit yang sedikit, lepasnya *line* interkoneksi akan memberikan dampak ketidakstabilan pada sistem berdaya kecil tersebut. Sehingga pada kasus ini diperlukan simulasi *load flow* terlebih dahulu untuk mengetahui aliran daya terbesar yang mengalir di kabel transmisi. Untuk hasil simulasinya sebagai berikut.

- Kondisi operasi beban puncak



Gambar 9 Respon Sudut Rotor generator ketika saluran antara Suralaya-Cilegon *trip*

Dapat dilihat pada gambar 9, saat saluran *double circuit* antara Suralaya-Cilegon lepas maka sudut rotor semua generator pada sistem akan mendapatkan nilai baru. Respon pada hampir semua generator di sistem mengalami kemiripan yaitu ketika terjadi gangguan nilai sudut rotor generator akan turun dan mengalami osilasi tetapi dapat kembali ke keadaan *steady state*. Sehingga dapat disimpulkan sudut rotor generator dari sistem dapat kembali stabil.



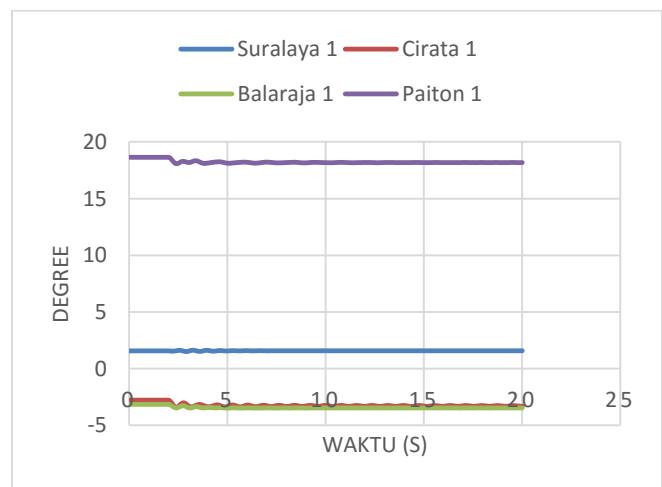
Gambar 10 Respon Frekuensi bus Suralaya dan Cilegon ketika saluran Suralaya-Cilegon *trip*

Ketika saluran *double circuit* antara Suralaya-Cilegon lepas ketika waktu 2s. Untuk kasus ini parameter yang dilihat yaitu bus terdekat dari terjadinya gangguan yaitu yaitu Suralaya dan Cilegon. Pada saat terjadi gangguan yaitu pada waktu 2s sesaat terjadi fluktuasi frekuensi untuk bus Suralaya maupun Cilegon yang nilainya cukup kecil kemudian osilasi mengecil sampai mencapai *steady state* pada frekuensi masing-masing 49,99 Hz. Berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 frekuensi sistem masih dalam *range* yang aman.

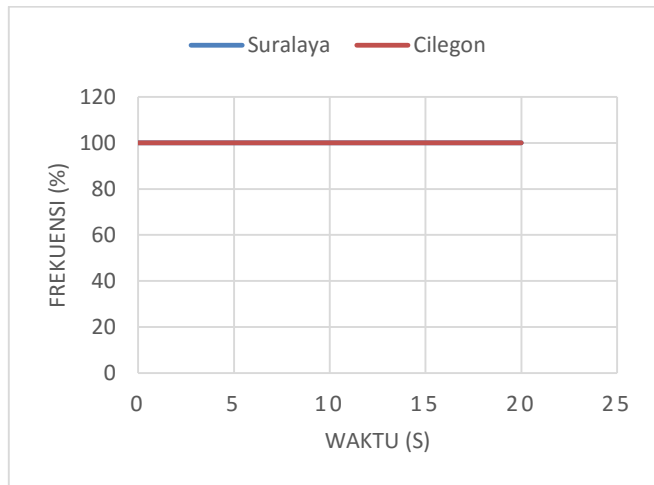
- Kasus 4 *No-Fault One-Circuit Tripping of the Double-Circuit Interconnection Transmission Line* ( $t = 2s$ )

Pada simulasi *transien* ini satu saluran dari *double circuit* *trip* tanpa adanya gangguan. Pengamatan yang dilakukan untuk kasus ini adalah respon sudut rotor dan frekuensi sistem Jamali. Untuk hasil simulasinya sebagai berikut.

- Kondisi operasi beban puncak



Gambar 11 Respon Sudut Rotor generator ketika satu saluran Suralaya-Cilegon *trip*



Gambar 12 Respon Frekuensi bus Suralaya dan Cilegon ketika satu saluran Suralaya-Cilegon trip

Dapat dilihat pada gambar 11, saat saluran dobel sirkit antara Suralaya-Cilegon lepas pada hampir semua generator mengalami kemiripan respon yaitu ketika terjadi gangguan nilai sudut generator akan turun dan sempat mengalami sedikit osilasi tetapi dapat kembali ke keadaan *steady state*. Untuk gangguan ini dapat dikatakan tidak memberikan pengaruh yang berarti untuk sistem karena sistem di desain secara dobel sirkit untuk kontinuitas penyaluran daya sehingga ketika terjadi lepas satu saluran, saluran yang lain bisa *membackup*. Sehingga dapat disimpulkan sudut rotor generator dari sistem dapat kembali stabil.

Dapat dilihat pada gambar 12 diketahui bahwa nilai frekuensi akibat lepasnya satu saluran dari saluran dobel sirkit, bus atau sistem tidak merasakan adanya gangguan karena aliran daya masih dapat mengalir melalui satu saluran yang lain sehingga nilai frekuensi dari awal hingga setelah gangguan terus *steady state* di nilai 50 Hz. Berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 frekuensi sistem dalam *range* yang aman.

- Kasus 5 *Single Pole Auto Reclosing* ( $t = 2$  s)

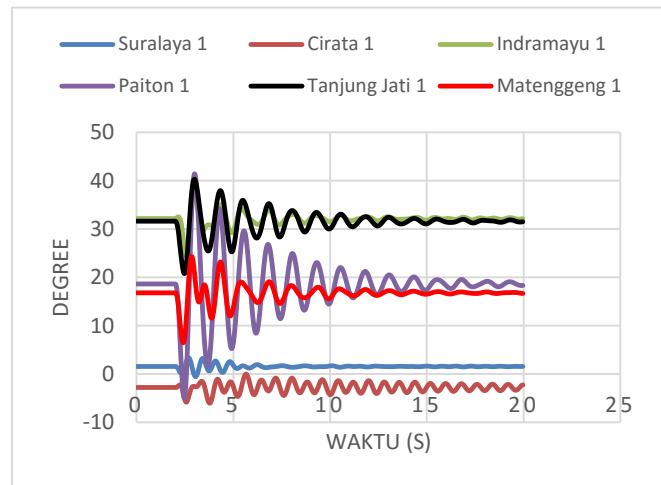
Gangguan hubung singkat satu fasa ketanah merupakan gangguan yang paling sering terjadi. Sehingga dalam kasus ini akan disimulasikan dan dianalisa pe hubung singkat yang terjadi pada bus dan responnya terhadap sistem.

Untuk penentuan lokasi dari hubung singkat sama seperti kasus *critical fault clearing time* yaitu dilakukan simulasi hubung singkat terlebih dahulu untuk menentukan lokasi dengan nilai hubung singkat terbesar. Hubung singkat satu fasa ke tanah terjadi ketika 0,2 sekon diikuti dengan membukanya CB salah satu saluran dari saluran dobel sirkit dan 0,3 sekon kemudian setelah gangguan hilang CB ditutup kembali. Untuk hasil simulasinya sebagai berikut.

- Kondisi operasi beban puncak

Tabel 3  
Data *Short Circuit* 1 fasa ke tanah pada bus Jamali

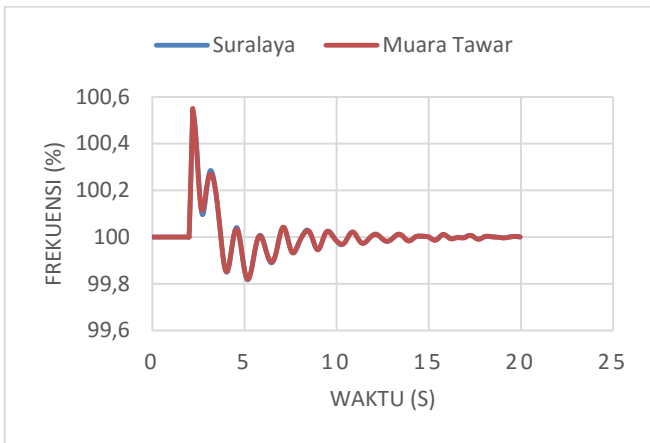
Bus	<i>Short Circuit</i> (kA)	
	Peak	Light
Suralaya	67,83	57,39
Paiton	23,37	18,48
Gresik	42,21	28,91
Rawalo	10,09	9,12
Depok	48,87	43,64
Gandul	46,89	42,31
Muara Tawar	74,6	58,63



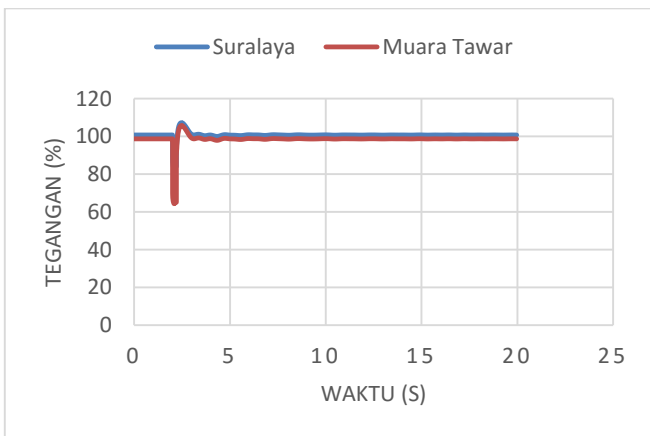
Gambar 13 Respon Sudut Rotor 6 generator ketika hubung singkat satu fasa ke tanah

Dapat dilihat pada gambar 13 ketika terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah maka sudut rotor semua generator pada mengalami osilasi tetapi dapat kembali stabil atau *steady state*, seperti pada generator Suralaya 1 nilainya sempat mengalami osilasi tetapi bisa kembali *steady state* pada 1.57 *degree*. Kemudian pada Cirata 1 nilainya mengalami osilasi tetapi bisa kembali *steady state* pada -2,25 *degree* dari -2,78 *degree*. Sedangkan generator Indramayu, Paiton, Tanjung Jati dan Matenggeng memiliki respon yang sama yaitu sempat mengalami osilasi tetapi dapat kembali *steady state*. Sudut rotor diatas mengalami osilasi dan bisa kembali ke titik stabil atau *steady state* disebabkan gangguan hubung singkat satu fasa yang terjadi bersifat sementara. Sehingga dapat disimpulkan sudut rotor generator dari sistem dapat kembali stabil.





Gambar 14 Respon Frekuensi bus Suralaya dan Muara Tawar ketika hubung singkat satu fasa ke tanah



Gambar 15 Respon Tegangan bus Suralaya dan Muara Tawar ketika hubung singkat satu fasa ke tanah

Ketika terjadi hubung singkat 1 fasa ke tanah menyebabkan rpm atau putaran dari generator yang terhubung ke sistem akan berubah-ubah. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya fluktuasi nilai dari frekuensi sistem. Untuk kasus ini parameter yang dilihat yaitu bus swing Suralaya dan bus terdekat dengan saluran yang terkena hubung singkat yaitu Muara Tawar. Dapat dilihat pada gambar 14 respon frekuensi antara bus Suralaya dengan bus Muara Tawar memiliki kesamaan ketika terjadi gangguan frekuensi sistem terjadi osilasi tetapi frekuensi sistem atau bus dapat kembali ke nilai awal dan steady state pada 50 Hz dan diketahui berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 frekuensi sistem masih dalam range yang aman.

Saat terjadi gangguan, respon tegangan di bus Suralaya maupun Muara Tawar mengalami drop tegangan yang cukup besar yang nilainya mencapai 82,59% untuk bus Suralaya dan 64,33% untuk bus Muara Tawar. Penurunan tersebut mengakibatkan terjadinya dip tegangan selama 0,2 sekon tetapi masih dalam standar voltage sagging SEMI F47. Respon ini akibat adanya suplai daya reaktif dari generator lain melalui sistem interkoneksi. Pada kasus ini menurut standar PLN tegangan untuk nilai ketika steady state sistem 500 kV masih dalam batas aman.

#### IV. KESIMPULAN & SARAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Untuk kasus Generator lepas dan saluran lepas, respon sudut rotor, frekuensi maupun tegangan sistem masih dalam batas kestabilan. Karena saat salah satu generator lepas, sistem Jawa-Madura-Bali hanya kehilangan 2% daya dari keseluruhan daya yang dibangkitkan pada sistem dan masih mencukupi kebutuhan daya beban.
2. Untuk kasus *single pole auto reclosing* terjadi *voltage drop* terbesar saat hubung singkat satu fasa ke tanah di Bus Muara Tawar, yaitu mencapai 64,90% saat kondisi beban dasar dan 64,33% saat kondisi beban puncak dalam waktu 0,2 s. Tetapi kondisi tersebut dalam range batas aman sesuai standar *voltage sagging SEMI F47*.
3. Untuk kasus *critical fault clearing time*, dengan hubung singkat tiga fasa pada bus Depok didapatkan waktu pemutusan yaitu 400 ms. Sedangkan pada bus Gandul didapatkan waktu pemutusan 400 ms. Kemudian pada bus Muara Tawar didapatkan waktu pemutusan 400 ms. Dengan standar batas pemutusan CB untuk sistem transmisi 500 kV adalah 80 ms maka dapat dikatakan sistem tetap stabil ketika terjadi hubung singkat tiga fasa ke tanah.

Saran yang dapat diberikan untuk perbaikan setelah melakukan analisa adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan akurat diperlukan data asli yang lebih lengkap. Meliputi data model generator, data governor, data exciter dan model beban secara rill.
2. Untuk memperbaiki kestabilan dapat dilakukan *load shedding*/pelepasan beban tetapi perlu data yang lebih mendalam untuk beban yang dinilai penting atau tidak.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] Penangsang, Ontoseno. "Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2", Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [3] Arifin, Fahrizal, "Analisa stabilitas transien pada sistem kelistrikan PT.KALTIM Pasifik amoniak bontang akibat penambahan pembangkit 12.5 MW", Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2010.