

p.ISSN 2303-212X  
e.ISSN 2503-5398

# Jurnal DESIMINASI TEKNOLOGI



Diterbitkan Oleh :  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG**

JURNAL  
DESIMINASI TEKNOLOGI

VOL. 9

NOMOR 2

HAL.: 92 - 165

JULI 2021

# JURNAL DESIMINASI TEKNOLOGI

## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG

VOLUME 9 NOMOR 2

p-ISSN 2303-212X

e-ISSN 2503-5398

JULI 2021

### DAFTAR ISI

Halaman

#### **EVALUASI KUALITAS RUANG TERBUKA PUBLIK MENGGUNAKAN GOOD PUBLIC SPACE INDEX DI KOTA PALEMBANG**

*Monaliza Agustina (Dosen Arsitektur UIGM).....*92 – 99

#### **ANALISA PENGARUH SUDUT DATANG SINAR MATAHARI TERHADAP KINERJA SOLAR CELL 50 Wp**

*Madagaskar, Abdul Muin, M. Ali, Dadang Istate (Dosen Teknik Mesin UTP).....*100 – 104

#### **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGGULUNG TALI PLASTIK DUA ROLL DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK**

*Sukarmansyah, Rita M. V., M. Amin F., Hermanto Ali, Salman K. (Dosen Teknik Mesin UTP).....*105 – 114

#### **ANALISIS INDEKS KEPUASAN PELANGGAN TERHADAP ASURANSI JASINDO DENGAN METODE QUALITY OF SERVICE**

*Evan Kahmeldi, Hermanto Emzed, Winmy Andalia (Dosen Teknik Industri UTP).....*115 – 120

#### **PERENCANAAN SETTING RELAY DIFFERENTIAL SEBAGAI PROTEKSI UTAMA TRANSFORMATOR 500 MVA GITET 500/275 KV MUARA ENIM PT. PLN (PERSERO) UIP SUMBAGSEL**

*M. Aditya Firnanda, Ishak Effendi, Dyah Utari Y.W. (Dosen Teknik Elektro UTP).....*121 – 129

#### **EVALUASI KINERJA FLYOVER JAKABARING MENGGUNAKAN PROGRAM MICROSIMULATOR VISSIM 8.00**

*Felly Misdalena (Dosen Teknik Sipil UTP).....*130 – 134

#### **ANALISA KONTINGENSI SISTEM KELISTRIKAN DI PT. PUPUK SRIWIDJAJA**

*Wildan Firdaus, Yuslan Basir, Dyah Utari Y.W. (Dosen Teknik Elektro UTP).....*135 – 143

#### **PENGARUH PENAMBAHAN SUPERPLASTICIZER DAN SILICA FUME TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR DENGAN FAS 0,3**

*Indra Syahrul Fuad (Dosen Teknik Mesin UTP).....*144 – 151

#### **RANCANG BANGUN BENTUK CHASIS DAN SISTEM REM GO-KART STANDAR RACE DENGAN PENGGERAK MOTOR BAKAR**

*Martin L.K., Iskandar Husin, Zulkarnain Fatoni, Nur Ari Pratama (Dosen D3 Teknik Mesin UTP).....*152 – 160

#### **PERHITUNGAN KAPASITAS RUANG SERBAGUNA PASCA PANDEMI COVID-19 DI FAKULTAS EKONOMI UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG**

*Andy Budiarto (Dosen Arsitektur UTP).....*161 – 165

## PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, atas berkah dan rahmat-Nya sehingga jurnal ilmiah *Desiminasi Teknologi* dapat dikenal pada lingkungan Fakultas Teknik dan civitas akademika teknik di seluruh Indonesia.

Jurnal *Desiminasi Teknologi* disusun dari berbagai penelitian dan kajian dosen dan atau mahasiswa internal Fakultas Teknik UTP dan dosen atau mahasiswa dari fakultas Teknik di luar Universitas Tridianti Palembang yang memiliki penelitian untuk dipublikasikan. Jurnal ini terdiri dari berbagai rumpun ilmu teknik, diantaranya: Teknik Sipil, Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Industri, Arsitektur dan teknik lainnya.

Pada edisi kali ini, Jurnal Desiminasi Teknologi telah memasuki terbitan Volume 9 Nomor 2 edisi Juli 2021, dan kami beritahukan juga bahwa Jurnal Desiminasi Teknologi telah terdaftar secara elektronik dengan nomor e.ISSN 2503-5398.

Segala kritik dan saran yang bersifat membangun, sangat kami harapkan untuk perbaikan penulisan jurnal ini di masa mendatang dan kepada semua pihak yang ikut terlibat dalam proses penerbitan jurnal ini, kami ucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya.

Palembang, Juli 2021

Redaksi

## ANALISA KONTINGENSI SISTEM KELISTRIKAN DI PT. PUPUK SRIWIDJAJA

*Wildan Firdaus<sup>18</sup>, Yuslan Basir<sup>19</sup>, Dyah Utari Y.W.<sup>20</sup>*

*E-mail Korespondensi: yuslan@univ-tridinanti.ac.id*

**Abstrak :** Kestabilan frekuensi dan tegangan (kontingensi) sangat berpengaruh bagi kualitas daya pada sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang. Oleh karenanya suplai energi listrik haruslah memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar proses produksi dapat berlangsung secara maksimal. Oleh karena itu PT. Pusri Palembang mempunyai 4 unit gas turbin generator dan 1 unit steam turbin generator untuk menjaga keandalan sistem kelistrikannya. Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa kestabilan frekuensi dan tegangan (kontingensi) akibat salah satu unit pembangkit lepas kemudian akan di lakukan mekanisme load shedding untuk menjaga kestabilan sistem. Software yang digunakan dalam menganalisis kestabilan frekuensi dan tegangan (kontingensi) yaitu ETAP 12.6. Hasil simulasi menunjukkan bahwa lepasnya satu generator mengakibatkan sistem blackout karena tidak dapat menanggung beban, maka dari itu harus dilakukan mekanisme load shedding untuk menjaga sistem kelistrikan tetap dapat beroperasi.

**Kata kunci :** analisa, kontingensi, sistem kelistrikan, ETAP, pupuk sriwidjaja

***Abstract :** Frequency and voltage stability (contingency) greatly affect the quality of power in the electrical system of PT. Pusri Palembang. Therefore, the electrical energy supply must have a high level of reliability so that the production process can take place optimally. Therefore, PT. Pusri Palembang has 4 gas turbine generator units and 1 steam turbine generator unit to maintain the reliability of its electrical system. In this final project, an analysis of frequency and voltage stability (contingency) will be carried out due to one of the loose generating units, then a load shedding mechanism will be carried out to maintain system stability. The software used in analyzing the frequency and voltage stability (contingency) is ETAP 12.6. The simulation results show that the release of one generator causes the system to blackout because it cannot bear the load, therefore a load shedding mechanism must be carried out to keep the electrical system operating.*

***Keywords:** analysis, contingency, system electricity, ETAP, pupuk sriwidjaja*

<sup>19,20</sup> Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang.

<sup>18</sup> Alumni Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti Palembang.

### PENDAHULUAN

Salah satu aspek utama yang harus di penuhi dalam industri pupuk adalah listrik. Umumnya alat produksi pada sebuah pabrik berupa motor motor listrik baik berupa pompa, pemotong maupun kipas pendingin. Oleh karenanya suplai energi listrik haruslah memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar proses produksi dapat berlangsung secara maksimal. Salah satu indikator kualitas sistem tenaga listrik adalah kestabilan frekuensi dan tegangan. Ketidakstabilan sistem dapat terjadi akibat gangguan di sistem tenaga listrik.

Recovery sistem yang cepat juga dapat menjaga umur pakai dari alat-alat produksi, dalam hal ini adalah motor-motor listrik. Untuk menghidupkan motor-motor listrik tenaga yang dibutuhkan lebih besar dari pada yang di

perlukan saat motor beroperasi sehingga biaya operasi juga akan meningkat. Sistem kelistrikan PT. PUSRI ditopang oleh 4 buah pembangkit berbahan baku gas (*Gas Turbine Generator*) GTG dan 1 buah (*Steam Turbine Generator*) STG yang merupakan pembangkit bertegangan uap. Semua pembangkit bertegangan sama yaitu 13,8 kV dan kapasitas pembangkit terbesar dimiliki oleh STG yaitu 38 MW.

Pada industri pupuk seperti di PT Pupuk Sriwidjaja (PT. PUSRI) gangguan pada sistem tenaga listrik ini dapat mengganggu atau bahkan menghentikan proses produksi ammonia dan urea. Sehingga untuk mencegah kerusakan pada bahan baku dan menjaga keberlangsungan produksi, gangguan harus segera diatasi atau mengalihkan proses produksi ke suplai tenaga lainnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Standar Kestabilan Frekuensi dan Tegangan [4]

Persyaratan teknik sistem distribusi sebagai berikut [4]:

- i. Frekuensi nominal sistem adalah 50 Hz dan frekuensi normal mempunyai rentang antara 49,5 Hz sampai dengan 50,5 Hz.
- ii. Tegangan sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal.

### Perubahan Frekuensi Karena Beban Lebih [9]

Menurut Ir. Djieteng, 2006 penambahan beban secara mendadak mempunyai dampak menurunkan frekuensi sistem, begitu pula apabila ada unit pembangkit yang mengalami gangguan dan trip (keluar) dari sistem. Dampaknya juga menurunkan frekuensi. Jika unit pembangkit yang trip membangkitkan daya sebesar  $P_{beban}$  ke dalam sistem, maka pada saat unit ini trip dalam sistem terjadi kekurangan daya yang dibangkitkan sebesar  $P_{maks}$ . Kekurangan daya inilah yang menyebabkan frekuensi menurun.

$$\frac{df}{dt} = \frac{f_0}{2.h} \times P_{beban}$$

Dimana :

$f_0$  = Frekuensi pada sistem

$P_{beban}$  = Daya yang dibangkitkan unit yang terganggu

$h$  = Energi dalam sistem dibagi dengan daya yang terpasang

Nilai  $\frac{df}{dt}$  untuk nilai  $P_{beban}$  tertentu sesaat setelah gangguan terjadi. Tanda negative menunjukkan penurunan frekuensi dengan terjadinya gangguan unit pembangkit yang sebelumnya menyumbang daya ke dalam sebesar  $P_{beban}$ . Dengan menggunakan besar-besaran per-unit sepertinya yang dipakai untuk  $h$  maka:

$$\frac{df}{dt} = \frac{f_0}{2.h} \times \frac{P_{beban}}{(\sum P_{maks} - P_{maks})}$$

Dimana :

$\frac{df}{dt}$  = Perubahan frekuensi per detik

$P_{maks}$  = Daya terpasang dari unit yang mengalami gangguan

$\sum P_{maks}$  = Daya terpasang dari unit-unit sebelum ada gangguan

$t_0$  = Waktu awal

$t_1$  = Selang waktu kedua

Untuk lebih memudahkan dalam menghitung, bagaimana frekuensi menurun sebagai fungsi waktu maka perlu dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Diambil selang-selang waktu yang cukup kecil misalnya 0,1 detik. Dalam selang waktu ini nilai  $df$  dianggap konstan.
- b. Pada akhir selang waktu yang pertama yang merupakan permulaan selang waktu yang kedua yaitu pada saat  $t_1$ , nilai frekuensi adalah:

$$f_1 = f_0 + \left(\frac{df}{dt}\right)_{0-1} \times (t_1 - t_0)$$

Dengan  $\left(\frac{df}{dt}\right)_{0-1}$  adalah  $\frac{df}{dt}$  nilai dalam selang waktu  $t_0$  dan  $t_1$

- c. Untuk selang waktu berikutnya yaitu antara dan , harus dilakukan perhitungan mencari nilai permulaan dari frekuensi dan selisih daya yang dibangkitkan dengan beban.

$$P_{s1} = P_1 - P_{B1} = (P_{G0} - P_{S0}) - P_{B1}$$

Dimana :

$P_1$  = Daya yang dibangkitkan saat  $t_1$

$P_{B1}$  = Beban sistem setelah ada gangguan

$P_{G0}$  = daya yang dibangkitkan dalam sistem sebelum ada gangguan dari unit pembangkit.

### Metode Newton – Raphson [3]

Dasar dari metode Newton Raphson dalam penyelesaian aliran daya adalah deret Taylor untuk fungsi dengan dua variable lebih. Metode Newton Rhapsion menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu set persamaan non linier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus. Daya injeksi pada bus  $i$  adalah:

$$P_i - jQ_i = V_i * I$$

Apabila dibagi menjadi persamaan real dan imajiner maka:

$$P_i = \sum |V_i| |V_j| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

$$Q_i = - \sum |V_i| |V_j| \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

Nilai  $P_i$  dan  $Q_i$  telah diketahui, tetapi nilai  $V_i$  dan  $\delta_i$  tidak diketahui kecuali pada slack bus. Kedua persamaan non linier tersebut dapat diuraikan menjadi suatu set persamaan simultan linier dengan cara menyatakan hubungan antara perubahan daya nyata  $\Delta P_i$  dan daya reaktif  $\Delta Q_i$

terhadap perubahan magnitudo tegangan  $\Delta V_i$  dan sudut fasa tegangan  $\Delta \delta_i$ .

$$\begin{bmatrix} \Delta P_i \\ \Delta Q_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$

Elemen – elemen matriks Jacobi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan – persamaan daya nyata dan daya reaktif pada bus  $i$  dari persamaan (2.5) dan (2.6) yang diturunkan sebagai berikut: ( $i = 1, 2, \dots, n-1$ ).

- Elemen – elemen diagonal dari J1 adalah:  

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i \cdot V_j \cdot Y_{ij}| \cdot \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$
- Elemen diagonal dari J2 adalah:  

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i \cdot Y_{ij}| \cdot \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$
- Elemen diagonal dari J3 adalah:  

$$\frac{\partial Q_i}{\partial V_j} = -|V_i \cdot V_j \cdot Y_{ij}| \cdot \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$
- Elemen diagonal dari J4 adalah:  

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_j|} = -|V_i \cdot Y_{ij}| \cdot \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$$

Elemen – elemen matriks Jacobi dihitung setiap akan melakukan iterasi.

Perhitungan iterasi dimulai dengan memberikan perkiraan magnitudo tegangan dan sudut fasa tegangan mula – mula. Perubahan – perubahan dalam daya nyata dan daya reaktif yang telah dijadwalkan dikurangi dengan daya nyata dan daya reaktif berdasarkan hasil kalkulasi.

$$\Delta^{(k)} = P_i^{(sch)} - P_i^{(k)}$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{(sch)} - Q_i^{(k)}$$

Elemen – elemen matriks Jacobi dihitung dengan menggunakan magnitudo tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi mula – mula. Dengan menggunakan metode invers langsung maka persamaan linier dapat dipecahkan untuk mendapatkan nilai – nilai magnitudo tegangan dan sudut fasa tegangan estimasi yang baru pada tiap bus (kecuali slack bus), sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} \Delta \theta \\ \Delta |V| \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J1 & J2 \\ J3 & J4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix}$$

Proses iterasi kembali lagi ke proses awal dan hal ini terus diulangi sampai  $\Delta^{(k)}$  dan  $\Delta Q_i^{(k)}$  untuk semua bus (selain slack bus) memenuhi harga toleransi yang diberikan (biasanya diambil  $\leq 0.001$ ).

$$\delta_i^{(k+1)} = \delta_i^{(k)} + \Delta \delta_i^{(k)}$$

$$|V_i|^{(k+1)} = |V_i|^{(k)} + \Delta |V_i|^{(k)}$$

Jadi, iterasi selesai bila:

$$\Delta \delta_i^{(k)} \leq 0.001$$

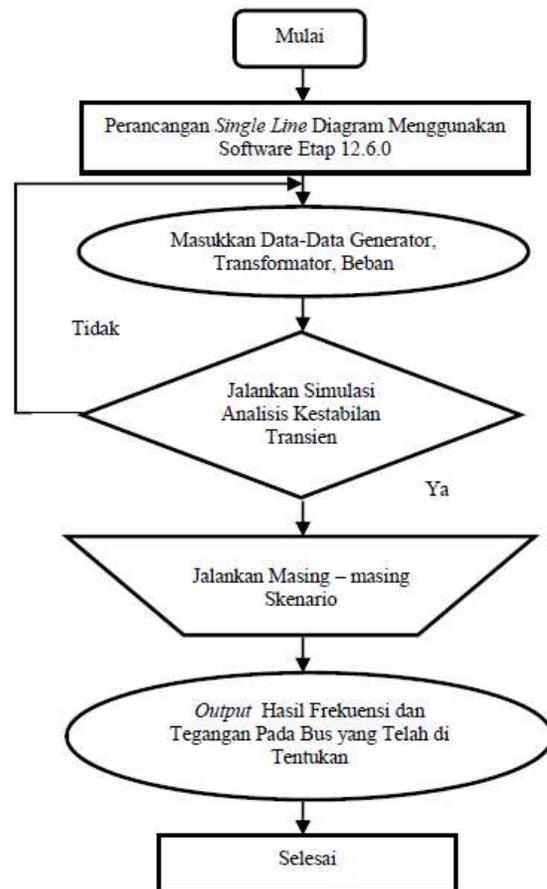
$$\Delta |V_i|^{(k)} \leq 0.001$$

Keterangan:

- $P_i$  = Daya aktif yang diinjeksi dari bus  $i$  menuju sistem tenaga listrik
- $Q_i$  = Daya reaktif yang diinjeksi dari bus  $i$  menuju sistem tenaga listrik
- $V_i$  = Tegangan pada bus  $i$
- $n$  = Jumlah bus
- $Y_{ij}$  = Admitansi antara saluran  $i$  dan  $j$
- $V_j$  = Tegangan pada bus  $j$
- $\theta_{ij}$  = Sudut admitansi antara saluran  $i$  dan  $j$
- $\delta_j$  = Sudut tegangan pada bus  $j$
- $P_i^{sch}$  = Daya aktif terjadwal pada bus  $i$

## METODE PENELITIAN

### Flowchart Simulasi Kestabilan Frekuensi dan Tegangan

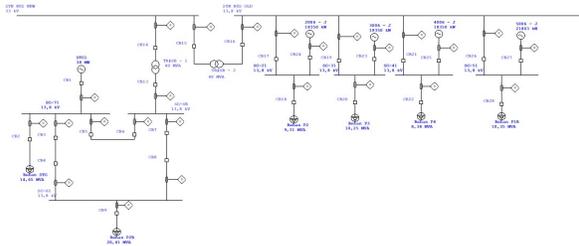


Gambar 1 Flowchart Penelitian

### Sistem Kelistrikan PT. Pusri Palembang

PT. Pusri Palembang merupakan Badan Usaha Milik Negara yang bergerak pada bidang industri pupuk dan kimia. Terdapat tiga unit pembangkit

dengan kapasitas rating 18,35 MW, satu unit pembangkit dengan kapasitas rating 21.8 MW dan satu unit pembangkit dengan kapasitas rating 38 MW dalam memenuhi kebutuhan suplai daya ke Pusri 2, Pusri 3, Pusri 4, Pusri 1B dan pusri 2B seperti pada Gambar 2.



**Gambar 2** Sistem Kelistrikan PT. Pusri Palembang Yang Sudah disederhanakan

**Kapasitas Pembangkitan PT. Pusri Palembang**

PT. Pusri Palembang memiliki lima pembangkit yang tersebar pada setiap pabrik untuk memenuhi kebutuhan listrik pada sistem kelistrikannya. Kapasitas rating pembangkit dan pembebanan awal masing-masing pembangkit tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1. Didapatkan nilai total pembebanan awal pembangkit adalah sebesar MW.

**Tabel 1** Data Kapasitas Pembangkit di PT. Pusri Palembang

No	ID	Lokasi	Tegangan (KV)	Kapasitas (MW)
1	STG-1	Pusri 2B	13,8	38
2	2006-J	Pusri 2	13,8	18,35
3	3006-J	Pusri 3	13,8	18,35
4	4006-J	Pusri 4	13,8	18,35
5	5006-J	Pusri 1B	13,8	21,8

**Data beban di PT. Pusri Palembang**

Berikut adalah data pembeban di PT. Pusri Palembang pada masing-masing generator:

**Table 2** Data Pembebanan Pada Masing-masing Generator

No	ID	Lokasi	Tegangan (KV)	Kapasitas (MW)	Total Beban (MW)
1	STG-1	Pusri 2B	13,8	38	34,946
2	2006-J	Pusri 2	13,8	18,35	13,148
3	3006-J	Pusri 3	13,8	18,35	16,885
4	4006-J	Pusri 4	13,8	18,35	14,808

5	5006-J	Pusri 1B	13,8	21,8	20,054
Total				114,85	99,841

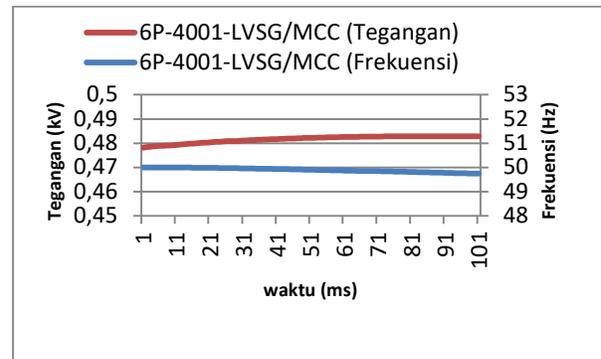
**HASIL SIMULASI DAN ANALISIS**

**Permodelan Sistem Kelistrikan**

Berdasarkan data-data yang ada dilakukan pemodelan dalam bentuk *single line diagram* dari sistem kelistrikan di PT. Pusri Palembang dalam software ETAP 12.6. Selanjutnya akan dilakukan simulasi dan analisis kestabilan transien dengan beberapa kasus. Pada tugas akhir ini analisis dilakukan ketika terjadi *generator outage*, dan *Load Shedding*

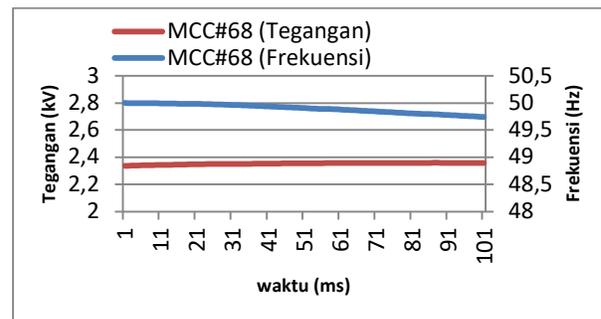
**Keadaan Normal Sistem**

Berikut adalah hasil frekuensi dan tegangan masing-masing bus saat generator berjalan dengan normal:



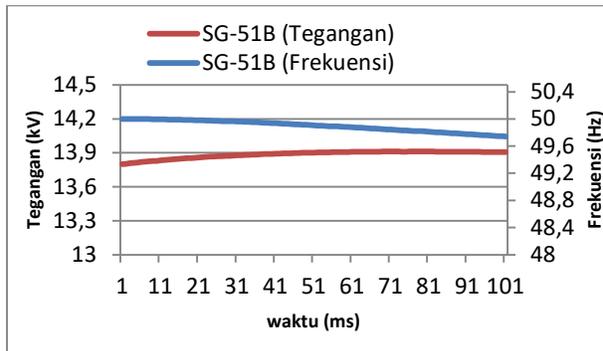
**Gambar 3** Grafik Frekuensi dan Tegangan Bus 6P-4001-LVSG/MCC

Pada gambar 3 menunjukkan grafik frekuensi dan tegangan pada saat keadaan normal. Yang di mana nilai dari bus ini adalah 0,48 kV.



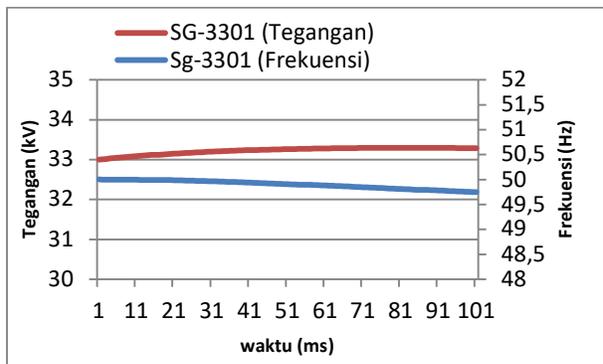
**Gambar 4** Grafik Frekuensi dan Tegangan Bus MCC#68

Pada gambar 4 menunjukkan grafik frekuensi dan tegangan pada saat keadaan normal. Yang di mana nilai dari bus ini adalah 2,4 kV.



**Gambar 5** Grafik Frekuensi dan Tegangan Bus SG-51B

Pada gambar 5 menunjukkan grafik frekuensi dan tegangan pada saat keadaan normal. Yang di mana nilai dari bus ini adalah 13,8 kV.



**Gambar 6** Grafik Frekuensi dan Tegangan Bus SG-3301

Pada gambar 6 menunjukkan grafik frekuensi dan tegangan pada saat keadaan normal. Yang di mana nilai dari bus ini adalah 33 kV.

### Skenario Kestabilan Frekuensi dan Tegangan (Kontingensi)

Pada simulasi ini dilakukan analisis kestabilan Frekuensi dan tegangan (Kontingensi) dan mekanisme pelepasan beban di PT. Pusri Palembang akibat *generator outage*, dan *Load Shedding*. Parameter-parameter yang perlu diperhatikan dalam tugas akhir ini adalah respon dari frekuensi, dan tegangan.

**Table 3** Skenario Kestabilan Frekuensi dan Tegangan (Kontingensi)

Skenario	ID	Kasus
1.1	Gen 2006-J OFF (18,35 MW)	Generator 2006-J <i>outage</i> dari sistem
2.1	Gen 5006-J OFF (21,8 MW)	Generator 5006-J <i>outage</i> dari sistem
3.1	Gen 6P-6006-GT OFF (38 MW)	Generator 6P-6006-GT <i>outage</i> dari sistem

Pada kasus gangguan generator *outage*, bus yang digunakan sebagai parameter kestabilan frekuensi dan tegangan adalah:

- I. Bus SG-3301 merupakan *Synchronous* bus yang mewakili tegangan 33 kV di sistem ring.
- II. Bus SG-51B merupakan bus yang mewakili tegangan 13,8 kV.
- III. Bus MCC#68 merupakan bus yang mewakili tegangan 2,4 kV.
- IV. Bus 6P-4001-LVSG/MCC merupakan bus yang mewakili tegangan 0,48 kV.

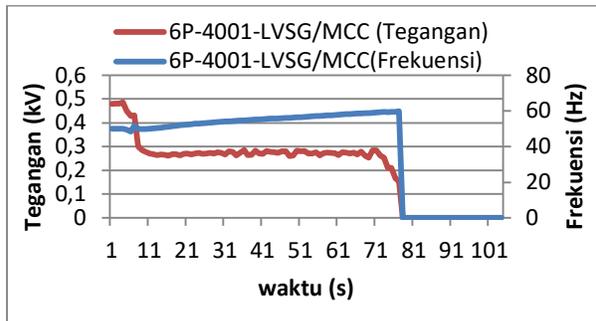
Pemilihan bus-bus di atas di karenakan pada bus-bus tersebut banyak beban-beban kritis yang dominan.

### Hasil Simulasi Kestabilan Frekuensi dan Tegangan(Kontingensi)

Pada sub ini akan dijelaskan mengenai hasil dari simulasi Frekuensi dan Tegangan (Kontingensi) pada setiap skenario yang telah ditentukan. Berikut adalah hasilnya:

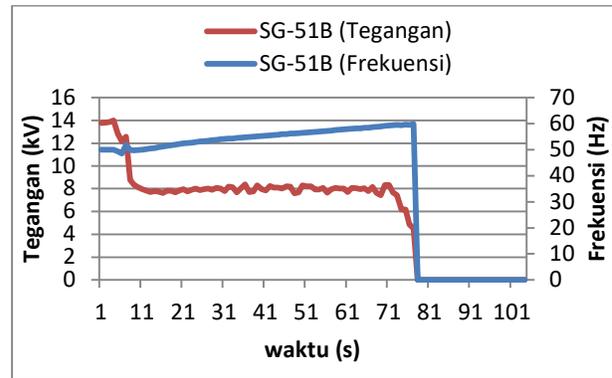
#### Skenario 1.1 Gen 2006-J OFF: Generator 2006-J Outage dari Sistem (t=2s)

Pada skenario ini akan ditampilkan hasil dari simulasi dan analisis kestabilan frekuensi dan tegangan (kontingensi) saat generator 2006-J OFF dari sistem dan generator lainnya ON pada sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang. Generator disimulasikan *outage* saat 2 detik setelah sistem bekerja dengan total waktu simulasi selama 100 detik.



**Gambar 7** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus 6P-4001-LVSG/MCC Skenario 1.1

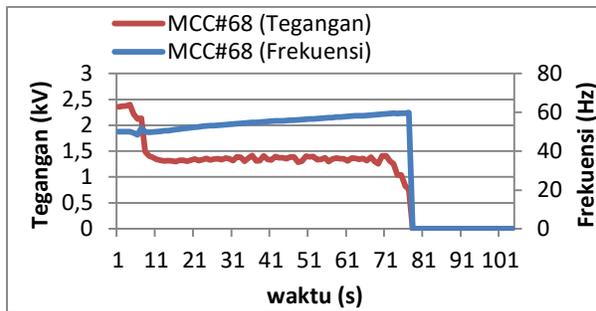
Pada Gambar 7 menunjukkan frekuensi pada bus 6P-4001-LVSG/MCC saat generator 2006-J lepas dari sistem kelistrikan, nilai frekuensi mula-mula naik mencapai angka 60 Hz sebelum akhirnya frekuensi turun ke 0 Hz pada detik ke-77. Sedangkan nilai tegangan terus menurun ketika generator lepas pada detik ke-2 dari nilai awal bus yaitu 0,48 kV pada awalnya sistem kelistrikan berjalan pada tegangan dengan nilai 0,26 kV dari detik ke-10 sampai detik ke-70. Dan pada akhirnya tegangan turun sampai 0 kV pada detik ke-77.



**Gambar 9** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus SG-51B Skenario 1.1

Pada Gambar 9 menunjukkan frekuensi pada bus SG-51B saat generator 2006-J lepas dari sistem kelistrikan, nilai frekuensi mula-mula naik mencapai angka 60 Hz sebelum akhirnya frekuensi turun ke 0 Hz pada detik ke-77.

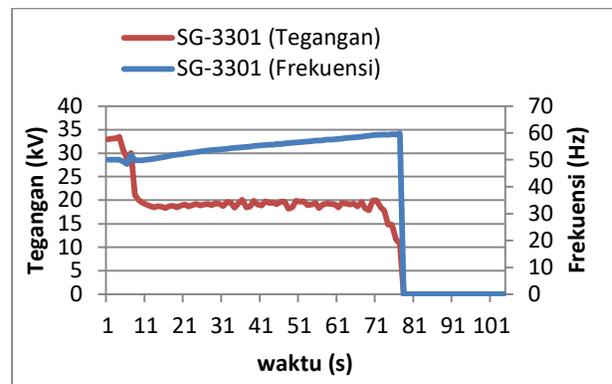
Sedangkan nilai tegangan terus menurun ketika generator lepas pada detik ke-2 dari nilai awal bus yaitu 13,8 kV pada awalnya sistem kelistrikan berjalan pada tegangan dengan nilai sekitar 7,9 kV dari detik ke-10 sampai detik ke-70. Dan pada akhirnya tegangan turun sampai 0 kV pada detik ke-77.



**Gambar 8** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus MCC#68 Skenario 1.1

Pada Gambar 8 menunjukkan frekuensi pada bus MCC#68 saat generator 2006-J lepas dari sistem kelistrikan, nilai frekuensi mula-mula naik mencapai angka 60 Hz sebelum akhirnya frekuensi turun ke 0 Hz pada detik ke-77.

Sedangkan nilai tegangan terus menurun ketika generator lepas pada detik ke-2 dari nilai awal bus yaitu 2,4 kV pada awalnya sistem kelistrikan berjalan pada tegangan dengan nilai 1,3 kV dari detik ke-10 sampai detik ke-70. Dan pada akhirnya tegangan turun sampai 0 kV pada detik ke-77.



**Gambar 10** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus SG-3301 Skenario 1.1

Pada Gambar 10 menunjukkan frekuensi pada bus SG-3301 saat generator 2006-J lepas dari sistem kelistrikan, nilai frekuensi mula-mula naik mencapai angka 60 Hz sebelum akhirnya frekuensi turun ke 0 Hz pada detik ke-77.

Sedangkan nilai tegangan terus menurun ketika generator lepas pada detik ke-2 dari nilai awal bus yaitu 33 kV pada awalnya sistem kelistrikan berjalan pada tegangan dengan nilai 19 kV dari detik ke-10 sampai detik ke-70. Dan pada

akhirnya tegangan turun sampai 0 kV pada detik ke-77.

**Estimasi Load Shedding**

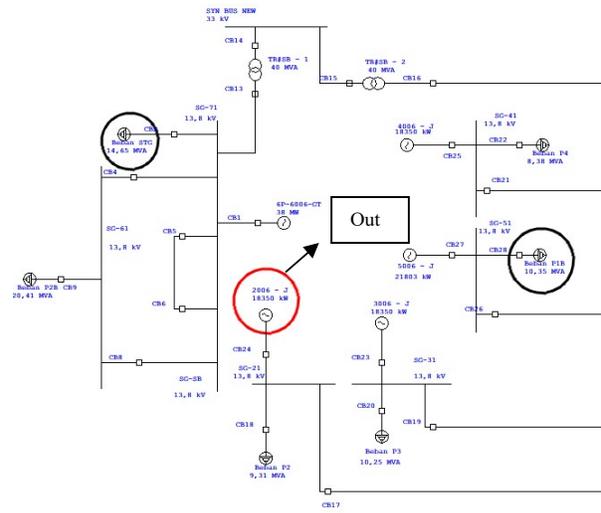
Pada sub ini penulis akan mengestimasi beban yang akan di lepas pada sistem pembangkit PT. Pusri agar tidak terjadinya *black out* pada saat salah satu generator *outage* dari sistem. Dengan mempertimbangkan beban normal yang di lepas sehingga sistem produksi PT. Pusri Palembang dapat terus berjalan.

**Tabel 4** Skenario Estimasi *Load Shedding*

Skenario	ID	Kasus
1.2	Gen 2006-J OFF (18,35 MW)	Generator 2006-J <i>outage</i> dari sistem <i>Load Shedding</i>
2.2	Gen 5006-J OFF (21,8 MW)	Generator 5006-J <i>outage</i> dari sistem <i>Load Shedding</i>
3.2	Gen 6P-6006-GT OFF (38 MW)	Generator 6P-6006-GT <i>outage</i> dari sistem <i>Load Shedding</i>

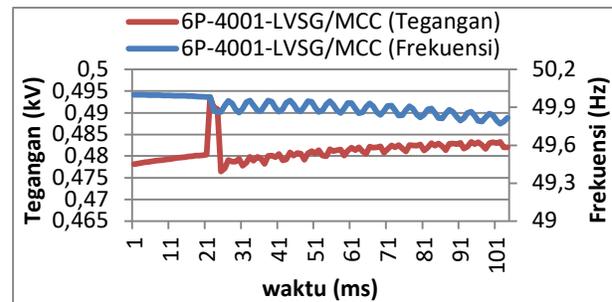
**Skenario 1.2 2006-J OFF: Generator 2006-J Outage dari sistem (t=2s) + Load Shedding**

Pada skenario ini akan ditampilkan hasil dari simulasi dan analisis kestabilan frekuensi dan tegangan (kontingensi) saat generator 2006-J OFF dari sistem dan generator lainnya ON pada sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang. Generator disimulasikan *outage* saat 2 detik setelah sistem bekerja dengan total waktu simulasi selama 10 detik. *Load shedding* pada saat 2,12 s.



**Gambar 11** Skenario 1.2 2006-J OFF + *Load Shedding*

Pada gambar 11 menunjukkan gambar dari skenario lepasnya pembangkit pada sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang dan beban – beban yang akan di lepas, agar tidak terjadinya *black out*. Dengan mengacu kepada beban – beban normal seperti beban – beban perumahan, agar PT. Pusri Palembang dapat terus beroperasi setelah terjadinya pelepasan beban.

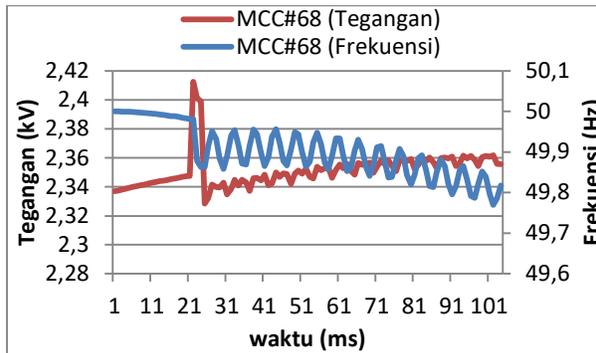


**Gambar 12** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus 6P-4001-LVSG/MCCs Skenario 1.2

Pada gambar 12 menunjukkan respon frekuensi pada saat generator 2006-J lepas dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai frekuensi pada bus 6P-4001-LVSG/MCC *steady state* pada angka 49,8 Hz.

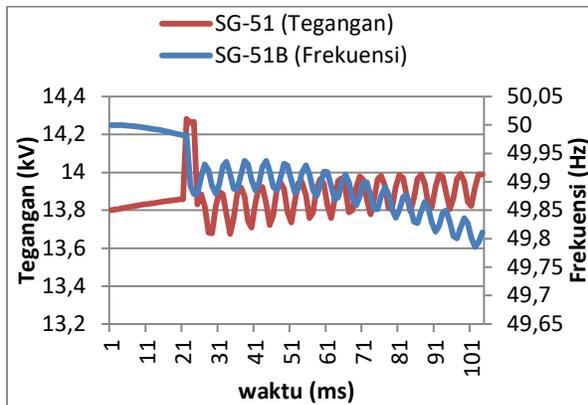
Sedangkan respon dari tegangan pada bus 6P-4001-LVSG/MCC saat generator 2006-J lepas dari sistem dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai awal bus yaitu 0,48 kV, pada awalnya tegangan naik ke angka 0,49 kV sebelum akhirnya tegangan stabil dan sistem kelistrikan berjalan normal pada angka 0,48 kV.

Dimana batas standar tegangan ini menurut peraturan menteri energi dan sumber daya mineral, batas bawah adalah 0,432 kV dan batas atas adalah 0,504 kV.



**Gambar 13** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus MCC#68 Skenario 1.2

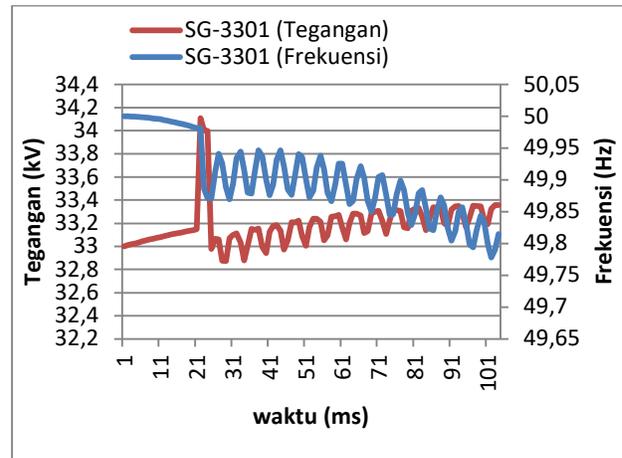
Pada gambar 13 menunjukkan respon frekuensi pada saat generator 2006-J lepas dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai frekuensi pada bus MCC#68 *stady state* pada angka 49,8 Hz. Dan respon dari tegangan pada bus MCC#68 saat generator 2006-J lepas dari sistem dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai dari bus yaitu 2,4 kV, pada awalnya tegangan naik ke angka 2,41 kV sebelum akhirnya tegangan turun lagi dan stabil pada angka 2,35 kV. Dimana batas standar tegangan ini menurut peraturan menteri energi dan sumber daya mineral, batas bawah adalah 2,16 kV dan batas atas adalah 2,52 kV.



**Gambar 14** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus SG-51B Skenario 1.2

Pada gambar 14 menunjukkan respon frekuensi pada saat generator 2006-J lepas dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai frekuensi pada bus SG-51B *stady state* pada angka 49,8 Hz.

Dan respon dari tegangan pada bus SG-51B saat generator 2006-J lepas dari sistem dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai dari bus yaitu 13,8 kV, pada awalnya tegangan naik ke angka 14,28 kV sebelum akhirnya tegangan turun lagi dan stabil pada angka 13,84 kV. Dimana batas standar tegangan ini menurut peraturan menteri energi dan sumber daya mineral, batas bawah adalah 12,42 kV dan batas atas adalah 14,49 kV.



**Gambar 15** Respon Frekuensi dan Tegangan Bus SG-3301 Skenario 2.1

Pada gambar 15 menunjukkan respon frekuensi pada saat generator 2006-J lepas dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai frekuensi pada bus SG-3301 *stady state* pada angka 49,8 Hz. Dan respon dari tegangan pada bus SG-3301 saat generator 2006-J lepas dari sistem dan dilakukan mekanisme *load shedding*. Nilai dari bus yaitu 33 kV, pada awalnya tegangan naik ke angka 34,1 kV sebelum akhirnya tegangan turun lagi dan stabil pada angka 33,35 kV. Dimana batas standar tegangan ini menurut peraturan menteri energi dan sumber daya mineral, batas bawah adalah 29,7 kV dan batas atas adalah 34,65 kV.

**Analisa Hasil Simulasi**

Berikut adalah analisa masing-masing simulasi yang telah dilakukan pada setiap skenario:

**Simulasi Gen 2006-J**

Berdasarkan hasil skenario 1.1 yang telah dilakukan, pada saat generator 2006-J *outage* pada saat beban maksimal sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang tidak dapat menanggung beban dengan total nilai beban sebesar 104,42 MW dan pembangkit yang lepas sebesar 18,35 MW. Sistem kelistrikan *blackout* pada detik ke 77 s dengan simulasi lepasnya pembangkit  $t = 2$  s.

Pada skenario ini penulis melakukan *load shedding* pada saat generator 2006-J *outage* dari sistem. Pada saat generator lepas, sistem kelistrikan PT. Pusri kehilangan sebesar 15,97 % (18,35 MW) kapasitas pembangkit. Pada skenario ini penulis melakukan *load shedding* sebesar 10 % (9,97 MW) dari seluruh total pembebanan untuk menjaga sistem kelistrikan dapat terus beroperasi.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari simulasi dan analisis, dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Dari skenario 1.1 - 3.1 ketika generator lepas dari sistem tanpa melakukan *load shedding*. Sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang tidak dapat menanggung beban, sehingga sistem kelistrikan mengalami *blackout*.
2. Dari skenario 1.2 dan skenario 2.2 pada saat dilakukan *load shedding* sistem kelistrikan PT. Pusri Palembang dapat beroperasi sesuai standar peraturan menteri energi dan sumber daya mineral
3. Pada saat skenario 3.2 perlu di perhatikan lagi untuk nilai kestabilan frekuensi dan tegangannya. Karena pada bus MCC#68 tegangannya berada pada angka 2,16 kV yang merupakan standar minimal menurut peraturan menteri energi dan sumber daya mineral yaitu -10% dari nominal tegangan.

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi sistem tenaga listrik secara menyeluruh, dengan melibatkan adanya *losses* pada saluran cable maupun transformator. Untuk mencapai frekuensi dan tegangan yang stabil pada PT. Pusri Palembang.

### DAFTAR PUSTAKA

- Djiteng Marsudi, Operasi Sistem Tenaga Listrik, Graha Ilmu, 2006, Edisi Kedua, Jakarta.
- Firmansyah, A. (2019). Modul ETAP (Electrical Transient Analysis Program) PowerStation. Palembang, Politeknik Negri Sriwijaya.

IEEE, "Guide for Abnormal Frequency Protection for Power Generating Plants", 1987. IEEE Std C37.106-1987.

Kundur, P. (1994). Power System Stability and Control. USA, McGraw-Hill.

Marsudi, D. (2006). Operasi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta, Graha Ilmu.

Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral. (2009). *Aturan Distribusi tenaga Listrik*. Available: <http://ditjenpp.kemenkumham.go.id/arsip/bn/2009/bn25-2009lmp.pdf>

Rakhmadian, Hilman, "Analisis Stabilitas Transien dan Mekanisme Pelepasan Beban di PT. Pupuk Kalimantan Timur Pabrik 5(PKT-5)", 2013

Stodola, A. and Loewenstein, L. C. 1927. *Steam and Gas Turbines*, reprint of 6th Ed., 1945. Peter Smith, New York.

Subhan, M., Samaulah., H. & Basir, Y. (2013). Analisis Kontingensi Pada Subsistem 150 KV Lampung Setelah Beroperasinya PLTU Sibalang dan PLTP Ulu Belu Dengan Metode Aliran Daya. 2089-2942.