



**STUDI KONTINGENSI SALURAN TRANSMISI 70 KV  
UNTUK KEMANAN SISTEM OPERASI  
(STUDI KASUS GI BANARAN)**

**SKRIPSI**

oleh

**Arganata Dian Amarullah**

**NIM 121910201120**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**STUDI KONTINGENSI SALURAN TRANSMISI 70 KV  
UNTUK KEMAMAN SISTEM OPERASI  
(STUDI KASUS GI BANARAN)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Elektro  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

**oleh**

**Arganata Dian Amarullah**

**NIM 121910201120**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu Tri Wahanani Widayrini dan Ayah Sutrisno yang tersayang
2. Guru-guru sejak sekolah dasar sampai dengan perguruan tinggi
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas jember

## **MOTO**

*Karena sesudah kesulitan itu ada kemudahan*

*(terjemahan Q.S Al Inshirah ayat 5)*

*Belajar dari masa lalu, hidup untuk masa kini, dan berharap*

*untuk masa yang akan datang*

*(Albert Einstein)*

*Satu ons aksi lebih berharga daripada satu ton teori*

*(Friedrich Engels)*

## **PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arganata Dian Amarullah

NIM : 121910201120

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Studi Kontingensi Saluran Transmisi 70KV Untuk Keamanan Sistem Operasi (Studi Kasus GI Banaran)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Mei 2019

Yang menyatakan,

Arganata Dian Amarullah

NIM 121910201120

# **SKRIPSI**

## **STUDI KONTINGENSI SALURAN TRANSMISI 70 KV UNTUK KEMANAN SISTEM OPERASI (STUDI KASUS GI BANARAN)**

Oleh

Arganata Dian Amarullah

NIM 121910201059

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Studi Kontingensi Saluran Transmisi 70KV Untuk Keamanan Sistem Operasi (Studi Kasus GI Banaran)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Jumat, 31 Mei 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

**Supriyadi Prasetyono, S.T., M.T.**  
NIP. 197004041996011001

**R.B. Moch. Gozali, S.T.,M.T.**  
NIP. 196906081999031002

Penguji 1,

Penguji 2,

**Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.**  
NIP. 197104022003121001

**Catur Suko Sarwono S.T., M.Si**  
NIP. 196801191997021001

Mengesahkan

Dekan,

**Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.**

NIP. 196005061987021001

Studi Kontingensi Saluran Transmisi 70KV Untuk Keamanan Sistem Operasi  
(Studi Kasus GI Banaran)

**Arganata Dian Amarullah**

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Di dalam operasi sistem tenaga listrik terjadi suatu gangguan adalah suatu masalah yang tidak dapat dihindari. Banyak gangguan yang dapat terjadi namun bila dilihat frekuensi terjadinya gangguan, pada saluran transmisi adalah yang paling sering terjadi. Salah satu cara untuk mengatasi adanya gangguan pada saluran transmisi ialah dengan cara analisis kontingensi. Analisis kontingensi adalah komponen sangat penting dari fungsi pengujian sistem keamanan dan merupakan sebagai kelanjutan hasil program *load flow* untuk memperhitungkan berbagai kondisi yang mungkin terjadi dalam sistem dimasa yang akan datang dengan melakukan berbagai kontingensi. Pada kondisi kontingensi dikelompokkan banyak saluran transmisi yang memiliki Indeks Performasi (IP) diatas 1. Pada Saluran 4 dari Bus Tulung Agung ke Bus Banaran memiliki IP sebesar 1.813 di sebabkan saluran transmisi 5 yang sama menuju Bus Tulung Agung ke Bus Banaran mengalami kontingensi pelepasan saluran transmisi. Tidak semua saluran transmisi mengalami overload saat terjadi pelepasan saluran transmisi yang salah satu saluran nya masih mampu menampung beban, ini terjadi pada saluran transmisi 3 Bus Banaran ke Bus Pare yaitu sebesar 0.665 dan saluran transmisi 13 Bus Banaran ke Bus Gudang Garam sebesar 0.729.

Kata kunci : Kontingensi, Analisis Kontingensi, Indeks Performasi

*Contingency Study 70KV Transmission Line for Operating System Security  
(Case Study Substation Banaran)*

Arganata Dian Amarullah

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University

ABSTRACT

In the operation of an electric power system a disturbance is a problem that cannot be avoided. Many disturbances can occur but when viewed the frequency of interference, the transmission line is the most common. False way to overcome the interference with the transmission line is by means of contingency analysis. Contingency analysis is a very important component of the security system testing function and is a continuation of the results of the load flow program to take into account various conditions that may occur in the system in the future by carrying out various contingencies. In contingency conditions, there are many transmission lines that have a Performance Index (IP) above 1. In Channel 4 of Tulung Agung Bus to the Banaran Bus having an IP of 1,813 caused the same transmission line 5 to Tulung Agung Bus to Banaran Bus experiencing transmission line release contingency . Not all transmission lines are overloaded when the transmission line is released, where one of the channels is still able to accommodate the load, this occurs in the transmission line 3 of Bus Banaran to Bus Pare, which is 0.665 and the 13 Bus Banaran transmission line to Gudang Garam Bus is 0.729.

**Keywords:** *Contingency, Contingency Analyst, Index Performance*

## RINGKASAN

**Studi Kontingensi Saluran Transmisi 70KV Untuk Keamanan Sistem Operasi (Studi Kasus GI Banaran);** Arganata Dian Amarullah, 121910201120; 2019; 50 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada saat ini, kebanyakan sistem tenaga listrik sudah merupakan sistem interkoneksi antara satu pusat pembangkit dengan pembangkit lainnya dengan harapan apabila salah satu dari pusat pembangkit atau saluran transmisi mengalami gangguan maka pasokan tenaga listrik tetap dapat berjalan. Di dalam operasi sistem tenaga listrik terjadi suatu gangguan adalah suatu masalah yang tidak dapat dihindari. Banyak gangguan yang dapat terjadi namun bila dilihat frekuensi terjadinya gangguan, pada saluran transmisi adalah yang paling sering terjadi. Untuk langkah pengamanan dari gangguan sistem tersebut perlu diadakan pemutusan saluran dari jaringan sistem, dengan tidak bekerjanya suatu saluran (*Line outage*) maka akan terjadi perubahan aliran daya pada saluran-saluran lain akibat adanya perubahan aliran daya tersebut. Dari permasalahan itu diperlukan analisis kontingensi untuk mengetahui jika ada saluran yang bermasalah apakah saluran yang masih tersisa sudah *over load* atau masih bisa di bebani.

Penelitian ini mengambil studi di Gardu Induk Banaran yang terletak di kabupaten Kediri. Gardu Induk Banaran merupakan gardu induk 70 KV yang mendapat supply dari PLTA Tulungagung kemudian baru di teruskan menuju Tulungagung, Trenggalek, dan Ponorogo. Pengkajian pada Gardu Induk Banaran ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik khususnya island operation 70 KV apabila terjadi pelepasan secara tiba-tiba pada salah satu saluran penghantar yang dapat dilakukan dengan menggunakan kontingensi. Studi ini dilakukan dengan simulasi lepasnya salah satu saluran transmisi di tiap bus dan menyelidiki pengaruh kontingensi tersebut terhadap arus, tegangan, daya pada tiap bus dan jaringan.

Dari analisis yang dilakukan pada jaringan transmisi Adanya kenaikan aliran daya MW dan Mvar pada saat terjadi kontingensi begitupun dengan nilai arus juga meningkat. Pada bus penerima Gudang Garam saat kondisi normal 5.387 MW, 1.911 Mvar, dan 47,2 Amp. Ketika kondisi kontingensi meningkat menjadi 7.171 MW, 2.776 Mvar, dan 63,5 Amp. Semakin jauh lokasi bus penerima dari bus pembangkit, maka aliran daya dan arusnya akan semakin kecil, ini terjadi pada bus penerima gudang garam sebesar 5.387 MW.

Pada saat terjadi kontingensi, tidak semua saluran transmisi mengalami overload saat terjadi pelepasan saluran transmisi, ini terjadi pada bus Pare dan bus Gudang Garam yang salah satu saluran nya masih mampu menampung beban.

## **PRAKATA**

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Kontingensi Saluran Transmisi 70 KV Untuk Keamanan Sistem Operasi (Studi Kasus GI Banaran)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan hidayah dan karunianya skripsi ini terselesaikan;
2. Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan R.B. Moch. Gozali, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Catur Suko Sarwono, S.T., M.Si. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
4. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. H.R.B. Moch. Ghozali, S.T., M.T. selaku Kaprodi S1 selanjutnya yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
6. Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
7. Ibu Tri Wahanani Widyarini dan Bapak Sutrisno yang telah memberikan dukungan moril dan materiil serta kasih sayang yang tak terhingga;

8. Teman-teman Elektro'12 (SATE UJ) yang telah memberikan semangat dan dorongan untuk terselesainya skripsi ini;
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Elektro (HME), terima kasih telah memberikan aspirasi dan pembelajaran;

Penulis juga menerima semua kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>TUGAS AKHIR .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK INGGRIS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat Penelitian .....</b>	<b>3</b>
<b>1.6 Sistematika Penelitian.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Pengaturan Sistem Tenaga Listrik .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Keandalan Sistem Tenaga Listrik.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Kontingensi .....</b>	<b>9</b>
2.4.1 Seleksi Kontingensi.....	9
<b>2.5 Studi Aliran Daya .....</b>	<b>10</b>
2.5.1 Metode Newton Raphson.....	11
<b>2.6 Beban .....</b>	<b>13</b>
2.6.1 Macam Beban.....	14

2.7	Pelepasan Beban .....	14
2.8	Software ETAP .....	15
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>17</b>
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	17
3.2	Prosedur Penelitian .....	17
3.3	Perencanaan Jadwal Penelitian .....	18
3.4	Alat dan Bahan .....	18
3.4.1	Alat .....	18
3.4.2	Bahan .....	19
3.5	Diagram Alir Penelitian .....	20
3.6	Flowchart Sistem .....	21
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>22</b>
4.1	Analisa Aliran Daya pada Jaringan Transmisi 70 KV GI Banaran	22
4.2	Analisis Aliran Daya saat Terjadi Kontingensi .....	25
4.3	Analisis Kontingensi pada Saluran Transmisi 70 KV GI Banaran .	29
4.4	Seleksi Kontingensi pada Saluran Transmisi 70 KV GI Banaran...	31
4.4	Skenario Jaringan Saluran Transmisi 70 KV GI Banaran.....	32
<b>PENUTUP .....</b>		<b>35</b>
5.1	Kesimpulan .....	35
5.2	Saran.....	35

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b>	<b>Tabel Jadwal Penelitian.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabel 4.1</b>	<b>Aliran Daya dan Arus Listrik pada Jaringan Transmisi GI Banaran.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabel 4.2</b>	<b>Aliran Daya dan Arus Listrik pada Jaringan saat Kontingensi 26</b>	
<b>Tabel 4.3</b>	<b>Saluran Transmisi Kondisi Normal .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabel 4.4</b>	<b>Kondisi Saluran Transmisi saat Terjadi Kontingensi .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabel 4.5</b>	<b>Indeks performasi pada Saluran Transmisi Kondisi Normal...</b>	<b>31</b>
<b>Tabel 4.6</b>	<b>Indeks Performasi pada Saat Terjadi Kontingensi .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabel 4.7</b>	<b>Indeks Performasi Setelah Penambahan Saluran Transmisi ...</b>	<b>33</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1 Topologi Jaringan Jawa Bali .....</b>	<b>4</b>
<b>Gambar 4.1 Single Line Diagram 70 KV GI Banaran.....</b>	<b>22</b>
<b>Gambar 4.2 Single Line Diagram 70 KV GI Banaran Kondisi Normal .....</b>	<b>23</b>
<b>Gambar 4.3 Grafik Aliran Daya pada Jaringan Transmisi GI Banaran .....</b>	<b>24</b>
<b>Gambar 4.4 Grafik Aliran Arus Listrik pada Jaringan Transmisi GI Banaran.....</b>	<b>24</b>
<b>Gambar 4.5 Single Line Diagram 70 KV GI Banaran saat Kontingensi .....</b>	<b>25</b>
<b>Gambar 4.6 Grafik Aliran Daya saat Kontingensi pada Jaringan Transmisi 27</b>	
<b>Gambar 4.7 Grafik Aliran Arus Listrik saat Kontingensi pada Jaringan Transmisi .....</b>	<b>27</b>
<b>Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Aliran Daya .....</b>	<b>28</b>
<b>Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Arus Listrik.....</b>	<b>28</b>
<b>Gambar 4.10 Skenario Penambahan Saluran Transmisi 70 KV GI Banaran.....</b>	<b>33</b>

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini, kebanyakan sistem tenaga listrik sudah merupakan sistem interkoneksi antara satu pusat pembangkit dengan pembangkit lainnya dengan harapan apabila salah satu dari pusat pembangkit atau saluran transmisi mengalami gangguan maka pasokan tenaga listrik tetap dapat berjalan. Di sisi lain, interkoneksi sistem tenaga listrik juga mempunyai beberapa kelemahan. Salah satu kelemahannya adalah apabila terjadi gangguan pada salah satu sistem, karena adanya beban lebih dan ketidakstabilan tegangan, akan berpengaruh ke sistem yang lain. Gangguan yang pada awalnya bersifat sementara dan terjadi pada bagian sistem yang mengalami gangguan saja, jika tidak ada tindakan perbaikan untuk mengatasi gangguan tersebut, maka gangguan akan tetap berlangsung dan terjadi pelepasan bertingkat yang pada akhirnya akan mengakibatkan pemadaman total (Brown, 2005).

Di dalam operasi sistem tenaga listrik terjadi suatu gangguan adalah suatu masalah yang tidak dapat dihindari. Banyak gangguan yang dapat terjadi namun bila dilihat frekuensi terjadinya gangguan, pada saluran transmisi adalah yang paling sering terjadi. Gangguan itu bisa berupa gangguan hubung singkat atau terputusnya salah satu saluran dan lain-lain. Untuk langkah pengamanan dari gangguan sistem tersebut perlu diadakan pemutusan saluran dari jaringan sistem, dengan tidak bekerjanya suatu saluran (*Line outage*) maka akan terjadi perubahan aliran daya pada saluran-saluran lain akibat adanya perubahan aliran daya tersebut. Dari permasalahan itu diperlukan analisis kontingensi untuk mengetahui jika ada saluran yang bermasalah apakah saluran yang masih tersisa sudah *over load* atau masih bisa di bebani (Arif, 2010)

Pada kenyataannya, gangguan yang berupa lepasnya elemen sistem (*outage*) dalam sistem tenaga listrik adalah sesuatu yang tidak dapat sepenuhnya dihindarkan. Lepasnya elemen sistem dapat terjadi karena gangguan (*force outage*) atau karena pemeliharaan (*planned outage*). *Forced*

*outage* adalah lepasnya elemen sistem yang disebabkan oleh adanya gangguan (*fault*) misalnya saluran transmisi yang terkena sambaran petir, terkena badai, kerusakan pada *transformator* atau generator, sedangkan *planned outage* adalah lepasnya elemen sistem karena adanya pemeliharaan peralatan pada sistem tersebut. Pemeliharaan peralatan dari sistem tenaga listrik sebagian besar memerlukan pembebasan tegangan yang berarti bahwa peralatan yang dipelihara harus dikeluarkan dari operasi (Marsudi, 1990).

Penelitian ini mengambil studi di Gardu Induk Banaran yang terletak di kabupaten Kediri. Gardu Induk Banaran merupakan gardu induk 70 KV yang mendapat supply dari PLTA Tulungagung kemudian baru di teruskan menuju Tulungagung, Trenggalek, dan Ponorogo. Pengkajian pada Gardu Induk Banaran ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik khususnya *island operation* 70 KV apabila terjadi pelepasan secara tiba-tiba pada salah satu saluran penghantar yang dapat dilakukan dengan menggunakan kontingensi. Pelepasan saluran penghantar secara tiba-tiba diakibatkan karena adanya gangguan pada penghantar, tercatat pada tahun 2015 terdapat 14 gangguan dan 9 diantaranya melalui bay Tulungagung. Studi ini dilakukan dengan simulasi lepasnya salah satu saluran transmisi dan menyelidiki pengaruh kontingensi tersebut terhadap arus, tegangan, daya pada tiap bus dan jaringan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya :

- a. Bagaimana perubahan aliran daya saat dilakukan kontingensi.
- b. Bagaimana perubahan nilai arus, daya pada masing-masing bus dan jaringan saat kontingensi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Jaringan transmisi hanya *island operation* 70 KV.

- b. Simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6
- c. Tidak membahas penurunan frekuensi
- d. Tidak membahas peralatan *under frequency relay*

#### **1.4 Tujuan**

Penelitian ini dilakukan karena memiliki beberapa tujuan, diantaranya :

- a. Mengetahui hasil perubahan aliran daya akibat kontingensi.
- b. Mengetahui hasil perubahan nilai arus, daya pada masing-masing bus dan jaringan akibat kontingensi.

#### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini ialah dapat dipergunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pengoperasian sistem untuk memperbaiki keandalan khususnya pada sistem tenaga listrik 70 KV GI Banaran dan juga mengatasi pemadaman secara menyeluruh.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar penyusunan skripsi adalah sebagai berikut :

##### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematikan penulisan

##### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang penjelasan teori yang menguraikan pendapat atau hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

##### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi.

##### **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi hasil penelitian dan analisa hasil penelitian.

##### **BAB 5. PENUTUP**

Berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali

Sistem tenaga listrik se-Jawa dan Bali terdiri atas sekumpulan pusat-pusat pembangkit listrik dan gardu-gardu induk yang antara satu dengan lainnya dihubungkan oleh beberapa sistem transmisi dengan tegangan 500kV, 150kV, dan 70kV yang berada di Jawa Bali. Sebagaimana diketahui pengoperasian serta pengelolaan sistem tenaga listrik se-Jawa dan Bali dilaksanakan oleh Pusat Pengatur Beban Sistem Tenaga Listrik Jawa dan Bali.



Gambar 2.1 Topologi Jaringan Jawa Bali (sumber: jamali, widdiyanto)

### 2.2 Pengaturan Sistem Tenaga Listrik

Untuk memperoleh optimasi dalam pengoperasian sistem tenaga listrik, perlu adanya pengaturan jaringan-jaringan sistem, hal ini dimaksudkan agar dalam mengendalikan operasi sistem tenaga berjalan dengan mudah. Selain itu, dalam sistem tenaga listrik juga diperlukan pengaturan terhadap tegangan bersamaan dengan daya reaktif. Pengaturan ini dimaksudkan untuk menghindari turunnya tegangan yang terlalu besar yang bisa mengakibatkan tegangan-tegangan diberbagi titik menjadi terlalu rendah. Sedangkan, untuk mempertahankan frekuensi sistem pada keadaan yang diijinkan  $\pm 50$  Hz perlu dilakukan pengaturan daya dan frekuensi karena perubahan frekuensi disebabkan adanya perubahan beban-beban yang terjadi pada sistem. Artinya,

pengaturan frekuensi sistem dilakukan untuk menjaga keseimbangan antara beban sistem dengan daya yang harus dibangkitkan.

### 2.3 Keandalan Sistem Tenaga Listrik

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 (Alvarado dan Oren, 2004).

Parameter-Parameter yang Menentukan Keandalan dan Kualitas Listrik

Ukuran keandalan dan kualitas listrik secara umum ditentukan oleh beberapa parameter sebagai berikut:

1. Frekuensi dengan satuan *hertz (Hz)*;

Yaitu jumlah siklus arus bolak-balik (*alternating current, AC*) per detik.

Beberapa negara termasuk Indonesia menggunakan frekuensi listrik standar, sebesar 50 Hz.

Frekuensi listrik ditentukan oleh kecepatan perputaran dari turbin sebagai penggerak mula. Salah satu contoh akibat dari frekuensi listrik yang tidak stabil adalah akan mengakibatkan perputaran motor listrik sebagai penggerak mesin-mesin produksi di industri manufaktur juga tidak stabil, dimana hal ini akan mengganggu proses produksi.

Gangguan-gangguan yang terjadi pada sistem frekuensi:

- a. Penyimpangan terus-menerus (*Continuous Deviation*); frekuensi berada diluar batasnya pada saat yang lama (secara terus-menerus), frekuensi standar 50 Hz dengan toleransi 0,6 Hz ----- (49,4 – 50,6 Hz)
- b. Penyimpangan sementara (*Transient Deviation*); penurunan atau penaikan frekuensi secara tiba-tiba dan sesaat.

2. Tegangan atau *voltage* dengan satuan *volt (V)*;

Tegangan yang baik adalah tegangan yang tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan. Walaupun terjadinya fluktuasi (ketidak stabilan) pada tegangan ini tidak dapat di hindarkan, tetapi dapat di minimalkan.

Gangguan pada tegangan antara lain :

- a. Fluktuasi Tegangan; seperti: Tegangan Lebih (*Over Voltage*), Tegangan Turun (*Drop Voltage*) dan tegangan getar (*flicker voltage*)

Tegangan lebih pada sistem akan mengakibatkan arus listrik yang mengalir menjadi besar dan mempercepat kemunduran isolasi (*deterioration of insulation*) sehingga menyebabkan kenaikan rugi-rugi daya dan operasi, memperpendek umur kerja peralatan dan yang lebih fatal akan terbakarnya peralatan tersebut. Peralatan-peralatan yang dipengaruhi saat terjadi tegangan lebih adalah transformer, motor-motor listrik, kapasitor daya dan peralatan kontrol yang menggunakan *coil*/kumparan seperti *solenoid valve*, *magnetic switch* dan *relay*. tegangan lebih biasanya disebabkan karena eksitasi yang berlebihan pada generator listrik (*over excitation*), sambaran petir pada saluran

transmisi, proses pengaturan atau beban kapasitif yang berlebihan pada sistem distribusi.

Tegangan turun pada sistem akan mengakibatkan berkurangnya intensitas cahaya (redup) pada peralatan penerangan; bergetar dan terjadi kesalahan operasi pada peralatan kontrol seperti *automatic valve*, *magnetic switch* dan *auxiliary relay*; menurunnya torsi pada saat start (*starting torque*) pada motor-motor listrik. Tegangan turun biasanya disebabkan oleh kurangnya eksitasi pada generator listrik (*drop excitation*), saluran transmisi yang terlalu panjang, jarak beban yang terlalu jauh dari pusat distribusi atau peralatan yang sudah berlebihan beban kapasitifnya.

b. Tegangan Kedip (*Dip Voltage*); adalah turunnya tegangan (umumnya sampai 20%) dalam perioda waktu yang sangat singkat (dalam *milli second*). Penyebabnya adalah hubungan singkat (*short circuit*) antara fasa dengan tanah atau fasa dengan fasa pada jaringan distribusi. Tegangan kedip dapat mengakibatkan gangguan pada: stabilisator tegangan arus DC, *electromagnetic switch*, *variable speed motor*, *high voltage discharge lamp* dan *under voltage relay*.

c. Harmonik Tegangan (*Voltage Harmonic*); adalah komponen-komponen gelombang sinus dengan frekuensi dan amplitudo yang lebih kecil dari gelombang asalnya (bentuk gelombang yang cacat), contoh :

Gelombang asal :  $(28,3) \sin(\omega t)$  kV.

Harmonik ke-3 :  $(28,3/3) \sin(3\omega t)$  kV.

Harmonik ke-5 :  $(28,3/5) \sin(5\omega t)$  kV.

Tegangan harmonik dapat mengakibatkan: panas yang berlebihan, getaran keras, suara berisik dan terbakar pada peralatan capacitor reactor (*power capacitor*); meledak pada peralatan *power fuse* (*power capacitor*); salah

beroperasi pada peralatan *breaker*; suara berisik dan bergetar pada peralatan rumah tangga (seperti TV, radio, lemari pendingin dsb.); dan pada peralatan motor listrik, *elevator* dan peralatan-peralatan kontrol akan terjadi suara berisik, getaran yang tinggi, panas yang berlebihan dan kesalahan operasi. Kontribusi arus harmonik akan menyebabkan cacat (distorsi) pada tegangan, tergantung seberapa besar kontribusinya.

Cara mengurangi pengaruh tegangan harmonik yang terjadi pada sistem adalah dengan memasang *harmonic filter* yang sesuai pada peralatan-peralatan yang dapat menyebabkan timbulnya harmonik seperti arus magnetisasi *transformer*, static VAR compensator dan peralatan-peralatan elektronika daya (seperti *inverter*, *rectifier*, *converter*, dsb.)

d. Ketidak seimbangan tegangan (*Unbalance Voltage*); umumnya terjadi di sistem distribusi karena pembebanan fasa yang tidak merata.

Gangguan-gangguan tegangan sebagaimana dijelaskan diatas dapat menyebabkan peralatan-peralatan yang menggunakan listrik, beroperasi secara tidak normal dan yang paling fatal adalah kerusakan atau terbakarnya peralatan.

### 3. Interupsi atau Pemadaman Listrik;

Interupsi ini dapat dibedakan menjadi:

- a. Pemadaman yang direncanakan (*Planned Interruption/scheduled interruption*); adalah pemadaman yang terjadi karena adanya pekerjaan perbaikan atau perluasan jaringan pada sistem tenaga listrik.
- b. Pemadaman yang tidak direncanakan (*Unplanned Interruption*); adalah pemadaman yang terjadi karena adanya gangguan pada sistem tenaga listrik seperti hubung singkat (*short circuit*).

## **2.4 Kontingensi**

Kontingensi adalah suatu kejadian yang disebabkan oleh kegagalan atau pelepasan dari generator atau saluran transmisi. Istilah ini berkaitan erat dengan kemampuan suatu sistem tenaga listrik untuk melayani beban bila terjadi gangguan pada salah satu komponennya. Untuk alasan kontingensi pula, lebih dari satu saluran digunakan untuk menyalurkan daya listrik ke beban, meski sebenarnya dalam keadaan normal.

Untuk mengevaluasi unjuk kerja dan keandalan sistem tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan analisis kontingensi. Analisis ini dilakukan dengan simulasi gangguan pada suatu unit pembangkit atau saluran transmisi dan menyelidiki pengaruh gangguan tersebut terhadap tegangan bus dan aliran daya aktif saluran. Pendekatan tradisional untuk analisis kontingensi keadaan mantap dilakukan dengan menguji semua kontingensi secara berurutan. Pada sistem tenaga listrik yang besar pengujian kontingensi secara lengkap dengan mengikutsertakan semua kemungkinan kontingensi adalah tidak efisien karena memerlukan waktu proses yang lama. Di sisi lain, pengujian kontingensi yang dipilih berdasarkan pengalaman dan perasaan (intuisi) dari perencana tidaklah memadai karena kemungkinan akan mengabaikan kasus-kasus kontingensi yang kritis. Dengan demikian diperlukan suatu daftar kontingensi yang dipilih dan melakukan analisis kontingensi hanya untuk kasus-kasus kontingensi yang dipilih tersebut.

Analisis kontingensi adalah komponen sangat penting dari fungsi pengujian sistem keamanan dan merupakan sebagai kelanjutan hasil program *load flow* untuk memperhitungkan berbagai kondisi yang mungkin terjadi dalam sistem dimasa yang akan datang dengan melakukan berbagai kontingensi. Penganalisaan terhadap kontingensi yang mungkin terjadi sangat diperlukan untuk menentukan langkah-langkah pengoperasian sistem yaitu untuk mengatasi terjadinya kasus-kasus yang ditimbulkan oleh kontingensi tersebut.

### **2.4.1 Seleksi Kontingensi**

Untuk melakukan pengelompokan saluran maka diperlukan suatu parameter yang dapat dipakai untuk menghitung seberapa parah pengaruh saluran tersebut

pada sistem tenaga, Performasi index (IP) dapat memenuhi kebutuhan ini. Definisi performasi index (IP) adalah sebagai berikut :

$$IP = \frac{P}{P_{max}}$$

Penjelasan rumus diatas :

IP : Performasi index

P : Daya yang mengalir pada saluran

P<sub>max</sub> : Kapasitas maximum saluran.

Bila nilai IP lebih dari 1 maka nilai ini dikatakan *over load* dan bila dibawah 1 maka saluran tersebut baik-baik saja, semakin besar nilai IP semakin jelek kondisi dari sistem.

## 2.5 Studi Aliran Daya

Studi aliran daya adalah studi yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak. Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi unjuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisis ini juga memerlukan informasi aliran daya dalam kondisi normal maupun darurat. Masalah aliran daya mencakup perhitungan aliran daya dan tegangan sistem pada terminal tertentu atau bus tertentu. Di dalam studi aliran daya, bus-bus dibagi dalam 3 macam, yaitu :

- a. *Slack* bus atau *swing* bus.
- b. *Voltage controlled* bus atau bus generator.
- c. *Load* bus atau bus beban.

Pada tiap-tiap bus hanya ada 2 macam besaran yang ditentukan sedangkan kedua besaran yang lain merupakan hasil akhir dari perhitungan. Besaran-besaran yang ditentukan itu adalah :

- a. *Slack bus* ; harga skalar  $|V|$  dan sudut fasanya  $|\Theta|$  .
- b. *Voltage controlled bus* ; daya *real* P dan harga skalar tegangan  $|V|$  .
- c. *Load bus* ; daya *real* P dan daya reaktif Q.

*Slack bus* berfungsi untuk menyuplai kekurangan daya *real* P dan daya reaktif Q pada sistem.

### 2.5.1 Metode Newton Raphson

Salah satu teknik dalam analisis kontingensi adalah dengan metode aliran daya Newton-Raphson. Grainger dan Stevenson (1998) menyelesaikan analisis kontingensi menggunakan metode aliran daya Newton-Raphson. Metode ini mencoba untuk mensimulasikan pengaruh gangguan kontingensi pada saluran transmisi terhadap perubahan tegangan bus dan sudut fase tegangan serta menyelesaikan secara baik komputasi numeris analisis kontingensi pada sistem interkoneksi tenaga listrik. Persamaan umum dalam metode Newton Raphson yaitu

Persamaan umum dari arus yang menuju bus ialah :

$$I_i = \sum_{j=1}^n Y_{ij} V_j$$

Persamaan dari arus yang menuju bus bila dalam bentuk polar

$$I_i = \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j$$

Daya kompleks pada bus i ialah :

$$P_i - jQ_i = V_i^* I_i$$

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas didapatkan

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| |V_j| \angle \theta_{ij} + \delta_j$$

Apabila bagian riil dan imajiner dipisahkan

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

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

Nilai-nilai P dan Q dapat ditetapkan untuk semua bus kecuali *slack* bus dan memperkirakan besar dan sudut tegangan pada setiap bus kecuali *slack* bus yang mana besar dan sudut tegangan telah ditentukan. Nilai perkiraan ini akan digunakan untuk menghitung nilai P dan Q dengan menggunakan persamaan di atas, sehingga didapatkan :

$$\Delta P = P^{spec} - P^{calc}$$

$$\Delta Q = Q^{spec} - Q^{calc}$$

Pada *slack* bus nilai *magnitude* tegangan (V) dan sudut tegangan ( $\delta$ ) adalah tetap, sehingga tidak dilakukan perhitungan pada setiap iterasinya. Sedangkan pada generator bus, daya aktif (P) dan *magnitude* tegangan (V) bernilai tetap. Sehingga hanya daya reaktif yang dihitung pada setiap iterasinya. Matrik Jacobian terdiri dari turunan parsial P dan Q terhadap masing-masing variabel dalam persamaan di atas. Dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 \\ J_3 & J_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \Delta V \end{bmatrix}$$

Submatrik J1, J2, J3, J4 menunjukkan turunan parsial dari persamaan di atas terhadap  $\delta$  dan V yang bersesuaian, dan secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

Nilai untuk elemen J1 adalah

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i}^n |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial \delta_j} = -|V_i| |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i$$

Nilai untuk J2 adalah

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_i|} = 2|V_i| |Y_{ii}| \cos \theta_{ii} + \sum_{j \neq i} |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

$$\frac{\partial P_i}{\partial |V_j|} = |V_i| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j) \quad j \neq i$$

Nilai untuk J3 adalah

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \delta_i} = \sum_{j \neq i} |V_i| |V_j| |Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

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

Nilai untuk J4 adalah

$$\frac{\partial Q_i}{\partial |V_i|} = -2|V_i| |Y_{ii}| \sin \theta_{ii} + \sum_{j \neq i} |V_j| |Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} - \delta_i + \delta_j)$$

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

## 2.6 Beban

Bagian dari suatu sistem tenaga listrik yang menggunakan atau memanfaatkan tenaga listrik atau daya listrik. Beban dari suatu sistem tenaga

listrik setiap saat selalu berubah, sehingga dapat dikatakan bahwa beban tenaga listrik tidak pernah konstan. (Erlin, 2015).

### **2.6.1 Macam Beban**

Seperti diketahui bahwa sistem tenaga listrik pada saat ini dipergunakan untuk berbagai macam keperluan, diantaranya adalah untuk penerangan jalan, kebutuhan rumah tangga, rumah sakit, perkantoran, industri dan lain-lain. Dari macam-macam pemakaian diatas dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian.

a. Beban Perumahan

Beban yang digunakan untuk keperluan rumah tangga

b. Beban Komersil

Beban yang diperlukan untuk perkantoran, pasar, tempat hiburan

c. Beban Industri

Beban yang diperlukan untuk proses industri misalnya pabrik

d. Tujuan Sosial

Beban yang dipergunakan untuk keperluan masjid, rumah sakit, dan sekolah

### **2.7 Pelepasan Beban**

*Over Load Shedding* (OLS) adalah proses pelepasan beban terpilih secara sengaja dari sistem listrik dalam menanggapi kondisi abnormal dalam rangka mempertahankan integritas sisa sistem. (Wikarsa, 2013)

Skema OLS dipasang pada pada instalasi yang tidak memenuhi N-1, dengan tujuan:

a. Mengamankan peralatan dari beban lebih.

b. Menyelamatkan sebagian beban dari efek pemadaman yang lebih besar.

Penerapan pola pelepasan beban dengan OLS harus memperhatikan beberapa pertimbangan sebagai berikut :

a. Pertimbangan Teknis

- Kemampuan peralatan terkecil

- Koordinasi *Setting* dengan proteksi lain

- Lokasi atau instalasi yang dipasang pola OLS adalah pada penghantar atau IBT yang dinilai mempunyai kendala (pada saat itu), dimana untuk perkembangannya selalu dimonitor sesuai kebutuhan dan keperluan yang sifatnya sangat dinamis serta mengikuti perkembangan sejalan dengan kebijakan dalam pengaturan operasi sistem.

b. Pertimbangan Non Teknis

OLS adalah skema yang mengharuskan sistem untuk memadamkan sebagian konsumen. Sangat penting untuk memperhatikan kelas konsumen yang dipilih untuk dipadamkan (*non priority consumer*) dengan harus berkoordinasi dengan PLN Distribusi. Prinsip kerja OLS sistem Jawa Bali menggunakan *Over Current Relay* (OCR) sebagai sensor utama dalam mendeteksi kenaikan beban. Prinsip kerja OLS sama dengan OCR, hanya saja karakteristik waktu yang digunakan dalam OLS adalah *definite* dan biasanya mempunyai settingan waktu bertahap. Tahapan waktu ini berfungsi sebagai parameter kebutuhan pembuangan beban sesuai dengan kondisi kelebihan beban dari peralatan itu sendiri dan beban yang dibuang dapat berupa beban transformator maupun penghantar.

## 2.8 Software ETAP

*Electric Transient Analysis Program* (ETAP) merupakan suatu *software* (perangkat lunak) yang digunakan suatu sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat bekerja dalam keadaan *offline* yaitu untuk simulasi tenaga listrik, dan juga dalam keadaan *online* untuk pengelolaan data *real time*. Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan dengan menggunakan ETAP antara lain :

- Analisa Aliran Daya (*Load Flow Analysis*)
- Analisa Hubung Singkat (*Short Circuit Analysis*)
- *Motor Starting*
- *Arc Flash Analysis*
- *Harmonics Power System*
- Analisa Kestabilan Transien (*Transient Stability Analysis*)
- *Protective Device Coordination*

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja menggunakan ETAP antarlain:

1. ***One Line Diagram***, merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian.
2. ***Library***, merupakan informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektris maupun mekanis dari peralatan yang lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi ataupun analisa.
3. **Standar yang dipakai**, biasanya mengacu pada standar IEC dan ANSI. Perbedaan antara standar IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60 HZ

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Adapun tempat dan waktu penelitian, pengujian dan analisis dilakukan secara umum dilakukan di :

Tempat : PT. PLN Area Pengatur Beban (APB) Jawa Timur

Alamat : Jalan Suningrat No.45 Sidoarjo

Waktu : Februari – Mei

### **3.2 Prosedur Penelitian**

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini, langkah-langkah atau prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Tahap persiapan

Dalam tahap ini hal yang perlu diperhatikan adalah memperkirakan komponen apa saja yang nantinya akan digunakan untuk Perencanaan Kontingensi

b. Studi literatur terhadap objek dan penelitian

Mengumpulkan dan mempelajari literatur tentang aliran daya, beban berlebih, tegangan dan arus yang berkaitan dengan kontingensi.

c. Pengumpulan data

Mencari dan mengumpulkan data pembangkit, Data jumlah beban dan single line diagram dari PT.PLN Area Pengatur Beban (APB) Jatim.

d. Pelepasan saluran pada sistem

Melakukan salah satu pelepasan pada saluran yang nantinya akan di lihat, bagaimana dampak dari lepas nya salah satu saluran pada sistem.

e. Pelepasan Beban

Melakukan pelepasan beban jika terjadi adanya beban berlebih sehingga menjadikan sistem menjadi normal kembali.

f. Analisa Data

Analisa data dilakukan setelah mendapatkan hasil data dari simulasi yang dijalankan menggunakan *software* ETAP 12.6.

g. Pengambilan Kesimpulan

Penarikan kesimpulan diambil dari hasil analisis yang telah melalui beberapa kali simulasi.

### 3.3 Perencanaan Jadwal Penelitian

Tabel 3.1 Perencanaan Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan															
		Februari				Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan	■	■														
2	Studi Literatur		■	■	■												
3	Pengumpulan Data			■	■	■	■										
4	Melakukan Pengujian									■	■	■	■				
5	Analisa Sistem													■	■	■	■
6	Pengambilan Kesimpulan														■	■	■
7	Penulisan Laporan															■	■

### 3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan untuk melakukan penelitian adalah sebagai berikut :

#### 3.4.1 Alat

a. PC / Laptop

PC / Laptop digunakan untuk melakukan simulasi rancangan sistem serta melakukan analisis hasil simulasi.

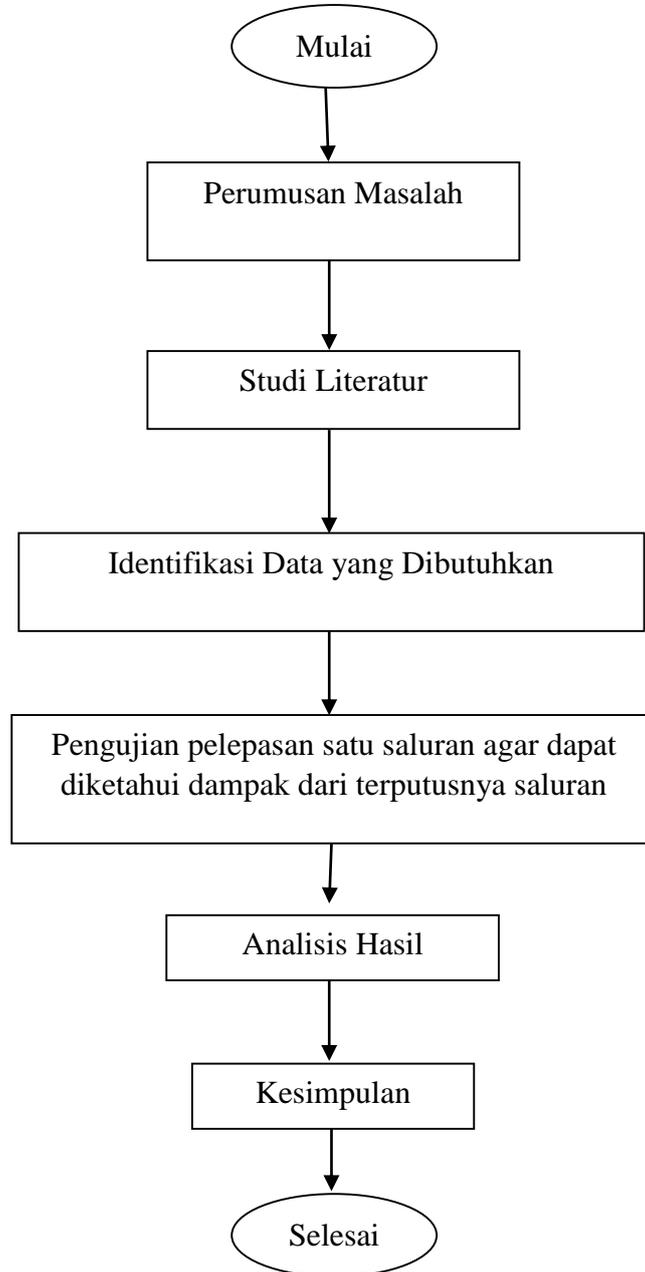
b. *Software* ETAP 12.6

Perencanaan skema island menggunakan *software* etap 12.6. Alasan digunakannya *software* ini karena di dalam etap 12.6 telah memiliki kelengkapan untuk merancang dan melakukan simulasi.

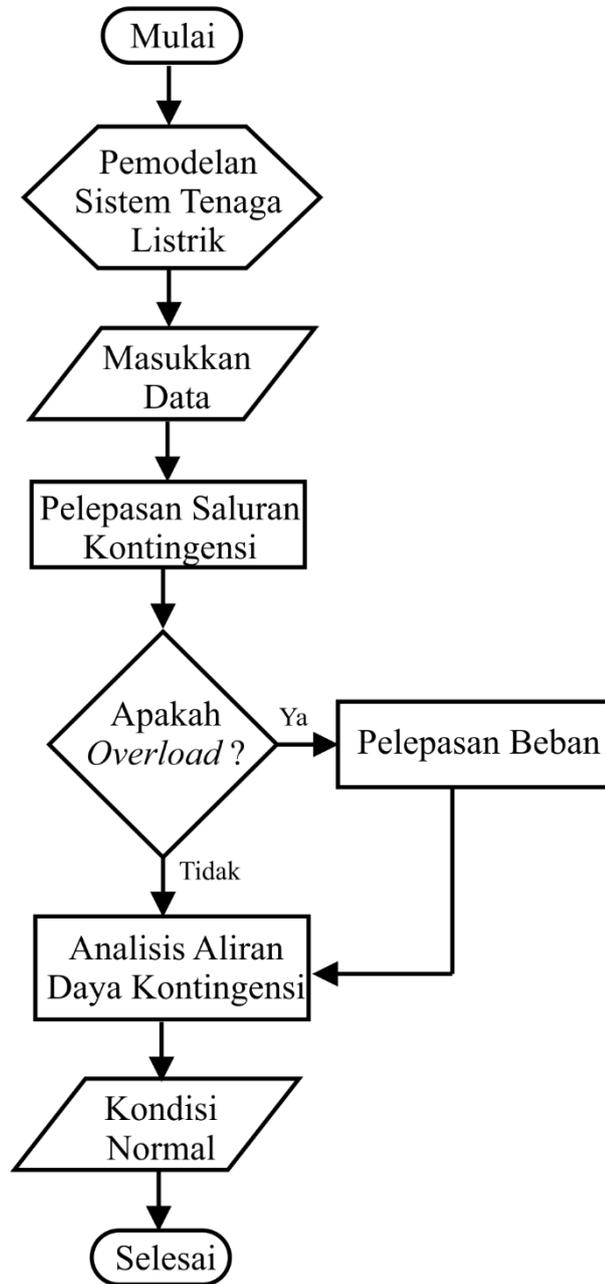
**3.4.2 Bahan**

Bahan-bahan yang diperoleh dari penelitian yang digunakan dalam pembuatan program ini adalah data pembangkit, data jumlah beban dan *single line diagram* yang didapatkan dari PT.PLN Area Pengatur Beban (APB) Jatim.

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



### 3.6 Flowchart Sistem



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin jauh lokasi bus penerima dari bus pembangkit, maka aliran daya dan arusnya akan semakin kecil, ini terjadi pada bus penerima gudang garam sebesar 5.387 MW
2. Grafik aliran daya dan aliran arus memiliki grafik yang identik. Hal ini disebabkan, jika arus yang mengalir pada tiap saluran mengalami penurunan, maka aliran daya nya juga akan berkurang, begitu juga sebaliknya.
3. Tidak semua saluran transmisi mengalami *over load* saat terjadi pelepasan saluran transmisi, ini terjadi pada bus Pare dan bus Gudang Garam yang salah satu saluran nya masih mampu menampung beban
4. Adanya kenaikan aliran daya MW dan Mvar pada saat terjadi kontingensi begitupun dengan nilai arus juga meningkat. Pada bus penerima Gudang Garam saat kondisi normal 5.387 MW, 1.911 Mvar, dan 47,2 Amp. Ketika kondisi kontingensi meningkat menjadi 7.171 MW, 2.776 Mvar, dan 63,5 Amp.

### 5.2 Saran

1. Perlu ditambahkan sistem proteksi lain agar sistem jaringan saluran transmisi lebih aman dan lebih cepat tanggap
2. Dapat dikembangkan dengan menggunakan UFR dengan memasukkan unsur *frequency* ke dalam saluran transmisi

## DAFTAR PUSTAKA

- Stevenson jr, William D. 1983. Analisis Sistem Tenaga Listrik edisi keempat. Jakarta:Erlangga
- Mishra, Veenavati Jagadishprasad.2012.Contingency Analysis of Power System.*IEEE*
- Alvarado, Fernando. dan Oren, Shmuel. 2004. *Transmission System Operation and Interconnection*. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Brown, Ryan. (ed). 2004. *Reliability Enhancement of The Avista Electric Power System*. Gonzaga University, Spokane
- Marsudi, Djiteng. 1990. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta
- <https://widdiyanto.files.wordpress.com/2013/05/jamali-grid1.png>
- Rachman, Arif.2010. Analisis Kontingensi pada Sistem Jawa Bali 500KV untuk Mendesain Keamanan Oprasi.ITS
- Putranto, Lesnanto Malta, Julian W.P. dan M. Isnaeni.2013.Contingency Analysis on 500KV Jawa Bali Transmission Line Based on Power Load Performance Index.*IEEE*
- Widiastuti, E.E.2015. Analisis Perancangan Skema *Island Operation* 48,3 Hz Gresik.UGM
- Wikarsa, M.T.2013.Studi *Under Frequency Relay*, Sistem Tenaga Listrik Jawa Bali.*PT.PLN (Persero)*
- Soedjatmiko.2003 *Analisis Kontingensi untuk Perhitungan Aliran Daya pada Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik*.UGM
- Boylestad, Robert L (2010). *Electronic Device and Circuit Theory*.

- Chibuzo Joseph, Nnonyeludan Madueme, Theopilus C. (2013). Power System Contingency Analysis: A Study of Nigeria's 330 kV Transmission Grid. Department of Electrical Engineering University of Nigeria, Nsukka.*
- Chung Hsin Electric & Machinery Mfg. 2009. Power Equipment Product. Web.Taoyuan Country, Taiwan.*
- Das, Debapriya (2006). Electrical Power Systems. West Bengal, India: New Age International (P) Ltd., Publishers.*
- Grainger, JJ, Stevenson, W.D. (1994). Power System Analysis. New York: Mc. Graw Hill Inc.*
- Murty, P.S.R. (2007). Power System Analysis. Hyderabad, India: B.S Publication.*
- Theodore, Wildi (1997). Electrical Machines, Drives and Power System 3rd. New Jersey: Prentice Hall Inc.*
- Verma, Kusum dan Niazi K. R. (2012). Contingency Constrained power System Security Assessment using Cascade Neural Network, J. Electrical System*
- Wood, Allen J dan Woolenberg, Bruce F. (1996). Power Generation Operation and Control. New York : John Wiley & Sons, Inc.*
- Firmansyah, Fery, 2010. "Peningkatan Keandalan Sistem Tenaga Listrik Jawa Barat 150 kV dengan Analisa Kontingensi (N-1)", Jurusan Teknik Elektro-FTI ITS.
- Hermawan, Ahmad. 2008. Distribusi dan Transmisi Sistem Tenaga Listrik. Malang: Politeknik Negeri Malang.
- Kundur, Prabha (1994). Power System Stability and Control. New York: Mc. Graw Hill Inc.