

**SKRIPSI**

**ANALISIS KONTINGENSI PADA SISTEM PEMAKAIAN SENDIRI  
PLTU OMBILIN**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh

**FIKI RAHMAN**  
**18.10.002.20201.008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

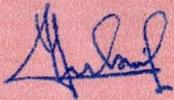
**ANALISIS KONTINGENSI PADA SISTEM PEMAKAIAN SENDIRI  
PLTU OMBILIN**

Oleh

**FIKI RAHMAN**

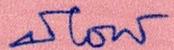
**18.10.002.20201.008**

**Dosen Pembimbing I,**



**Ir. Yulisman, M.T.**  
**NIDN. 8808220016**

**Dosen Pembimbing II,**



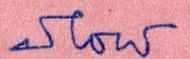
**Herris Yamashika, S.T., M.T.**  
**NIDN. 1024038202**

**Dekan Fakultas Teknik  
UM Sumatera Barat,**



**Masril, S.T., M.T.**  
**NIDN. 1005057407**

**Ketua Program Studi  
Teknik Elektro**



**Herris Yamashika, S.T., M.T.**  
**NIDN. 1024038202**

**LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI**

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal ..... di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat

Bukittinggi, 35 Februari  
2022 Mahasiswa,



**Fiki Rahman**

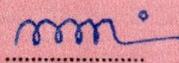
181000220201008

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal .....

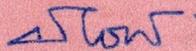
1. Mahyessie Kamil, S.T., M.T.

1. 

2. Ir. Budi Santosa, M.T.

2. 

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Elektro



**Herris Yamashika, S.T., M.T.**

NIDN. 1024038202

## LEMBARAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Fiki Rahman  
Tempat dan tanggal Lahir : Bukittinggi, 16 Februari 1997  
NIM : 181000220201008  
Judul Skripsi : Analisis Kontingensi Sistem Pemakaian Sendiri  
PLTU Ombilin.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah di peroleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatra Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 25 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,



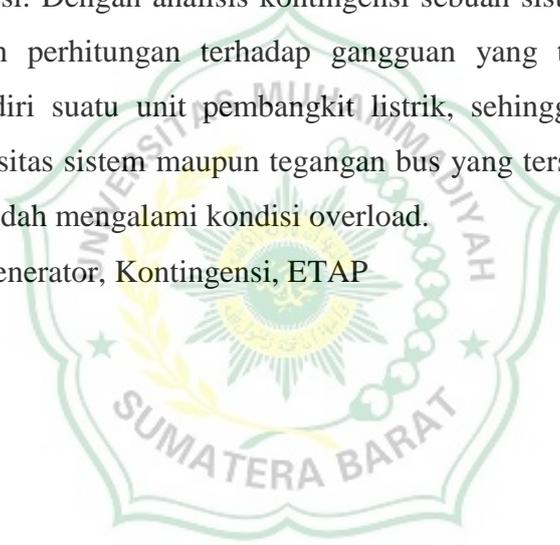
Fiki Rahman

181000220201008

## ABSTRAK

Kelangsungan energi listrik diperlukan sebuah manajemen energi listrik dengan efisiensi tinggi dan bahan bakar yang mudah didapat. Salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Ombilin dengan kapasitas 2 x 100 MW. Pada PLTU Ombilin terdapat sebuah sistem pemakaian sendiri yang di peroleh dari generator ketika pembangkit beroperasi. Dalam Penelitian ini dilakukan Analisis kontingensi pada sistem pemakaian sendiri yang disimulasi menggunakan *software* ETAP 12.6. Analisis kontingensi adalah studi tentang keamanan sistem tenaga listrik dengan melakukan analisis aliran daya dari dampak sejumlah kasus-kasus kontingensi seperti pelepasan dari satu atau lebih generator dan lepasnya salah satu elemen transmisi. Dengan analisis kontingensi sebuah sistem tenaga listrik akan dapat dilakukan perhitungan terhadap gangguan yang terjadi misalnya pada pemakaian sendiri suatu unit pembangkit listrik, sehingga dapat memprediksi perubahan kapasitas sistem maupun tegangan bus yang tersisa apakah masih bisa dibebani atau sudah mengalami kondisi overload.

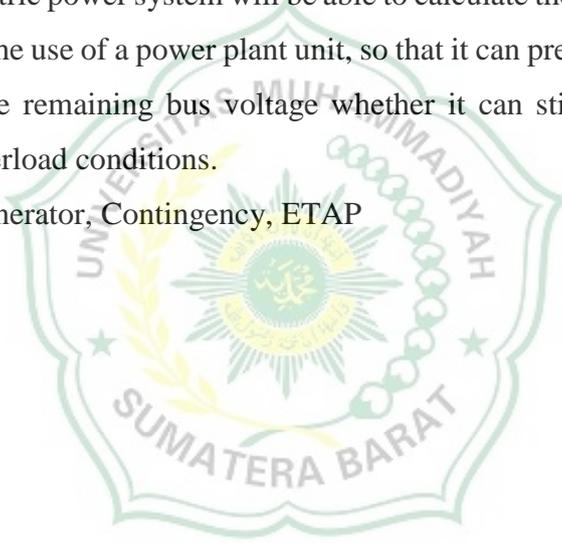
**Kata kunci** : Generator, Kontingensi, ETAP



## ABSTRACT

The continuity of electrical energy requires an electric energy management with high efficiency and easy-to-obtain fuel. One of them is the Ombilin Steam Power Plant (PLTU) with a capacity of 2 x 100 MW. At ombilin power plant there is a system of its own use that is obtained from the generator when the plant is operating. In this study, contingency analysis was conducted on its own system simulated using ETAP 12.6 software. Contingency analysis is the study of the safety of an electric power system by conducting a power flow analysis of the impact of a number of contingency cases such as the release of one or more generators and the release of one of the transmission elements. With contingency analysis, an electric power system will be able to calculate the disruption that occurs for example in the use of a power plant unit, so that it can predict changes in system capacity and the remaining bus voltage whether it can still be burdened or has experienced overload conditions.

**Keywords** : Generator, Contingency, ETAP



## KATAPENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT., atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S. Kom., M. Kom., selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Herris Yamashika, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, dan sekaligus Dosen Pembimbing, dan Dosen pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
5. Bapak Ir. Yulisman, M.T., selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Bapak/Ibu Dosen di lingkungan Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik UM Sumatera Barat yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2018;
9. Rekan-rekan Ormawa Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro.
10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Elektro.

Bukittinggi, Februari 2022

Fiki Rahman



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Terkait.....	5
2.2. Keandalan Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.3. Kontingensi.....	8
2.4. Pembagian Analisis Kontingensi .....	9
2.5. Seleksi Kontingensi .....	10
2.6. Generator Sinkron.....	11
2.7. Transformator Tenaga .....	12
2.7.1 UAT ( <i>Unit Auxiliary Transformer</i> ) .....	12
2.7.2 SST ( <i>Service Station Transformer</i> ) .....	13

2.8	Motor Induksi 3 Fasa .....	14
2.9	Impedansi.....	16
2.10	<i>Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)</i> .....	17
2.11	Proses Kerja Pemakiaan Sendiri PLTU Ombilin.....	19

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1.	Lokasi Penelitian .....	20
3.2.	Data Penelitian.....	21
3.2.1	Jenis penelitian.....	21
3.2.2	Sumber data .....	21
3.2.3	Metode Analisa.....	23
3.3.	Bagan Alir Penelitian.....	24

### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Perhitungan.....	26
4.1.1	Skenario 1 .....	26
4.1.2	Skenario 2 .....	29
4.1.3	Skenario 3.....	32
4.1.4	Skenario 4 .....	35
4.1.5	Skenario 5 .....	38
4.2	Pembahasan .....	41
4.2.1	Hasil rangking $PI_p$ .....	41
4.2.2	Hasil rangking $PI_v$ .....	42
4.2.3	Hasil rangking $PI$ .....	43

### **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan .....	44
5.2	Saran .....	44

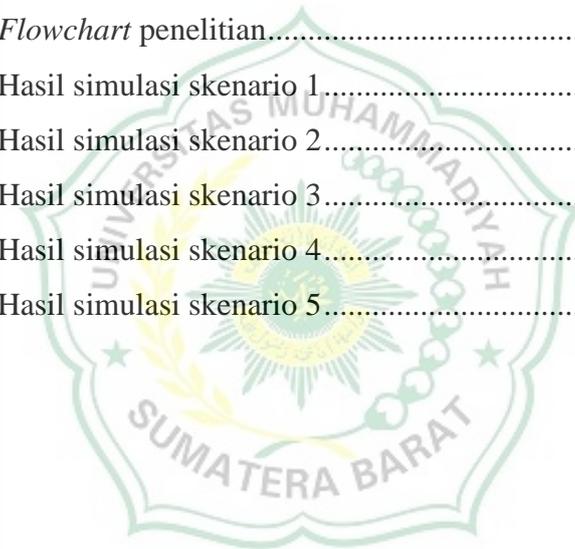
**DAFTAR PUSTAKA..... 45**

**LAMPIRAN**



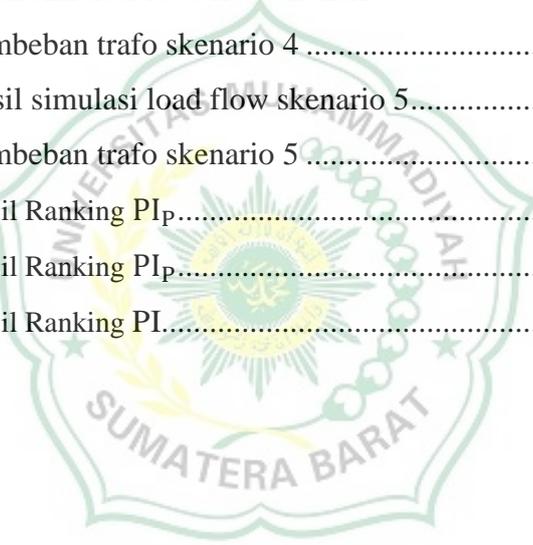
## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 2.1. Rangkaian ekivalen pada mesin sinkron .....	12
Gambar 2.2. Trafo UAT PLTU Ombilin.....	13
Gambar 2.3. Trafo SST PLTU Ombilin.....	13
Gambar 2.4. Konstruksi Motor Induksi.....	15
Gambar 2.5. Tampilan <i>worksheet software</i> ETAP 12.6.....	18
Gambar 3.1. Foto PLTU Ombilin .....	20
Gambar 3.2. <i>Single line diagram</i> pemakaian sendiri PLTU Ombilin.....	22
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> penelitian.....	25
Gambar 4.1. Hasil simulasi skenario 1.....	26
Gambar 4.2. Hasil simulasi skenario 2.....	29
Gambar 4.3. Hasil simulasi skenario 3.....	32
Gambar 4.4. Hasil simulasi skenario 4.....	35
Gambar 4.5. Hasil simulasi skenario 5.....	38



## DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
Tabel 4.1.	Hasil simulasi load flow skenario 1.....	27
Tabel 4.2.	Pembeban trafo skenario 1 .....	27
Tabel 4.3.	Hasil simulasi load flow skenario 2.....	30
Tabel 4.4.	Pembeban trafo skenario 2 .....	30
Tabel 4.5.	Hasil simulasi load flow skenario 3.....	33
Tabel 4.6.	Pembeban trafo skenario 3 .....	33
Tabel 4.7.	Hasil simulasi load flow skenario 4.....	36
Tabel 4.8.	Pembeban trafo skenario 4 .....	36
Tabel 4.9.	Hasil simulasi load flow skenario 5.....	39
Tabel 4.10.	Pembeban trafo skenario 5 .....	39
Tabel 4.11.	Hasil Ranking $PI_p$ .....	41
Tabel 4.12.	Hasil Ranking $PI_p$ .....	42
Tabel 4.13.	Hasil Ranking $PI_p$ .....	43



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan energi listrik semakin hari semakin besar, karena energi listrik adalah energi yang paling dibutuhkan untuk mempermudah segala aktivitas manusia. Indonesia adalah negara yang sedang berkembang, dan permintaan masyarakat akan kebutuhan listrik semakin meningkat. Pemerintah senantiasa memfasilitasi dan menjamin tercukupinya kebutuhan energi listrik dengan cara membangun pusat-pusat pembangkitan listrik.

Energi listrik dapat diperoleh dengan merubah energi lain misalnya energi kinetis, kalor, dan sebagainya, secara langsung maupun tak langsung, konvensional maupun non konvensional. Pada sistem yang konvensional, energi listrik yang dihasilkan dari energi primer diperoleh dengan suatu perantara mesin tertentu berupa turbin, boiler dan sebagainya.

Penggerak awal penghasil energi primer ini menunjukkan tipe pusat pembangkitan, misalnya PLTU, energi primer diperoleh dari turbin yang digerakan oleh uap. Pembangkit tenaga yang menghasilkan listrik dari uap yang tersedia di Indonesia, salah satunya yaitu PLTU Ombilin sebagai tempat melaksanakan penelitian. PLTU menggunakan sumber daya alam batubara sebagai bahan bakarnya. Perubahan energi yang terjadi secara kimia dengan proses pembakaran, lalu hasil dari proses pembakaran tersebut berupa uap panas (energi thermal) kemudian dari uap tersebut diubah lagi menjadi energi mekanis dan terakhir diubah menjadi energi listrik.

Sistem pemakaian sendiri pada PLTU digunakan khusus untuk memenuhi kebutuhan beban pemakaian sendiri dalam siklus PLTU. PLTU Ombilin unit 1-2 memiliki transformator pemakaian sendiri yaitu unit SST (*Station Service Transformer*) yang digunakan saat menyalakan unit pembangkit untuk pertamakalinya (start up) dan masing-masing unit mempunyai UAT (*Unit Auxiliary Transformer*) untuk mensuplai kebutuhan daya pemakaian sendiri yang umumnya

berupa beban tegangan menengah 6 kV serta beban tegangan rendah 380 V.

Analisis kontingensi adalah studi tentang keamanan sistem tenaga listrik dengan melakukan analisis aliran daya dari dampak sejumlah kasus-kasus kontingensi seperti pelepasan dari satu atau lebih generator dan lepasnya salah satu elemen transmisi. Dengan analisis kontingensi sebuah sistem tenaga listrik akan dapat dilakukan perhitungan terhadap gangguan yang terjadi misalnya pada pemakaian sendiri suatu unit pembangkit listrik, sehingga dapat memprediksi perubahan kapasitas sistem maupun tegangan bus yang tersisa apakah masih bisa dibebani atau sudah mengalami kondisi overload.

Penelitian ini akan membahas tentang analisa kontingensi pemakaian sendiri pada PLTU Ombilin dengan simulasi menggunakan *software* ETAP (*Electric Transient Analysis Program*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bedasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana melakukan analisis kontingensi pada sistem tegangan 6,3 kV pemakaian sendiri PLTU Ombilin dengan menggunakan *software* ETAP.
- b. Bagaimana profil tegangan di sistem 6,3 kV saat salah satu sumber beban mengalami gangguan.

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar pembahasan ini tidak menyimpang dari topik yang telah ditentukan maka penulis memberi batasan masalah sebagai berikut :

- a. Analisis kontingensi dilakukan hanya pada sistem 6,3 kV pemakaian sendiri PLTU Ombilin unit 1.
- b. Trafo daya 6,3/ 0,38 kV diasumsikan sebagai beban.

## **1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mengetahui pengaruh kontingensi yang terjadi pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin.
- b. Untuk memperoleh performansi indeks dari akibat kontingensi pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin.
- c. Untuk mengevaluasi dan melakukan perbaikan pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin.

### **1.4.2 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Manfaat ilmiah.  
Manfaat ilmiah dari penelitian ini adalah dalam rangka memperkaya kajian tentang masalah kontingensi pada sistem Pembangkit Tenaga Listrik dengan menggunakan *software* ETAP.
- b. Manfaat terapan  
Manfaat terapan dari penelitian ini yakni sebagai acuan dalam menjaga keandalan unit PLTU Ombilin saat beroperasi.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan untuk memudahkan pemahaman pembaca dalam mengambil inti yang terdapat pada skripsi ini, maka skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini berisikan latar belakang pengambilan tema, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Pada bab ini dijelaskan sumber bacaan, teori-teori baik dari buku, jurnal

dan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan permasalahan dan tujuan yang diangkat dalam skripsi ini. Termasuk didalamnya dijelaskan penelitian relevan yang pernah dilakukan sebelumnya serta perbedaan dengan penelitian yang dilakukan penulis.

### BAB III Metodologi Penelitian

Berisi tentang rencana dan prosedur penelitian yang dilakukan oleh penulis untuk memperoleh jawaban yang sesuai dengan permasalahan dan tujuan penelitian. Diantaranya penjelasan lokasi penelitian, data penelitian, metode analisis data serta bagan alir penelitian.

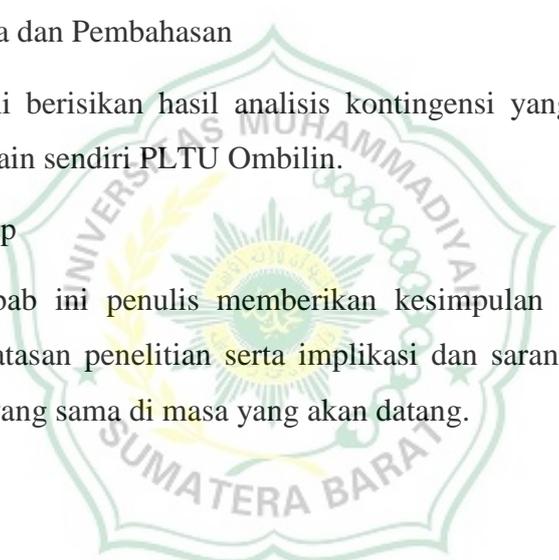
### Bab IV Analisa dan Pembahasan

Bab ini berisikan hasil analisis kontingensi yang terjadi pada sistem pemakain sendiri PLTU Ombilin.

### Bab V Penutup

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan dari hasil penelitian, keterbatasan penelitian serta implikasi dan saran bagi penelitian pada topik yang sama di masa yang akan datang.

### Daftar Pustaka



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terkait**

Pada penelitian ini akan dilakukan studi literatur untuk mencari landasan acuan teori yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan. Referensi teori dapat berasal dari buku dan jurnal ilmiah.

P.R. Bijwe, D.P. Khotari dan S.M. Kelapure dengan judul “*An Efficient Approach for Contingency Ranking Based On Voltage Stability*”. Pada penelitian tersebut penulis menyajikan pendekatan yang efisien untuk ranking kontingensi pada kondisi gangguan saluran berdasarkan stabilitas tegangan. Salah satu tugas paling penting dalam keamanan dini adalah untuk mempelajari dampak kontingensi yang andal pada sistem tenaga listrik. Teknik kompensasi dilakukan pada perhitungan kontingensi untuk setiap kemungkinan yang terjadi. Dalam teknik kompensasi, pemadaman saluran adalah disimulasikan dengan menghubungkan garis fiktif secara paralel dengan jaringan gangguan. Perhitungan digunakan untuk mendapatkan hasil dari data IEEE 30 bus, 57 bus dan Indian 91 *Bus Power Systems* dan hasilnya menunjukkan efektivitas algoritma.<sup>[1]</sup>

Penelitian lain dilakukan oleh N. Raj dan R.J. Gupta dengan judul “*Contingency Analysis of 5 Bus Sub-Station System: A Case Study*”. Penelitian dilakukan menggunakan aplikasi MATLAB dengan bantuan dua indeks kinerja penting (daya aktif dan daya reaktif) yang mengidentifikasi tingkat keparahan sistem karena pemutusan saluran. Langkah pada penelitian adalah analisis aliran beban menggunakan sistem daya GUI (*Graphical User Interfaces*) di MATLAB. Lalu kontingensi dilakukan dengan melepas saluran transmisi langkah demi langkah hingga semua kemungkinan terpenuhi untuk menemukan parameter pembebanan maksimum untuk setiap saluran transmisi. Penelitian ini bertujuan mendapatkan hasil perhitungan yang diurutkan sesuai nilai IP, dimana nilai IP terbesar merupakan kontingensi dengan resiko paling tinggi pada sistem tersebut.<sup>[2]</sup>

Penelitian lain juga dilakukan oleh C.J. Nnonyelu dan T.C. Madueme yang berjudul “*Power System Contingency Analysis : A Study of Nigeria’s 330 kV Transmission Grid*”. Penelitian bermula dengan melakukan pengamatan ketika permintaan daya meningkat hingga melebihi banyak unit pembangkit yang terpasang di Nigeria tanpa adanya peningkatan kapasitas transmisi yang sesuai. Ini membuat jalur transmisi mendekati kapasitas maksimum dan akan berbahaya apabila terjadi kasus kontingensi. Simulasi kontingensi dilakukan pada generator atau saluran transmisi yang terpasang di sistem dengan beberapa kemungkinan yang ada. Data hasil penelitian berisi nilai-nilai *System Line Overload Index* (SLOI) digunakan sebagai penunjuk saluran yang memegang peranan penting pada sistem saat terjadi gangguan.<sup>[3]</sup>

## 2.2 Keandalan Sistem Tenaga Listrik

Keandalan suatu sistem tenaga listrik ditentukan oleh penilaian kecukupan (*adequacy assessment*) dan penilaian keamanan (*security assesment*). Penilaian kecukupan berkaitan dengan kemampuan sistem untuk memasok energi listrik ke pelanggan yang memenuhi persyaratan dengan cara yang memuaskan. Penilaian keamanan berkaitan dengan kemampuan sistem tenaga listrik untuk tetap mampu bertahan akibat adanya gangguan yang mendadak seperti hubung singkat atau hilangnya elemen sistem yang tak dapat diantisipasi. Hal ini termasuk respon sistem yang diakibatkan oleh lepasnya pembangkit dan saluran transmisi.

Keandalan dan keamanan sistem tenaga listrik dapat dicapai dengan melakukan operasi sistem yang toleran terhadap keluarnya salah satu elemen sistem (*single outage*) ataupun keluarnya lebih dari satu elemen sistem (*multiple outage*). Artinya, dengan keluarnya salah satu elemen sistem (atau lebih) seharusnya tidak menyebabkan keluarnya elemen sistem secara bertingkat (*cascading outage*) yang mengakibatkan pemadaman sebagian atau pemadaman total.

Suatu sistem tenaga listrik yang mampu bertahan, utuh, dan tidak mengalami pemadaman akibat keluarnya salah satu elemen sistem dikatakan sistem tersebut andal atau aman dengan kriteria N-1. Kriteria keandalan keamanan N-1 merupakan kriteria yang fundamental dalam operasi sistem tenaga listrik yang diterima dan dipergunakan hampir di seluruh dunia (*universal*). Dengan terpenuhinya tingkat

keandalan keamanan N-1 secara kasar sama dengan terpenuhinya keseimbangan antara kebutuhan beban dengan jumlah pembangkitan. Dengan demikian suatu sistem tenaga listrik yang andal paling tidak harus memenuhi kriteria keandalan keamanan N-1. Pemenuhan kriteria keandalan N-1 tersebut harus dilakukan dengan tidak mempersoalkan biaya.

Salah satu faktor penting dalam operasi sistem tenaga listrik adalah keinginan untuk mempertahankan keamanan sistem (*system security*). Keamanan sistem meliputi kegiatan yang direncanakan untuk mempertahankan operasi sistem apabila terjadi kegagalan komponen sistem. Sebagai contoh, suatu unit pembangkit mungkin harus keluar sistem (*off-line*) karena kegagalan peralatan pembantu. Dengan mempertahankan sejumlah pembangkit cadangan berputar yang sesuai, unit-unit pembangkit yang tersisa pada sistem dapat mengatasi kekurangan daya tanpa turunnya frekuensi yang terlalu rendah atau tanpa perlu melakukan pemutusan beberapa beban (*load shedding*).

Dalam pembangkitan dan pengiriman tenaga listrik, apabila suatu saluran transmisi mengalami kerusakan karena terkena badai sehingga menyebabkan saluran terputus, maka saluran transmisi yang tersisa akan memikul beban yang lebih besar namun masih berada pada batasan yang diijinkan.

Peralatan sistem tenaga didesain untuk dioperasikan dalam batasan tertentu, maka kebanyakan peralatan sistem tenaga diproteksi oleh peralatan otomatis yang dapat mengakibatkan peralatan terputus dari sistem jika batasan-batasan dilanggar. Apabila beberapa gangguan terjadi pada suatu sistem yang melanggar batasan operasi, maka kejadian tersebut akan diikuti sederetan aksi lanjutan yang akan memutuskan peralatan dari sistem. Apabila proses kegagalan bertingkat ini berlanjut maka sebagian besar atau keseluruhan sistem akan jatuh sehingga terjadi pemadaman total (*system blackout*).

Sistem tenaga listrik adalah suatu proses yang dimulai dari pembangkitan tenaga listrik, saluran transmisi, sistem distribusi dan beban listrik. Untuk dapat menjaga kelangsungan suplai daya dari pembangkit ke beban, maka harus dicapai suatu keandalan sistem tenaga listrik. Dalam sistem tenaga listrik, terdapat berbagai macam gangguan, baik itu pada pembangkit atau pada saluran transmisi yang

membuat sistem tidak lagi dikatakan handal dalam penyaluran daya listrik ke beban. Pentingnya keandalan dalam sistem tenaga listrik dapat diukur dari berbagai macam hal, diantaranya adalah tegangan pada sistem dan interupsi atau seringnya waktu dan jumlah pemadaman listrik dan kualitas dayanya.

Menurut Guntoro H (2008) tegangan yang baik adalah tegangan yang stabil pada nilai yang telah ditentukan. Tegangan transmisi dengan besar 150 kV jika pada sistem nilainya tidak stabil. Tegangan pada sistem dapat naik atau turun tergantung pada beban atau elemen yang lain yang langsung mempengaruhi tegangan. Drop tegangan yang diatur dalam SPLN adalah sebesar -10% untuk batas bawah dan +5% untuk batas atas atau 135 kV dan 157,5 kV.

### **2.3 Kontingensi**

Kontingensi adalah suatu kejadian yang disebabkan oleh kegagalan atau pelepasan dari satu atau lebih generator atau transmisi (lepasnya salah satu elemen). Gangguan yang terjadi pada sistem dapat menimbulkan perubahan aliran daya pada sistem tenaga listrik. Perubahan daya yang terjadi berbeda-beda tergantung letak titik gangguan. Saat terjadi perubahan aliran daya, terjadi perubahan kuat arus pada saluran dan perubahan tegangan pada bus. Komponen bus dan saluran memiliki rating ketahanan terhadap besar arus dan tegangan tertentu. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk menguji bus dan saluran yang paling kritis terhadap gangguan. Untuk mengevaluasi unjuk kerja dan keandalan sistem tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan analisis kontingensi. Analisis kontingensi adalah perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh gangguan terhadap kelayakan perubahan tegangan bus dan aliran daya saluran, dengan membandingkan aliran daya dalam kondisi normal dengan aliran daya dalam kondisi kontingensi.

Analisis kontingensi dapat digunakan untuk memprediksi kondisi suatu sistem baik setelah lepasnya satu bagian dari sistem (*single contingency*) atau beberapa bagian sistem secara beruntun (*multiple contingency*). Analisis kontingensi merupakan usaha untuk mengetahui keadaan operasi sistem tenaga listrik saat suatu komponen mengalami gangguan atau bahkan keluar dari sistem. Dengan adanya analisis kontingensi, diharapkan operasi sistem tenaga listrik tetap

dapat berjalan dengan aman walaupun terjadi gangguan pada sistem. Analisis kontingensi merupakan suatu analisis yang digunakan untuk memprediksi aliran daya dan kondisi tegangan bus bila terjadi gangguan-gangguan yang antara lain: outage saluran transmisi, outage transformer, outage beban, outage unit pembangkit, outage kapasitor/reaktor dan sebagainya.

Kontingensi adalah suatu kejadian yang disebabkan oleh kegagalan atau pelepasan dari satu atau lebih generator dan/atau transmisi (Ditjen LPE, 2004). Kontingensi N-1 adalah kontingensi yang dihasilkan dari terlepasnya satu komponen sistem yaitu satu saluran transmisi atau satu generator. Kontingensi N-k adalah kontingensi yang dihasilkan dari terlepasnya sejumlah k komponen sistem. Sistem transmisi secara periodik harus dianalisa oleh fungsi kontingensi analisis (CA) untuk memprediksi masalah yang potensial apabila elemen terpilih dari sistem tenaga dikeluarkan (*out of service*). Fungsi CA harus menggunakan hasil hitungan state estimation sebagai "*base case*" dan memeriksa kasus kontingensi tertentu untuk menetapkan apakah ada overload yang potensial atau masalah tegangan yang muncul.

#### **2.4 Pembagian Analisis Kontingensi**

Analisis kontingensi tunggal (*single contingency*) merupakan analisis kontingensi setelah terputusnya aliran listrik (*outage*) pada salah satu bagian sistem, artinya tidak terjadi dua pemutusan secara bersamaan. Pemutusan dapat terjadi karena salah satu saluran atau transformator lepas dari sistem, generator lepas, atau terjadi pergeseran pembangkitan.

Analisis multi kontingensi (*multiple contingency*) merupakan apabila terjadi dua kontingensi tunggal berturut-turut atau simultan, perhitungan perubahan arus yang mengalir melalui setiap saluran dapat dilakukan dengan mengkombinasikan faktor-faktor distribusi dari kontingensi tunggal yang sudah dihitung lebih dahulu pada studi kontingensi tunggal.

## 2.5 Seleksi Kontingensi

Untuk melakukan pengelompokan saluran maka diperlukan suatu parameter yang dapat dipakai menghitung seberapa parah pengaruh saluran tersebut pada sistem tenaga, performasi indeks daya  $PI_P$  dapat memenuhi kebutuhan ini.

Definisi performasi indeks daya  $PI_P$  adalah sebagai berikut :

$$PI_P = \frac{P}{P_{Max}} \quad (2.1)$$

dimana :

$PI_P$  = Performasi indeks daya

$P$  = Daya yang mengalir pada saluran

$P_{max}$  = Kapasitas maksimum daya pada saluran

Bila nilai  $PI_P$  lebih dari 1 maka nilai ini dikatakan overload dan bila dibawah 1 maka saluran tersebut baik-baik saja, semakin besar nilai  $PI_P$  semakin jelek kondisi dari suatu sistem tenaga listrik.

Performasi indeks tegangan pada bus digunakan untuk identifikasi pelanggaran batasan (tegangan lebih), yang terjadi pada bus.

Persamaan performasi indeks tegangan :

$$PI_V = \sum_{i=1}^{N_{pq}} \left[ \frac{2 \cdot (V_i - V_{inom})}{V_{i \max} - V_{i \min}} \right]^2 \quad (2.2)$$

dimana:

$PI_V$  = performasi indeks tegangan pada bus

$V_i$  = tegangan bus i setelah terjadi kontingensi (N-1), kV

$V_{i \min}$  = batas tegangan minimum

$V_{i \max}$  = batas tegangan maksimum

$V_{i \text{ nom}}$  = rata-rata dari  $V_{i \max}$  dan  $V_{i \min}$

$N_{pq}$  = jumlah bus beban

Jumlah nilai performasi indeks daya dan nilai performasi indeks tegangan pada saluran transmisi dengan persamaan dibawah ini :

$$PI = PI_V + PI_P \quad (2.3)$$

dimana:

$PI_V$  = performasi indeks tegangan

$PI_P$  = performasi indeks daya

Setelah nilai performasi indeks diperoleh maka dibuat sebuah daftar peringkat dimana saluran yang memiliki nilai PI tertinggi berada di peringkat pertama dan saluran yang memiliki nilai PI terendah berada di peringkat terakhir.

Untuk melihat bagaimana kondisi sistem tenaga listrik setelah terjadi kontingensi (N-1) pada salah satu elemen sistemnya maka secara umum digunakan nilai performasi indeks (PI) tersebut. Nilai performasi indeks ini akan berubah-ubah sesuai dengan kondisi pembebanan. Semakin besar nilai PI yang dihasilkan maka kondisi sistem tenaga listrik akan semakin buruk (tidak andal dan tidak aman).

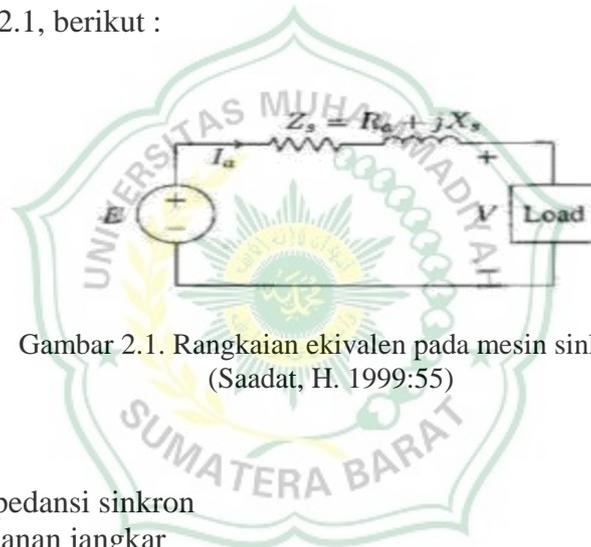
## 2.6 Generator Sinkron

Generator sinkron (alternator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*) yang pada umumnya adalah dari turbin uap, turbin air, turbin gas, sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. Pada stator terdapat kumparan armatur yang didesain untuk membangkitkan tegangan 3 fasa yang seimbang dan disusun untuk mengembangkan angka yang sama dari kutub magnet sebagai kumparan dan yang berada pada rotor.

Rotor juga dilengkapi dengan satu atau lebih kumparan yang di short-circuit kan yang dikenal dengan kumparan peredam. Rotor digerakkan oleh prime mover

pada kecepatan konstan dan medan dieksitasi oleh arus searah. Eksitasi ini dapat diberikan melalui slip ring dan brushless dengan menggunakan generator yang dipasang pada poros yang sama dengan rotor mesin sinkron. Tetapi sistem eksitasi modern biasanya menggunakan generator AC dengan memutar penyearah, yang dikenal dengan eksitasi brushless.

Sistem eksitasi generator menjaga tegangan generator dan mengontrol aliran daya reaktif. Rotor mesin sinkron bisa berkonstruksi silinder atau salient (menonjol). Rotor tipe silinder juga disebut sebagai round rotor yang didistribusikan dan celah udara yang seragam. Generator tersebut digerakkan oleh turbin uap dan didesain untuk beroperasi dengan kecepatan tinggi 3600 atau 1800 rpm, (mesin dua dan empat kutub masing masing). Rangkaian ekivalen pada generator dapat dilihat seperti gambar 2.1, berikut :



Gambar 2.1. Rangkaian ekivalen pada mesin sinkron (Saadat, H. 1999:55)

dimana:

$Z_s$  = Impedansi sinkron

$R_a$  = Tahanan jangkar

$X_s$  = Reaktansi sinkron

## 2.7 Transformator Tenaga

Transformator tenaga adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk mentransformasikan daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya.

### 2.7.1 UAT (*Unit Auxilliary Transformer*)

UAT adalah transformator yang digunakan untuk menyuplai daya pemakaian sendiri pada suatu pusat pembangkit listrik yang berasal langsung dari keluaran generator. Gambar trafo pemakaian sendiri yang ada pada PLTU Ombilin dapat dilihat pada gambar 2.2, berikut.



Gambar 2.2. Trafo UAT PLTU Ombilin

### 2.7.2 SST (*Service Station Transformer*)

SST adalah transformator penurun tegangan juga berfungsi untuk melayani beban-beban dari sistem kelistrikan pemakaian sendiri dimana tegangannya di peroleh dari sistem untuk sistem pemakaiaan sendiri PLTU ombilin.

Pada dasarnya SST sama dengan UAT, hal yang membedakan SST adalah transformator *step down* yang suplai daya listriknya dapat diambil dari jaringan interkoneksi sedangkan UAT suplai daya listriknya diambil langsung dari keluaran generator pada pusat listrik itu sendiri. Gambar trafo SST yang ada pada PLTU Ombilin dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.

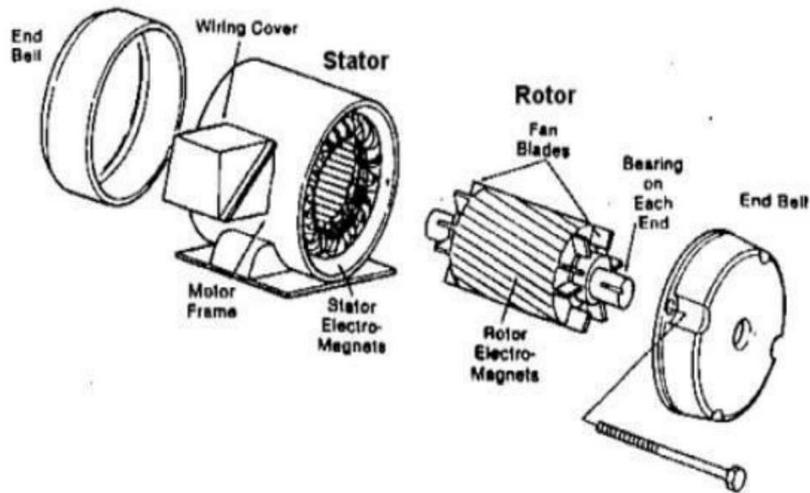


Gambar 2.3. Trafo SST PLTU Ombilin

## 2.8 Motor Induksi 3 Phase

Motor induksi adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik atau gerak, di mana energi gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Motor *Alternating Current* (AC) memiliki dua macam tipe yaitu synchronous motor dan asynchronous motor. Dimana motor induksi termasuk tipe asynchronous motor atau motor tak serempak karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip.

Motor induksi memiliki konstruksi yang sangat sederhana, terdiri dari stator merupakan bagian yang diam dan rotor sebagai bagian yang berputar. Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator, di mana arus rotor pada motor ini merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.



Gambar 2.4. Konstruksi Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa ketika stator diberi arus maka stator akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron di sekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Dengan adanya medan magnet kedua yang akan menimbulkan slip pada motor induksi. Prinsip kerja motor induksi dapat di lihat pada persamaan 2.2 dan 2.3, berikut ini :

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \quad (2.4)$$

$$N_r = \frac{(1-s)}{N_s} \quad (2.5)$$

dimana :

$N_s$  : Kecepatan putar dari medan putar stator

$N_r$  : Kecepatan putar dari medan putar rotor

$f$  : Frekuensi

$S$  : Slip

Motor listrik adalah suatu alat yang dapat mengubah Energi listrik menjadi tenaga gerak (Putar), dan hal ini tentunya dipengaruhi oleh 3 faktor, yaitu Daya listrik yang digunakan, Berapa kecepatan putaran yang dihasilkan, dan berapa besar tenaganya (Torsi).

Rumus menghitung Kecepatan Putaran (Rpm) Motor listrik

Kecepatan putaran yang dihasilkan suatu Motor Listrik, juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: Frekuensi dan Jumlah Kutub.

Kecepatan Putaran (Rpm) biasa juga dituliskan dengan huruf N, dan besar RPM ini ditentukan oleh seberapa besar frekuensi listrik yang digunakan dikali dengan sudut phase ( $120^{\circ}$ ) dibagi dengan jumlah kutub gulungan (*Pole*).

$$N = (f \times 120) : P \quad (2.6)$$

dimana :

N: Jumlah Putaran permenit (Rpm)

f: Frekuensi (Hz)

P: Jumlah kutub gulungan (*Pole*)

## 2.9 Impedansi

Menurut para ahli, impedansi (Z) didefinisikan sebagai hambatan listrik yang dihasilkan dalam rangkaian listrik ketika arus bolak-balik mencoba melewatinya. Tidak seperti hambatan dalam arus searah, impedansi dinyatakan melalui bilangan kompleks, yaitu dengan bagian nyata dan bagian imajiner.

Bagian nyata dari impedansi diberikan oleh hambatan listrik dan bagian imajiner dibentuk oleh reaktansi yang merupakan hambatan untuk lewatnya arus elemen induktif dan kapasitif. Jika kita memiliki elemen resistif murni hanya akan memiliki bagian nyata (sesuai dengan resistansi), sedangkan jika kita memiliki elemen kapasitif murni atau induktif murni hanya akan memiliki bagian imajiner (sesuai dengan reaktansinya). Elemen dengan bagian resistif dan bagian induktif memiliki bagian nyata dan bagian imajiner.

Di antara berbagai jenis impedansi adalah:

### 1) Impedansi kapasitif.

Kelas impedansi ini terkait dengan resistansi yang diberikan pada perubahan arus di dalam kapasitor, yang dikaitkan dengan bagian imajinernya. Ketika reaktansi kapasitif lebih besar dari reaktansi induktif, rangkaian dikatakan memiliki kondisi ini.

## 2) Impedansi induktif.

Jenis impedansi ini terkait dengan hambatan yang diberikan pada perubahan arus di dalam kumparan yang dikaitkan dengan bagian imajineranya. Ketika reaktansi induktif lebih besar dari reaktansi kapasitif, rangkaian dikatakan memiliki kondisi ini.

## 3) Impedansi resistif.

Ini adalah kasus khas untuk rangkaian arus searah di mana tidak ada reaktansi, yaitu, ada fase nol.

## 4) Impedansi ekivalen.

Impedansi ekivalen didefinisikan sebagai rangkaian ekivalen yang mewakili rangkaian apa pun dengan berbagai elemen, sehingga impedansi antara keduanya setara. Ada beberapa bentuk rangkaian ekivalen, yang sering digunakan dalam analisis jaringan dan termasuk resistor secara paralel dan seri, antara lain.

## 5) Impedansi akustik.

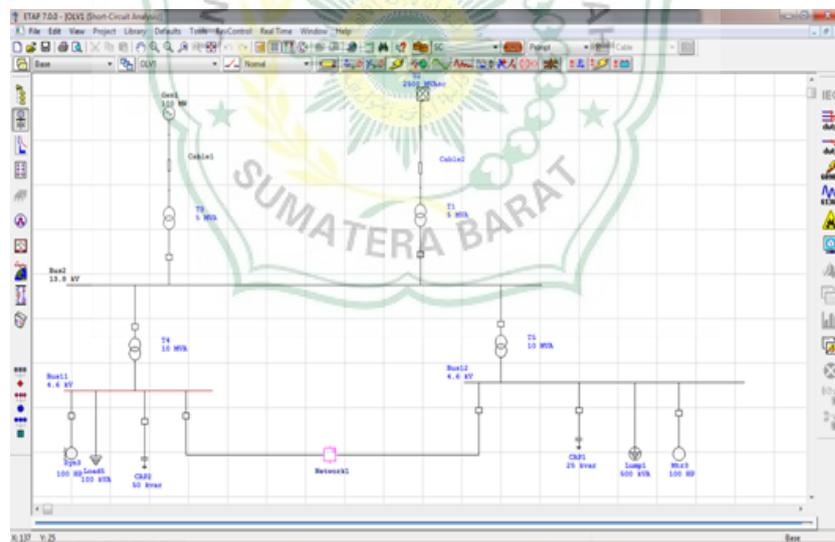
Impedansi akustik dikenal sebagai resistansi yang disajikan pada perambatan gelombang suara di atas media tertentu. Impedansi akustik setara dengan impedansi listrik ( $Z$ ) karena merupakan ekspresi bagaimana energi gelombang dihamburkan dalam media tersebut.

### **2.10 *Electrical Transient Analyzer Program (ETAP)***

ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisa pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data realtime atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik

ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diubah langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

Etap Power Station memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. ETAP Power Station juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu.



Gambar 2.5. Tampilan *worksheet software* ETAP 12.6

Ada dua macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan pada ETAP, yaitu standar ANSI dan IEC yang membedakannya adalah frekwensi yang digunakan sehingga berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekwensi masing-masing. Pada penelitian ini digunakan standar IEC dengan frekwensi 50 Hz.

ETAP sebagai salah satu program aplikasi yang efisien karena terdapat metode penyelesaian aliran daya seperti metode *Gauss-Seidel*, *Newton-Rapshon*, dan *Fast Decoupled* sudah diintegrasikan ke dalam program.

Walaupun berbagai kemudahan yang diberikan oleh program ETAP seperti program aplikasi lainnya dalam sistem tenaga listrik, tetapi didalam melakukan simulasi tetap harus memperhatikan setiap data-data yang digunakan dalam simulasi harus valid dan mampu merepresentasikan sistem yang sebenarnya.

### **2.11 Proses Kerja Pemakaian Sendiri PLTU Ombilin**

Pada waktu unit start up, catu daya pemakaian sendiri diambil dari sistem 150 kV lewat SST diturunkan menjadi 6.3 kV, lewat 6 kV station board disalurkan ke bus duct A (memakai SB A/B atau SUB A/B) dan selanjutnya disalurkan ke alat-alat bantu tegangan 6 kV dan alat-alat bantu tegangan 380/220 V lewat 380/220 V MCC (alat bantu station maupun alat bantu unit). Setelah output generator lebih dari 10 % maka alat bantu unit disuplai dari output generator lewat UAT (breaker 6 KV UAT A/B close dan breaker SUB A/B open pada waktu yang bersamaan) dan beban station tetap disuplai dari SST. Beban awal atau kebutuhan awal pemakaian sendiri yang dayanya dipasok langsung dari transformator pemakaian sendiri adalah beban medium voltage 6 kV, sementara untuk kebutuhan beban low voltage digunakan transformator tenaga bantu untuk menurunkan tegangan menjadi 380 V yaitu PS (Pemakaian Sendiri). Beban medium voltage yang disuplai langsung oleh UAT adalah motor-motor 6 kV yang berada di unit bus 6 kV, sementara beban low voltage yang disuplai oleh UAT adalah MCC, peralatan emergency, dan ESB yang berada di unit bus 380 V.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Lokasi kajian tugas akhir ini dilakukan pada PT PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan Sektor Pembangkitan dan Pengendalian Pembangkitan Ombilin. PLTU Ombilin merupakan Pembangkit di mulut tambang batubara kota sawahlunto yang telah beroperasi dari tahun 1996 dengan peralatan buatan GEC ALSTHOM Perancis.



Gambar 3.1. Foto PLTU Ombilin

Penulis memilih mengambil lokasi tempat penelitian di PLTU Ombilin ini bertujuan untuk mempermudah dalam memperoleh data penelitian, karena sekarang penulis bekerja dan berdomisili di Sawahlunto tempat PLTU Ombilin ini beroperasi.

## 3.2 Data Penelitian

Pada data penelitian diuraikan mengenai jenis dan sumber data, teknik pengumpulan data serta metode yang digunakan, dengan uraian masing-masing sebagai berikut:

### 3.2.1 Jenis penelitian

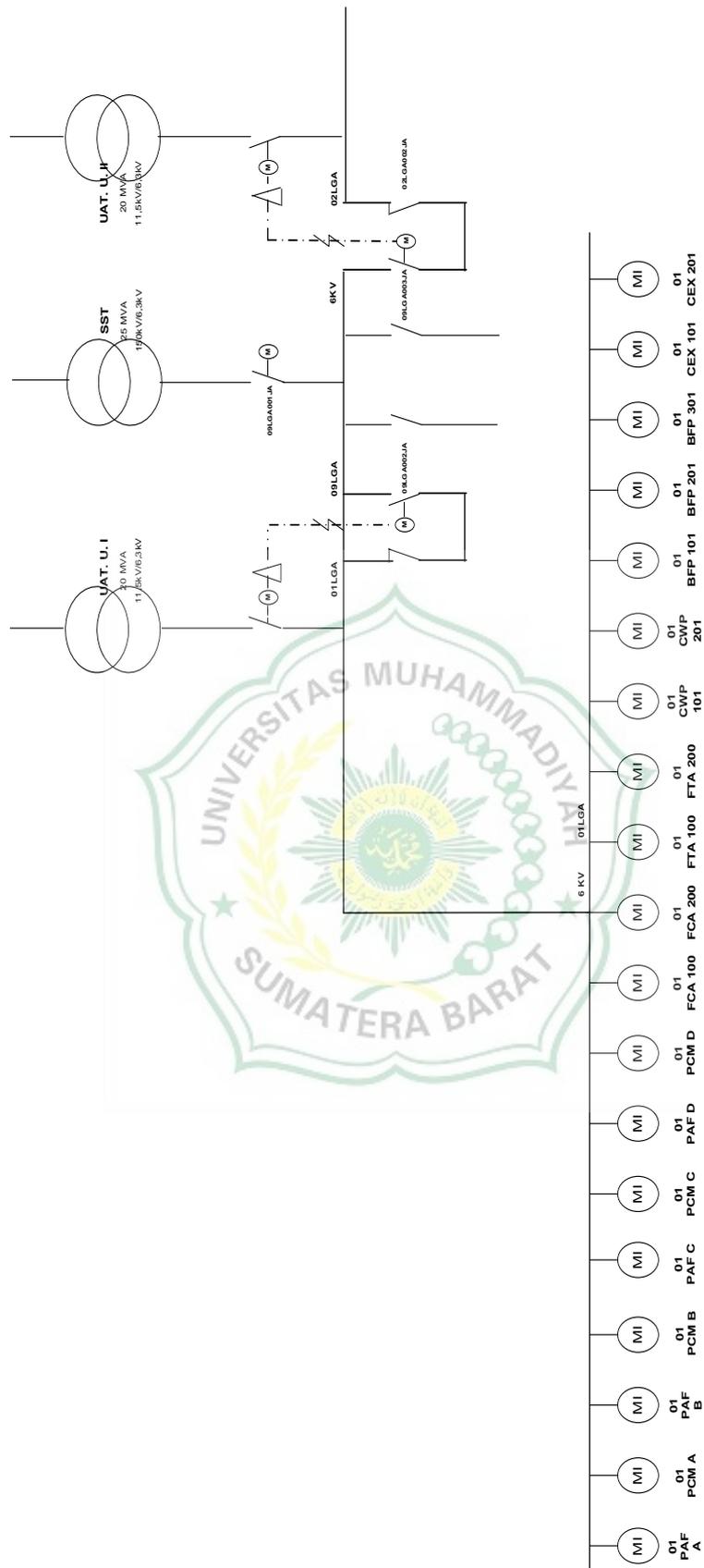
Jenis penelitian yang digunakan oleh penulis yakni jenis penelitian kuantitatif yang bertujuan untuk melakukan perhitungan aliran daya dan mengevaluasi bagaimana untuk kerja dan indeks keamanan sistem pelayanan sendiri PLTU Ombilin terhadap terjadinya kasus kontingensi.

### 3.2.2 Sumber data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan sebagai *input* untuk melakukan simulasi aliran daya menggunakan *software* ETAP 12.6. Adapun data yang digunakan adalah berupa data primer yang diperoleh secara langsung. Data utama penelitian ini dikumpulkan melalui wawancara dan observasi langsung dengan pengelola PLTU Ombilin. Sebelum melakukan simulasi aliran daya dengan *software* ETAP 12.6 perlu diketahui spesifikasi masing-masing data yang akan digunakan.

#### a. Perancangan *single line diagram*

Perancangan *single line diagram* pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin yang dilakukan hanya pada sistem 6.3 kV, perancangan ini dilakukan menggunakan *Microsoft visio*. Berikut hasil perancangan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2. Single line diagram pemakaian sendiri PLTU Ombilin Unit 1

b. Desain ETAP

Desain ETAP dilakukan dengan cara memindahkan gambar *single line diagram* ke *software* ETAP 12.6. Kemudian memasukan data-data yang diperlukan untuk melakukan simulasi adapun data-data yang di butuhkan sebagai berikut.

1. Data MVA short circuit sistem jaringan sumbar
2. Data grid (tegangan) 150 kV
3. Data generator
4. Data trafo GT
5. Data trafo UAT
6. Data trafo SST
7. Data motor 6 kV

### 3.2.3 Metode Analisa

Pada penelitian ini peneliti melakukan analisa dengan dua metode yaitu:

a. Metode determenistik

Metode determenistik dilakukan dengan membuat simulasi aliran daya pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin untuk melihat profil tegangan sistem pekmakaian sendiri PLTU Ombilin saat terjadi kontingensi. Pada simulasi ini peneliti melakukan simulasi dengan lima skenario yaitu Skenario 1 kondisi normal, generator dan sistem beroperasi dengan normal dan SST (*Service Station Transformer*) dengan keadaan tidak beroperasi. Skenario 2 kondisi generator dan SST (*Service Station Transformer*) dalam keadaan tidak beroperasi. Skenario 3 kondisi generator, trafo GT (*generator transformer*) dan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) dalam keadaan tidak beroperasi kemudian mengoperasikan trafo SST (*Service Station Transformer*). Skenario 4 kondisi generator dan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) dalam keadaan beroperasi untuk kondisi sistem dalam keadaan *black out*. Skenario 5 kondisi sistem dalam keadaan *black out*. Untuk generator,

trafo SST (*Service Station Transformer*) dan trafo UAT dalam keadaan beroperasi. Dan untuk trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) dan GT (generator transformer) dalam keadaan tidak beroperasi.

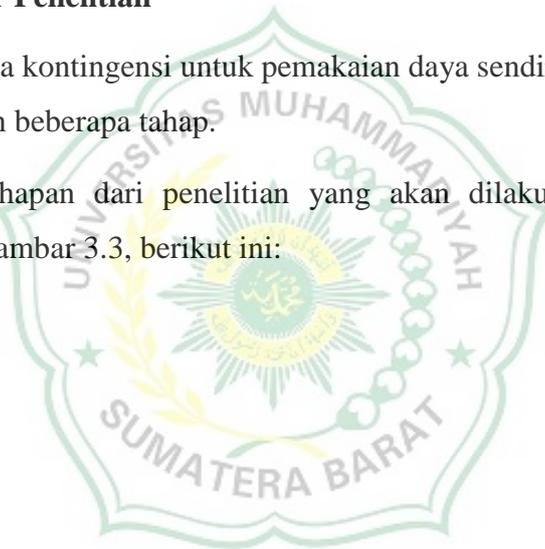
b. Metode performansi indeks

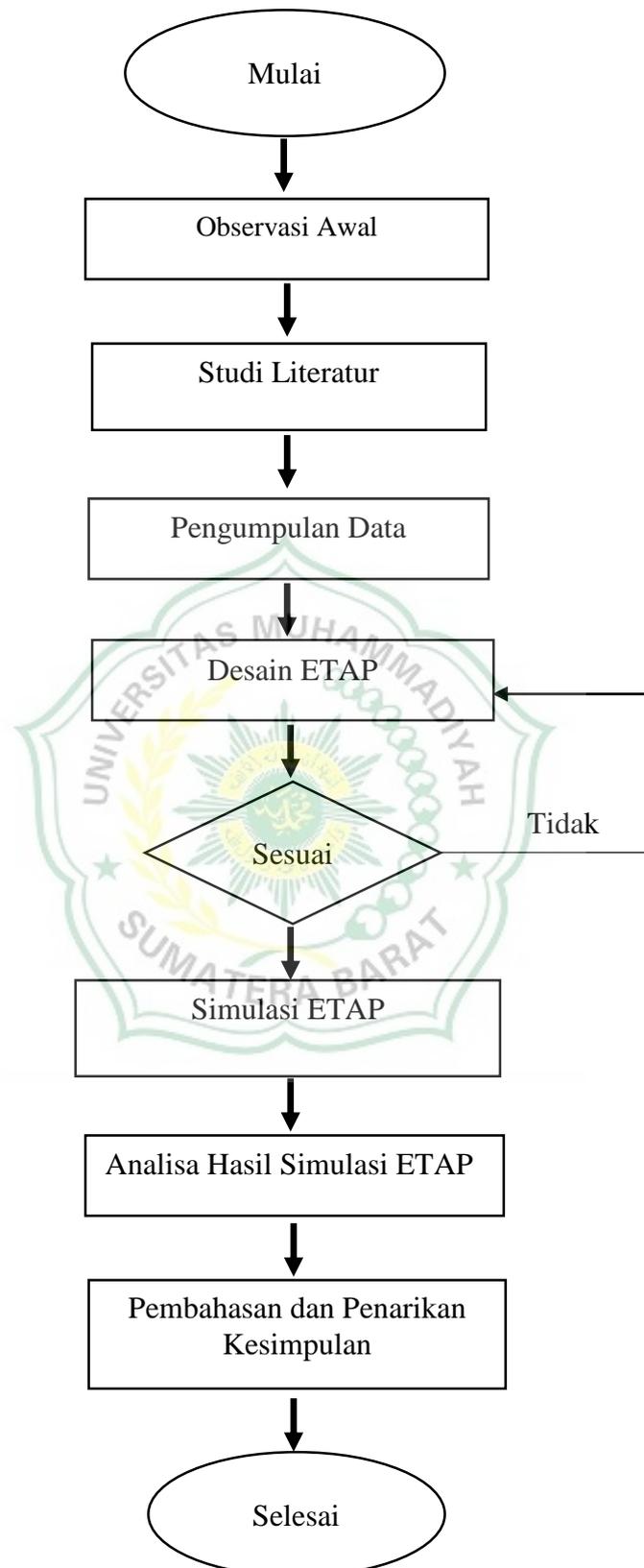
Metode performansi indeks digunakan untuk mengetahui tingkat keparahan dari suatu kontingensi. Untuk mengetahui performansi indeks peneliti melakukan perhitungan berdasarkan hasil simulasi aliran daya yang telah dilakukan pada lima skenario di atas.

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Pada analisa kontingensi untuk pemakaian daya sendiri di PLTU Ombilin ini dilakukan dengan beberapa tahap.

Adapun tahapan dari penelitian yang akan dilakukan ditunjukkan oleh flowchart pada gambar 3.3, berikut ini:





Gambar 3.3. Flowchart penelitian

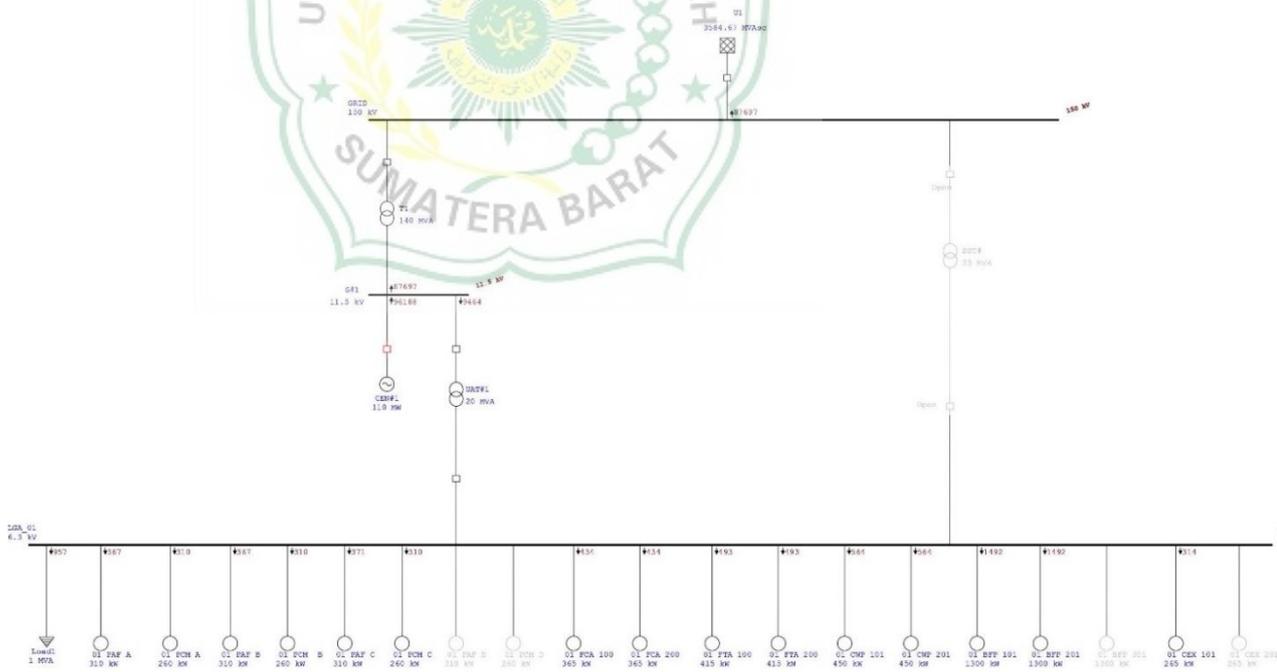
## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Untuk analisa dan pembahasan “Analisis kontingensi Pada Sistem Pemakaian Sendiri PLTU Ombilin” peneliti melakukan analisa dengan lima skenario simulasi kontingensi. Peneliti melakukan simulasi kontingensi tersebut dengan menggunakan *software* ETAP 12.6.

### 4.1 Hasil Perhitungan

#### 4.1.1 Skenario 1

Pada skenario 1 peneliti melakukan simulasi kontingensi dengan kondisi normal pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin yaitu dengan kondisi generator dan sistem beroperasi dengan normal dan SST (*Service Station Transformer*) dengan keadaan tidak beroperasi. Peneliti melakukan skenario 1 ini bertujuan untuk melihat bagaimana profil tegangan sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin saat di simulasikan pada *software* etap 12.6.



Gambar 4.1 Hasil simulasi skenario 1

Dari hasil simulasi diatas di dapatkan data hasil *load flow* dan pembebanan trafo sebagai berikut.

Hasil simulasi *load flow*:

Tabel 4.1 Hasil simulasi load flow skenario 1

BUS	Tegangan (kV)	Tegangan Hasil Simulasi (%)
GEN #1	11.5	100
Sistem	150	100
LGA-01	6.3	97.849

Pembebanan trafo:

Tabel 4.2 pembebanan trafo skenario 1

Trafo	Kapasitas (MVA)	Pembebanan (MVA)
UAT	20	94.64
GT	140	96.188
SST	25	-

Dari hasil simulasi *load flow* skenario 1 di peroleh tegangan pada bus LGA 01 sebesar 6.164 kV yang di dapat dari tegangan bus 6.3 kV dan tegangan hasil simulasi *load flow* sebesar 97.849. Sedangkan untuk pembebanan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) sebesar 94.64 MVA, selanjutnya akan di hitung PI *Performance index* dengan cara menjumlahkan hasil  $PI_P$  (*Performance index* Daya) dengan  $PI_V$  (*Performance index* tegangan).

$PI_P$  (*Performance index* daya):

$$PI_P = \frac{P}{P_{Max}}$$

$$PI_P = \frac{9.469}{20} = 0.473$$

$PI_V$  (*Performance index* tegangan):

$$PI_V = \left[ \frac{2 \cdot (V_i - V_{inom})}{V_{i max} - V_{i min}} \right]^2$$

$$PI_V = \left[ \frac{2 \cdot (6.165 - 6.3)}{6.615 - 5.985} \right]^2$$

$$PI_V = \left( \frac{-0.27}{0.165} \right)^2$$

$$PI_V = 2.6776$$

Maka untuk PI *Performance index*:

$$PI = PI_V + PI_P$$

$$PI = 2.6776 + 0.473$$

$$PI = 3.1506$$

Dari hasil perhitungan di peroleh hasil  $PI_P$  (*Performance index* daya) sebesar 0.473 manandakan saluran pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin baik-baik saja karna untuk batasan nilai  $PI_P$  (*Performance index* daya) tidak boleh melebihi 1 apabila melebihi dari 1 di katakana overload. Untuk  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) sebesar 2.6776 dan PI *Performance index* sebesar 3.1506.



Dari hasil simulasi diatas di dapatkan data hasil *load flow* dan pembebanan trafo sebagai berikut.

Hasil simulasi *load flow*:

Tabel 4.3 Hasil simulasi load flow skenario 2

BUS	Tegangan (kV)	Tegangan Hasil Simulasi (%)
GEN #1	11.5	100
Sistem	150	100
LGA-01	6.3	97.417

Pembebanan trafo:

Tabel 4.4 Pembebanan trafo skenario 2

Trafo	Kapasitas (MVA)	Pembebanan (MVA)
UAT	20	9.5
GT	140	9.5
SST	25	-

Dari hasil simulasi *load flow* skenario 2 di peroleh tegangan pada bus LGA 01 sebesar 6.137 kV yang di dapat dari tegangan bus 6.3 kV dan tegangan hasil simulasi *load flow* sebesar 97.417. Sedangkan pembebanan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) sebesar 9.5 MVA, selanjutnya akan di hitung PI *Performance index* dengan cara menjumlahkan hasil  $PI_P$  (*Performance index* Daya) dengan  $PI_V$  (*Performance index* tegangan).

$PI_P$  (*Performance index* Daya):

$$PI_P = \frac{P}{P_{Max}}$$

$$PI_P = \frac{9.5}{20} = 0.475$$

$PI_V$  (*Performance index* tegangan):

$$PI_V = \left[ \frac{2 \cdot (V_i - V_{inom})}{V_{i max} - V_{i min}} \right]^2$$

$$PI_V = \left[ \frac{2 \cdot (6.137 - 6.3)}{6.615 - 5.985} \right]^2$$

$$PI_V = \left( \frac{-0.326}{0.165} \right)^2$$

$$PI_V = 3.9036$$

Maka untuk PI *Performance index*:

$$PI = PI_V + PI_P$$

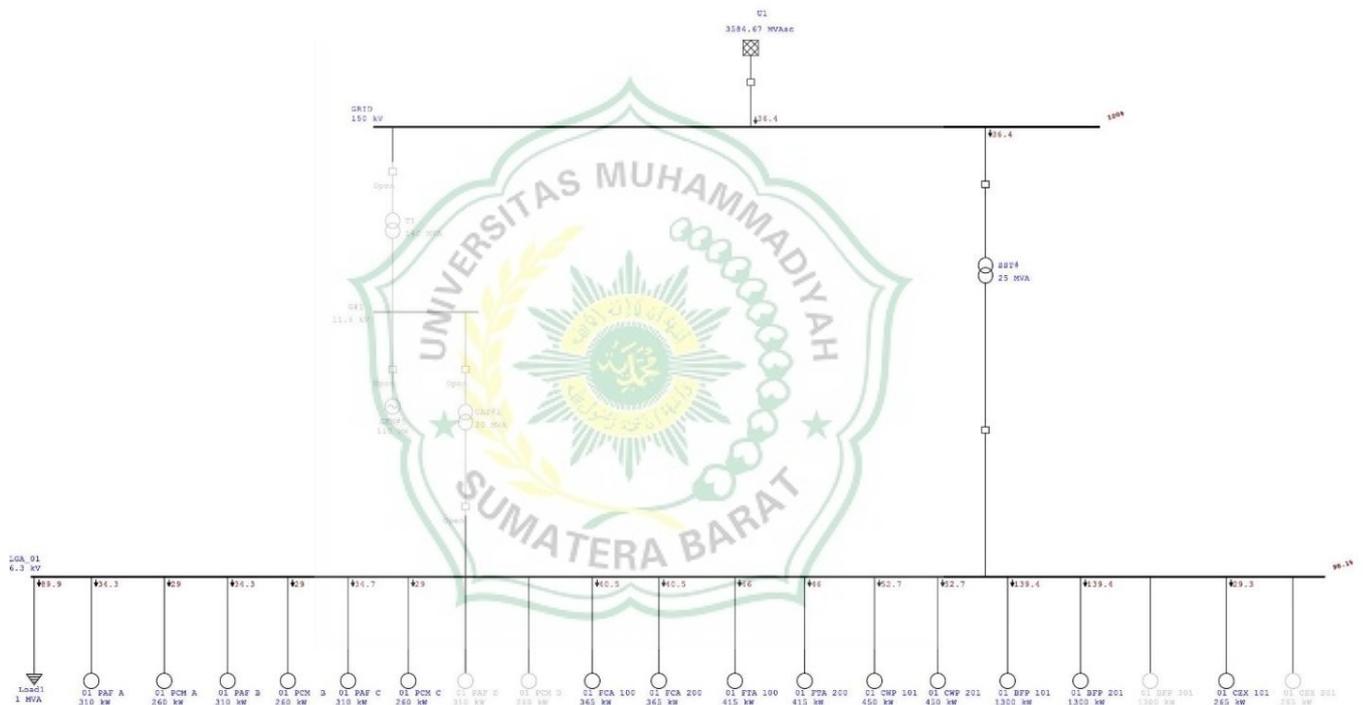
$$PI = 3.9036 + 0.475$$

$$PI = 4.3786$$

Dari hasil perhitungan di peroleh hasil  $PI_P$  (*Performance index* daya) sebesar 0.475 manandakan saluran pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin baik-baik saja karna untuk batasan nilai  $PI_P$  (*Performance index* daya) tidak boleh melebihi 1 apabila melebihi dari 1 di katakana overload. Untuk  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) sebesar 3.9036 dan PI *Performance index* sebesar 4.3786.

### 4.1.3 Skenario 3

Pada skenario 3 peneliti melakukan simulasi kontingensi dengan skenario yaitu kondisi generator, trafo GT (*generator transformer*) dan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) dalam keadaan tidak beroperasi kemudian mengoperasikan trafo SST (*Service Station Transformer*). Pada skenario 3 ini peneliti melakukan untuk melihat profil tegangan sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin saat Unit PLTU Ombilin dalam keadaan stop dan untuk tegangan langsung dari sistem melalui trafo SST (*Service Station Transformer*).



Gambar 4.3 Hasil simulasi skenario 3

Dari hasil simulasi diatas di dapatkan data hasil *load flow* dan pembebanan trafo sebagai berikut.

Hasil simulasi *load flow*:

Tabel 4.5 Hasil simulasi load flow skenario 3

BUS	Tegangan (kV)	Tegangan Hasil Simulasi (%)
Sistem	150	100
LGA-01	6.3	98.099

Pembebanan trafo:

Tabel 4.6 Pembebanan trafo skenario 3

Trafo	Kapasitas (MVA)	Pembebanan (MVA)
UAT	20	-
GT	140	-
SST	25	9.4

Dari hasil simulasi *load flow* skenario 3 di peroleh tegangan pada bus LGA 01 sebesar 6.18 kV yang di dapat dari tegangan bus 6.3 kV dan tegangan hasil simulasi *load flow* sebesar 98.099. Sedangkan pembebanan trafo SST (*Service Station Transformer*) sebesar 9.4 MVA, selanjutnya akan di hitung PI *Performance index* dengan cara menjumlahkan hasil PI<sub>P</sub> (*Performance index* Daya) dengan PI<sub>V</sub> (*Performance index* tegangan).

$PI_P$  (*Performance index* Daya):

$$PI_P = \frac{P}{P_{Max}}$$

$$PI_P = \frac{9.5}{25} = 0.376$$

$PI_V$  (*Performance index* tegangan):

$$PI_V = \left[ \frac{2.(V_i - V_{inom})}{V_{i max} - V_{i min}} \right]^2$$

$$PI_V = \left[ \frac{2.(6.18 - 6.3)}{6.615 - 5.985} \right]^2$$

$$PI_V = \left( \frac{-0.24}{0.165} \right)^2$$

$$PI_V = 2.1155$$

Maka untuk *PI Performance index*:

$$PI = PI_V + PI_P$$

$$PI = 2.1155 + 0.376$$

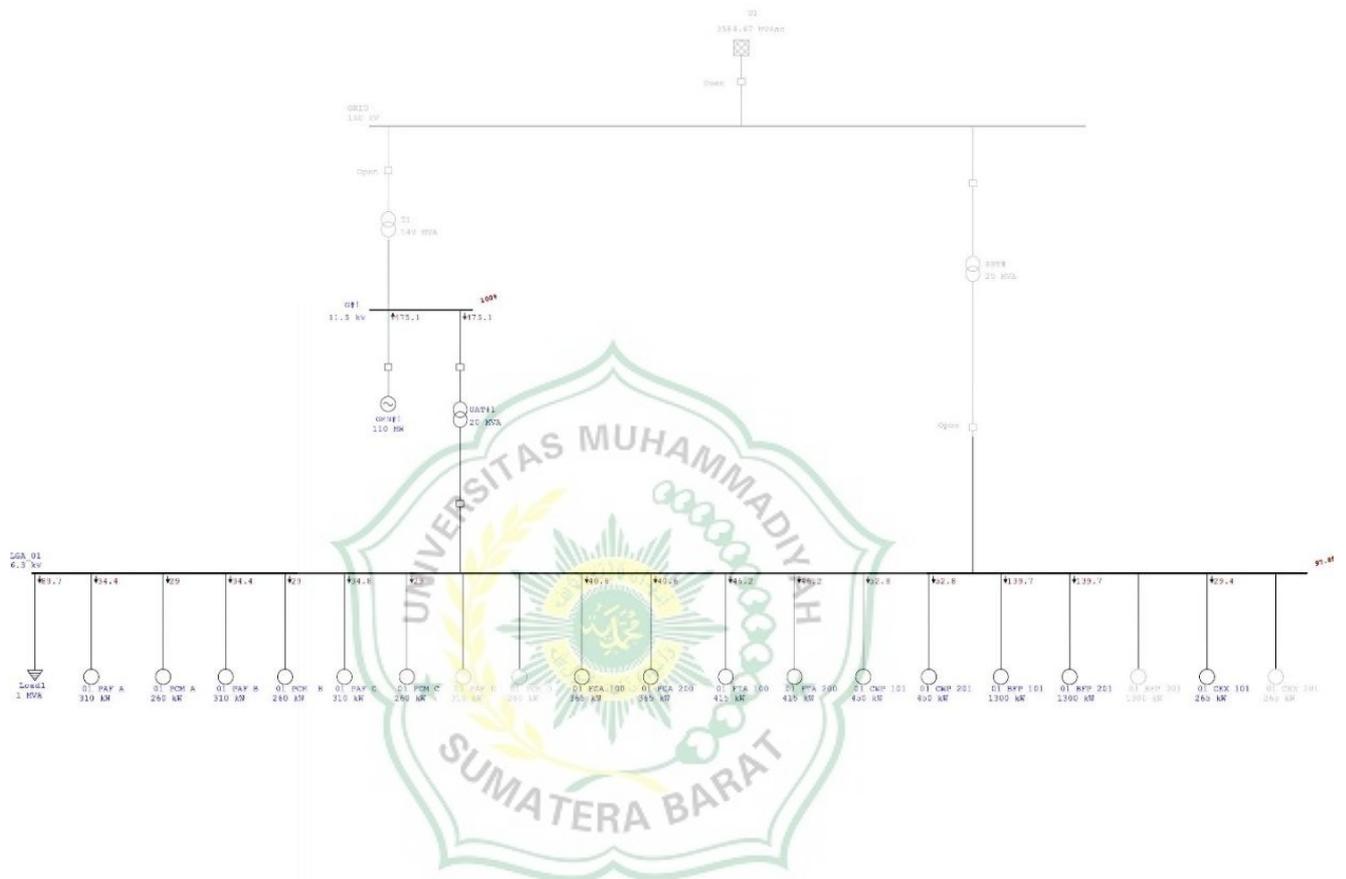
$$PI = 2.4915$$

Dari hasil perhitungan di peroleh hasil  $PI_P$  (*Performance index* daya) sebesar 0.376 manandakan saluran pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin baik-baik saja karna untuk batasan nilai  $PI_P$  (*Performance index* daya) tidak boleh melebihi 1 apabila melebihi dari 1 di katakana overload. Untuk  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) sebesar 2.1155 dan *PI Performance index* sebesar 2.4915.

#### 4.1.4 Skenario 4

Pada skenario 4 peneliti melakukan simulasi kontingensi dengan skenario yaitu kondisi generator dan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) dalam keadaan beroperasi untuk kondisi sistem dalam keadaan *black out* dimana untuk kondisi trafo GT (*generator transformer*) dan SST (*Service Station Transformer*)

dalam keadaan tidak beroperasi. Pada skenario 4 ini peneliti lakukan untuk melihat profil tegangan sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin saat ada gangguan di sistem *black out* dan generator hanya mensuplay hanya untuk pemakaian sendiri PLTU Ombilin.



Gambar 4.4 Hasil simulasi skenario 4

Dari hasil simulasi diatas di dapatkan data hasil *load flow* dan pembebanan trafo sebagai berikut.

Hasil simulasi *load flow*:

Tabel 4.7 Hasil simulasi load flow skenario 4

BUS	Tegangan (kV)	Tegangan Hasil Simulasi (%)
GEN#1	11.5	100
LGA-01	6.3	97.847

Pembebanan trafo:

Tabel 4.8 Pembebanan trafo skenario 4

Trafo	Kapasitas (MVA)	Pembebanan (MVA)
UAT	20	9.5
GT	140	-
SST	25	-

Dari hasil simulasi load flow skenario 4 di peroleh tegangan pada bus LGA 01 sebesar 6.13 kV yang di dapat dari tegangan bus 6.3 kV dan tegangan hasil simulasi *load flow* sebesar 97.847. Sedangkan pembebanan trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) sebesar 9.5 MVA selanjutnya akan di hitung PI *Performance index* dengan cara menjumlahkan hasil PI<sub>P</sub> (*Performance index* Daya)

dengan  $PI_V$  (*Performance index* tegangan).

$PI_P$  (*Performance index* Daya):

$$PI_P = \frac{P}{P_{Max}}$$

$$PI_P = \frac{9.5}{20} = 0.475$$

$PI_V$  (*Performance index* tegangan):

$$PI_V = \left[ \frac{2 \cdot (V_i - V_{inom})}{V_{i max} - V_{i min}} \right]^2$$

$$PI_V = \left[ \frac{2 \cdot (6.165 - 6.3)}{6.615 - 5.985} \right]^2$$

$$PI_V = \left( \frac{-0.27}{0.165} \right)^2$$

$$PI_V = 2.6776$$

Maka untuk  $PI$  *Performance index*:

$$PI = PI_V + PI_P$$

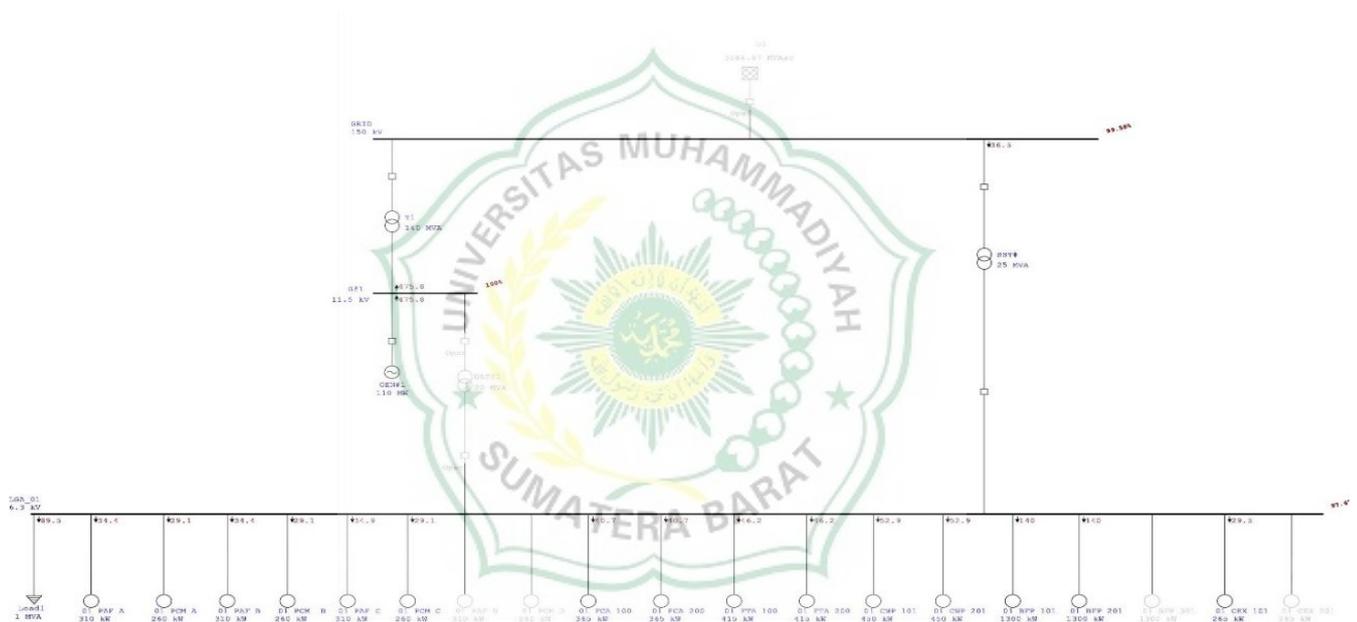
$$PI = 2.6776 + 0.475$$

$$PI = 3.1526$$

Dari hasil perhitungan di peroleh hasil  $PI_P$  (*Performance index* daya) sebesar 0.475 manandakan saluran pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin baik-baik saja karna untuk batasan nilai  $PI_P$  (*Performance index* daya) tidak boleh melebihi 1 apabila melebihi dari 1 di katakana overload. Untuk  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) sebesar 2.6776 dan  $PI$  *Performance index* ebesar 3.1526.

#### 4.1.5 Skenario 5

Pada skenario 5 peneliti melakukan simulasi kontingensi dengan skenario yaitu kondisi sistem dalam keadaan *black out*. Untuk kondisi generator, trafo SST (*Service Station Transformer*) dan untuk trafo UAT dalam keadaan beroperasi. Untuk trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) dan GT (*generator transformer*) dalam keadaan tidak beroperasi. Pada skenario 5 ini peneliti lakukan untuk mengetahui profil tegangan sistem pemakaian sendiri PLTU Ombili saat ada gangguan pada trafo UAT (*Unit Auxilliary Transformer*) yang mana trafo UAT sebagai pensuplay untuk pemakaian sendiri. Untuk tegangan pemakaian sendiri di lakukan melalui sistem melalui trafo SST (*Service Station Transformer*).



Gambar 4.5 Hasil simulasi skenario 5

Dari hasil simulasi diatas di dapatkan data hasil *load flow* dan pembebanan trafo sebagai berikut.

Hasil simulasi *load flow*:

Tabel 4.9 Hasil simulasi load flow skenario 5

BUS	Tegangan (kV)	Tegangan Hasil Simulasi (%)
GEN #1	11.5	100
Sistem	150	99.580
LGA-01	6.3	97.672

Pembebanan trafo:

Tabel 4.10 Pembebanan trafo skenario 5

Trafo	Kapasitas (MVA)	Pembebanan (MVA)
UAT	20	-
GT	140	-
SST	25	9.42

Dari hasil simulasi load flow skenario 5 di peroleh tegangan pada bus LGA 01 sebesar 6.15 kV yang di dapat dari tegangan bus 6.3 kV dan tegangan hasil simulasi *load flow* sebesar 97.672. Sedangkan pembebanan trafo SST (*Service Station Transformer*) sebesar 9.42 MVA selanjutnya akan di hitung *PI Performance*

index dengan cara menjumlahkan hasil  $PI_P$  (*Performance index* Daya) dengan  $PI_V$  (*Performance index* tegangan).

$PI_P$  (*Performance index* Daya):

$$PI_P = \frac{P}{P_{Max}}$$

$$PI_P = \frac{9.42}{24} = 0.392$$

$PI_V$  (*Performance index* tegangan):

$$PI_V = \left[ \frac{2.(V_i - V_{inon})}{V_{i max} - V_{i min}} \right]^2$$

$$PI_V = \left[ \frac{2.(6.153 - 6.3)}{6.615 - 5.985} \right]^2$$

$$PI_V = \left( \frac{-0.294}{0.165} \right)^2$$

$$PI_V = 3.1748$$

Maka untuk  $PI$  *Performance index*:

$$PI = PI_V + PI_P$$

$$PI = 3.1748 + 0.392$$

$$PI = 3.5446$$

Dari hasil perhitungan di peroleh hasil  $PI_P$  (*Performance index* daya) sebesar 0.392 manandakan saluran pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin baik-baik saja karna untuk batasan nilai  $PI_P$  (*Performance index* daya) tidak boleh melebihi 1 apabila melebihi dari 1 di katakana overload. Untuk  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) sebesar 3.1748 dan  $PI$  *Performance index* sebesar 3.5446.

## 4.2 Pembahasan

Dari hasil perhitungan  $PI_P$  (*Performance index* daya),  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) dan *Performance Index* (PI) peneliti akan membuat ranking dari hasil lima skenario simulasi kontingensi yang telah dilakukan.

### 4.2.1 Hasil ranking $PI_P$ (*Performance index* daya)

Tabel 4.11 Hasil Ranking  $PI_P$  (*Performance index* daya)

Rank	Skenario	PIP
1	2	0.475
2	4	0.475
3	1	0.473
4	5	0.392
5	3	0.376

Dari table 4.11 dapat diketahui nilai  $PI_P$  (*Performance index* daya) sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin dari nilai tertinggi sampai terendah. Berdasarkan hasil *Performance index* daya tertinggi terjadi pada skenario 2 dan 4 yang memiliki nilai *Performance index* daya sebesar 0.475 dan hasil *Performance index* daya terendah terjadi pada skenario 3 dengan nilai *Performance index* daya sebesar 0.376.

#### 4.2.2 Hasil ranking $PI_V$ (*Performance index* tegangan)

Tabel 4.12 Hasil Ranking  $PI_P$  (*Performance index* daya)

Rank	Skenario	PIV
1	2	3.9036
2	5	3.1748
3	4	2.6776
4	1	2.6776
5	3	2.1155

Dari table 4.12 dapat diketahui nilai  $PI_V$  (*Performance index* tegangan) sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin dari nilai tertinggi sampai terendah. Berdasarkan hasil *Performance index* tegangan tertinggi terjadi pada skenario 2 yang memiliki nilai *Performance index* tegangan sebesar 3.9036 dan hasil *Performance index* tegangan terendah terjadi pada skenario 3 yang memiliki nilai *Performance index* tegangan sebesar 2.1155.

### 4.2.3 Hasil ranking PI (*Performance Index*)

Tabel 4.13 Hasil Ranking (PI) *Performance Index*

Rank	Skenario	PI
1	2	4.378
2	5	3.5446
3	4	3.1526
4	1	3.1506
5	3	2.4915

Dari table 4.13 dapat diketahui nilai (PI) *Performance Index* sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin yang di dapat dari hasil penjumlahan *Performance index* daya dengan *Performance index* tegangan di dapat hasil dari nilai tertinggi sampai terendah. Untuk nilai *Performance index* tertinggi terjadi pada skenario 2 dengan *Performance index* sebesar 4.378 dan untuk nilai *Performance index* terendah terjadi pada skenario 3 dengan *Performance index* sebesar 2.4915. Untuk 5 skenario yang telah di lakukan berdasarkan (SPLN T6.001: 2013 Tegangan Standar) untuk sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin masih dalam batas aman saat terjadi kontingensi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Setelah dilakukan lima kali simulasi (skenario) maka didapatkan tegangan paling tinggi pada skenario 3 yaitu sebesar 6,18 kV dengan PI (*Performance Index*) 2.4915 dan tegangan paling rendah pada skenario 4 yaitu sebesar 6,13 kV dengan PI (*Performance Index*) 3.1526.
2. Dari nilai tegangan tertinggi dan terendah di atas berdasarkan standar tegangan yang di persyaratkan yaitu nilai tegangan yang diperbolehkan pada pengoperasian sistem tenaga listrik maksimum +10% dari tegangan nominal dan batas minimum sebesar -10% dari tegangan nominal, maka batasan paling tinggi 6.6 kV dan paling rendah 5,4 kV berdasarkan (SPLN T6.001: 2013 Tegangan Standar). Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan PLTU Ombilin masih dalam batas normal saat terjadi kontingensi.

#### **5.2 Saran**

1. Menjadikan Analisa kontingensi sebagai salah satu pertimbangan untuk penilaian keandalan pada sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin.
2. Untuk peneliti selanjutnya melakukan kontingensi sistem pemakaian sendiri PLTU Ombilin untuk unit 1 bisa mensuplay ke unit 2.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. R. Bijwe, D. P. Kothari, and S. M. Kelapure, “An Efficient Approach for Contingency Ranking based on Voltage Stability,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 26, no. 2, pp. 143–149, 2004.
- [2] A. J. Wood, B. F. Wollenberg, and G. B. Sheble, *Power Generation, Operation and Control*, 3rd ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2013.
- [3] N. Raj and R. J. Gupta, “Contingency Analysis of 5 Bus Sub-Station System : A Case Study,” *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 9, pp. 15947–15952, 2016.
- [4] Indra Syahputa, Mahdi Syukri, & Rakhmad Syafutra Lubis, Studi Analisis Kontingensi pada Jaringan Interkoneksi 150 kV Sub Sistem. *Jurnal Online Teknik Elektro*, Vol.2 No.4.,2017
- [5] Wibowo, Sigi Syah. (2018). *Analisa Sistem Tenaga*. Malang
- [6] Febry Johan Palasworo, Anang Widianoro. Analisis Kontingensi Saluran Tranmisi Pada Jaringan 150 kV Surabaya Selatan. Tersedia <http://journal.um-surabaya.ac.id/>. Diakses 18 November 2021.
- [7] D. Tri and A. Sari, “Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Listrik di PT PLN ( Persero ) P3B Jawa Bali APB Jawa Barat,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro Inform.*, pp. 265–310, 2015.
- [8] F. J. Palasworo and A. Widianoro, “Analisis Kontingensi Saluran Transmisi pada Jaringan 150 kV Surabaya Selatan,” *Progr. Stud. Tek. Elektro FT, UM-Surabaya*, pp. 42–61, 2000.
- [9] Alsthom, Gec. 1995. *Motor. PT.PLN (Persero) Pembangkitan Ombilin*.
- [10] Marsudi, D. (2016). *Operasi Sistem Tenaga Listrik Edisi 3*. Yogyakarta: Graha Ilmu .
- [11] Pusat Pendidikan dan Pelatihan.2013. *Pengoperasian PLTU*. Suralaya : PT.PLN (Persero).



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT  
FAKULTAS TEKNIK

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103  
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Fiki Rahman
NIM	:	181000220201008
Program Studi	:	Teknik Elektro
Pembimbing I	:	Ir. Yulisman, M.T
NIDN	:	8808220016
Judul	:	Analisis Kontingensi Pada Sistem Pemakaian Sendiri PLTU Ombilin

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing
1.	24/12/2021	Persetujuan judul skripsi	
2.	20/12/2021	Perbaiki BAB I	
3.	02/01/2022	Lengkap BAB II	
4.	12/01/2022	Acc seminar proposal	
5.	10/01/2022	Revisi sesuai arahan penguji	
6.	25/01/2022	Lengkap BAB III, persiapan seminar	
7.	04/02/2022	Revisi sesuai arahan penguji	
8.	11/02/2022	Lengkap BAB V	
9.	15/02/2022	Perbaiki penekanan & penulisan	
10.	19/02/2022	Persiapan U1 kompre	

Catatan :

1. Kartu Konsultasi dibuat dua rangkap untuk pembimbing I dan II, dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. \*) Sesuaikan dengan status pembimbing, sebagai Pembimbing I atau Pembimbing II.
3. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro,

Herry Yamashika, S.T., M.T  
NIDN. 1024038202



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Alamat: Jl. By Pass Aur Kuning No. 1 Bukittinggi, (26131) Telp. (0752) 625737, Hp 082384929103  
Website: www.ft.umsb.ac.id Email: fakultasteknik@umsb.ac.id

**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa	: Fiki Rahman
NIM	: 181000220201008
Program Studi	: Teknik Elektro
Pembimbing II	: Herris Yamashika, S.T., M.T
NIDN	: 1024038202
Judul	: Analisis Kontingensi Pada Sistem Pemakaian Sendiri PLTU Ombilin

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing
1.	25.12.2021	Persetujuan Judul Skripsi	h
2.	29.12.2021	Perbaiki Bab I	h
3.	03.01.2022	Lengkapi Bab II	h
4.	12.01.2022	Acc Seminar Proposal	h
5.	19.01.2022	Revisi Sesuai Evaluasi Penguji	h
6.	26.01.2022	Lanjut Bab IV, Persiapan Semhas	h
7.	05.02.2022	Revisi Berdasarkan Arahan Penguji	h
8.	12.02.2022	Lengkap Bab V	h
9.	16.02.2022	Perbaiki Penulisan Sesuai Panduan.	h
10.	24.02.2022	Persiapan Kompres.	h

Catatan:

1. Kartu Konsultasi dibuat dua rangkap untuk pembimbing I dan II, dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. \*) Sesuaikan dengan status pembimbing, sebagai Pembimbing I atau Pembimbing II.
3. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengotahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro,

Herris Yamashika, S.T., M.T  
NIDN. 1024038202