

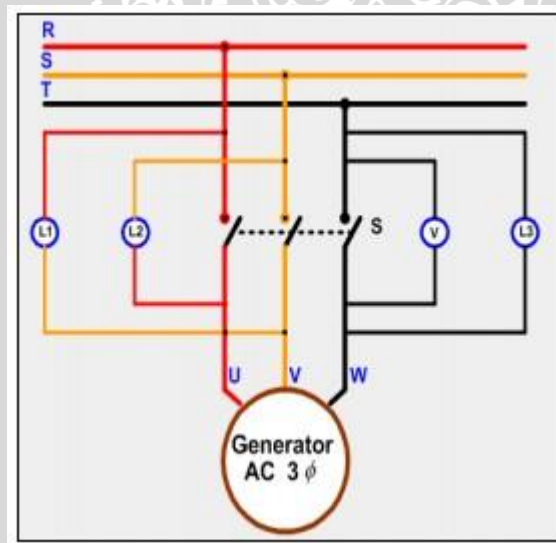
## BAB IV

### SIMULASI DAN PEMBAHASAN HASIL

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perencanaan, simulasi dan analisis stabilitas system tenaga sebelum dan sesudah kerja paralel (interkoneksi) dari 2 generator sinkron 3 fasa pada PLTMH desa Andungbiru Kecamatan Tiris Kabupaten Probolinggo. Perencanaan kerja paralel menggunakan sinkronoskop lampu hubungan terang gelap serta simulasi dan analisis stabilitas sistem daya menggunakan perangkat lunak PSSE (*Power System Simulator for Engineering*).

#### 1.1 Interkoneksi 2 Generator sinkron 3 Fasa

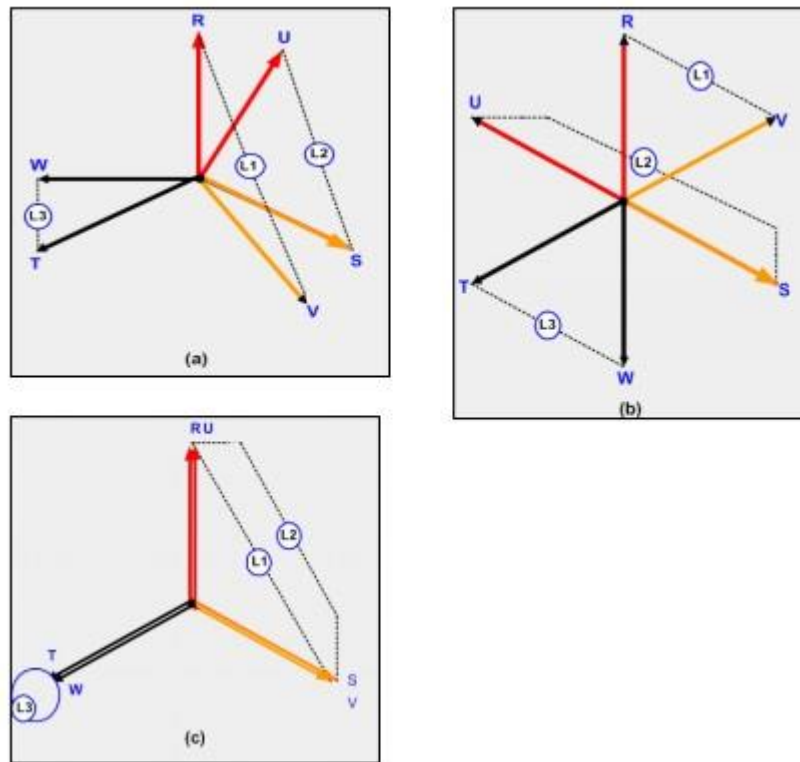
Peralatan interkoneksi 2 generator sinkron 3 fasa menggunakan sinkronoskop lampu hubungan terang-gelap. Prinsip dari sinkronoskop ini adalah dengan menghubungkan satu fasa sama dan dua fasa yang berlainan, yaitu fasa T dengan fasa W, fasa R dengan fasa V dan fasa S dengan fasa U. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada skema dibawah ini.



Gambar 4.1 Rangkaian interkoneksi Generator Sinkron 3 fasa

Sumber : Siswoyo, 2008 : 24

Pada sinkronoskop ini generator siap diparalel dengan jala-jala (generator lain), jika satu lampu gelap dan dua lampu lainnya terang. Pada kejadian ini dapat diterangkan pada gambar berikut ini.



Gambar 4.2 Hubungan Lampu Terang-Gelap

Sumber : Siswoyo, 2008 : 25

Perhatikan Gambar 4.2a, pada keadaan ini :

- L1 paling terang
- L2 terang
- L3 redup

Perhatikan Gambar 4.2b, pada keadaan ini :

- L2 paling terang
- L1 terang
- L3 terang

Perhatikan gambar 4.2c, pada keadaan ini :

- L1 dan L2 sama terang
- L3 Gelap

Untuk ketentuan paralel generator dengan kapasitas berbeda maka beda keluaran daya reaktif dari setiap generator tidak boleh lebih kecil 15% dari keluaran daya reaktif generator kapasitas lebih besar dan tidak boleh lebih kecil 25% dari daya reaktif generator berkapasitas lebih kecil (BKI, 1996). Aturan ini dimaksudkan untuk keamanan dalam operasional generator pada kapasitas berbeda supaya tidak terjadinya

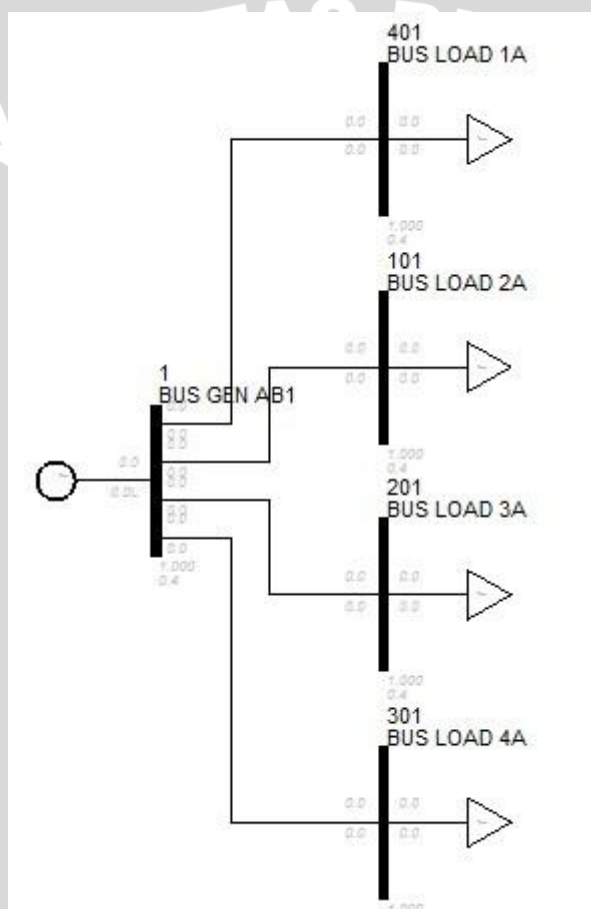
beban berlebih. Ketentuan untuk variasi frekuensi adalah  $\pm 5\%$  [BKI, 1996], dengan demikian karakteristik droop generator tidak boleh lebih dari 5%.

## 1.2 Pemodelan Sistem dan Pengolahan Data

### 4.2.1 Pemodelan Sistem

#### 1. Sistem daya PLTMH Andungbiru1

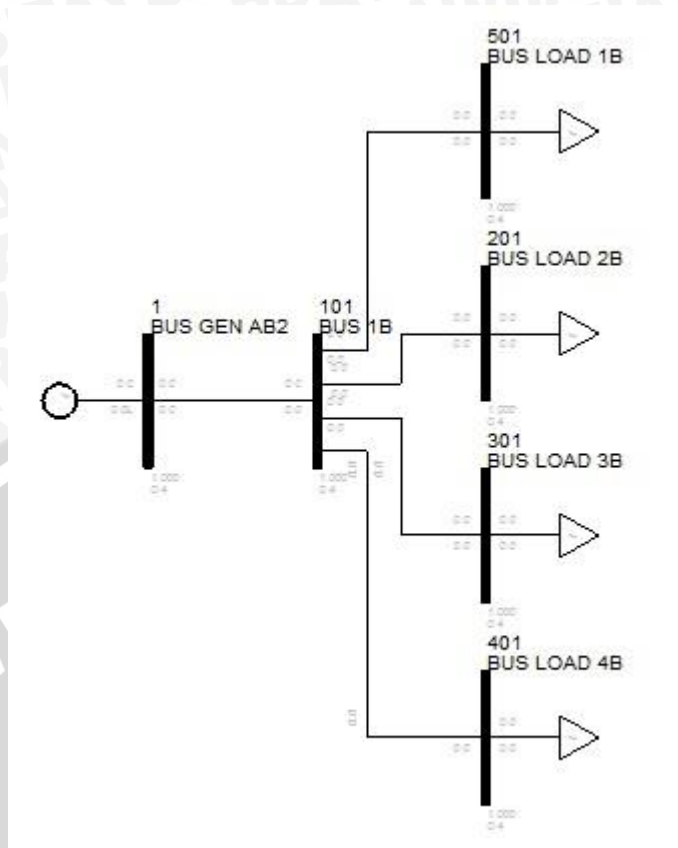
Berdasarkan data yang telah didapat, diagram segaris sistem daya akan dimodelkan sesederhana mungkin serta disesuaikan dengan keperluan analisis dan simulasi sistem daya pada PLTMH Andungbiru1. Diagram segaris sistem daya ditunjukkan pada Gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.3 Diagram segaris sistem daya PLTMH Andungbiru 1  
Sumber : Penulis

#### 2. Sistem daya PLTMH Andungbiru 2

Berdasarkan data yang telah didapat, diagram segaris sistem daya akan dimodelkan sesederhana mungkin serta disesuaikan dengan keperluan analisis dan simulasi sistem daya pada PLTMH Andungbiru2. Diagram segaris sistem daya ditunjukkan pada Gambar 4.4 berikut :

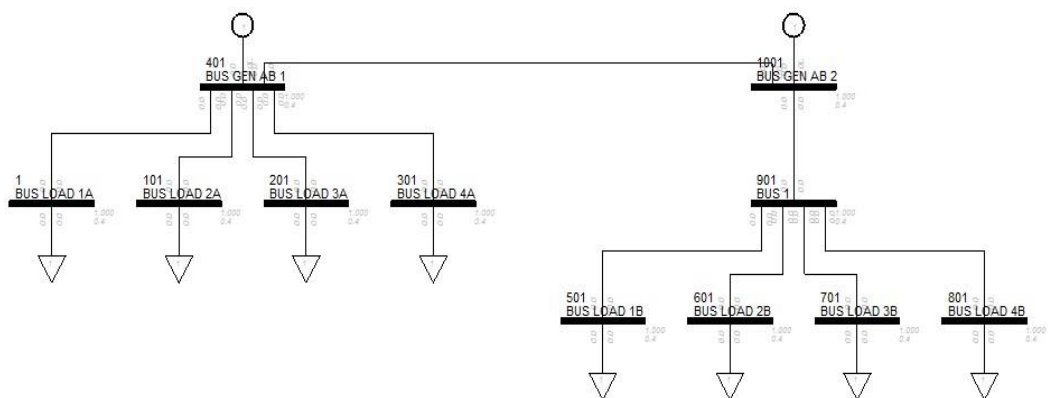


Gambar 4.4 Diagram segaris sistem daya PLTMH Andungbiru 2

Sumber : Penulis

3. Sistem daya interkoneksi PLTMH Andungbiru 1 dan PLTMH Andungbiru 2

Proses interkoneksi dilakukan dengan cara menghubungkan antara bus GEN AB1 dan bus GEN AB2. Diagram segaris interkoneksi diperlihatkan pada Gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.5 Diagram segaris sistem daya interkoneksi kedua PLTMH

Sumber : Penulis

#### 4.2.2 Data Generator

Dalam melakukan perhitungan mengenai parameter-parameter sistem daya dalam satuan p.u, maka dalam perhitungan akan digunakan teraan nilai dasar 1 MVA sebagai daya dasar dan tegangan 380 V sebagai tegangan dasar. Data-data yang diperlukan dalam melakukan analisis stabilitas meliputi daya, tegangan dan data dinamik generator seperti yang terdapat dalam lampiran. Nilai reaktansi generator dalam satuan p.u dapat diperoleh dengan mengkonversi satuan menggunakan persamaan 4.1.

$$X_{p.u(baru)} = X_{p.u(lama)} \left[ \frac{kV_{lama\,dasar}}{kV_{baru\,dasar}} \right] \left[ \frac{kV_{lama\,dasar}}{kV_{baru\,dasar}} \right]^2 \cdot \left[ \frac{MVA_{baru\,dasar}}{MVA_{lama\,dasar}} \right] \quad (4.1)$$

Dengan menggunakan persamaan 4.1 maka nilai reaktansi dari generator dapat diketahui. Data generator setelah proses konversi ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data parameter dinamik generator

No	Parameter	AB1	AB2	satuan
1	S	0.04	0.016	p.u.
2	R	0.001	0.001	p.u.
3	xd	1.9	0.76	p.u.
4	xq	1.8	0.72	p.u.
5	xd'	0.28	0.112	p.u.
6	xq'	0.41	0.164	p.u.
7	xd''	0.115	0.046	p.u.
8	xq''	0.115	0.046	p.u.
9	Xl	0.095	0.038	p.u.
10	Tdo'	4.8	4.8	S
11	Tdo''	0.035	0.035	S
12	Tqo'	0.45	0.45	S
13	Tqo''	0.06	0.06	S
14	H	6	6	kJ/kVA
15	D	0	0	-
16	V	0.38	0.38	kV

Sumber : Hasil Perhitungan

### 4.2.3 Data Saluran

Data saluran sistem daya untuk PLTMH Andungbiru1 dan PLTMH Andungbiru2 ditunjukkan pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data saluran

No	PLTMH Andungbiru 1			PLTMH Andungbiru 2		
	saluran	R (p.u.)	X (p.u.)	saluran	R (p.u.)	X (p.u.)
1	BUS GEN AB1-BUS LOAD 1A	0.506778	0.423186	BUS GEN AB2-BUS 1	0.443009	0.369935
2	BUS GEN AB1-BUS LOAD 2A	0.444514	0.371192	BUS 1-BUS LOAD 1B	0.707999	0.423186
3	BUS GEN AB1-BUS LOAD 3A	0.501888	0.419102	BUS 1-BUS LOAD 2B	0.464975	0.388278
4	BUS GEN AB1-BUS LOAD 4A	1.208545	1.009197	BUS 1-BUS LOAD 3B	0.501888	0.406195
5	-			BUS 1-BUS LOAD 4B	1.208545	0.3084

Sumber : Hasil perhitungan

### 4.2.4 Data Beban

Nilai pembebanan pada PLTMH Andungbiru 1 dan PLTMH Andungbiru 2 sesuai dengan pemodelan sistem daya pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 ditunjukkan pada tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Data pembebanan 2 PLTMH

PLTMH Andungbiru 1			PLTMH Andungbiru 2		
pembebanan	P (W)	Q (Var)	Pembebanan	P (W)	Q (Var)
BUS GEN AB1-BUS LOAD 1A	3000.61	1675.15	BUS GEN AB2-BUS 1	3380.89	1893.53
BUSGEN AB1-BUS LOAD 2A	416.79	237.47	BUS 1-BUS LOAD 1B	1258.68	691.04
BUS GEN AB1-BUS LOAD 3A	3447.51	1980.33	BUS 1-BUS LOAD 2B	857.09	473.42
BUS GEN AB1-BUS LOAD 4A	2518.52	1523.62	BUS 1-BUS LOAD 3B	422.09	247.86
-			BUS 1-BUS LOAD 4B	843.03	481.21
Total	9383.43	5416.57	Total	3380.89	1893.53

Sumber : Survey lapangan

### 4.3 Simulasi Aliran Daya

Simulasi aliran daya dilakukan untuk mengetahui kondisi awal sistem sebelum dilakukan analisis stabilitas sistem daya. Proses simulasi aliran daya ini berdasarkan atas diagram segaris sistem dan data-data yang telah dibahas sebelumnya meliputi data pembangkit, saluran dan beban. Simulasi akan terbagi menjadi dua keadaan, yaitu keadaan saat sebelum dan setelah interkoneksi dua PLTMH dilakukan.

#### 4.3.1 Simulasi Aliran Daya PLTMH Andungbiru 1

Dalam melakukan simulasi aliran daya pada PLTMH Andungbiru 1, akan ditetapkan bus GEN AB1 sebagai *slack bus* dan yang lain ditentukan sebagai *PQ bus*. Data pembangkit, saluran dan pembebanan sesuai dengan pembahasan sebelumnya. Dari hasil simulasi aliran daya di PLTMH Andungbiru 1 diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Data aliran daya PLTMH Andungbiru 1

No	Nama Bus	Voltage (pu)	Sudut (°)	Pgen (MW)	Qgen (Mvar)	Pbeban (MW)	Qbeban (Mvar)
1	GEN AB1	1	0	0.0094	0.0054	0.0000	0.0000
2	LOAD 1A	0.9991	0.01	0.0000	0.0000	0.003	0.0017
3	LOAD 2A	0.9999	0	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002
4	LOAD 3A	0.999	0.02	0.0000	0.0000	0.0034	0.002
5	LOAD 4A	0.9982	0.03	0.0000	0.0000	0.0025	0.0015

Sumber : Hasil simulasi

Berdasarkan data hasil simulasi aliran daya tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Total pembangkitan	P : 0.0094 MW Q : 0.0054 MVar
Total beban	P : 0.0093 MW Q : 0.0054 MVar
Total rugi daya	P : 0,0001 MW Q : 0.0000 MVar

#### 4.3.2 Simulasi Aliran Daya PLTMH Andungbiru 2

Dalam melakukan simulasi aliran daya pada PLTMH Andungbiru 1, akan ditetapkan bus GEN AB2 sebagai *slack bus* dan yang lain ditentukan sebagai *PQ bus*. Data pembangkit, saluran dan pembebanan sesuai dengan pembahasan sebelumnya.

Dari hasil simulasi aliran daya di PLTMH Andungbiru 1 diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5 berikut:

Tabel 4.5 Data aliran daya PLTMH Andungbiru 2

No	Nama Bus	Voltage (pu)	Sudut (°)	Pgen (MW)	Qgen (Mvar)	Pbeban (MW)	Qbeban (Mvar)
1	GEN AB2	1	0	0.0034	0.0019	0.0000	0.0000
2	1	0.9991	0.01	0.0000	0.0000	0.0034	0.0019
3	LOAD 1B	0.9986	0.02	0.0000	0.0000	0.0013	0.0007
4	LOAD 2B	0.9989	0.02	0.0000	0.0000	0.0009	0.0005
5	LOAD 3B	0.999	0.01	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002
6	LOAD 4B	0.999	0.02	0.0000	0.0000	0.0008	0.0005

Sumber : Hasil simulasi

Berdasarkan data hasil simulasi aliran daya tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Total pembangkitan	P : 0.0034 MW
	Q : 0.0019 MVar
Total beban	P : 0.0034 MW
	Q : 0.0019 MVar
Total rugi daya	P : 0,0000 MW
	Q : 0.0000 MVar

#### 4.3.3 Simulasi Aliran Daya Pada Sistem Interkoneksi.

Simulasi aliran daya pada sistem interkoneksi dilakukan dengan menghubungkan bus GEN AB1 dengan bus GEN AB2 sesuai dengan gambar 4.3. Penetapan jenis bus, yaitu *slack bus*, *PV bus* dan *PQ bus* pada sistem daya interkoneksi telah dibahas pada pembahasan sebelumnya. Hasil simulasi aliran daya pada sistem interkoneksi ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Data aliran daya pada sistem interkoneksi

No	Nama Bus	Voltage (pu)	Sudut (°)	Pgen (MW)	Qgen (Mvar)	Pbeban (MW)	Qbeban (Mvar)
1	GEN AB1	1	0	0.0101	0.0073	0.0000	0.0000
2	GEN AB2	1	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
3	1	0.9991	0.01	0.0000	0.0000	0.0034	0.0019
4	LOAD 1A	0.9998	0.02	0.0000	0.0000	0.0003	0.0017
5	LOAD 2A	0.9999	0	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002
6	LOAD 3A	0.999	0.02	0.0000	0.0000	0.0034	0.002
7	LOAD 4A	0.9982	0.03	0.0000	0.0000	0.0025	0.0015
8	LOAD 1B	0.9986	0.02	0.0000	0.0000	0.0013	0.0007



9	LOAD 2B	0.9989	0.02	0.0000	0.0000	0.0009	0.0005
10	LOAD 3B	0.999	0.01	0.0000	0.0000	0.0004	0.0002
11	LOAD 4B	0.999	0.02	0.0000	0.0000	0.0008	0.0005

Sumber : Hasil simulasi

Berdasarkan data hasil simulasi aliran daya tersebut diperoleh data sebagai berikut:

Total pembangkitan	P : 0.0101 MW Q : 0.0073 MVar
Total beban	P : 0.0100 MW Q : 0.0073 MVar
Total rugi daya	P : 0,0001 MW Q : 0.0000 MVar

#### 4.4 Simulasi Stabilitas Tegangan dan Sudut Rotor Sebelum Interkoneksi.

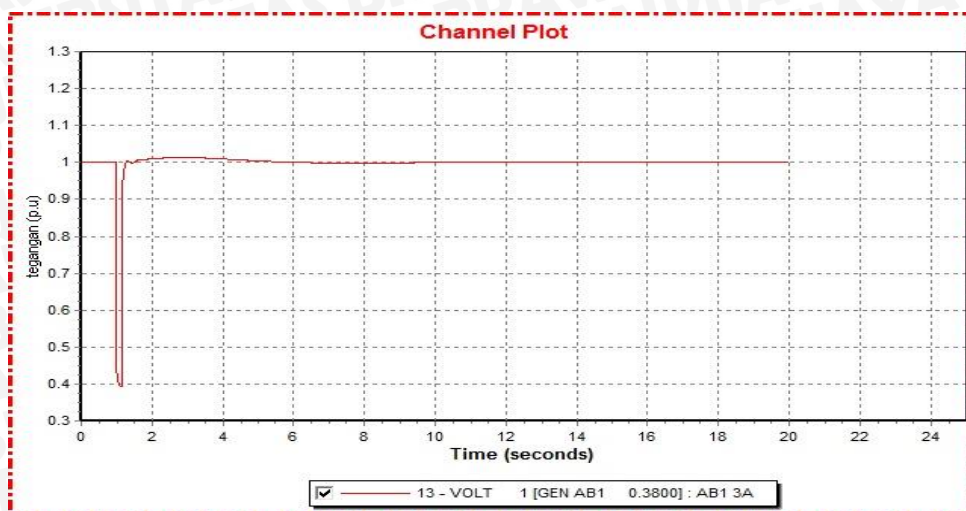
Simulasi stabilitas ini dilakukan pada saat sumber daya dua PLTMH belum diinterkoneksi. Dimana setiap PLTMH yaitu PLTMH Andungbiru 1 dan PLTMH Andungbiru 2 memiliki sumber energi listrik dari generator sinkron 3 fasa sesuai dengan pembahasan sebelumnya. Dalam analisis stabilitas ini akan ditentukan daya dasar sebesar 1 MVA dan 0.38 kV sebagai tegangan dasar, waktu gangguan pada detik ke-1 dan waktu gangguan selama 0,15 detik. Gangguan yang digunakan pada simulasi ini adalah gangguan 3 fasa.

##### 4.4.1 Simulasi Stabilitas Tegangan dan Sudut Rotor Pada Sistem Daya PLTMH Andungbiru 1

Dalam melakukan simulasi stabilitas tegangan dan sudut rotor ini, akan dilakukan letak gangguan pada sistem daya diberikan pada bus dengan beban terbesar (bus LOAD 3A) dan beban terkecil (bus LOAD 2A). Data yang ditampilkan berupa data grafik ketika sebelum, saat dan setelah gangguan terjadi. Hasil simulasi stabilitas tegangan dan sudut rotor pada sistem daya di PLTMH Andungbiru 1 sebelum interkoneksi sesuai dengan pembahasan berikut :

- Letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 3A).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 3A) ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.7.



Gambar 4.6 Grafik tegangan =  $f(t)$  pada bus GEN AB1 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 3A

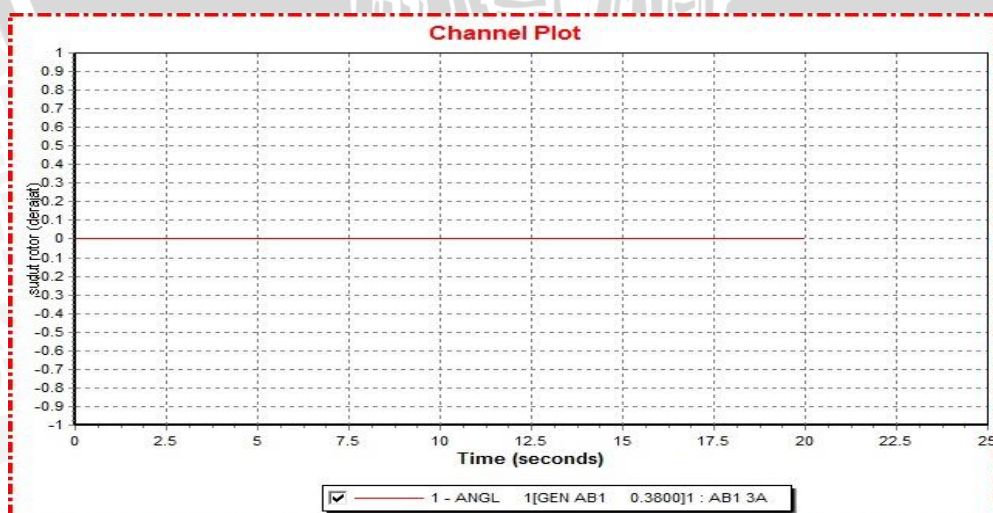
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.7 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 3A

Bus	$V_{awal}$ (p.u)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.392147	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa pada bus GEN AB1 tegangan sebelum gangguan terjadi ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan menurun menjadi 0.392147 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.7 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



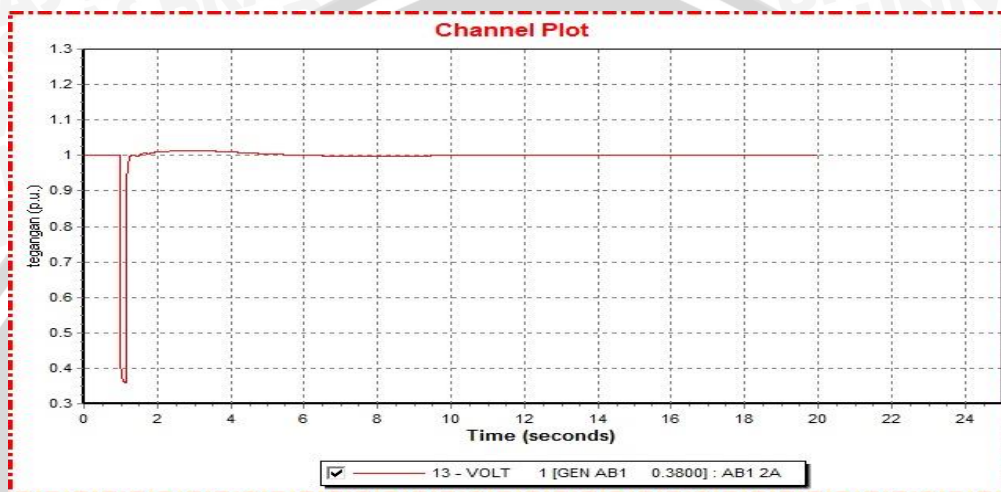
Gambar 4.7 Grafik sudut rotor =  $f(t)$  pada bus GEN AB1 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 3A

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas untuk sudut rotor, terlihat bahwa ketika gangguan terjadi dan setelah gangguan terjadi sudut rotornya tidak terjadi perubahan, hal ini dikarenakan sistem hanya terdiri dari satu pembangkit saja.

- Letak gangguan pada bus beban terkecil (bus LOAD 2A).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terkecil (bus LOAD 2A) ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Tabel 4.8.



Gambar 4.8 Grafik tegangan =  $f(t)$  pada bus GEN AB1 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 2A

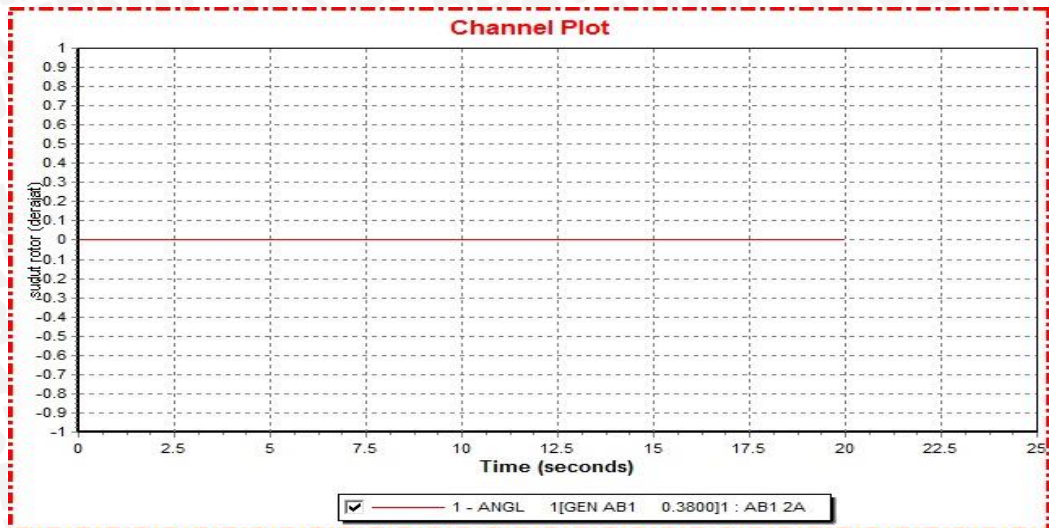
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.8 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 2A

Bus	$V_{\text{awal}}$ (p.u.)	$V_{\text{drop}}$ (p.u.)	$t_{\text{drop}}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.3597	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa pada bus GEN AB1 tegangan sebelum gangguan terjadi ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan menurun menjadi 0.3597 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.8 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



Gambar 4.9 Grafik sudut rotor =  $f(t)$  pada bus GEN AB1 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 2A

Sumber : Hasil simulasi

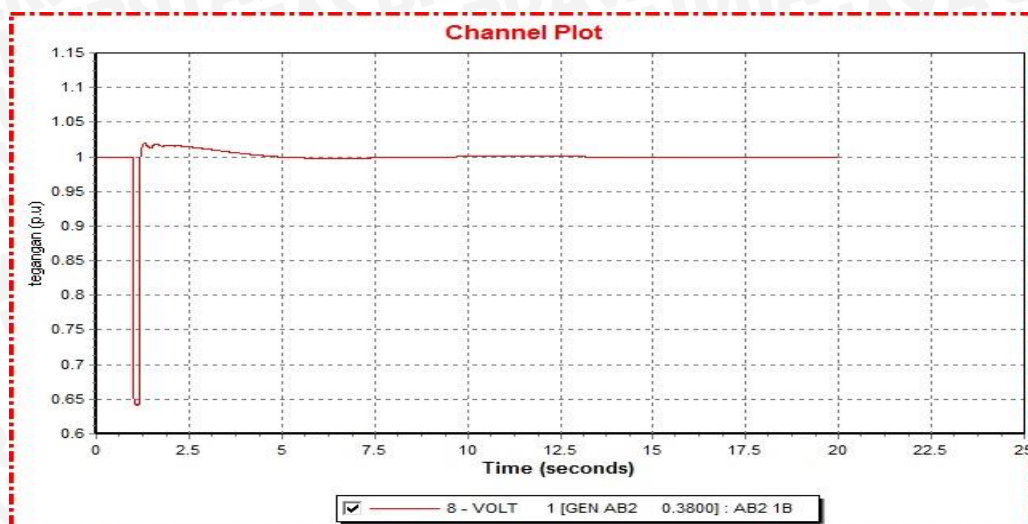
Dari hasil simulasi stabilitas untuk sudut rotor, terlihat bahwa ketika gangguan terjadi dan setelah gangguan terjadi sudut rotornya tidak terjadi perubahan, hal ini dikarenakan sistem hanya terdiri dari satu pembangkit saja.

#### 4.4.2 Simulasi Stabilitas Tegangan dan Sudut Rotor Pada Sistem Daya PLTMH Andungbiru 2

Dalam melakukan simulasi stabilitas tegangan dan sudut rotor ini, akan dilakukan letak gangguan pada sistem daya untuk bus dengan beban terbesar (bus LOAD 1B) dan beban terkecil (bus LOAD 3B). Data yang ditampilkan berupa data grafik ketika sebelum, saat dan setelah gangguan terjadi. Hasil simulasi stabilitas tegangan dan sudut rotor pada sistem daya di PLTMH Andungbiru 2 sebelum interkoneksi sesuai dengan pembahasan berikut :

- Letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B) ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Tabel 4.9.



Gambar 4.10 Grafik tegangan =  $f(t)$  pada bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 1B

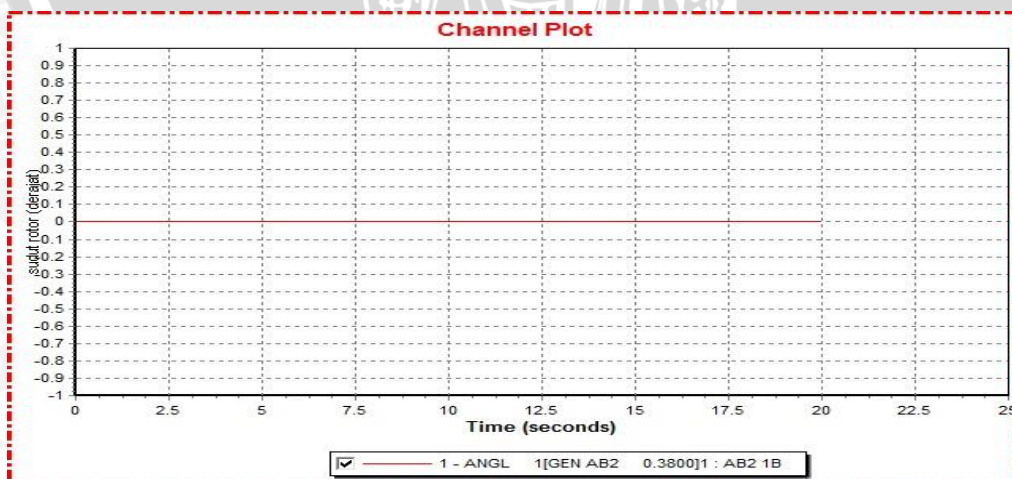
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.9 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 1B

Bus	$V_{awal}$ (p.u.)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.641973	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa pada bus GEN AB1 tegangan sebelum gangguan terjadi ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan menurun menjadi 0.64193 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.9 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



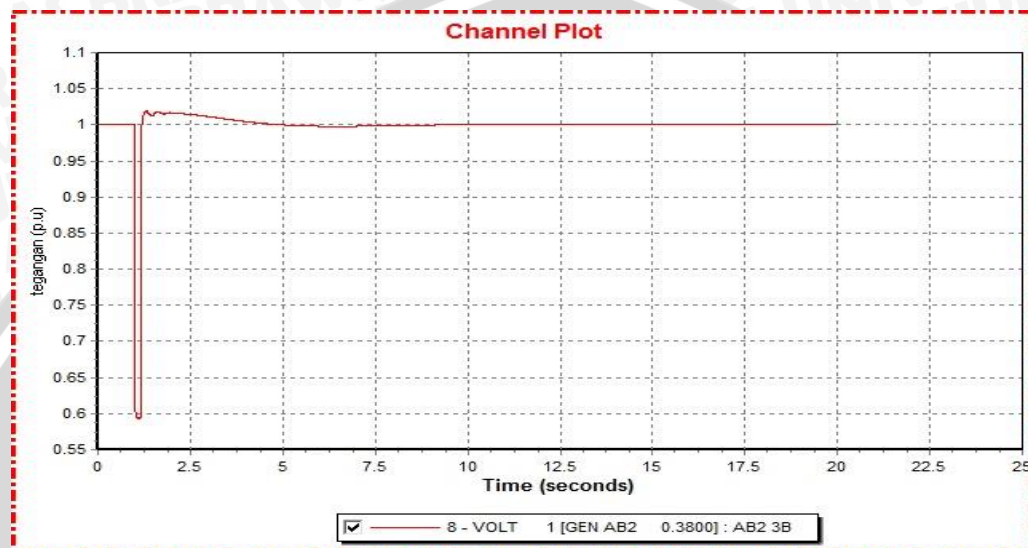
Gambar 4.11 Grafik sudut rotor =  $f(t)$  pada bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 1B

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas untuk sudut rotor, terlihat bahwa ketika gangguan terjadi dan setelah gangguan terjadi sudut rotornya tidak terjadi perubahan, hal ini dikarenakan sistem hanya terdiri dari satu pembangkit saja.

- Letak gangguan pada bus beban terkecil (bus LOAD 3B).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terkecil (bus LOAD 3B) ditunjukkan pada Gambar 4.12 dan Tabel 4.10.



Gambar 4.12 Grafik tegangan =  $f(t)$  pada bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 3B

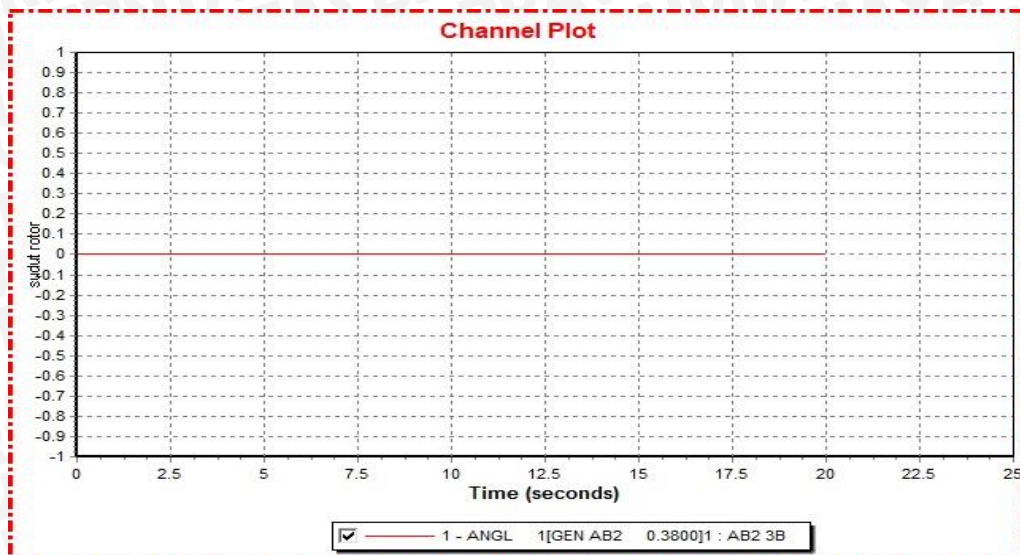
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.10 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 3B

Bus	$V_{awal}$ (p.u.)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.592753	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa pada bus GEN AB1 tegangan sebelum gangguan terjadi ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan menurun menjadi 0.592753 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.10 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



Gambar 4.13 Grafik sudut rotor =  $f(t)$  pada bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus LOAD 3B

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas untuk sudut rotor, terlihat bahwa ketika gangguan terjadi dan setelah gangguan terjadi sudut rotornya tidak terjadi perubahan, hal ini dikarenakan sistem hanya terdiri dari satu pembangkit saja.

#### 4.4.3 Simulasi Stabilitas Tegangan dan Sudut Rotor Setelah Interkoneksi.

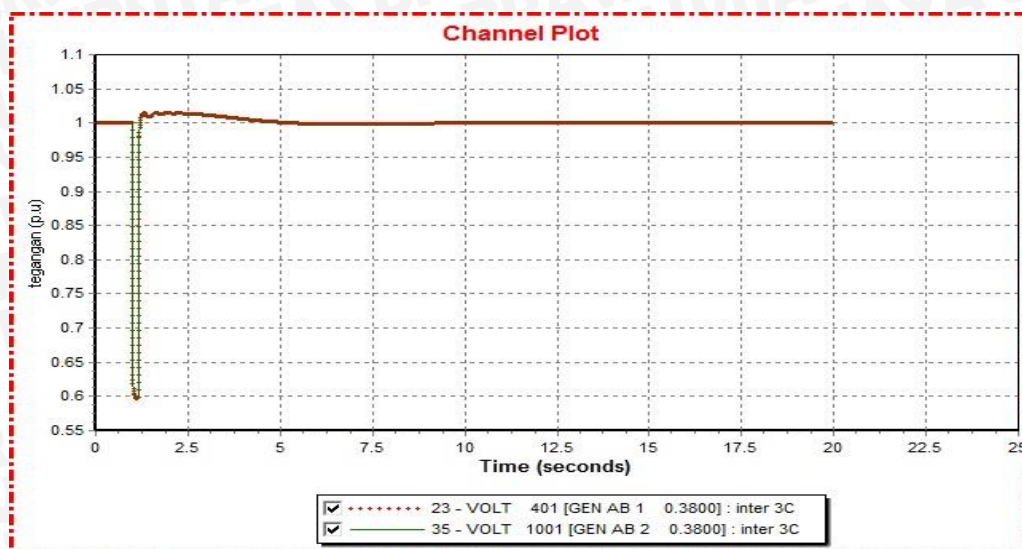
Simulasi stabilitas tegangan dan sudut rotor setelah interkoneksi ini akan menampilkan stabilitas tegangan dan sudut rotor setelah kedua pembangkit PLTMH dihubungkan dengan saluran interkoneksi yang dihubungkan antar bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 sesuai dengan gambar 4.5. Untuk letak gangguan pada simulasi stabilitas setelah interkoneksi merupakan gabungan dari letak gangguan simulasi stabilitas sebelum interkoneksi yaitu terletak pada bus beban terbesar (bus LOAD 3A) dan beban terkecil (bus LOAD 2A) di PLTMH Andungbiru 1 dan bus beban terbesar (bus LOAD 1B) dan beban terkecil (bus LOAD 3B) di PLTMH Andungbiru 2.

Dalam simulasi ini akan ditampilkan grafik tegangan terhadap fungsi waktu, kemudian akan dianalisis dampak gangguan terhadap stabilitas tegangan dan sudut rotor pada sistem setelah interkoneksi.

Hasil simulasi stabilitas tegangan dan sudut rotor setelah interkoneksi untuk letak gangguan masing-masing diperlihatkan pada pembahasan berikut :

- Letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 3A).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B) ditunjukkan pada Gambar 4.14 dan Tabel 4.11.



Gambar 4.14 Grafik tegangan =  $f(t)$  setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 3A

Sumber : Hasil simulasi

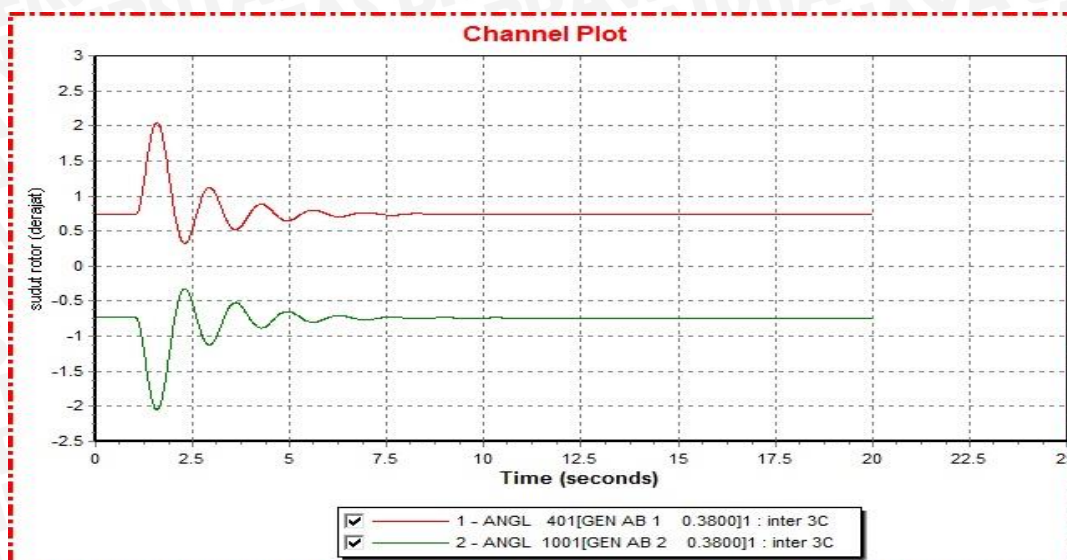
Tabel 4.11 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 3A setelah interkoneksi

Bus	$V_{\text{awal}}$ (p.u)	$V_{\text{drop}}$ (p.u.)	$t_{\text{drop}}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.597525	150
GEN AB2	1	0.597525	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa tegangan sebelum gangguan terjadi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan pada bus Gen AB1 dan bus GEN AB2 sama-sama menurun menjadi 0.597525 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.11 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.





Gambar 4.15 Grafik sudut rotor = f(t) setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 3A

Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.12 Simulasi stabilitas sudut rotor letak gangguan pada bus LOAD 3A setelah interkoneksi

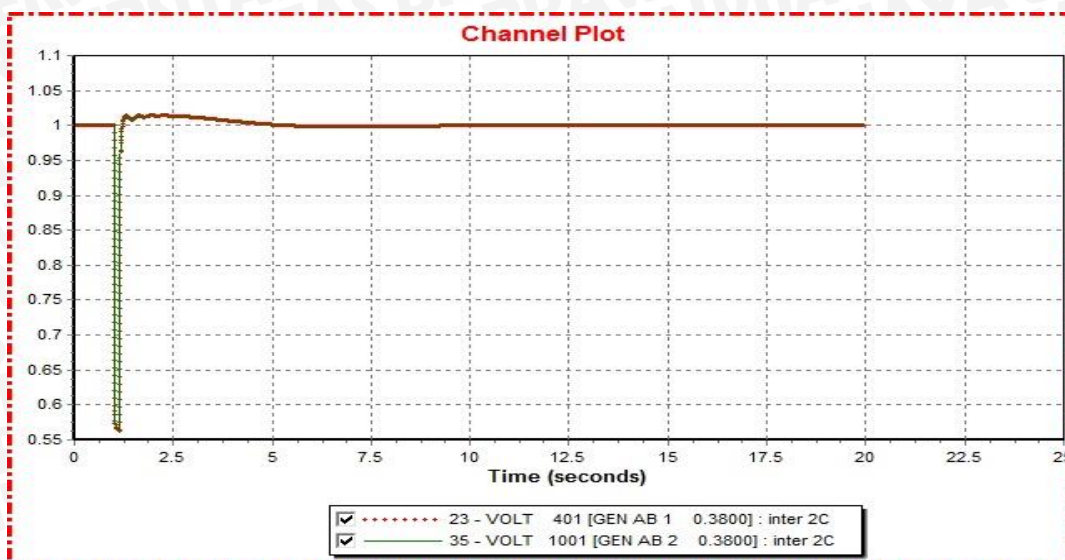
Generator		$\delta_{awal} (^{\circ})$	$\delta_{selama\ gangguan} (^{\circ})$
AB1	maks	0.734974	2.048723
	min		0.320168
AB2	maks	-0.73497	-0.320168
	min		-2.048723

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas sudut rotor terlihat jika gangguan menyebabkan terjadinya osilasi. Setelah gangguan terjadi sudut rotor pada GEN AB1 dan sudut rotor GEN AB2 bisa kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam keadaan stabil.

- Letak gangguan pada bus beban terkecil (bus LOAD 2A).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B) ditunjukkan pada Gambar 4.16 dan Tabel 4.13.



Gambar 4.16 Grafik tegangan =  $f(t)$  setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 2A

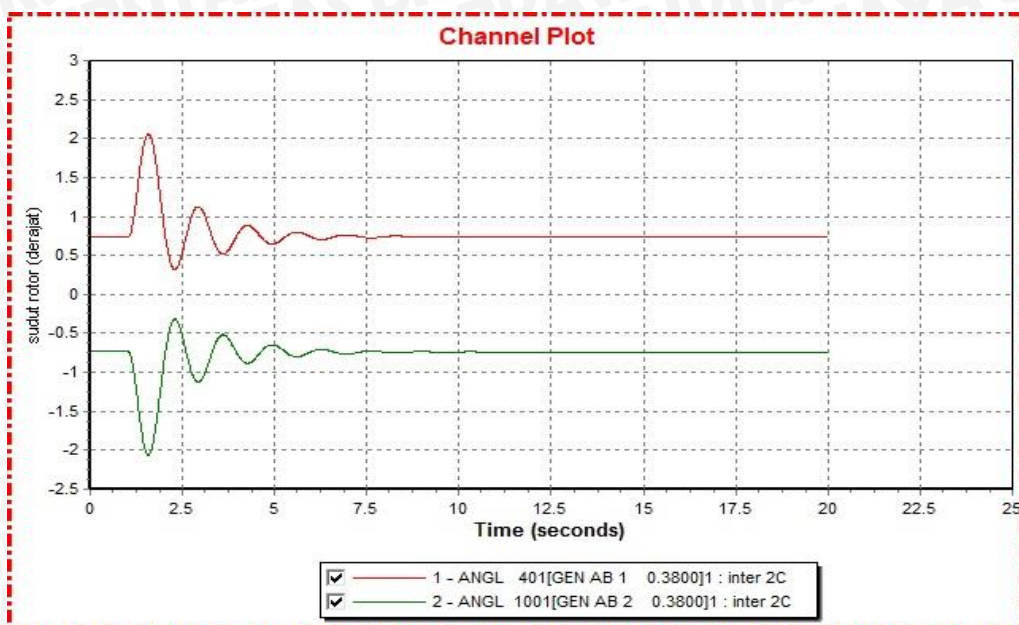
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.13 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 2A setelah interkoneksi

Bus	$V_{awal}$ (p.u.)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.563567	150
GEN AB2	1	0.563567	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa tegangan sebelum gangguan terjadi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan pada bus Gen AB1 dan bus GEN AB2 sama-sama menurun menjadi 0.563567 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.13 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



Gambar 4.17 Grafik sudut rotor = f(t) setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 2A

Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.14 Simulasi stabilitas sudut rotor letak gangguan pada bus LOAD 2A setelah interkoneksi

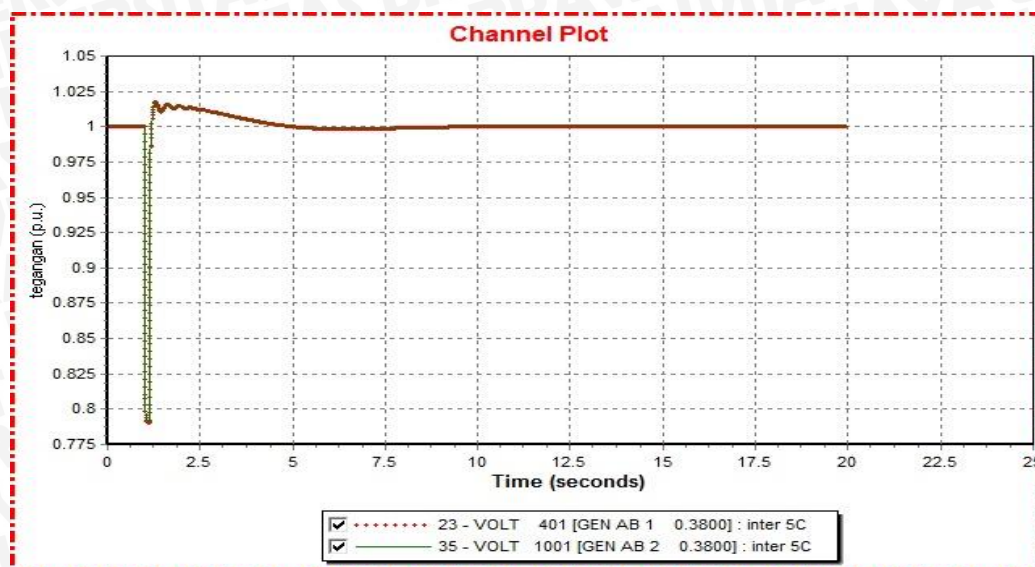
Generator		$\delta_{awal} (^{\circ})$	$\delta_{selama\ gangguan} (^{\circ})$
AB1	maks	0.734974	2.058743
	min		0.318031
AB2	maks	-0.73497	-0.318031
	min		-2.058743

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas sudut rotor terlihat jika gangguan menyebabkan terjadinya osilasi. Setelah gangguan terjadi sudut rotor pada GEN AB1 dan sudut rotor GEN AB2 bisa kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam keadaan stabil.

- Letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B) ditunjukkan pada Gambar 4.18 dan Tabel 4.15.



Gambar 4.18 Grafik tegangan =  $f(t)$  setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 1B

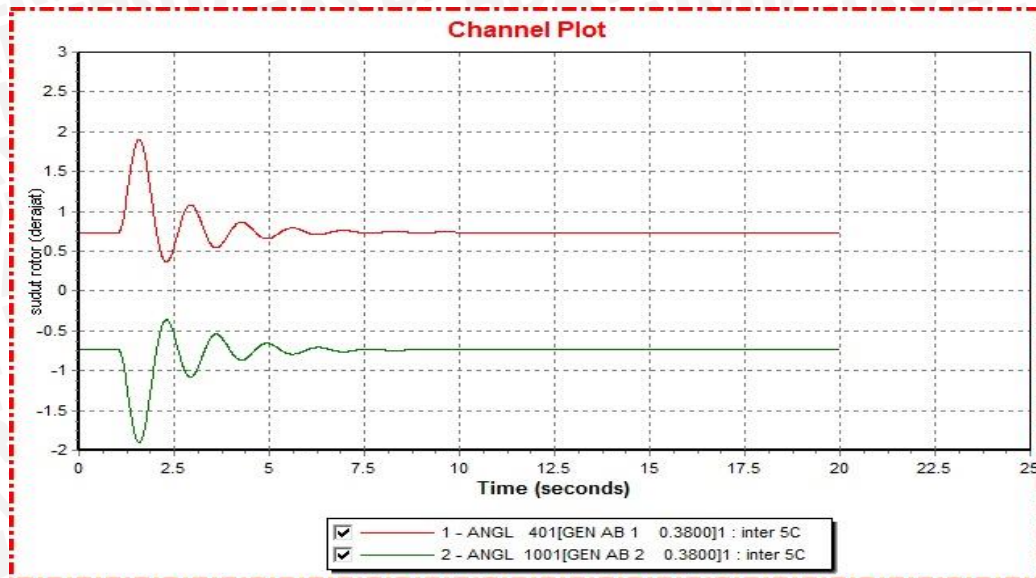
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.15 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 1B setelah interkoneksi

Bus	$V_{awal}$ (p.u)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.790126	150
GEN AB2	1	0.790126	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa tegangan sebelum gangguan terjadi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan pada bus Gen AB1 dan bus GEN AB2 sama-sama menurun menjadi 0.790126 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.15 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



Gambar 4.19 Grafik sudut rotor = f(t) setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 1B

Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.16 Simulasi stabilitas sudut rotor letak gangguan pada bus LOAD 1B setelah interkoneksi

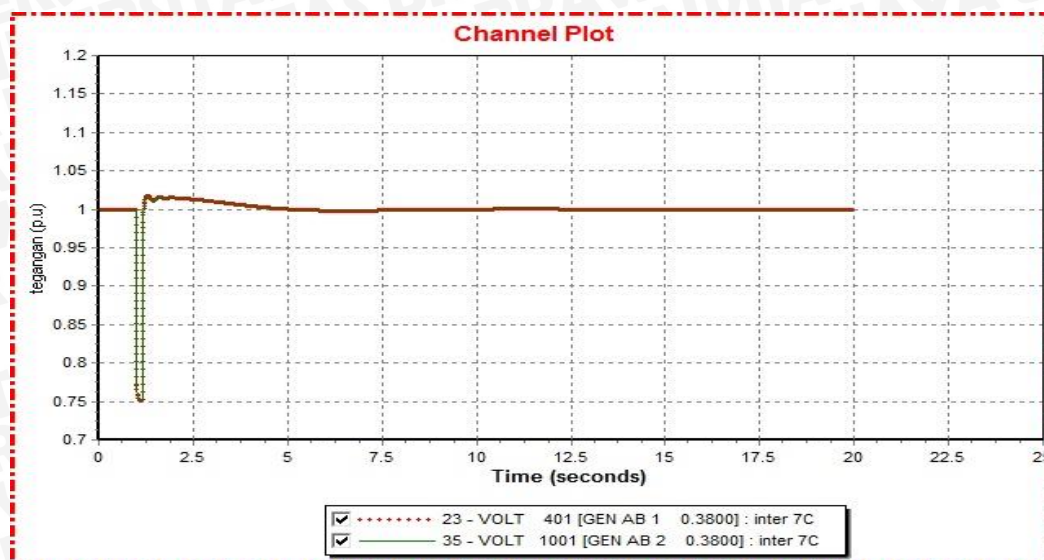
Generator		$\delta_{awal} (^{\circ})$	$\delta_{selama\ gangguan} (^{\circ})$
AB1	maks	0.734974	1.901674
	min		0.504246
AB2	maks	-0.73497	-0.504246
	min		-1.901674

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas sudut rotor terlihat jika gangguan menyebabkan terjadinya osilasi. Setelah gangguan terjadi sudut rotor pada GEN AB1 dan sudut rotor GEN AB2 bisa kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam keadaan stabil.

- Letak gangguan pada bus beban terkecil (bus LOAD 3B).

Hasil simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus beban terbesar (bus LOAD 1B) ditunjukkan pada Gambar 4.20 dan Tabel 4.17.



Gambar 4.20 Grafik tegangan =  $f(t)$  setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 3B

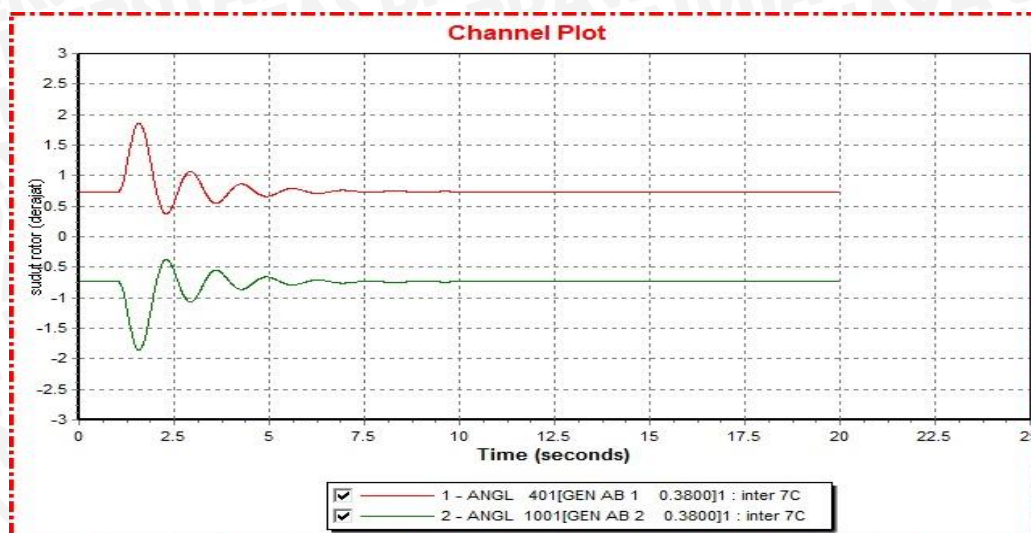
Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.17 Simulasi stabilitas tegangan letak gangguan pada bus LOAD 3B setelah interkoneksi

Bus	$V_{awal}$ (p.u.)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
GEN AB1	1	0.750573	150
GEN AB2	1	0.750573	150

Sumber : Hasil simulasi

Pada hasil simulasi tersebut dapat dilihat bahwa tegangan sebelum gangguan terjadi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 ialah 1 p.u. Pada saat terjadi gangguan di detik ke-1, tegangan pada bus Gen AB1 dan bus GEN AB2 sama-sama menurun menjadi 0.750573 p.u. Setelah gangguan dihilangkan dari sistem, tegangan kembali ke operasi normal setelah sebelumnya mengalami osilasi. Pada tabel 4.17 menunjukkan gangguan terjadi selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam kondisi stabil.



Gambar 4.21 Grafik sudut rotor =  $f(t)$  setelah interkoneksi pada bus GEN AB1 dan bus GEN AB2 saat diberikan gangguan pada bus load 3B

Sumber : Hasil simulasi

Tabel 4.18 Simulasi stabilitas sudut rotor letak gangguan pada bus LOAD 3B setelah interkoneksi

Generator		$\delta_{awal} (^{\circ})$	$\delta_{selama\ gangguan} (^{\circ})$
AB1	maks	0.734974	1.859491
	min		0.373413
AB2	maks	-0.73497	-0.373413
	min		-1.859491

Sumber : Hasil simulasi

Dari hasil simulasi stabilitas sudut rotor terlihat jika gangguan menyebabkan terjadinya osilasi. Setelah gangguan terjadi sudut rotor pada GEN AB1 dan sudut rotor GEN AB2 bisa kembali ke operasi normal sehingga sistem masih dalam keadaan stabil.

#### 4.4.4 Perbandingan Stabilitas Tegangan Sebelum dan Setelah Interkoneksi

Berdasarkan uraian mengenai stabilitas tegangan di PLTMH Andungbiru 1 dan PLTMH Andungbiru 2 pada kondisi sebelum dan setelah interkoneksi dapat diperoleh gambaran secara umum tentang stabilitas tegangan pada kedua PLTM tersebut melalui tabel 4.19 berikut:

Tabel 4.19 Perbandingan simulasi stabilitas tegangan pada sistem sebelum dan setelah interkoneksi untuk berbagai letak gangguan

Letak Gangguan (bus)	bus	Sebelum Interkoneksi		sesudah Interkoneksi	
		$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)	$V_{drop}$ (p.u.)	$t_{drop}$ (milidetik)
LOAD 3A	AB1	0.392147	150	0.597525	150
	AB2	-	-	0.597525	150
LOAD 2A	AB1	0.3597	150	0.563567	150

	AB2	-	-	0.563567	150
LOAD 1B	AB1	0.641973	150	0.790126	150
	AB2	-	-	0.790126	150
LOAD 3B	AB1	0.592753	150	0.750573	150
	AB2	-	-	0.750573	150

Sumber : Hasil simulasi

Dari data pada tabel 4.19 terlihat perbedaan antara penurunan tegangan ketika sistem diinterkoneksi dan sebelum diinterkoneksi pada saat terjadi gangguan. Penurunan tegangan pada saat sesudah diinterkoneksi lebih besar dibandingkan dengan penurunan tegangan pada saat sistem sebelum diinterkoneksi. Gangguan yang mengakibatkan penurunan tegangan terbesar ialah gangguan yang terjadi pada salah satu bus yang bersumber dari PLMH Andungbiru 2 dimana sumber ini memiliki kapasitas pembangkit yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan kapasitas pembangkit dari PLTMH Andungbiru 1. Gangguan yang terjadi pada salah satu bus tersebut, mengakibatkan tegangan bus menurun hingga mencapai 0,790126 p.u. selama gangguan terjadi.

Durasi gangguan baik pada saat sebelum dan setelah interkoneksi ialah selama 150 milidetik dan tegangan dapat kembali ke operasi normal setelah gangguan dihilangkan dari sistem. Sehingga tegangan sistem baik setelah dan sebelum interkoneksi dengan berbagai letak gangguan masih dalam kondisi yang stabil.

