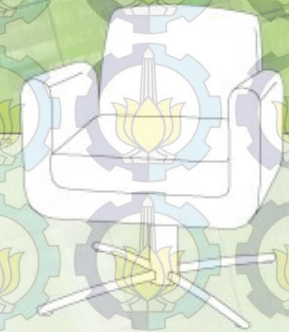


LET'S SAVE THE

Assalamualaikum
Wr. Wb



ANALISIS STABILITAS TRANSIEN DAN PERANCANGAN PELEPASAN BEBAN PADA SISTEM KELISTRIKAN PT SEMEN TONASA

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.

Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M.Eng.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO (SISTEM TENAGA)

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

Pendahuluan : Tujuan

1. Melaksanakan studi kestabilan transien sistem kelistrikan PT.SEMEN TONASA untuk mendapatkan rekomendasi yang diperlukan agar dapat menjaga kestabilan dari sistem sehingga mampu mengatasi setiap gangguan-gangguan yang terjadi.
2. Merancang suatu skema yang handal agar sistem kelistrikan pada PT. SEMEN TONASA dapat kembali stabil ketika terjadi gangguan yang dapat menyebabkan sistem tidak stabil.

Pendahuluan: Permasalahan

1. Bagaimana respon frekuensi dan tegangan serta sudut rotor di PT. SEMEN TONASA saat dilakukan analisis kestabilan transien
2. Bagaimana merancang skema *load shedding* yang handal pada PT. SEMEN TONASA

Kestabilan Transien dapat didefinisikan sebagai kemampuan sistem tenaga untuk mencapai kondisi stabil operasi baru yang dapat diterima setelah sistem mengalami gangguan besar.

- Pengklasifikasian kestabilan sistem tenaga listrik. Berdasarkan Paper IEEE *definition and classification of power system stability*, kestabilan sistem tenaga listrik dibagi menjadi tiga kategori yaitu :
 1. Kestabilan sudut rotor
 2. Kestabilan frekuensi
 3. Kestabilan tegangan

Teori Penunjang : Kestabilan Transien

- ❑ Gangguan Yang menyebabkan Kestabilan Transien:
 - Gangguan hubung singkat
 - *Generator Outage*
 - *Motor starting*
 - Perubahan beban atau pembangkitan secara tiba-tiba
- ❑ Dampak ketidakstabilan sistem akibat gangguan transien:
 - Penurunan frekuensi atau tegangan
 - Pelepasan beban
 - Lepasnya generator dari sistem
 - Rusaknya peralatan

Standar Tegangan

Standar Tegangan Kedip

IEEE Std 1159-1995 : IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality



Tegangan Nominal Kondisi Normal

500 kV +5%, -5%

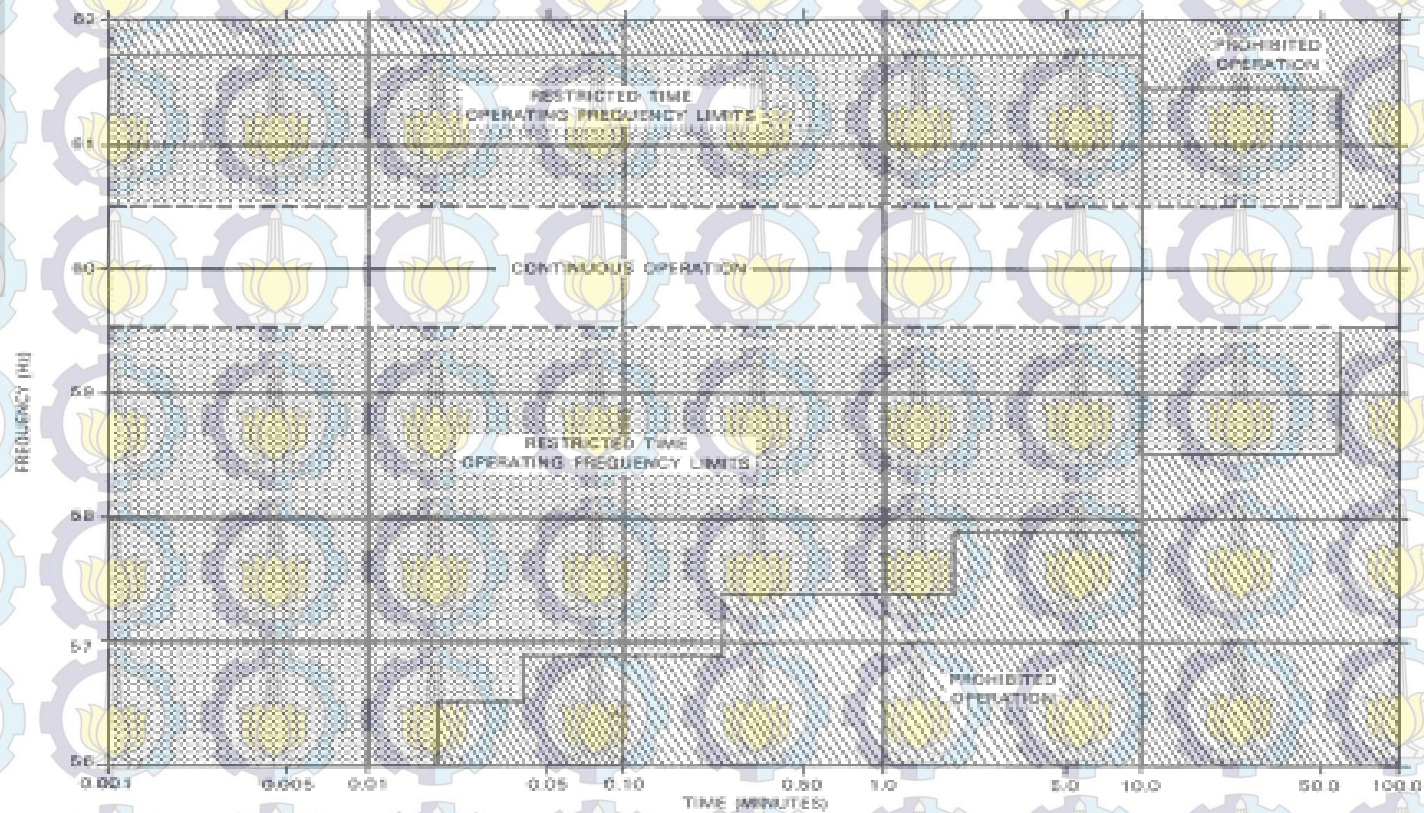
150 kV +5%, -10%

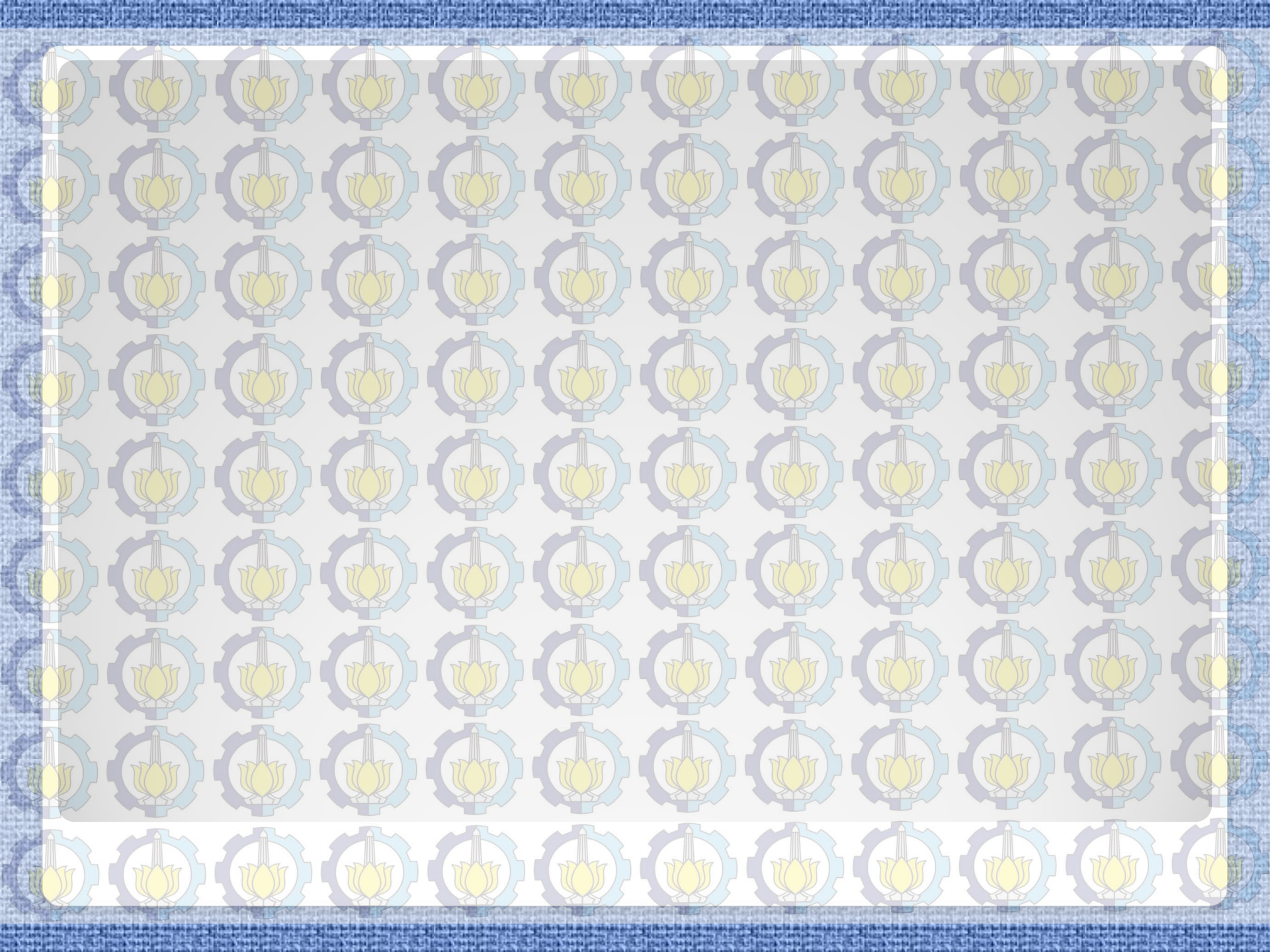
70 kV +5%, -10%

20 kV +5%, -10%

Standar Yang Digunakan Untuk Analisis Kestabilan Transien

Standar Frekuensi untuk *Steam Turbin Generator* (IEEE Std C37.106-2003)





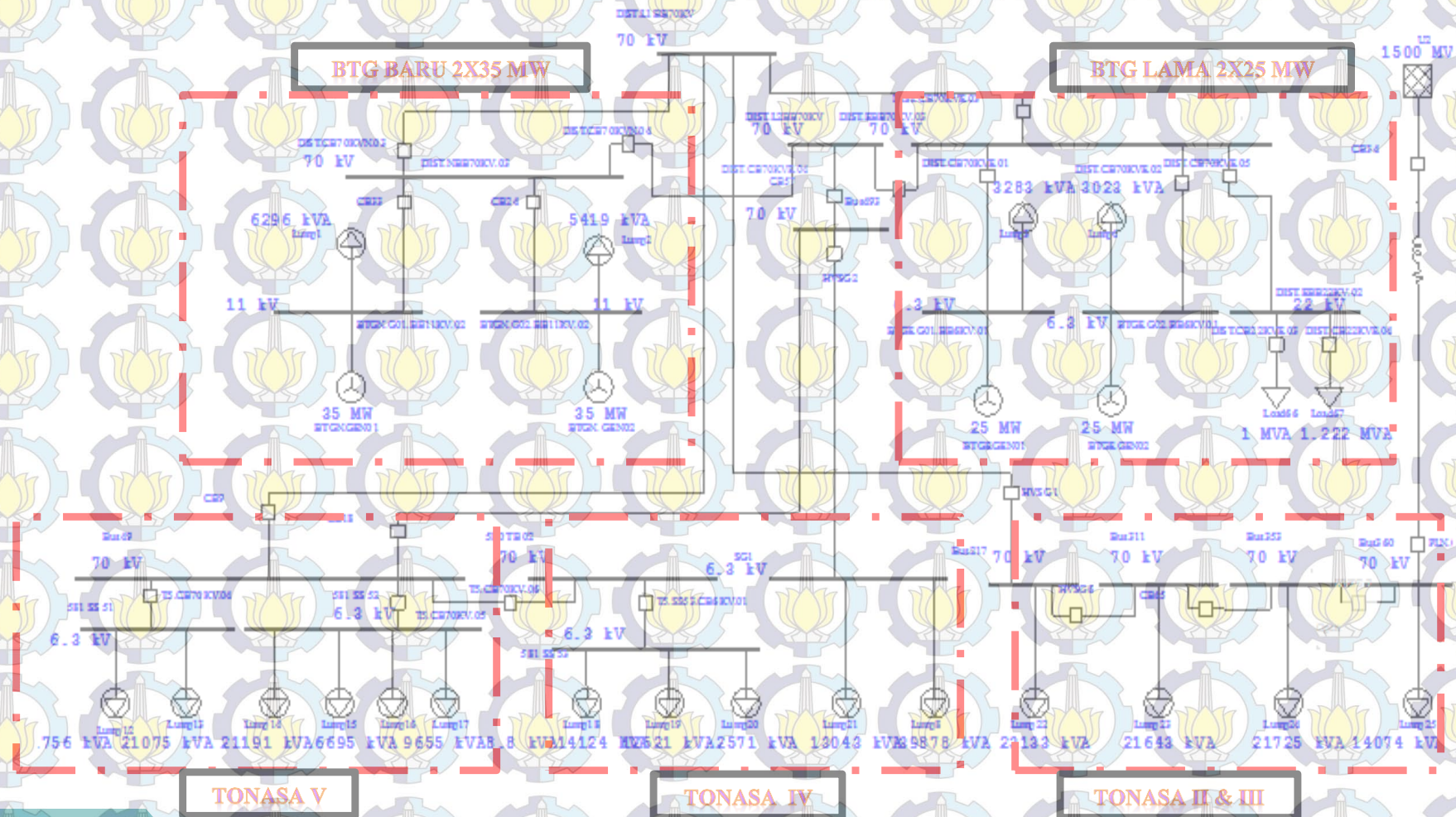
Standar Pelepasan Beban

- Berdasarkan standar ANSI/IEEE C37.106-1987 terdapat dua skema pelepasan beban yaitu skema pelepasan beban dengan 3 langkah dan 6 langkah
- Pada Tugas Akhir ini menggunakan Skema Pelepasan Beban 3 Langkah Seperti tabel dibawah ini :

Step	Frequency Trip Point (Hz)	Percent of Load Shedding (%)	Fixed Time Delay (Cycles) on Relay
1	59.3	10	6
2	58.9	15	6
3	58.5	As required to arrest decline before 58.2 Hz	

SISTEM KELISTRIKAN PT.SEMEN TONASA

• Singel Line Diagram PT.SEMEN TONASA



SISTEM KELISTRIKAN PT.SEMEN TONASA

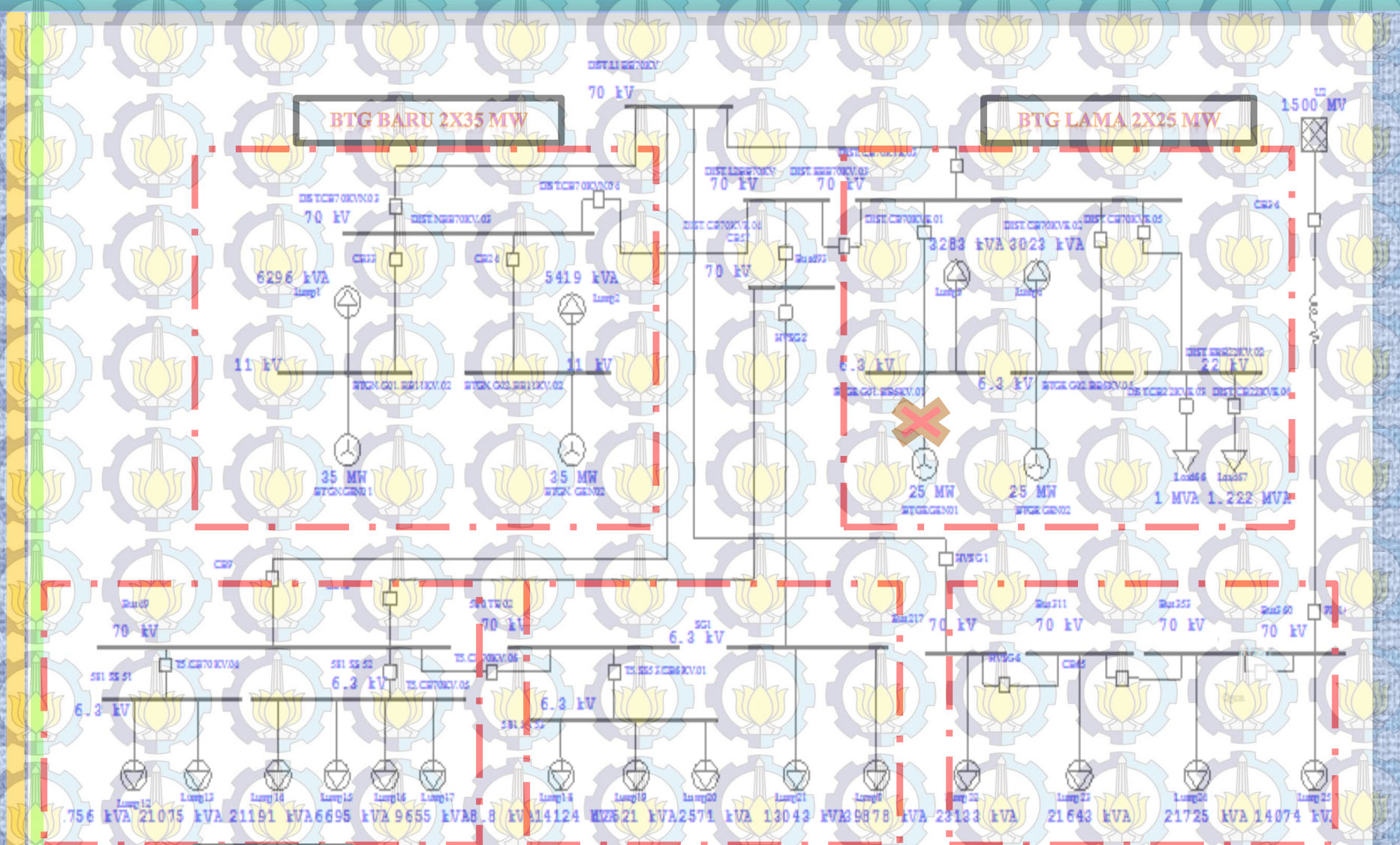
- Total Pembangkitan , Permintaan dan Pembebanan PT.SEMEN TONASA

Keterangan	MW	Mvar	MVA	% PF
Sources Swing Bus (es)	41.920	13.720	44.108	95.04 Lag
Sources Non-Swing Bus	71.000	21.756	74.259	95.61 Lag
Total Demand	112.920	35.476	118.362	95.40 Lag
Total Motor Load	87.003	66.424	109.461	79.48 Lag
Total Static Load	22.182	-7.436	23.993	95.08 Lead
Apparent Losses	3.106	-23.512		

STUDI KASUS KESTABILAN TRANSIEN

Kasus	Keterangan	Waktu(s)
Generator Outage		
Gen Out 1	Generator BTGE.GEN01 trip	5
Gen Out 1 LS	Generator BTGE.GEN01 trip	5
	Load shedding tahap 1	5,341
	Load shedding tahap 2	6,072
Gen Out 1	Generator BTGE.GEN01 trip	5
Gen Out Status	Generator BTGE.GEN01 trip	5
	Load Shedding Status	5,2
Gen Out 2	Generator BTGN.GEN01 trip	5
Gen Out 2 LS	Generator BTGN.GEN01 trip	5
	Load shedding tahap 1	5,401
	Load shedding tahap 2	5,598
	Load shedding tahap 3	5,945
Gen Out 2	Generator BTGN.GEN01 trip	5
Gen Out 2 Status	Generator BTGN.GEN01 trip	5
	Load Shedding Status	5,2
Short Circuit		
SC 70 kV	Hubung singkat 3 fasa pada bus 580 TB 02	2
	T5.CB70KV.06 open	2,3
SC 22 kV	Hubung singkat 3 fasa pada bus DIST.EBB22KV.02	2
	CB DIST.CB70KVE.05 open	2,3
SC 11 kV	Hubung singkat 3 fasa pada bus BTGN.G01.BB1 1KV.02	2
	(CB33.BTGN.CB11KVG01.02,BTGN.CB11KV01.01) open	2,1
	(DIST.CB70KVN.01,BTGN.CB6KVG01.01) open	2,3
SC 11 KVLS	Hubung singkat 3 fasa pada bus BTGN.G01.BB1 1KV.02	2
	(CB33.BTGN.CB11KVG01.02,BTGN.CB11KV01.01) open	2,1
	(DIST.CB70KVN.01,BTGN.CB6KVG01.01) open	2,3
	Load shedding tahap 1	2,781
	Load shedding tahap 2	2,953
	Load shedding tahap 3	3,285
SC 11 KVLS Status	Hubung singkat 3 fasa pada bus BTGN.G01.BB1 1KV.02	2
	(CB33.BTGN.CB11KVG01.02,BTGN.CB11KV01.01) open	2,1
	(DIST.CB70KVN.01,BTGN.CB6KVG01.01) open	2,3
	Load Shedding Status	2,6
SC 6,3 KV	Hubung singkat 3 fasa pada bus SG1	2
	CB HVSG 3 open	2,3
SC 0,4KV	Hubung singkat 3 fasa pada bus bus25	2
	CB T5.GS51.CB6KV.03	2,3
Motor starting		
Mstart	CB T5.ER54.CB6KV.04 Closed (M532FN11 start)	2

Studi kasus Gen Out 1 : Generator BTGE.GEN.01 lepas dari sistem (t=5s)



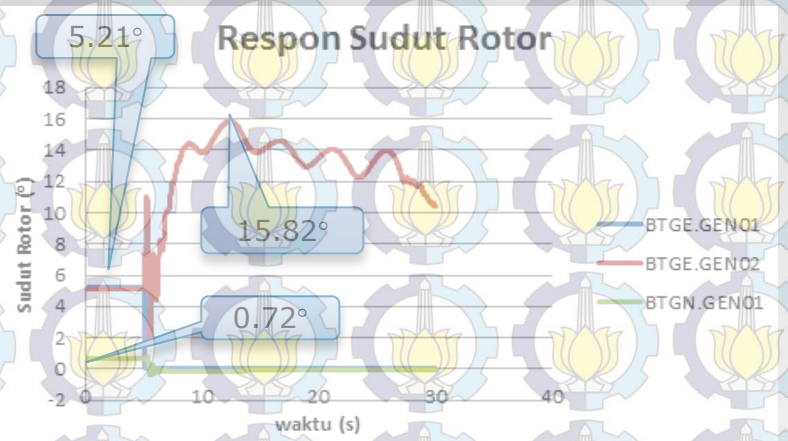
TONASA V

TONASA IV

TONASA II & III

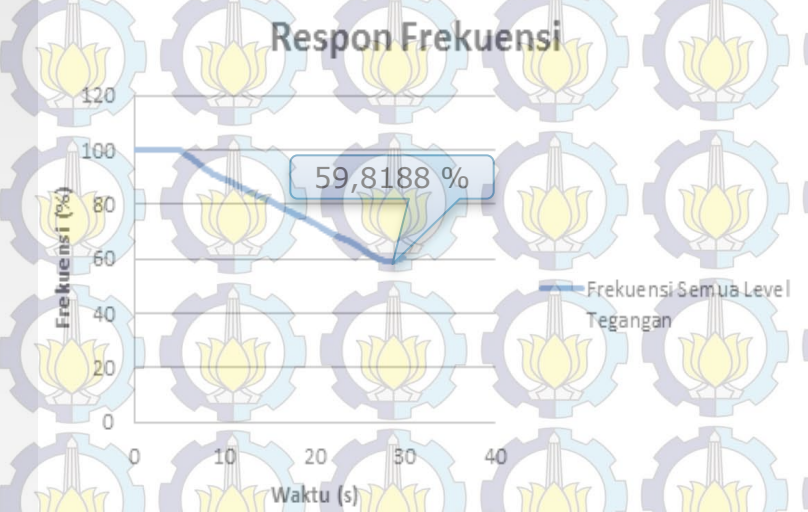
Studi kasus Gen Out 1 : Generator BTGE.GEN.01 lepas dari sistem (t=5s)

Respon Sudut Rotor

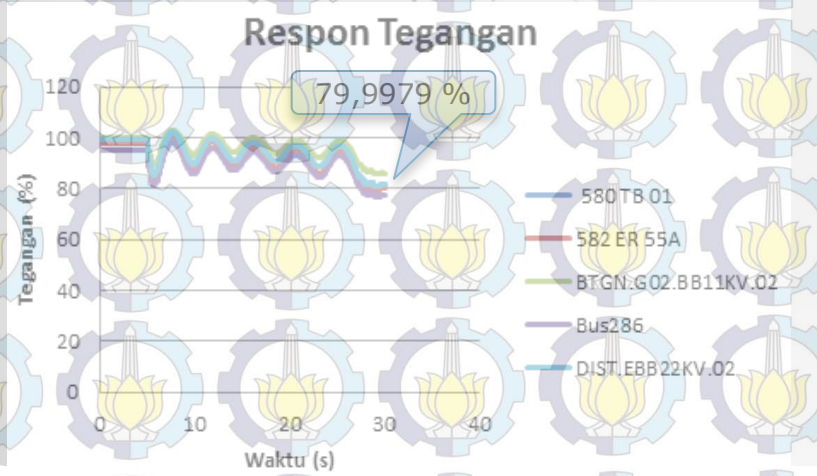


NOT SAFE

Respon Frekuensi

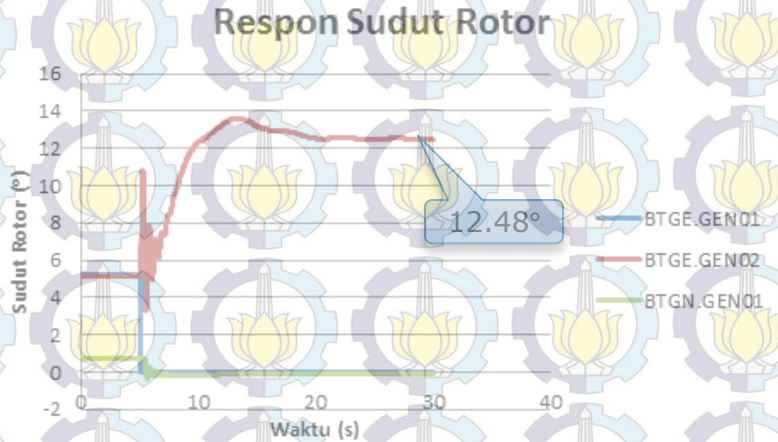


Respon Tegangan

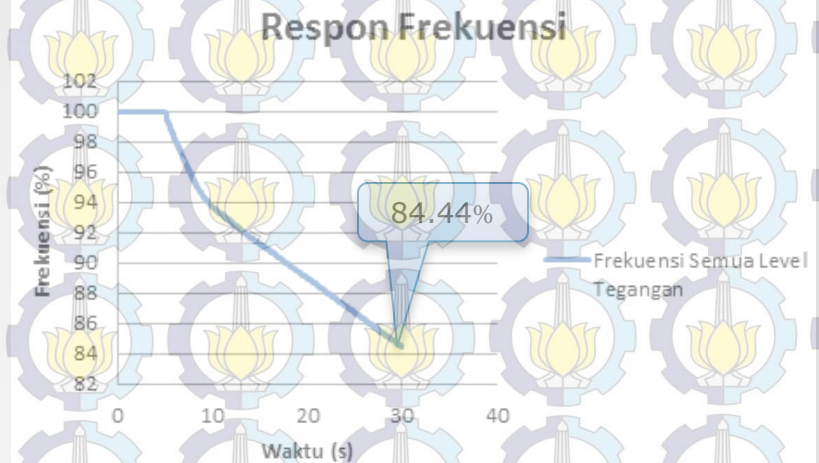


Studi kasus Gen Out 1 LS: Generator BTGE.GEN01 lepas dari sistem ($t=5s$) dan diikuti load shedding 1 ($t=5.341s$)

Respon Sudut Rotor

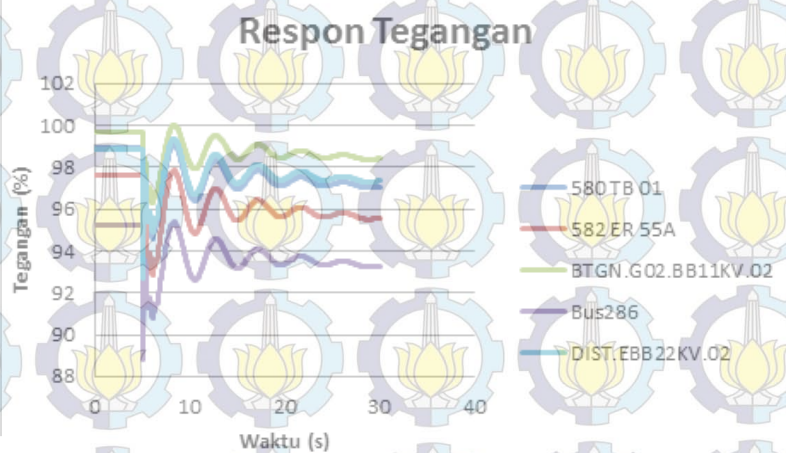


Respon Frekuensi



NOT SAFE

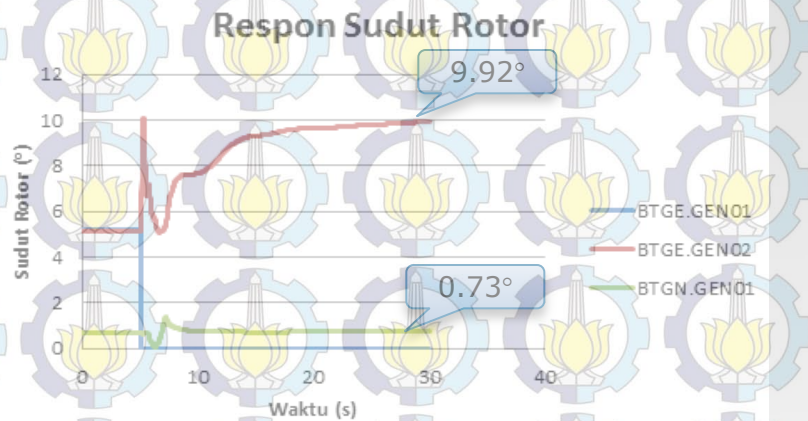
Respon Tegangan



Load shedding tahap 1 dilakukan ketika frekuensi sistem turun mencapai 98.83% dengan melepas 10% dari total beban.

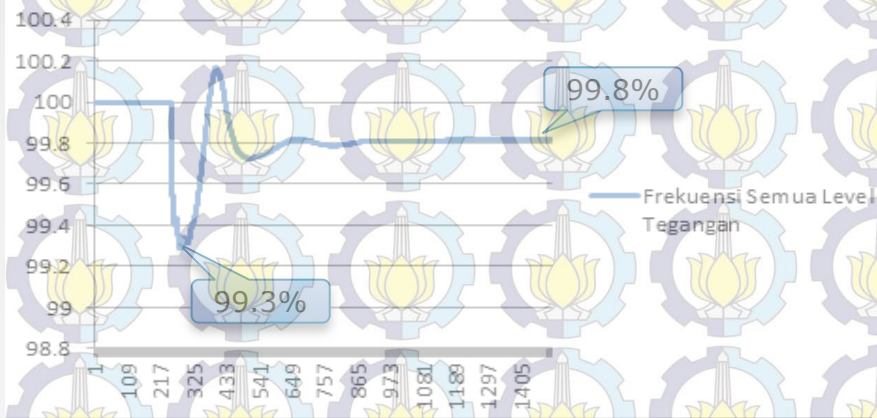
Studi kasus Gen Out 1 LS: Generator BTGE.GEN01 lepas dari sistem ($t=5s$) dan diikuti load shedding 2 ($t=6.072s$)

Respon Sudut Rotor

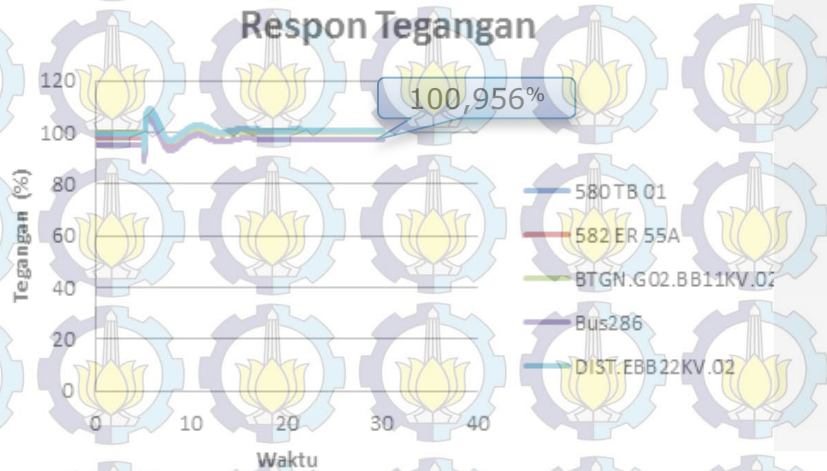


Respon Frekuensi

Frekuensi Semua Level Tegangan



Respon Tegangan



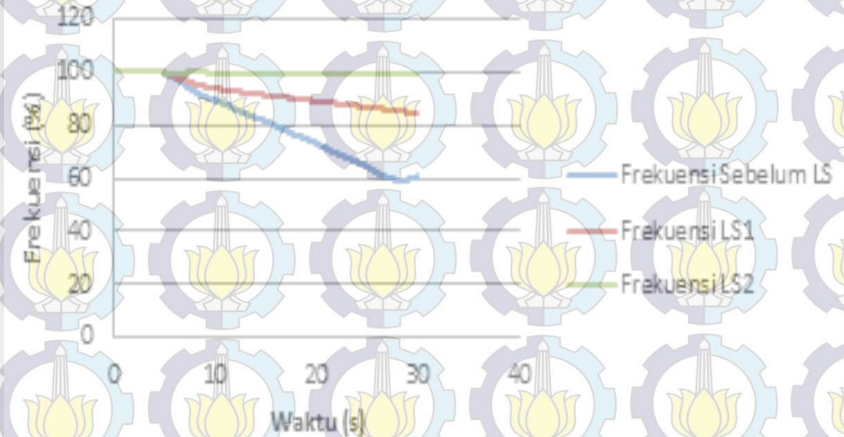
Load shedding tahap 2 dilakukan ketika frekuensi sistem turun mencapai 98,16% dengan melepas 15% dari total beban.

Studi kasus Gen Out 1 LS:

Rekapitulasi Kuantitas beban untuk *load shedding* kasus Gen Out 1 LS

Load shedding	Beban (MW)	Beban (%)	t (detik)
Load shedding tahap 1	10,9804	10.135	5,341
Load shedding tahap 2	16,35	15.09	6.072
Total	27,3304	25.225	

Perbandingan Frekuensi Sebelum & Sesudah LS



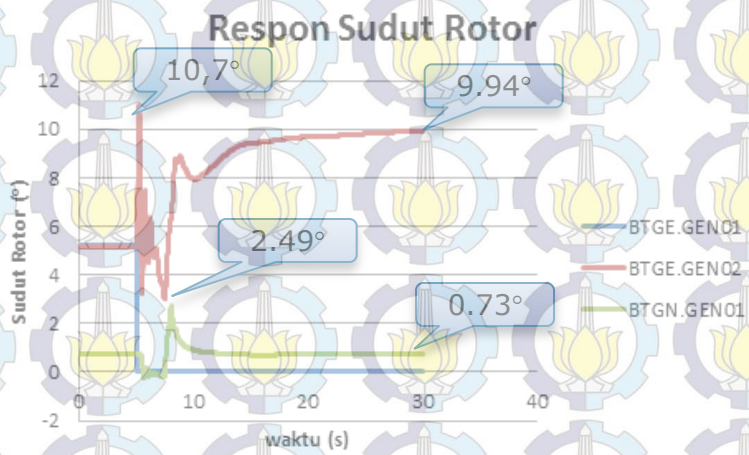
Untuk kasus Gen Out 1 LS dapat disimpulkan sistem dapat kembali stabil dengan melakukan *load shedding* 2 tahap dengan kuantitas beban 27,3304 MW.

Perbandingan frekuensi sebelum dan setelah dilakukan *load shedding* seperti dibawah ini :

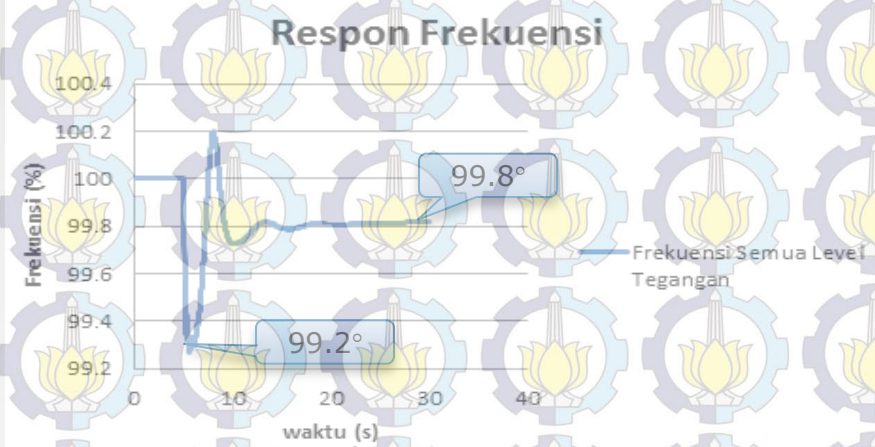
1. Frekuensi Sebelum LS = 60.6862%
2. Frekuensi LS1 = 84.4473%
3. Frekuensi LS2 = 99.8172%

Studi Kasus Gen Out 1 : Generator BTGE.GEN01 Lepas Dari System Dan Mekanisme Load Shedding Menggunakan Status

Respon Sudut Rotor

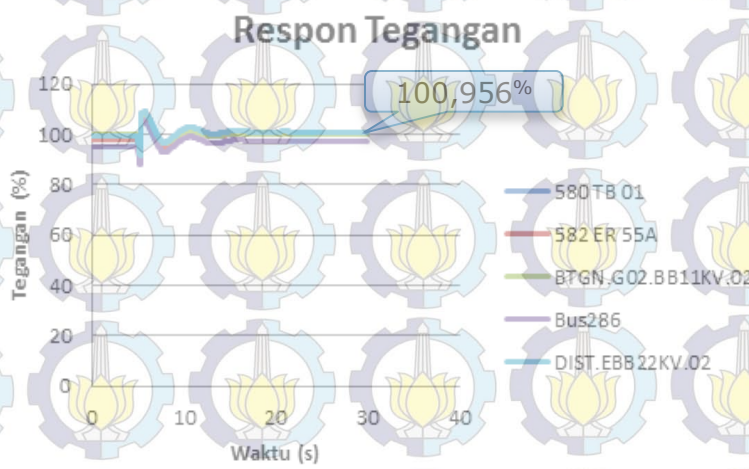


Respon Frekuensi

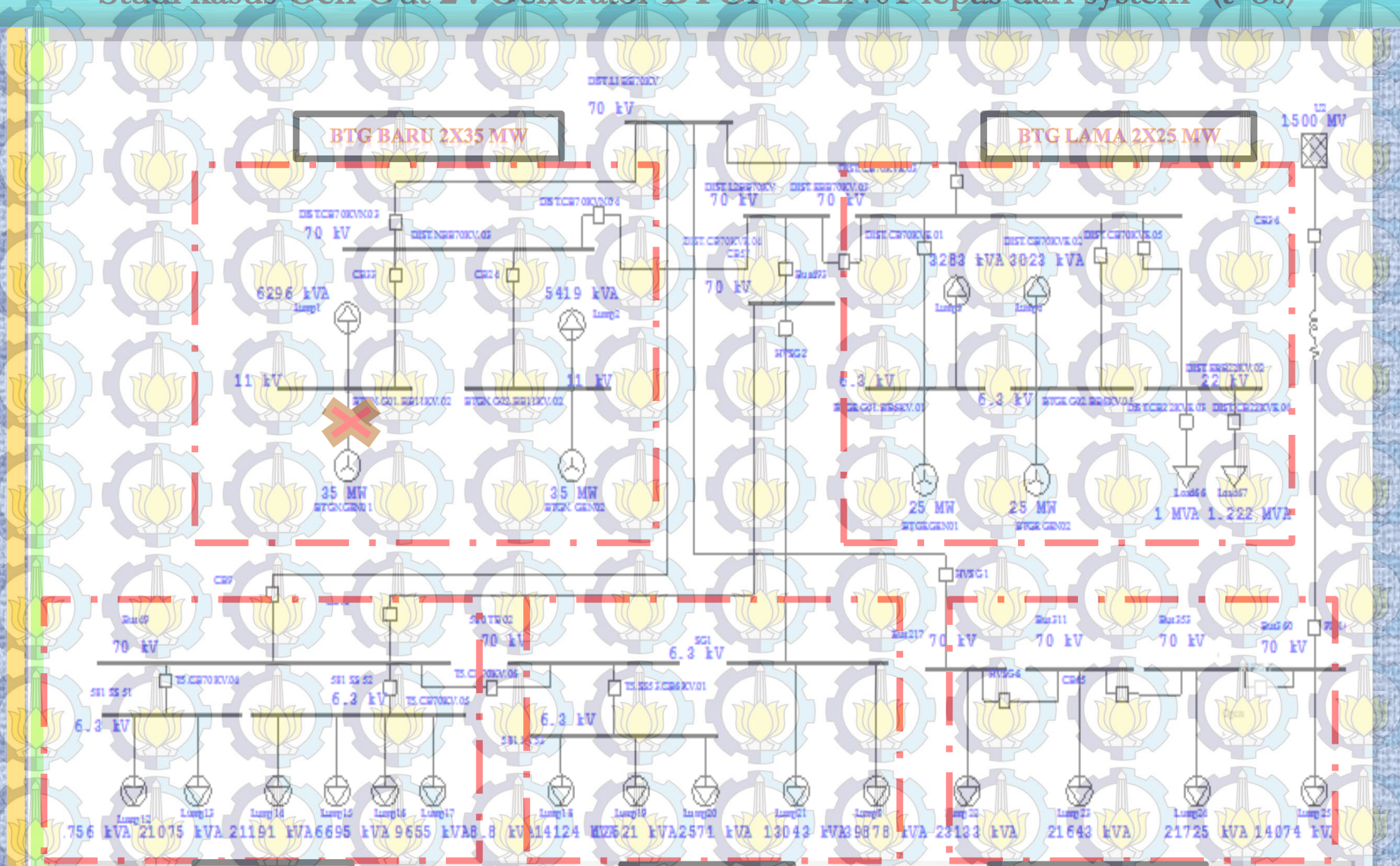


Pelepasan beban akan dilakukan secara langsung setelah 0,2 detik generator lepas dari sistem sebesar 25% dari total beban.

Respon Tegangan



Studi kasus Gen Out 2 : Generator BTGN.GEN01 lepas dari system (t=5s)



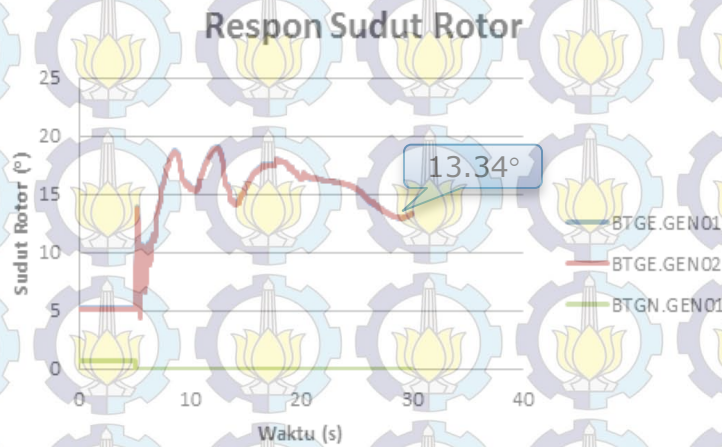
TONASA V

TONASA IV

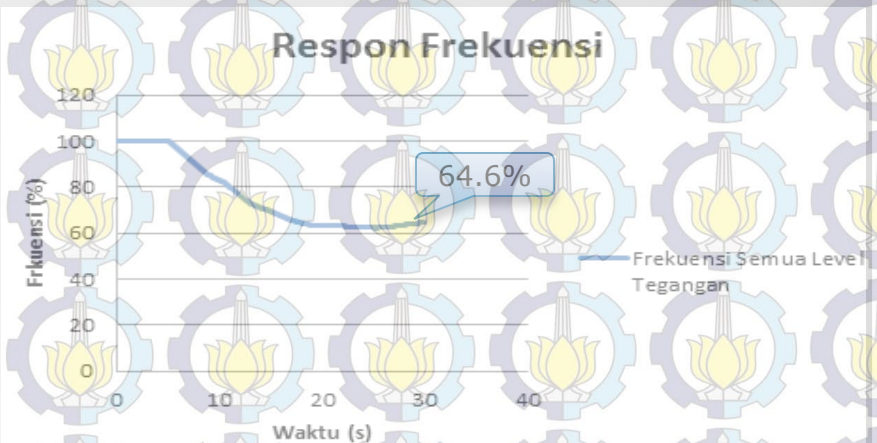
TONASA II & III

Studi kasus Gen Out 2 : Generator BTGN.GEN01 lepas dari system (t=5s)

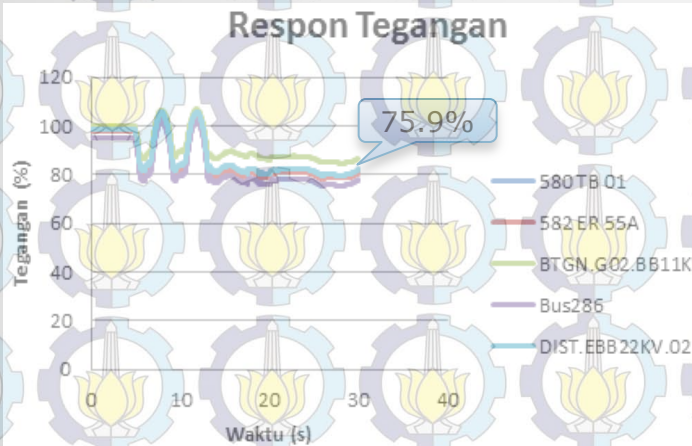
Respon Sudut Rotor



Respon Frekuensi

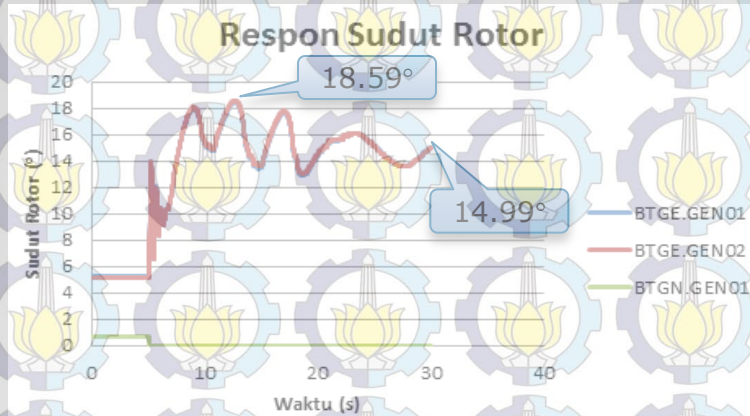


Respon Tegangan

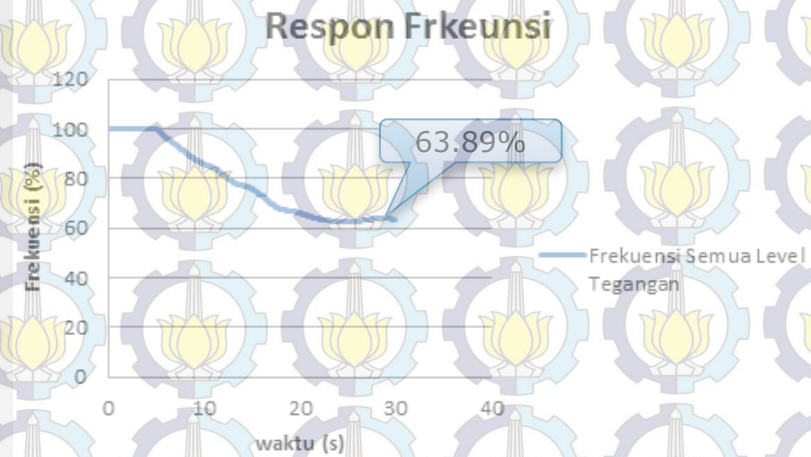


Studi kasus Gen Out 2 LS: Generator BTGN.GEN01 lepas dari sistem ($t=5s$) dan diikuti load shedding 1 ($t=5,401s$)

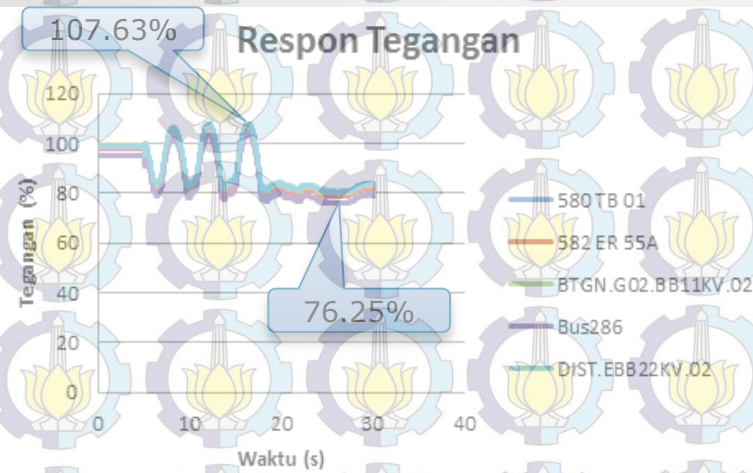
Respon Sudut Rotor



Respon Frekuensi



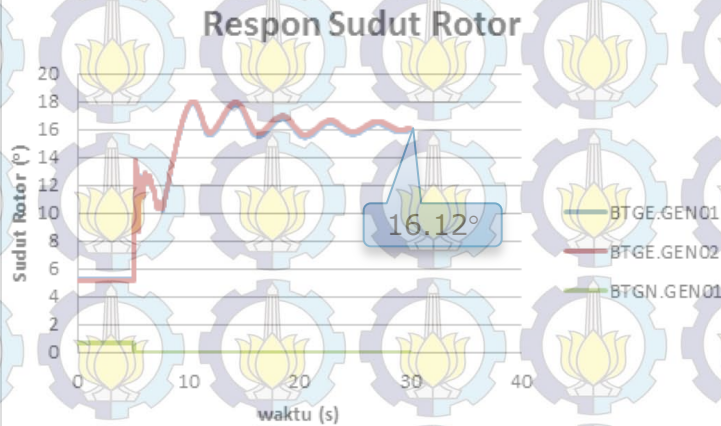
Respon Tegangan



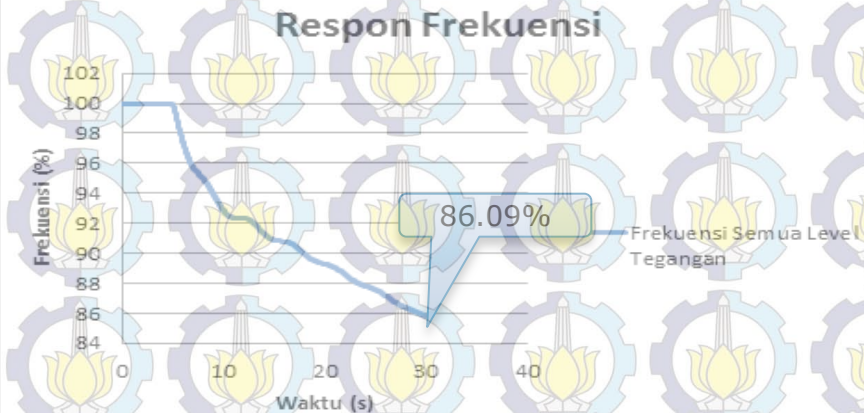
Load shedding tahap 1 dilakukan ketika frekuensi sistem turun mencapai 98.83% dengan melepas 10% dari total beban.

Studi kasus Gen Out 2 LS: Generator BTGN.GEN01 lepas dari sistem ($t=5s$) dan diikuti load shedding 2 ($t=5,593s$)

Respon Sudut Rotor

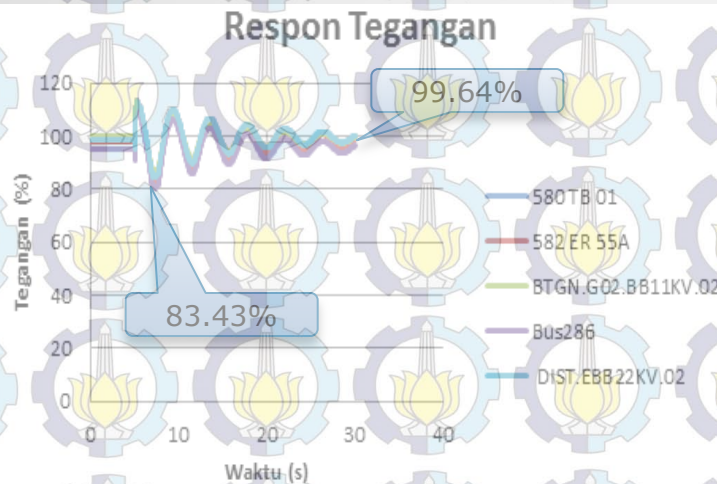


Respon Frekuensi



NOT SAFE

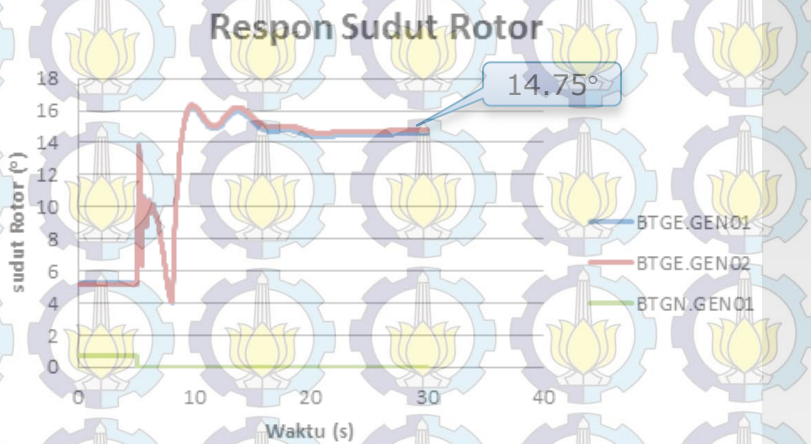
Respon Tegangan



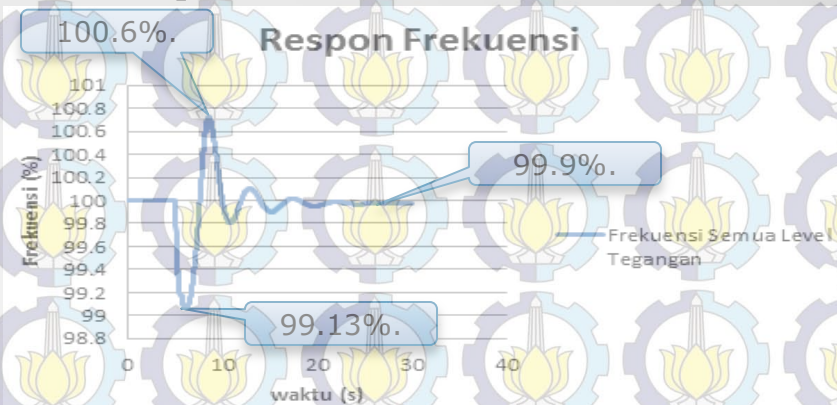
Load shedding tahap 2 dilakukan ketika frekuensi sistem turun mencapai 98,16% dengan melepas 15% dari total beban.

Studi kasus Gen Out 2 LS: Generator BTGN.GEN01 lepas dari sistem ($t=5s$) dan diikuti load shedding 3 ($t=5,945s$)

Respon Sudut Rotor

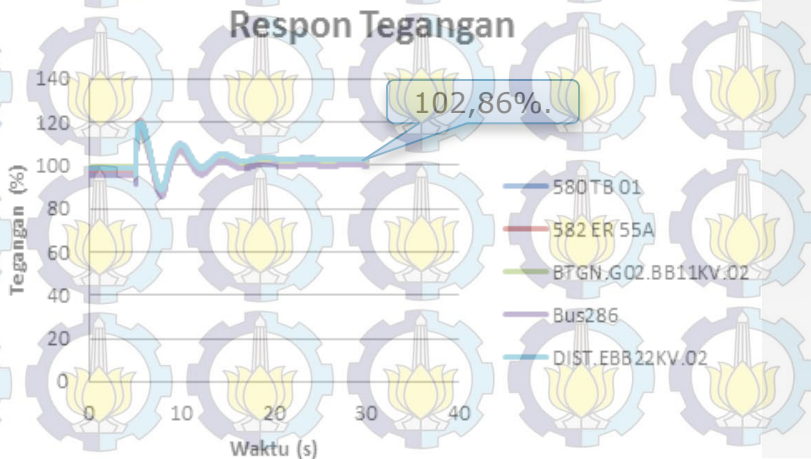


Respon Frekuensi



SAFE

Respon Tegangan



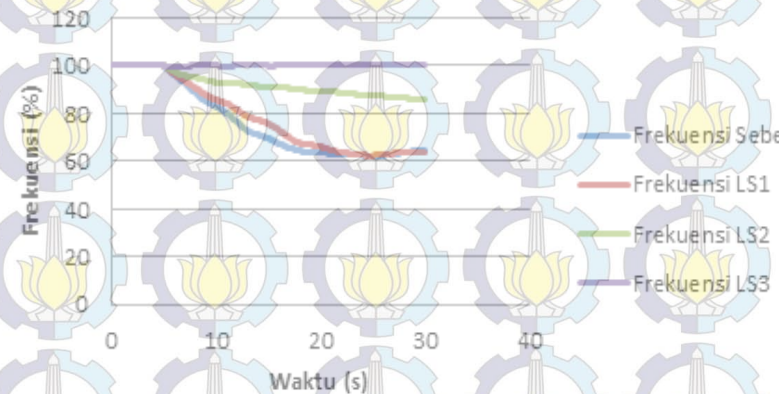
Load shedding tahap 3 dilakukan ketika frekuensi sistem turun mencapai 97.5% dengan melepas 25% dari total beban.

Studi kasus Gen Out 2 LS:

Rekapitulasi Kuantitas beban untuk *load shedding* kasus Gen Out 2 LS

	Beban (MW)	Beban (%)	t (detik)
Load shedding tahap 1	10,9804	10.135	5,012
Load shedding tahap 2	16,35	15.09	5,024
Load shedding tahap 3	27,414	25	5,221
Total	54,7444	50,225	

Perbandingan Frekuensi Sebelum & Sesudah LS



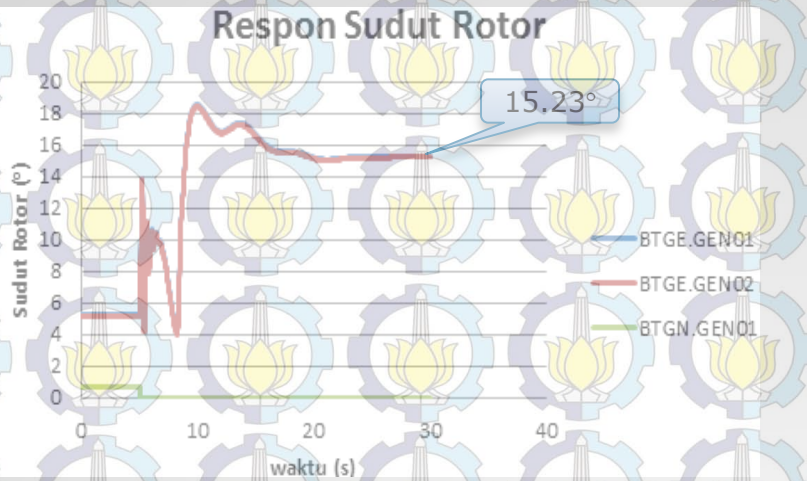
Untuk kasus Gen Out 2 LS dapat disimpulkan sistem dapat kembali stabil dengan melakukan *load shedding* 3 tahap dengan kuantitas beban 54,7444 MW.

Perbandingan frekuensi sebelum dan setelah dilakukan *load shedding* seperti dibawah ini :

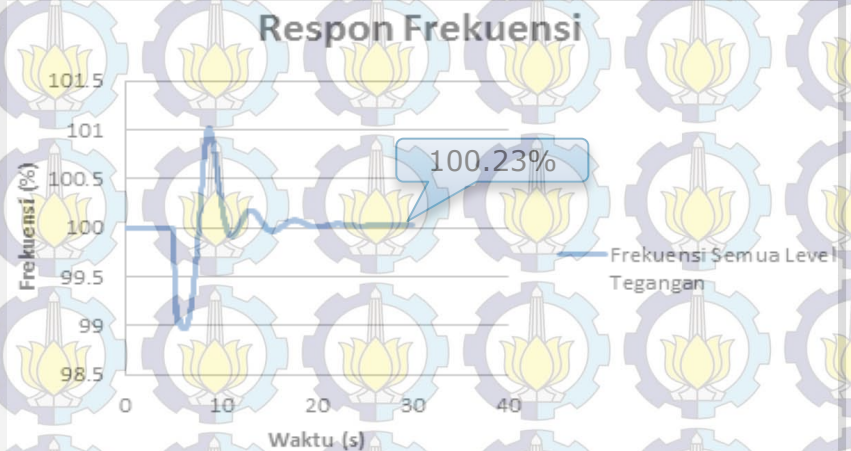
1. Frekuensi Sebelum LS = 64.6148%
2. Frekuensi LS1 = 63.3769%
3. Frekuensi LS2 = 85.7736%
4. Frekuensi LS3 = 99.9721%

Studi Kasus Gen Out 2 : Generator BTGN.GEN01 Lepas Dari System Dan Mekanisme Load Shedding Menggunakan Status

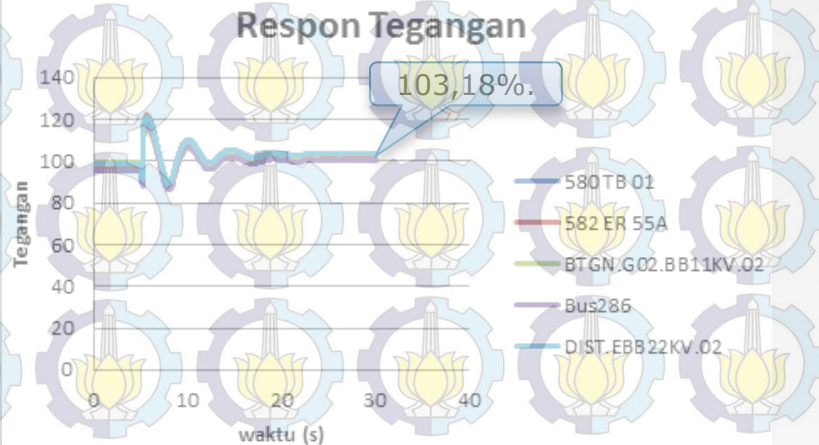
Respon Sudut Rotor



Respon Frekuensi



Respon Tegangan



Pelepasan beban akan dilakukan secara langsung setelah 0,2 detik generator lepas dari sistem sebesar 50,225% dari total beban.

Studi Kasus SC 0.4 kV: Hubung singkat 3 fasa pada bus 0.4 kV bus25 (t=2 detik), CB T5.GS51.CB6KV.03 open (t=2.3 detik)

583 GS 51
6.3 kV

T5.GS51.CB6KV.03

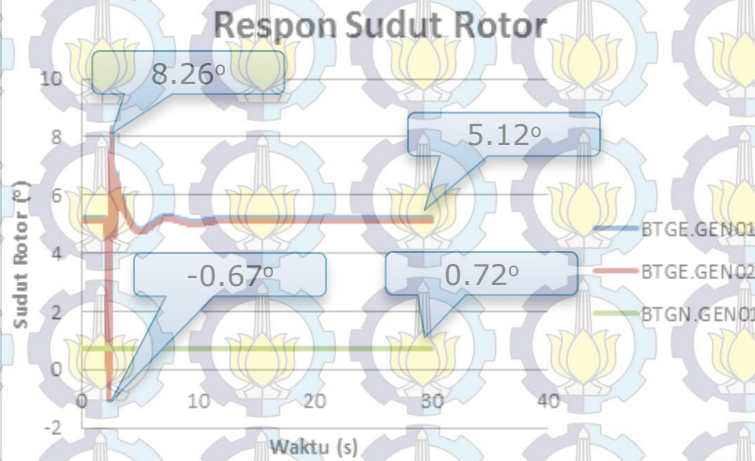
2500 KVA
T5.GS51.TR

Bus25
0.4 kV

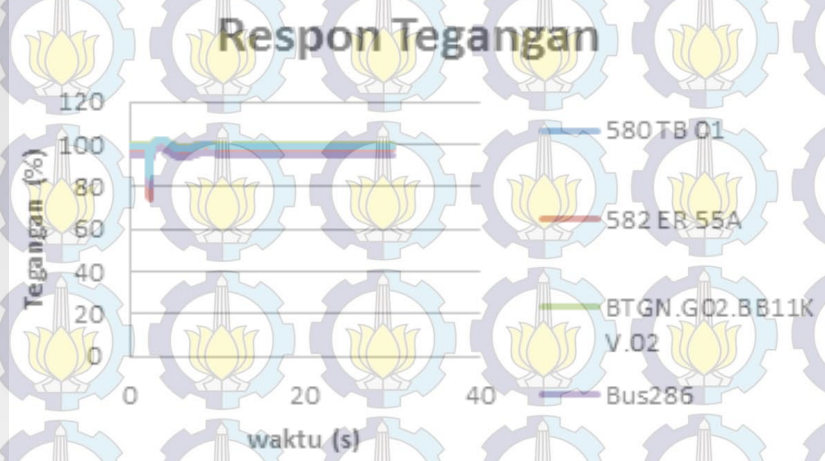
Network19

Studi Kasus SC 0.4 kV: Hubung singkat 3 fasa pada bus 0.4 kV bus25 (t=2 detik), CB T5.GS51.CB6KV.03 open (t=2.3 detik)

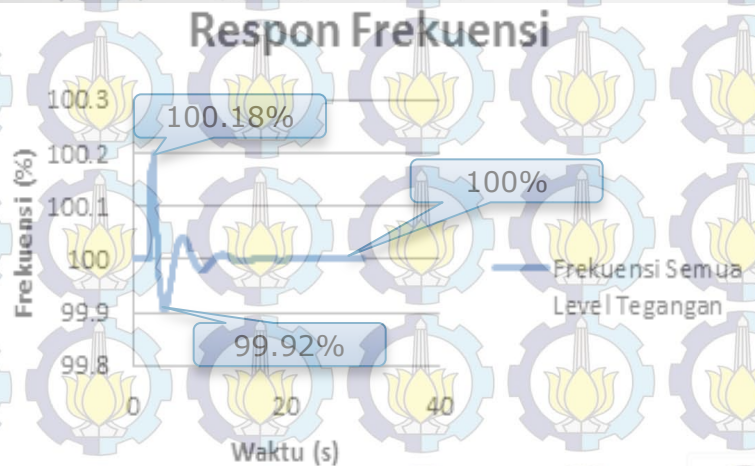
Respon Sudut Rotor



Respon Tegangan

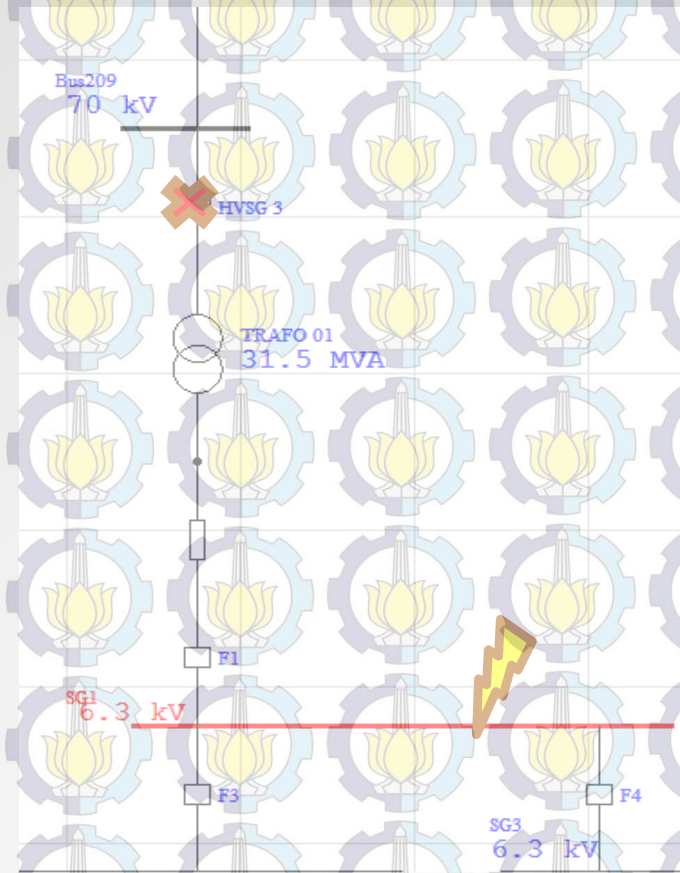


Respon Frekuensi



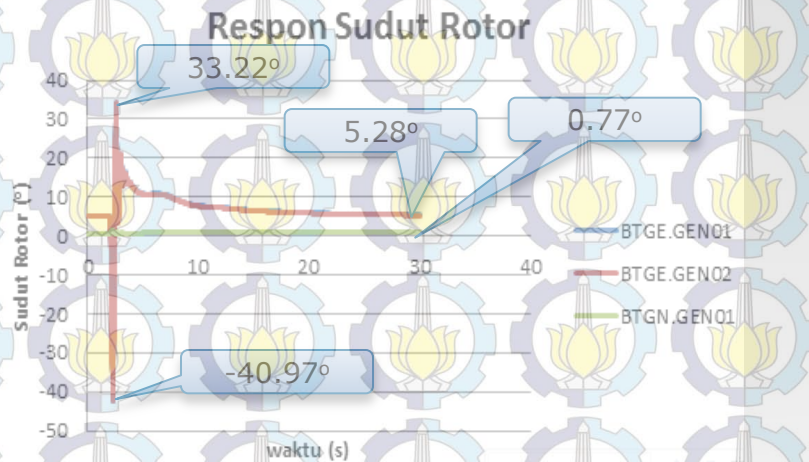
Bus	TEGANGAN SEBELUM GANGGUAN (%)	TEGANGAN MINIMUM SAAT SC (%)	TEGANGAN STEADY STATE (%)
580 TB 01	98.9403	84.617	98.9416
582 ER 55A	97.6492	74.37	97.6518
BTGN.G02.BB 11KV.02	99.6814	89.3813	99.6823
Bus286	95.1943	80.6063	95.1957
DIST.EBB22K V.02	98.8314	84.617	98.9416

Studi Kasus SC 6,3 kV: Hubung singkat 3 fasa pada bus SG1 (t=2 detik), CB HVSG 3 open (t=2.3 detik)

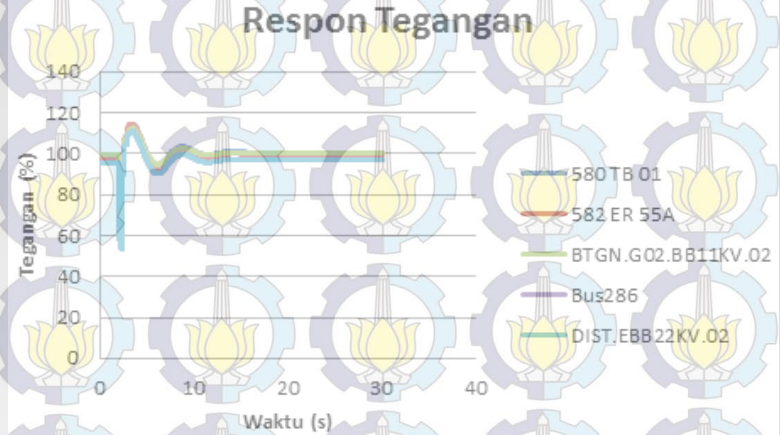


Studi Kasus SC 6,3 kV: Hubung singkat 3 fasa pada bus SG1 (t=2 detik), CB HVSG 3 open (t=2.3 detik)

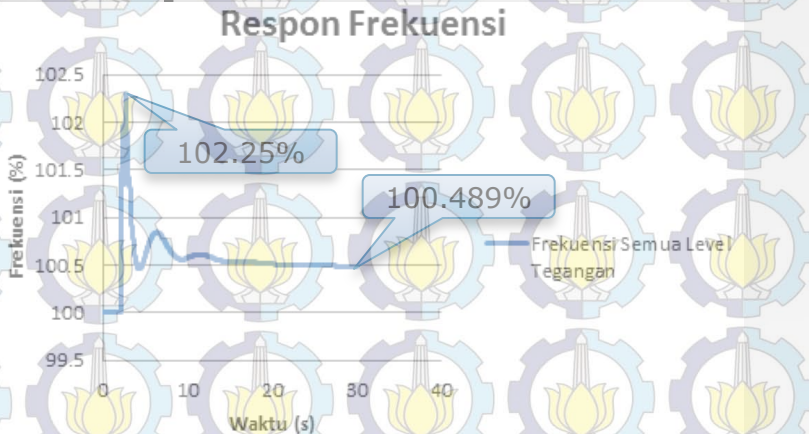
Respon Sudut Rotor



Respon Tegangan

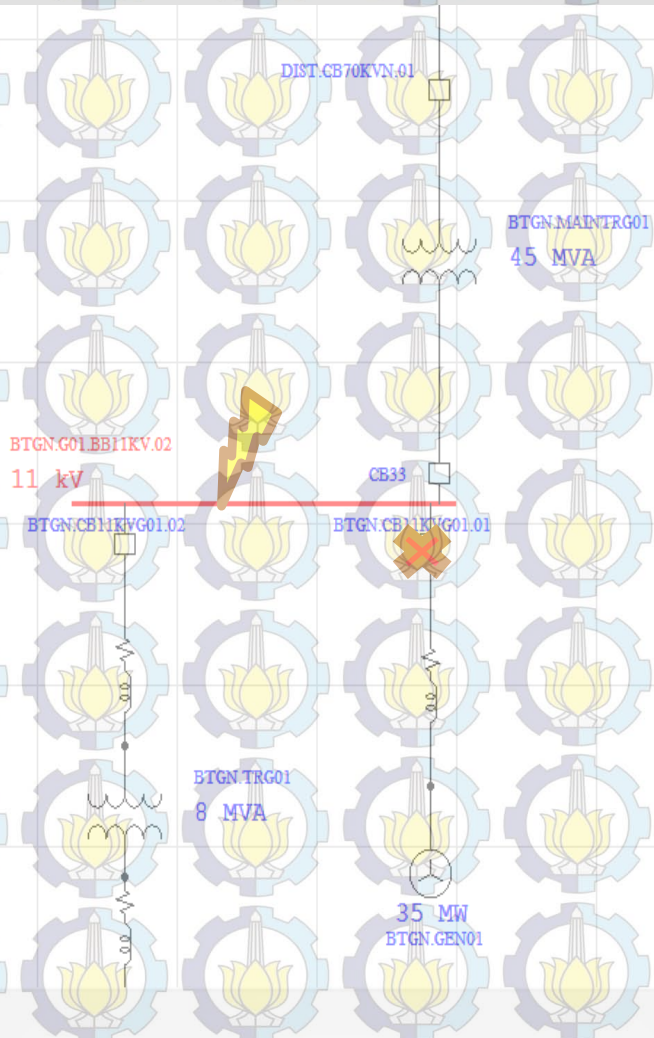


Respon Frekuensi



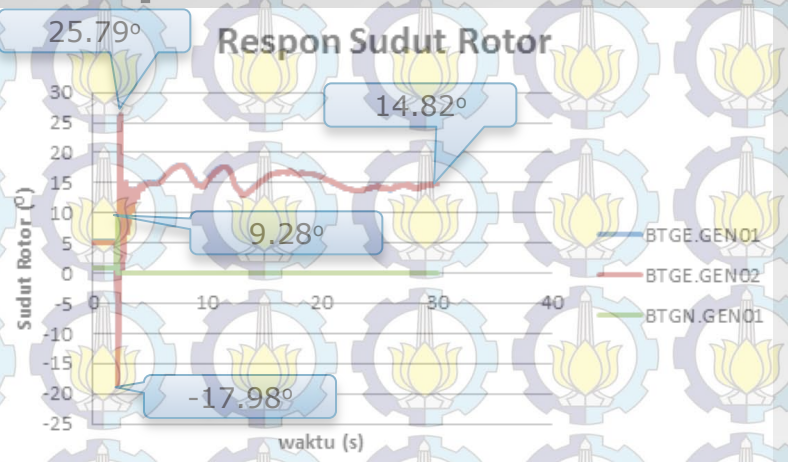
Bus	TEGANGAN SEBELUM GANGGUAN (%)	TEGANGAN MINIMUM SAAT SC (%)	TEGANGAN STEADY STATE (%)
580 TB 01	98.9403	55.3548	100.508
582 ER 55A	97.6492	54.7865	99.3766
BTGN.G02.BB 11KV.02	99.6814	68.4863	100.145
Bus286	95.1943	53.291	96.7816
DIST.EBB22K V.02	98.8314	53.291	96.7816

SC 11 kV 3 fasa pada bus 11 kV BTGN.G01.BB11kV.02 (t=2 detik), CB BTGN.CB11KV.G01.01 open (t=2.1 detik)

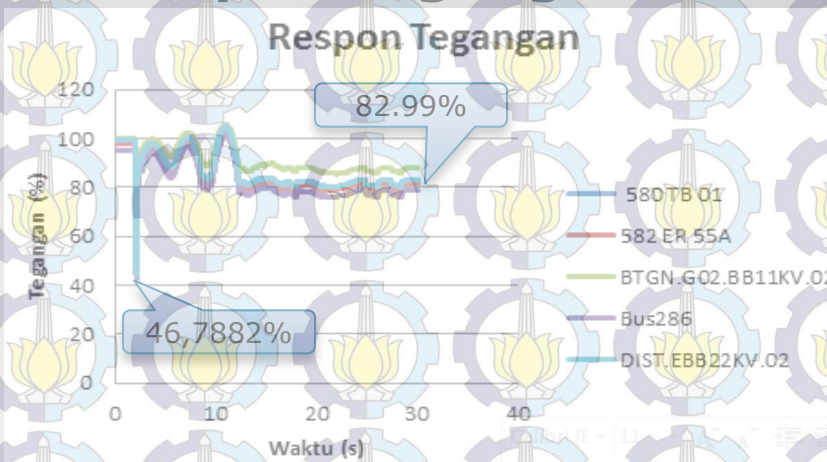


SC 11 kV 3 fasa pada bus 11 kV BTGN.G01.BB11kV.02 (t=2 detik), CB BTGN.CB11KV.G01.01 open (t=2.1 detik)

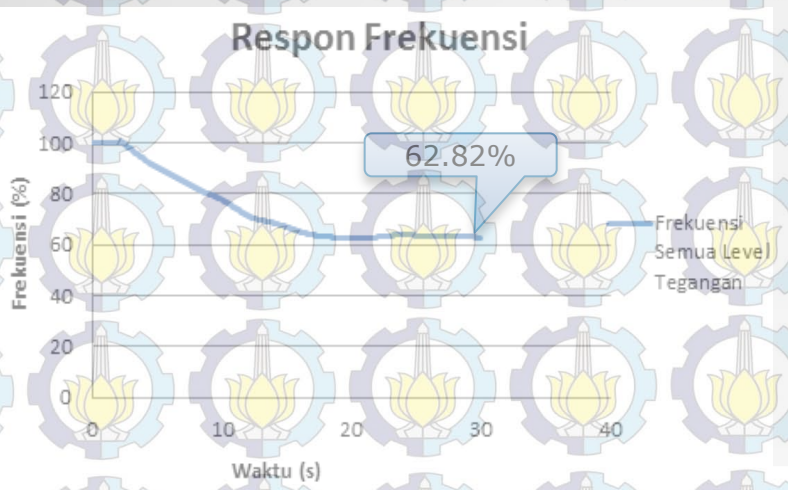
Respon Sudut Rotor



Respon Tegangan



Respon Frekuensi



NOT SAFE

Studi kasus SC 11 KV LS:

Rekapitulasi Kuantitas beban untuk *load shedding* kasus SC 11 KV LS

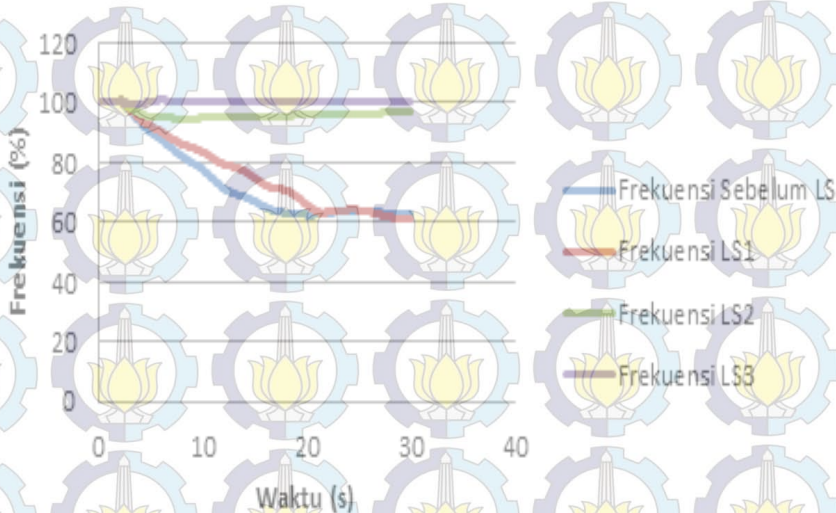
Garis biru (sebelum LS) Frekuensi sistem turun secara signifikan hingga pada detik ke 30 menjadi 62.8217% sehingga diperlukan *load shedding*.

Garis orange *Load shedding* tahap 1 dilakukan saat frekuensi sistem turun mencapai 98.83%. Maka LS1 dilakukan saat 2.781 detik dengan melepas 10% total beban (10.9804 MW).

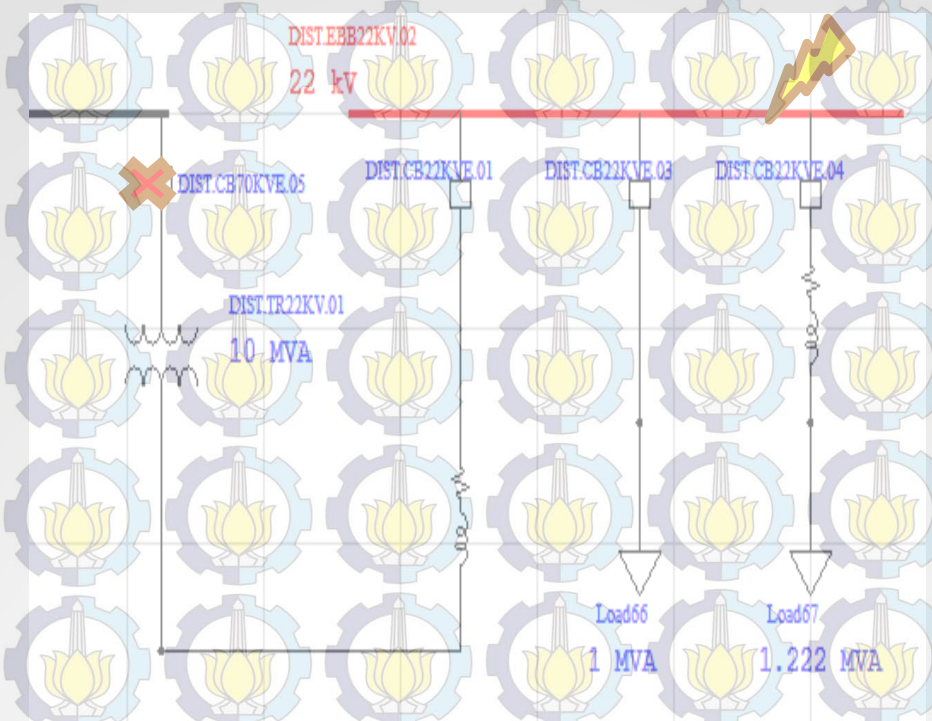
Garis Hijau *Load shedding* tahap 2 dilakukan saat frekuensi sistem turun mencapai 98.16%. Maka *LS2* dilakukan saat 2.953 detik dengan melepas 15% total beban (16.35 MW).

Garis ungu *Load shedding* tahap 3 dilakukan saat frekuensi sistem turun mencapai 97.5% yaitu pada detik ke 3.285 dengan melepas 22.85% total beban (27.414 MW). Setelah dilakukan *LS3* frekuensi stabil di 100.126% atau 50.1 Hz.

Perbandingan Frekuensi Sebelum & Sesudah LS

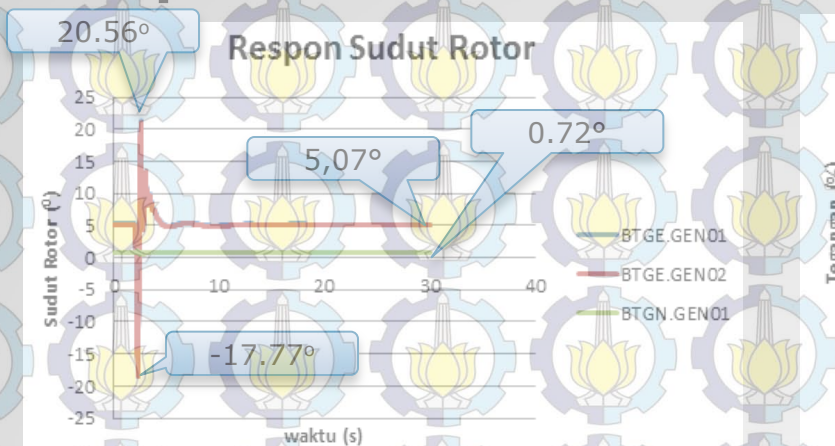


SC 22 kV: Hubung singkat 3 fasa pada bus 22 kV DIST.EBB22KV.02 (t=2 detik),
CB DIST.CB70KVE.05 open (t=2.3 detik)

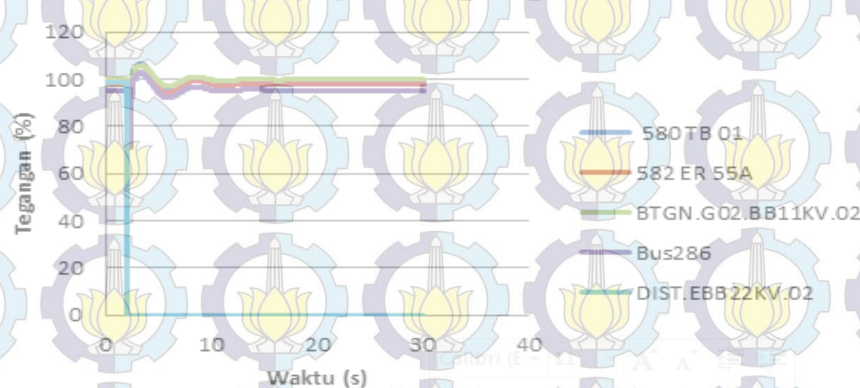


SC 22 kV: Hubung singkat 3 fasa pada bus 22 kV DIST.EBB22KV.02 (t=2 detik), CB DIST.CB70KVE.05 open (t=2.3 detik)

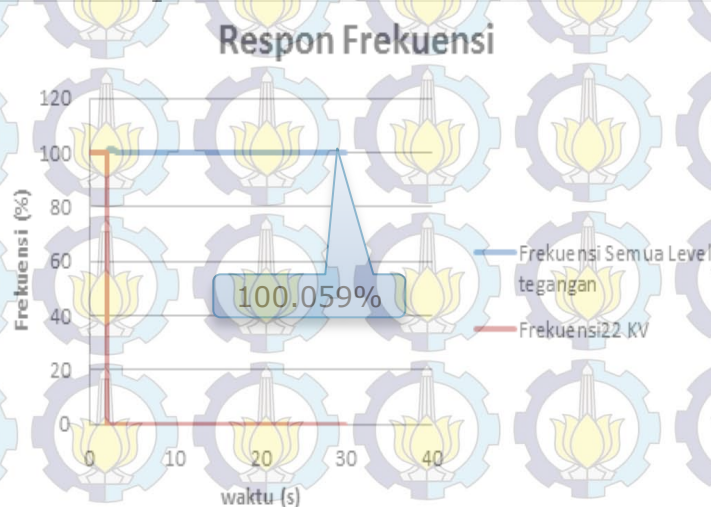
Respon Sudut Rotor



Respon Tegangan



Respon Frekuensi



SAFE

Bus	TEGANGAN SEBELUM GANGGUAN (%)	TEGANGAN MINIMUM SAAT SC (%)	TEGANGAN STEADY STATE (%)
580 TB 01	98.9403	8.93765	99.081
582 ER 55A	97.6492	8.8459	97.8044
BTGN.G02.BB11KV.02	99.6814	32.5996	99.7253
Bus286	95.1943	8.60443	95.3368
DIST.EBB22KV.02	98.8314	8.91597	0

Studi Kasus SC 70 kV: Hubungan singkat 3 fasa pada bus 70 kV 580 TB 02 (t=2 detik), CB T5.CB70KV.06 open (t=2.3 detik)

580 TB 01
70 kV

580 TB 02
70 kV



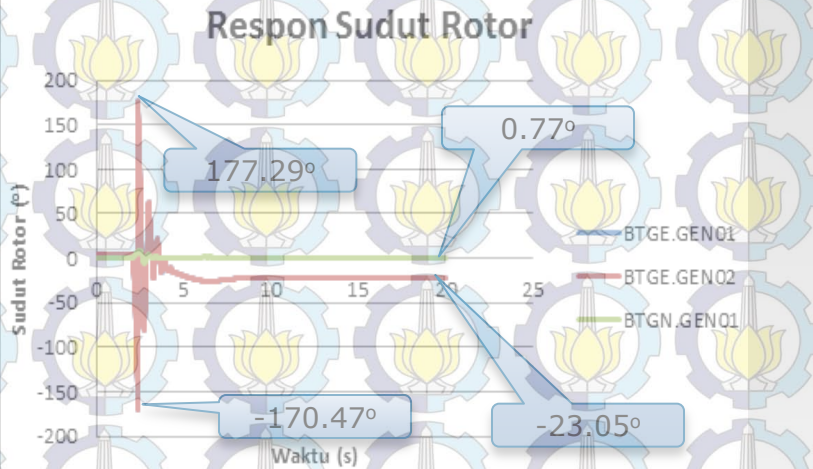
T5.CB70KV.04

T5.CB70KV.05

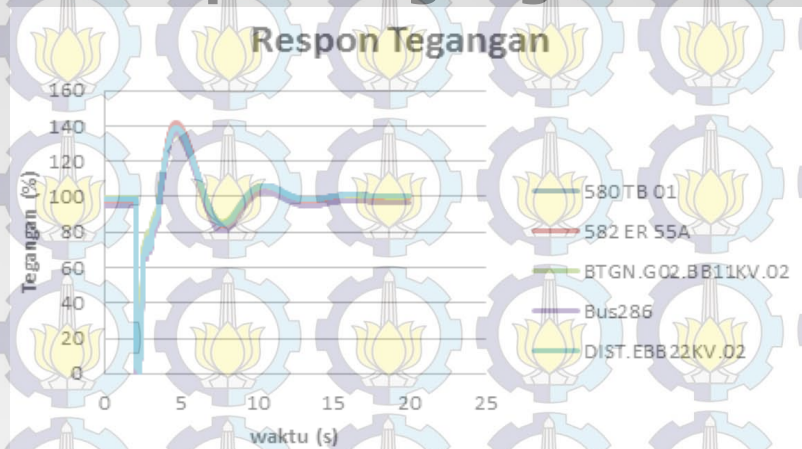
T5.CB70KV.06

Studi Kasus SC 70 kV: Hubungan singkat 3 fasa pada bus 70 kV 580 TB 02 (t=2 detik), CB T5.CB70KV.06 open (t=2.3 detik)

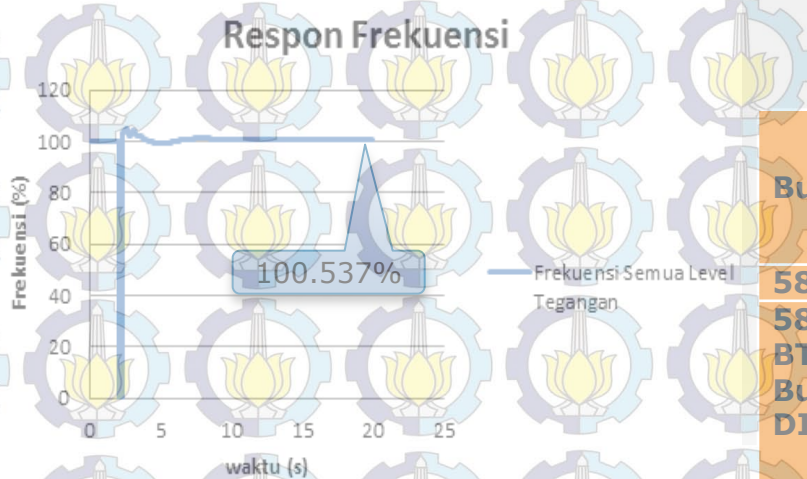
Respon Sudut Rotor



Respon Tegangan



Respon Frekuensi



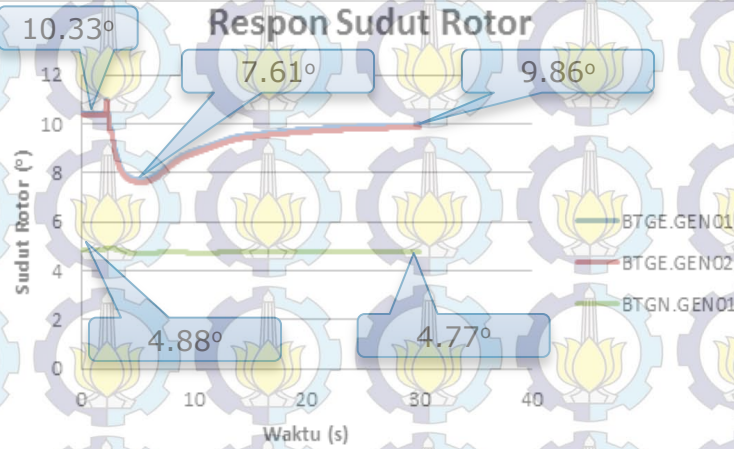
Bus	TEGANGAN SEBELUM GANGGUAN (%)	TEGANGAN MINIMUM SAAT SC (%)	TEGANGAN STEADY STATE (%)
580 TB 01	98.9403	8.93765	100.326
582 ER 55A	97.6492	8.8459	99.1761
BTGN.G02.BB11KV.02	99.6814	32.5996	100.003
Bus286	95.1943	8.60443	96.5973
DIST.EBB22KV.02	98.8314	8.91597	100.086

Studi kasus Mstart: Motor M532FN11 7,6 MW starting (t=2 detik)

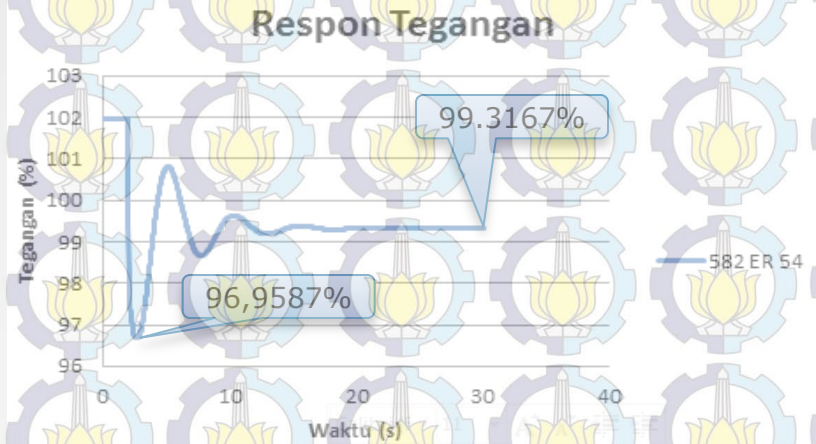


Studi kasus Mstart: Motor M532FN11 7,6 MW starting (t=2 detik)

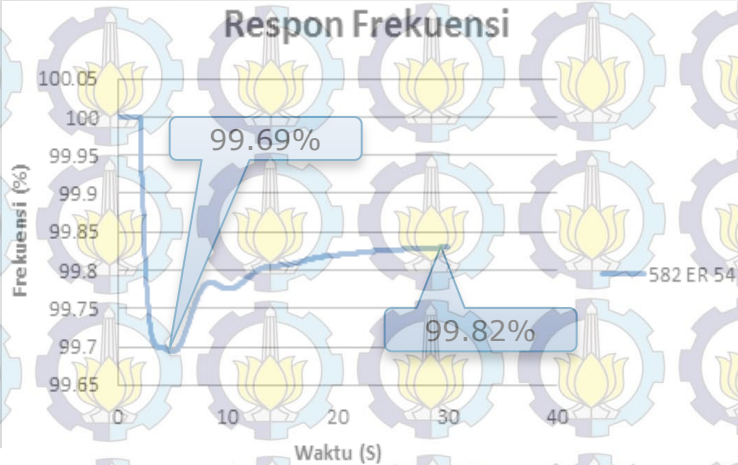
Respon Sudut Rotor



Respon Tegangan



Respon Frekuensi



KESIMPULAN

- Pada kasus lepasnya generator mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil. Untuk mengembalikan kestabilan sistem, untuk lepasnya satu generator (BTGE.GEN01) memerlukan pelepasan beban 2 tahap dan untuk lepasnya generator (BTGN.GEN01) memerlukan pelepasan beban 3 tahap.
- Pada kasus hubung singkat di level tegangan 11 kV (bus di bawah generator) mengakibatkan sistem menjadi tidak stabil. Untuk mengembalikan kestabilan sistem memerlukan pelepasan beban 3 tahap.
- Pada kasus hubung singkat di level tegangan 22 kV, tegangan pada bus utama (22 kV) menurun hingga 0 % dikarenakan tidak adanya daya yang tersalurkan. Sedangkan untuk level tegangan selain (22KV) kembali stabil pada 99,7195%.
- Pada kasus hubung singkat di level tegangan 70 KV, setiap level tegangan nilai akan turun setelah terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa pada level tegangan 70 KV, namun setelah CB T5.CB70KV.06 *open* maka nilai tegangan sesaat menjadi 137,571% dan akan kembali *steady state* pada 100,135%
- Pada kasus *motor starting* tidak terlalu berpengaruh pada stabilitas sistem, penurunan tegangan terendah pada 96,9587% dan stabil pada 99.3167%.

SARAN

- Untuk kasus lepasnya generator (BTGE.GEN01) diperlukan pelepasan beban hingga 2 tahap dengan melepas 25.225% dari total beban (27,3304MW) untuk menyeimbangkan pembangkitan dan beban
- Untuk kasus lepasnya generator (BTGN.GEN01) diperlukan pelepasan beban hingga 3 tahap dengan melepas 48.075% dari total beban (54,7444 MW) untuk menyeimbangkan pembangkitan dan beban
- Pada kasus hubung singkat pada level tegangan 11 kV (bus di bawah generator) diperlukan pelepasan beban hingga 3 tahap dengan melepas 48,075% dari total beban (54,7444 MW) untuk menyeimbangkan pembangkitan dan beban
- Pada kasus hubung singkat 11 KV dan 70 KV perlu lebih diperhatikan mengenai kedip tegangan agar tidak merusak peralatan.



SEMI-DA
TERMAKASIH