

**ANALISIS KESTABILAN ALIRAN DAYA PADA JARINGAN  
SMART GRID BERBASIS ETAP 12.6**

**SKIRIPSI**

**OLEH :**

**AHMAD REZKY**

**17.812.0037**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/22

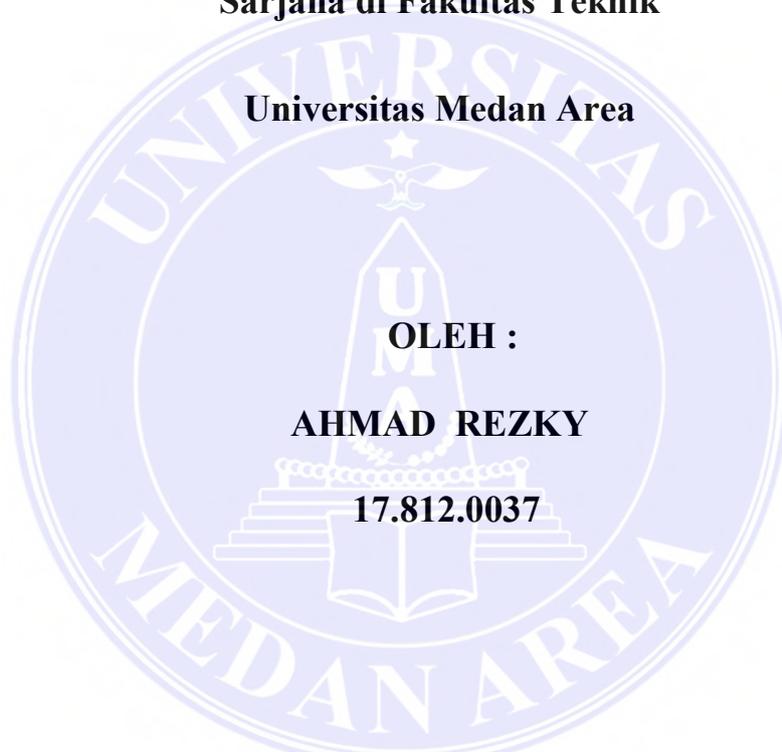
**ANALISIS KESTABILAN ALIRAN DAYA PADA JARINGAN  
SMART GRID BERBASIS ETAP 12.6**

**SKIRIPSI**

**Skripsi adalah salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar**

**Sarjana di Fakultas Teknik**

**Universitas Medan Area**



**OLEH :**

**AHMAD REZKY**

**17.812.0037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/12/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/12/22

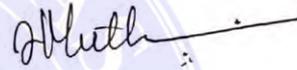
## HALAMAN PENGESAHAN

Judul skripsi : Analisis Kestabilan Aliran Daya Pada Jaringan Smart Grid  
Berbasis ETAP 12.6  
Nama : Ahmad Rezky  
Npm : 17.812.0037  
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh :  
Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Dina Maizana, MT  
Pembimbing I



Syarifah Muthia Putri, ST.MT  
Pembimbing II



Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom  
Dekan



Habib Satria, S.Pd, MT  
Ka. Prodi

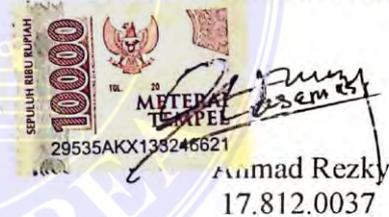
Tanggal Lulus : 14 Juli 2022

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam skripsi ini yang saya kutip dari karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 26 Januari 2022



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Rezky  
NPM : 17.812.0037  
Program Studi : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Analisis Kestabilan Aliran Daya Pada Jaringan Smart Grid Berbasis Etap 12.6”  
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, Mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 26 Januari 2022



Ahmad Rezky

17.812.0037

## ABSTRAK

Universitas Medan Area adalah salah satu PTS di Sumatera Utara yang turut terlibat dalam pengembangan teknologi Energi Baru Terbarukan (EBT). Perkembangan teknologi inilah yang menginisiasi pihak Universitas berupaya untuk pengembangan sistem kelistrikan dengan mengembangkan sistem *Smart Grid* guna menekan biaya operasional Universitas. Namun dalam upaya realisasinya memiliki tantangan tersendiri seperti kestabilan aliran daya dan stabilitas transient. Kedua persoalan itu dapat dianalisis dengan menggunakan software Etap 12.6. Pada salah satu kasus yang dianalisis bahwa sistem *smart grid* dapat menekan penggunaan kerja daya aktif trafo sebesar 11 kW dan arus sebesar 19,7 Amp. Sedangkan pada kondisi PLN Off sistem *smart grid* belum mampu menyuplai beban dikarenakan ketersediaan sumber *renewable energy* tidak mencukupi kebutuhan beban. Serta hasil dari analisis tegangan dan frekuensi terdapat tegangan tertinggi sebesar 376,4 Volt, terendah 375,9 Volt dimana masih dalam kategori stabil dari deviasi tegangan 380 Volt karena tidak +5% dan -10%, serta frekuensi secara keseluruhan kasus yang di bahas konsisten stabil di nominal 50 Hz.

**Kata kunci:** *analisis kestabilan aliran daya, etap 12.6, smart grid, , stabilitas transient,*

## ABSTRACT

*Medan Area University is one of the private universities in North Sumatra which is also involved in the development of New and Renewable Energy Technology (EBT). This technological development has initiated the University's efforts to develop an electrical system by developing a Smart Grid system in order to reduce the University's operational costs. However, in its realization, it has its own challenges, such as power flow stability and transient stability. Both problems can be analyzed using Etap 12.6 software. In one of the cases analyzed, the smart grid system can reduce the use of active power transformers by 11 kW and currents of 19.7 Amps. Meanwhile, in the PLN Off condition, the smart grid system has not been able to supply the load because the availability of renewable energy sources is not sufficient for the load requirement. As well as the results of the voltage and frequency analysis, the highest voltage is 376.4 Volts, the lowest is 375.9 Volts, which is still in the stable category from the voltage deviation of 380 Volts because it is not +5% and -10%, as well as the overall frequency of the cases discussed. consistently stable at nominal 50 Hz.*

*Key word: power flow stability analysis, etap 12.6, smart grid, , transient stability,*

## KATA PENGANTAR

Allhamdulillahirabbilalamin segala puji syukur selalu kita lafaskan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kita nikmat iman, ilmu dan ihsan sehingga kita dapat menjalani kehidupan duniawi ini dengan sebaik – baiknya guna mengharap ridha dari Allah SWT guna di kehidupan ukhrawi yang kekal dan abadi kelak. Dan atas nikmat demikianlah kita masih dapat menjalankan aktivitas dengan sebaik – baiknya.

Adapun judul yang peneliti angkat dalam memenuhi tugas akhir ini yakni “ANALISIS KESTABILAN ALIRAN DAYA PADA JARINGAN SMART GRID BERBASIS ETAP12.6” skripsi ini disusun guna menjadi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata 1 Program Studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Pada proses penulisan skripsi ini terdapat banyak sekali bantuan dan dukungan yang penulis dapatkan, baik berupa dukungan moral, moril dan do'a. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan trimakasih banyak kepada :

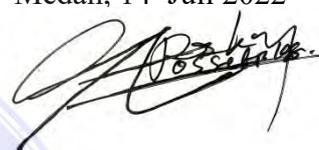
1. Bapak Erwin Siregar, MBA, selaku Ketua Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim yang memberikan fasilitas kepada peneliti sehingga peneliti dapat kuliah dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area yang sekaligus menjadi penguji yang memberikan saran, kritik serta masukan yang membangun pada tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

4. Bapak Habib Satria, S.Pd, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. Ibu Dr. Dina Maizana, MT selaku dosen pembimbing 1 dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang telah membimbing, mengarahkan, memberikan semangat serta waktunya kepada peneliti dan memberikan banyak ilmu serta masukan yang membantu hingga penelitian selesai.
6. Ibu Syarifah Muthia Putri, ST, MT. selaku pembimbing 2 dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang telah membimbing serta memberikan ide – idenya kepada peneliti, memberikan banyak masukan, waktunya serta semangat kepada peneliti.
7. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada segenap Dosen Fakultas Teknik Elektro yang memberikan ilmu selama proses belajar hingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini dan juga kepada pegawai-pegawai yang telah membantu dalam mengurus keperluan penyelesaian skripsi.
8. Kepada Ibu saya Siti Masnaida Jambak yang telah menguliahkan peneliti hingga selesai dan kepada paman saya Masruddin Jambak, Mardani Jambak, Mashuri Jambak dan Ibu serta Bunda Saya Siti Masniar Jambak dan Siti Masnauli Jambak yang turut ikhlas membantu biaya perkuliahan peneliti. Kedua adik saya Gadis Putri Sakinah dan Rahmadani Fitria yang telah memberikan motivasi, semangat dan do'a untuk peneliti.
9. Kepada Diantri Trisna Sari yang turut membantu peneliti dalam mengerjakan skripsi ini dengan memberikan bantuan moril, materil, waktu dan pengetahuannya.

10. Kepada teman – teman seangkatan yang turut membantu peneliti selama masa perkuliahan sampai selesai khususnya saudara Vivian, Fikri, Deni, Ghafar, Alvian.

Semoga Allah SWT selalu mencurahkan kebaikan serta kasih sayang-Nya kepada seluruh pihak yang turut membantu peneliti dalam menyelesaikan skripsi dan pendidikan ini.

Medan, 14 Juli 2022



Ahmad Rezky



## RIWAYAT HIDUP

Peneliti dilahirkan di Natal pada tanggal 05 September 1998 dari ayah yang bernama Erwin Lubis dan Ibu Siti Masnaida Jambak. Peneliti ialah putra sulung dari 3 bersaudara.

Menyelesaikan sekolah dasar di SDN.1 Natal pada tahun 2010, Mt.s. Panggauan Natal pada tahun 2013 dan SMA.N 1 Natal pada tahun 2016. Serta masuk dan terdaftar pada perguruan tinggi swasta Universitas Medan Area pada tahun 2017.

Selama menjadi mahasiswa jurusan teknik elektro peneliti dapat mengetahui hal – hal dasar tentang ilmu kelistrikan dan seluk beluk di dalamnya. Dari pelajaran tersebut semoga apa yang dipelajari dapat menjadi kebermanfaatan bagi peneliti khususnya dan masyarakat umumnya.

## DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan.....	
Halaman Pernyataan .....	
Abstrak .....	i
<i>Abstract</i> .....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Riwayat Hidup.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Metode Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2. Analisis Aliran Daya .....	11
2.3. Jenis-Jenis Daya .....	12
2.4. Jenis-Jenis Bus.....	14
2.5. Persamaan Aliran Daya .....	15
2.6. Kestabilan Tenaga Listrik.....	18
2.7. ETAP 12.6 .....	22

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	24
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.3. Diagram Alir Penelitian <i>flow chart</i> .....	25
3.4. Studi Literatur.....	26
3.5. Mempersiapkan Perangkat Komputer Dengan Software ETAP 12.6 .....	26
3.6. Survei dan Pengambilan Data Lapangan.....	29
3.7. Menggambar <i>Single Line Diagram</i> Dengan Menggunakan ETAP 12.6.....	33
3.8. Simulasi Aliran Daya dan Kestabilan Transient .....	43
3.9. Jadwal Penelitian.....	46
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>47</b>
4.1. Hasil Analisis Perancangan Kasus 1 .....	47
4.2. Hasil Analisis Perancangan Kasus 2 .....	53
4.3. Hasil Analisis Perancangan Kasus 3 .....	59
4.4. Hasil Analisis Perancangan Kasus 4 .....	64
4.5. Hasil Analisis Perancangan Kasus 5.....	69
4.6. Analisis Perbandingan Hasil Respon Tegangan dan Frekuensi Pada Simulasi Transient ETAP 12.6 .....	74
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>85</b>
5.1. Kesimpulan.....	85
5.2. Saran.....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>89</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi DG .....	10
Tabel 2.2 Standar Kestabilan Tegangan .....	20
Tabel 3.1 Data Transformator .....	30
Tabel 3.2 Data Solar Cell .....	31
Tabel 3.3 Data Baterai .....	31
Tabel 3.4 Data Beban Puncak Pada Jaringan <i>Smart Grid</i> .....	32
Tabel 3.5 Rincian Kegiatan Penelitian .....	46
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Aliran daya pada kasus 1 menggunakan ETAP 12.6. ....	48
Tabel 4.2 Perbandingan Hasil Perhitungan Simulasi dan Manual Kasus 1 .....	50
Tabel 4.3 Skema Pemberian Beban Pada Kasus 1 .....	51
Tabel 4.4 Data Hasil Simulasi Load Flow Kasus 2 .....	54
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Manual Pada Kasus 2 .....	56
Tabel 4.6 Skema Pemberian Beban Pada Kasus 2 .....	57
Tabel 4.7 Data Hasil Run Load Flow Analisis Pada Kasus 3 ETAP 12.6 .....	60
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Perhitungan Manual Kasus 3. ....	61
Tabel 4.9 Skema Pemberian Beban Pada Kasus 3 .....	62
Tabel 4.10 Hasil Aliran Daya Pada Kasus 4 Menggunakan ETAP 12.6 .....	65
Tabel 4.11 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Perhitungan Manual Kasus 4 ....	66
Tabel 4.12 Skema Pemberian Beban Pada Kasus 4 .....	67
Tabel 4.13 Hasil Aliran Daya Pada Kasus 5 Menggunakan ETAP 12.6 .....	70
Tabel 4.14 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Perhitungan Manusal kasus 5 ....	71
Tabel 4.15 Skema Pemberian Pada Kasus 5 .....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Smart Grid di Universitas Medan Area .....	8
Gambar 2.2 Tipikal Konfigurasi Microgrid .....	9
Gambar 2.3 Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga Listrik .....	18
Gambar 2.4 Standar Kestabilan Frekuensi Pada Saat Kondisi Abnormal.....	21
Gambar 3.1 Tampilan Layar Awal ETAP 12.6 Ketika Baru Dijalankan.....	27
Gambar 3.2 Tampilan From Informasi Projek Simulasi .....	28
Gambar 3.3 Tampilan From Informasi User Pada Projek.....	28
Gambar 3.4 Tampilan Mengisi Informasi Projek, Informasi User dan Menu Bar dan Menu Tolls Sudah Siap Digunakan .....	29
Gambar 3.5 Menu Projek Untuk Mengisi Informasi Lanjutan Projek dan Memasukkan Standart Projek.....	33
Gambar 3.6 From Projek Informasi dan Standart Projek .....	34
Gambar 3.7 Komponen dan Element Pada ETAP 12.6.....	35
Gambar 3.8 Contoh Sederhana Single Line Diagram .....	36
Gambar 3.9 Form Pengisian Data Transmator .....	36
Gambar 3.10 Hasil Gambar Smart Grid Pada Kasus 1 Kondisi Solar Cell dan Baterai tidak merespon/off .....	37
Gambar 3.11 Hasil Gambar Smart Grid Pada Kasus 2 Kondisi Baterai Tidak Merespon/off .....	38
Gambar 3.12 Hasil Gambar Smart Grid Pada Kasus 3 Kondisi Baterai Sebagai Sumber.....	39
Gambar 3.13 Hasil Gambar Smart Grid Pada Kasus 4 Kondisi Baterai Sebagai Beban.....	40
Gambar 3.14 Hasil Gambar Smart Grid Pada Kasus 5 .....	41
Gambar 3.15 Menu Load Flow Pada Menu Bar.....	42
Gambar 3.16 Menu Analisis Kestabilan Transient ETAP 12.6.....	43
Gambar 3.17 Menu Edit <i>Study Case Transient</i> .....	44
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Aliran Daya Kondisi Smart Grid Solar Cell dan Baterai Tidak Merespon .....	47

Gambar 4.2 Respon Tegangan Pada Kasus 1 Menggunakan ETAP 12..6 .....	51
Gambar 4.3 Respon Frekuensi Pada Kasus 1 .....	52
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Aliran Daya Kasus 1 Menggunakan ETAP 12.6 ...	53
Gambar 4.5 Respon Tegangan Pada Kasus 2 Menggunakan ETAP 12.6 .....	57
Gambar 4.6 Respon Frekuensi Pada Kasus 2 .....	58
Gambar 4.7 Hasil Aliran Daya Menggunakan ETAP 12.6 .....	59
Gambar 4.8 Respon Tegangan Kasus 3 Menggunakan ETAP 12.6.....	62
Gambar 4.9 Respon Frekuensi Pada Kasus 3 .....	63
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Smart Grid Kasus 4 .....	64
Gambar 4.11 Respon Tegangan Pada Kasus 4 .....	67
Gambar 4.12 Respon Frekuensi Pada Kasus 4.....	68
Gambar 4.13 Hasil Simulasi Smart Grid Pada Kasus 5 .....	69
Gambar 4.14 Respon Tegangan Pada Kasus 5 .....	72
Gambar 4.15 Respon Frekuensi Pada Kasus 5 .....	73
Gambar 4.16 Respon Tegangan Kasus 5 Menggunakan ETAP 12.6 .....	74
Gambar 4.17 Grafik Hasil Perbandingan Tegangan Pada 5 Kasus .....	81
Gambar 4.18 Respon Frekuensi Pada kasus 1 .....	82
Gambar 4.19 Respon Frekuensi Pada kasus 2 .....	83
Gambar 4.20 Respon Frekuensi Pada Kasus 3 .....	83
Gambar 4.21 Respon Frekuensi Pada Kasus 4 .....	83
Gambar 4.22 Plot Respon Frekuensi Pada Kasus 5 .....	84
Gambar 4.23 Perbandingan Frekuensi Pada Kasus 5.....	85

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Universitas Medan Area (UMA) adalah salah satu sektor pendidikan perguruan tinggi swasta yang terletak di Sumatera Utara. Seperti perguruan tinggi lainnya, proses pendidikan selama perkuliahan dan menjalankan aktivitas sehari – hari tidak dapat dipisahkan dari penggunaan energi listrik. Seperti penggunaan listrik untuk kegiatan akademik, praktikum, administrasi birokrasi, ibadah, event – event mahasiswa asrama dan lain – lain. Oleh karena jumlah bangunan dan banyaknya beban, kebutuhan daya dan biaya untuk energi listrik di kampus relatif tinggi. Pada hari – hari tertentu sumber energi listrik utama yang disediakan oleh PLN (Pembangkit Listrik Nasional) tidak mencukupi sehingga terjadi pemadaman listrik, sehingga disadari diperlukan jaringan listrik yang diatur dengan sumber energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik (Syarifah Muthia Putri dan Dina Maizana, 2020).

Sebagai kampus yang memiliki Fakultas Teknik, UMA aktif dalam merespon pengembangan teknologi di bidang Energi Baru Terbarukan (EBT), dibuktikan dengan adanya *Wine Turbine* dan *Solar Cell* yang menyuplai salah satu laboratorium. Kendati masih dalam skala kecil hal itu merupakan upaya kampus dalam merepon perkembangan energi terbarukan.

Untuk mengelola energi EBT yang lebih besar memerlukan jaringan listrik pintar atau yang kita kenal dengan istilah *smart grid* agar enegi dapat dimanfaatkan seefisien mungkin. *Smart grid* sendiri dalam mengintegrasikan

seluruh kegiatan pengguna mulai dari pembangkitan energi sampai penyuplainya ke beban setidaknya memiliki empat komponen utama yakni, pembangkit, kontrol, komunikasi dan aplikasi. Dalam proses pengaplikasiannya tentu untuk mencapai kehandalan suatu jaringan harus adanya kestabilan dari jaringan yang akan dibangun.

Penelitian dilakukan di kampus 1 Universitas Medan Area dengan objek penelitian adalah gedung – gedung sentral yakni, Gedung Rektorat, Masjid, Asrama Kampus, dan Gedung Fakultas. Adapun konsep pengembangan jaringan *smart grid* ini meliputi analisis kestabilan aliran daya dan kestabilan *transient*. Sehingga jaringan yang akan dibangun lebih mencapai kestabilan yang dapat menunjang kehandalan, dan apabila jaringan atau sistem listriknya handal maka akan dapat mencapai tujuan ekonomisan dalam operasional dan dapat berkontribusi dalam pengembangan energi yang ramah lingkungan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Agar pembahasan terarah maka ditentukanlah rumusan masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini, yaitu :

1. Bagaimana membuat *single line diagram* jaringan *smart grid* Universitas Medan Area dengan menggunakan software Etap 12.6 dan mensimulasikanya?
2. Bagaimana menganalisis kestabilan aliran daya pada jaringan *smart grid* Universitas Medan Area menggunakan Etap 12.6?
3. Bagaimana menganalisis kestabilan tegangan dan frekuensi pada jaringan *smart grid* Universitas Medan Area menggunakan Etap 12.6?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui aliran daya pada jaringan *smart grid* di Universitas Medan Area
2. Mengetahui kestabilan tegangan dan frekuensi pada analisis transient pada *smart grid* Universitas Medan Area.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Manfaat secara teoritis, sebagai wahana pelajaran pengembangan keilmuan, wawasan di bidang analisis kestabilan aliran daya dan kestabilan transient pada jaringan *smart grid* serta penggunaan software sebagai alat bantu simulasi dan analisis.
2. Dapat dijadikan referensi untuk pengembangan jaringan *smart grid* di Universitas Medan Area.

### 1.5. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah maka di tentukanlah batasan masalah seperti berikut :

1. Melakukan simulasi jaringan *smart grid* Universitas Medan Area dengan software Etap 12.6.
2. Analisis yang dilakukan adalah analisis kestabilan aliran daya dengan metode *Newton – Raphson* pada software Etap 12.6
3. Analisis Transient dilakukan menggunakan software Etap 12.6

## 1.6. Metode Penelitian

Untuk dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik maka ditentukanlah beberapa metode diantaranya dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi literatur, yaitu merujuk teori yang berhubungan dengan topik pembahasan dari berbagai sumber yakni, buku, jurnal penelitian, skripsi, tesis.
2. Studi lapangan, yaitu melakukan observasi langsung di lapangan guna mendapatkan data dan keterangan yang diperlukan untuk penelitian.
3. Studi bimbingan, yakni dengan melakukan diskusi dengan dosen pembimbing yang sudah di tentukan pihak fakultas untuk membantu memecahkan permasalahan serta memberi pengarahan dalam penyelesaian penulisan tugas akhir.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sebuah jaringan yang meliputi tiga sistem yang terkoneksi mulai dari unit pembangkit, unit transmisi, dan unit distribusi. Ketiga unit ini memiliki fungsi yang berbeda untuk dapat menghantarkan listrik pada konsumen. Mulanya unit pembangkit membangkitkan energi listrik, kemudian energi listrik yang dibangkitkan dihantarkan melalui saluran transmisi hingga ke unit distribusi, sedangkan unit distribusi adalah unit yang bertugas menurunkan tegangan dan membagi energi listrik ke konsumen.

##### 2.1.1. Sistem Tenaga Listrik Konvensional

“Secara tradisional, istilah *grid* digunakan untuk suatu sistem kelistrikan yang dapat mendukung semua atau beberapa dari empat komponen sebagai berikut: pembangkit listrik, transmisi listrik, distribusi listrik dan kontrol listrik” (Firilina, 2017). Sistem tenaga ini terdiri atas sistem tiga fasa yang berkerja pada tegangan relatif konstan dan unit pembangkit, transmisi menggunakan peralatan tiga fasa. Ukuran serta bentuk sistem tenaga ini bervariasi sesuai dengan alat dan komponen pendukungnya juga memiliki karakteristik yang sama. Untuk mencapai sistem fasa tiga seimbang maka pada unit distribusi satu fasa penyaluran energi listrik harus merata di setiap fasanya.

Pada sistem tenaga untuk membangkitkan energi listriknya menggunakan mesin sigkorn. *Prime Mover* dan generator yang membangkitkan energi listrik dengan mengubah tenaga turbin yang di dorong oleh air sehingga mengubah energi

mekanik menjadi energi listrik. Pada unit pembangkit terdapat juga gardu induk. Gardu induk memiliki peralatan utama transformator yang digunakan untuk untuk menaikkan tegangan generator dari 11,5 kV menjadi tegangan transmisi 150kV pengatur dan pengaman. Jenis – jenis pemangkit antara lain yakni PLTA, PLTU, PLTG, dan PLTN.

Pada jaringan transmisi berfungsi menyalurkan energi listrik dari pembangkit sampai pada distribusi. Pada saluran distribusi dilakukan penyesuaian tegangan dan menurunkan tegangan agar dapat dipergunakan oleh pengguna listrik.

Saluran distribusi adalah sub sistem tenaga listrik yang terhubung langsung kepada pengguna listrik. Saluran distribusi ini berfungsi menyalurkan listrik ke beberapa tempat. Sub sistem itu terdiri atas pusat pengatur atau gardu induk, gardu hubung, jaringan primer 6 kV dan 20 kV yang berupa saluran udara ataupun saluran tanah, jaringan sekunder 380 V dan 220 V, gardu distribusi dilengkapi peralatan terdiri atas pengatur tegangan rendah, menengah dan trafo.

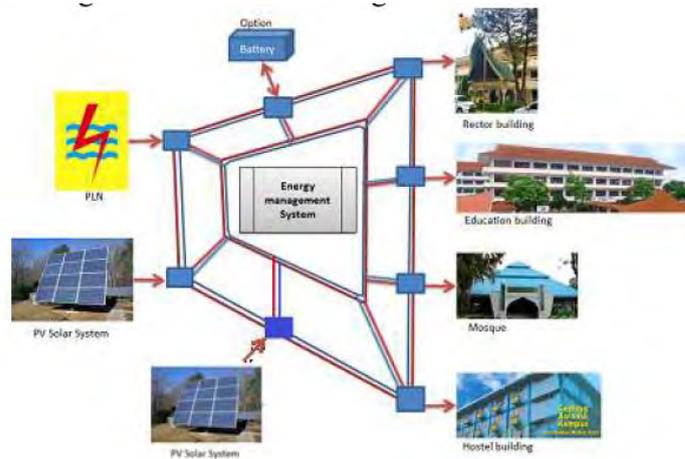
### **2.1.2. Sistem Tenaga Listrik Cerdas (*Smart Grid*)**

Jaringan listrik tradisional umumnya digunakan untuk membawa daya dari beberapa generator pusat ke sejumlah pengguna atau pelanggan. Namun sekarang telah berkembang energi terbarukan dalam jaringan. Adanya pembangkit – pembangkit kecil pada jaringan memerlukan teknologi serta pengendalian sistem yang berbeda. Smart grid menggunakan arus listrik dua arah dan informasi untuk penyaluran energi yang baik dan terdistribusi secara otomatis. Teknologi smart grid adalah kumpulan teknologi yang ada dan berkembang yang kemudian digabungkan bersama. Teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi dalam

produksi dan konsumsi listrik dan meningkatkan kehandalan dan integrasi daya terbarukan dalam jaringan.

Dengan memanfaatkan teknologi informasi modern, *smart grid* mampu memberikan daya dengan cara yang lebih efisien dan merespon berbagai kondisi dan kejadian. Secara umum, *smart grid* dapat merespon kejadian dan menerapkan tindakan yang sesuai untuk setiap kejadian yang terjadi di manapun di *grid*, seperti pembangkit listrik, transmisi, distribusi, dan pelanggan. Misalnya, ketika terjadi peristiwa kegagalan di jaringan distribusi, *smart grid* dapat secara otomatis merubah aliran daya dan memulihkan pelayanan.

*Smart grid* dianggap sebagai sistem listrik yang menggunakan teknologi cerdas secara terpadu pada sistem komponen jaringan misalnya pembangkit listrik, transmisi, gardu induk distribusi dan konsumsi untuk mencapai sistem yang bersih, aman, handal, tangguh, efisien dan berkelanjutan. Dengan luasnya penelitian *smart grid*, penelitian yang berbeda dapat mengungkapkan pandangan yang berbeda untuk *smart grid* karena fokus dan sudut pandang yang berbeda. Secara umum *smart grid* memiliki tiga sistem yaitu 1; sistem infrastruktur, energi, informasi, dan komunikasi yang mendukung berbagai komponen dalam *smart grid*. 2; sistem management cerdas yang menyediakan layanan cerdas yang menyediakan layanan management dan kontrol lanjutan. 3; sistem proteksi cerdas yang menyediakan analisis keandalan jaringan, perlindungan kegagalan sistem, dan layanan keamanan dan privasi ( Firilia 2017).



Gambar 2.1 : Sistem *smart grid* di Universitas Medan Area

(Sumber : Syarifah Muthia Putri dan Dina Maizana 2020).

Sistem perlindungan yang cerdas di smart grid harus mengatasi tidak hanya masalah infrastruktur jaringan yang tidak disengaja karena misalnya kesalahan pengguna, kegagalan peralatan, dan bencana alam, namun juga gangguan yang disengaja, seperti pencurian jaringan. Untuk smart grid, satu pendekatan efektif untuk mencegah kegagalan terjadi adalah dengan titik lemah atau daerah rawan gangguan dalam sistem (Firilia,2017)

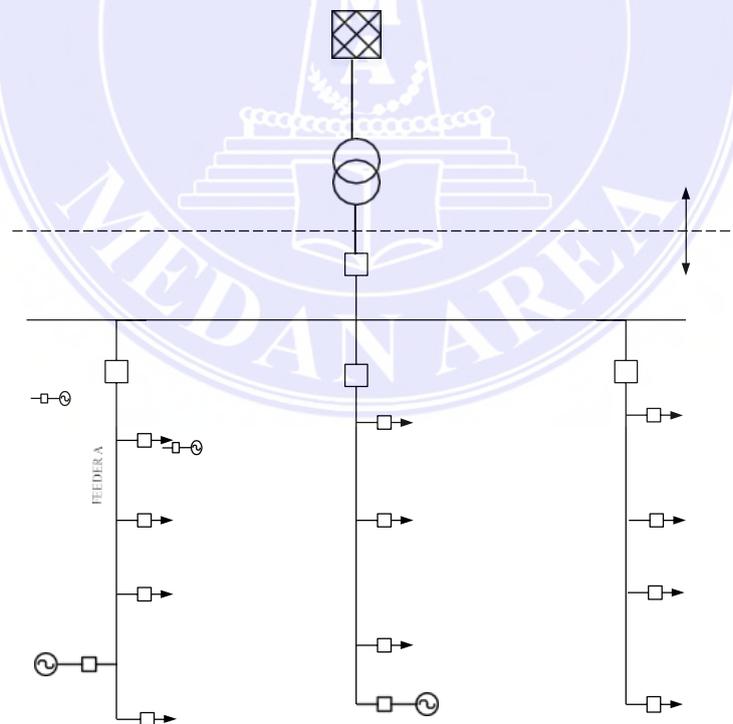
### 2.1.3 Sistem *Microgrid*

*Microgrid* didefinisikan sebagai bagian dari jaringan distribusi yang terintegrasi dengan DG dan beban lokal. *Microgrid* didesain untuk mensuplai tenaga listrik pada suatu regional dengan level tegangan distribusi. Pada operasinya *microgrid* memiliki pembangkit sendiri yaitu DG yang letaknya dekat dengan pusat beban. Generator yang digunakan pada *microgrid* umumnya berupa

*renewable* atau *non-conventional*. Perbedaan antara microgrid dan pembangkit konvensional adalah :

1. *Microgrid* memiliki kapasitas yang jauh lebih kecil dibanding pembangkit konvensional.
2. Daya output yang dihasilkan *microgrid* bisa langsung diintegrasikan dengan utilitas jaringan distribusi.
3. Letak yang dekat dengan beban membuat suplai lebih efisien dengan profil tegangan dan frekuensi yang baik.

Microgrid dapat beroperasi dalam dua mode yaitu mode terhubung ke *grid* utama (PLN) dan mode terputus dari grid utama. Kedua mode ini juga disebut *grid-connected* dan *islanding*. Berikut tipikal konfigurasi microgrid :



Gambar : 2.2. Tipikal Konfigurasi Microgrid.

(Sumber : Syamsul Arby, 2017)

#### 2.1.4. Sistem *Distributed Generation* (DG)

*Distributed generation* merupakan teknologi pembangkit listrik berskala kecil yang letaknya tersebar di dekat pusat – pusat beban. Sumber energi dari DG bisa merupakan sumber *renewable* (angin, panas matahari, air,biomass) atau *non-renewable* (diesel, uap, *fuel cell*). Karena peletakan DG yang tersebar maka DG dapat diintegrasikan dengan sistem distribusi untuk memenuhi kebutuhan beban.

Dari beberapa studi dapat disimpulkan bahwa DG :

1. Tidak terpusat, dan dekat dengan beban
2. Berkapasitas kecil dari 50 MW
3. Terhubung dengan sistem distribusi tegangan mencapai 145 kV.

Berikut diberikan tabel pengklasifikasian unit DG berdasarkan kapasitasnya :

Tabel 2.1 Klasifikasi Distributed Generation

Clasifikasi	Technical Capacity	Typical Instalation
<b>Micro</b>	< 2 kW	Rooftop solar PV
<b>Mini</b>	2 kW – 10 kW	Fuel cell, combined head
<b>Small</b>	10 kW – 1 MW	Biomass, small hydro
<b>Medium</b>	1 MW – 5 MW	Biomass, hydro, lokal wind, diesel
<b>Large</b>	> 5 MW	Hydro, solar thermal, wind, farm, diesel

( Sumber : Syamsul Arbi 2017)

## 2.2. Analisis Aliran Daya

Analisis aliran daya sangat penting dalam suatu sistem kelistrikan yang sudah ada atau sedang di rancang. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektifitas sebuah sistem yang sudah ada dan dapat meminimalisir suatu rancangan jaringan listrik yang akan di bangun terhadap perkiraan kegagalan sistem ataupun terhadap gangguan yang lainnya. (Adib Gustian Niagara dan Yohanes Primadiono, 2015) Menyatakan bahwa analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik merupakan analisis yang mengungkapkan kinerja suatu sistem tenaga listrik dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu pada saat sistem berkerja. (Firilia, 2017) Analisis aliran daya digunakan untuk mengetahui keadaan awal sebuah sistem. Hasil analisis aliran daya akan digunakan untuk proses analisis selanjutnya. “Hasil dari analisis aliran daya adalah besar dan sudut fasa tegangan pada setiap saluran (bus), daya nyata dan daya reaktif pada setiap saluran ...digunakan untuk mengetahui besarnya losses (rugi daya dan tegangan), alokasi daya reaktif dan kemampuan sistem untuk mematuhi pertumbuhan beban” (Adib Gustian Niagara dan Yohanes Primadiono, 2015).

### 2.3. Jenis – Jenis Daya

Dalam sistem kelistrikan daya dikenal sebagai energi yang di gunakan untuk melakukan usaha maupun kerja. Daya listrik memiliki satuan Watt (W) atau *Horsepower* (HP). Watt dan *Horsepower* memiliki nilai yang berbeda yakni 1HP sama dengan 746 Watt atau *lbft/second*. Sedangkan Watt (W) adalah daya listrik yakni 1 Watt mempunyai daya yang setara dengan daya yang di hasilkan oleh perkalian arus 1 Amper dengan tegangan 1 Volt. (Sugiyanto 2017)

Adapun rumus daya sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

$$P = \text{Volt} \cdot \text{Ampere} \cdot \cos \varphi \quad (2.1)$$

Keterangan :

P = Daya

V = Tegangan

I = Arus

Daya dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu Daya Aktif (*active power*), Daya Reaktif (*reactiv power*) dan Daya Semu (*apperent power*).

#### 2.3.1. Daya Aktif

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi yang sebenarnya, baik itu untuk kerja sebagai energi penerangan ataupun diubah ke energi gerak (mekanik). Satuan daya aktif adalah Watt (W). Contohnya energi panas, angin, air dan lainnya. Adapun rumus daya aktif adalah sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.2)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2.3)$$

Dimana  $P$  adalah daya aktif dan  $\cos \varphi$  adalah power faktor. *Langging* (tertinggal) untuk rangkaian induktif dan *Leading* (mendahului) untuk rangkaian kapasitif.

### 2.3.2. Daya Reaktif (*reactive power*)

Daya reaktif adalah daya yang merupakan penjumlahan daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet akan menghasilkan fluks medan magnet. Contohnya pada motor, transformator, lampu pijar dan lain – lain. Satuan daya reaktif adalah Var. rumus daya reaktif sebagai berikut.

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2.4)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2.5)$$

Dimana  $Q$  adalah daya reaktif (Var), nilai  $Q$  akan positif (+) pada beban induktif dan negatif (-) pada beban kapasitif.

### 2.3.3. Daya Semu (*apperent power*)

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya yang dihasilkan dari trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA :

$$S = V \cdot I \text{ (VA)} \quad (2.6)$$

### 2.3.4. Faktor Daya ( $\cos \varphi$ )

Faktor daya ( $\cos \varphi$ ) adalah sebagai rasio perbandingan antara daya aktif ( $W$ ) dan daya semu ( $VA$ ) yang digunakan pada rangkaian AC atau beda sudut fasa antara  $V$  dan  $I$  yang biasanya dinyatakan dalam  $\cos \varphi$ , rumus faktor daya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor Daya} &= \text{Daya Aktif (P) dibagi Daya Semu (S)} \\
 &= kW/Kva \\
 &= V \cdot I \cdot \cos \varphi / V \cdot I \\
 &= \cos \varphi
 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Faktor daya mempunyai range antara nol (0) sampai dengan satu (1), dapat juga dinyatakan dalam bentuk persen (%). (Sugiyanto 2017).

### 2.4. Jenis – Jenis Bus

Busbar adalah konduktor yang tanpa isolasi yang terbuat dari bahan tembaga (Cu) ataupun aluminium (Al). busbar berfungsi antara lain yakni mendistribusikan listrik antara feeder, income dan komponen listrik lainnya dalam panel listrik.

Pada setiap bus ada empat (4) besaran yaitu daya aktif (P), daya reaktif (Q), besar tegangan  $|V|$ , dan sudut tegangan  $\varphi$ . Pada setiap bus yang dianalisis dua besaran akan diketahui dan dua lainnya akan dicari. Jenis – jenis bus ada tiga (3) yakni:

### 2.4.1. Slack Bus

*Slack bus* atau dengan nama lain Bus Referensi atau *swing bus*. Bus ini digunakan sebagai referensi pada sistem dengan tegangan dan sudut fasa tetap. Bus ini menambah kekurangan daya antara beban total dengan daya yang dibangkitkan oleh rugi – rugi pada jaringan.

### 2.4.2. P-Q Bus (Bus Beban)

Bus ini dinamakan bus beban. Bus ini memiliki daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang besarnya tetap. Sedangkan besar dan sudut fasa tegangan nilainya tidak diketahui. Bus beban adalah bus yang di hubungkan ke beban untuk terminal pembagian energi dari bus referensi.

### 2.4.3. P-V Bus (Bus Pembangkit)

Bus ini dinamakan sebagai Bus Generator/pembangkit. Bus ini memiliki daya aktif dan besar tegangannya tetap atau sudah di tentukan. Sedangkan sudut fasa dan besar daya reaktif dihitung, besar batasan daya reaktif sebelumnya juga sudah di tentukan sebelumnya. (Rahmat Bagus Ardiansyah 2014).

## 2.5. Persamaan Aliran Daya

Analisis aliran daya dapat menjelaskan kinerja dan aliran aktif dan reaktif untuk keadaan tertentu sistem berkerja saat kondisi normal (*steady state*), (Sugiyanto 2017). Berdasarkan hukum *Kirchoff* arus, hubungan antar besar tegangan bus dan arus di nyatakan dalam persamaan titik tegangan.

$$I_{bus} = Y_{bus} \cdot V_{bus}$$

Analisis aliran daya dimulai dengan membentuk matriks  $Y_{bus}$  seperti berikut :

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1i} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2i} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdot & \vdots & \cdot & \vdots \\ Y_{i1} & Y_{i2} & \dots & Y_{ii} & \dots & Y_{in} \\ \vdots & \vdots & \cdot & \cdot & \cdot & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{ni} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$$Y_{ii} = \sum_j^n Y_{ij} ; \quad J \neq i \quad (2.8)$$

$$Y_{ij} = Y_{ji} = -Y_{ij} \quad (2.9)$$

Matriks  $Y_{bus}$  akan dimasukkan kedalam persamaan umum aliran daya. Melalui proses aliran daya akan diketahui keadaan steady state dari sistem mulai dari tegangan dan sudut tegangan, daya aktif dan reaktif yang dibangkitkan generator dan di serap beban, serta rugi rugi jaringan (Firilia, 2017).

Pada kasus transien studi aliran daya digunakan sebagai inisiasi keadan awal dari suatu sistem ataupun jaringan. Adapun metode yang sering digunakan untuk menganalisa alirandaya yaitu metode *Newton Raphson*. Prinsip metode ini pada aliran daya adalah dengan menggunakan *power mismatch* yaitu daya yang masuk sama dengan daya yang keluar. Dapat dilihat melalui persamaan berikut :

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_j^n Y_{ij} = 1V_j Y_{ij} \quad (2.10)$$

Dimana :

$P_i$  = Daya aktif ke - 1

$Q_i$  = Daya reaktif ke - 1

$V_i =$  Tegangan ke - 1

$Y_{ij} =$  Administansi

Metode ini dapat digunakan pada sistem loop dan radial. Metode ini menggunakan *current balance* yaitu arus yang masuk pada bus sama dengan arus yang keluar dari bus. Metode ini dapat dilihat melalui persamaan berikut ini :

$$(I_{gen,k} - I_{dem,k}) - \sum_{i=1}^n Y_{ki} V_i = 0 \quad (2.11)$$

Penggunaan seimbang arus ini akan menyebabkan perubahan pada element Jacobian. Perubahan ini menyebabkan perhitungan yang dibutuhkan lebih cepat dibandingkan dengan metode Newton Raphson pada umumnya (Firilia, 2017).

### 2.5.1. Metode Newton Rapshon

Metode *Newton – Raphson* adalah metode yang menggunakan nilai awal yang kemudian akan di bandingkan dengan hasil dari iterasi. Apabila nilai error sudah sesuai maka proses iterasi atau pengulangan dapat di berhentikan. Pada perhitunganya  $X_s$  diasumsikan sebagai solusi dari  $G(x)$ .  $X_s$  didapat pada persamaan 2.12 berikut :

$$X_s = X_0 + \Delta X \quad (2.12)$$

$X_0$  adalah inisialisasi awal dan  $\Delta X$  adalah nilai error. Dengan menggunakan Deret Taylor tingkat dua didapat nilai  $G(X)$  seperti pada persamaan 2.13 berikut :

$$G(X_0 + \Delta X) \cong G(X_0) + \left[ \frac{\partial G(X_0)}{\partial X} \right] \Delta X \quad (2.13)$$

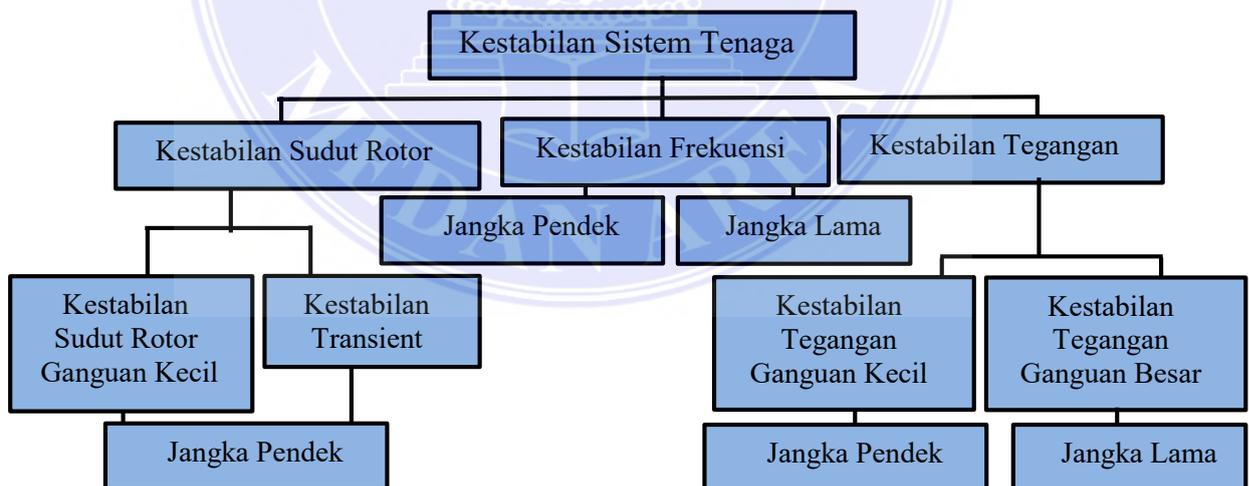
Jika nilai error yang di dapatkan mendekati nol, persamaan 2.12 dapat ditulis ulang menjadi persamaan 2.25 dengan matriks *Jacobian* dirumuskan pada persamaan 2.15.

$$G(X_0) + J\Delta X \cong 0 \quad (2.14)$$

$$J = \frac{\partial G(x)}{\partial x} \quad (2.15)$$

## 2.6. Kestabilan Tenaga Listrik

Defenisi suatu kestabilan suatu sistem tenaga atau jaringan listrik secara umum adalah “Sebagian dari sistem tenaga yang mampu mempertahankan operasi sistem dalam batas keadaan normal dan mendapatkan kembali keadaan dalam batas normal setelah mengalami gangguan” (Firilia, 2017). Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga dapat dilihat melalui gambar berikut.



Gambar 2.3. Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga listrik  
(Sumber : Samsul Arbi 2017)

Dalam pelaksanaannya kestabilan juga di defenisikan sebagai keseimbangan terhadap sumber daya dan beban yang disuplai. Dimana beban harus memenuhi

daya yang dibutuhkan atau beban tidak boleh melebihi ambang batas daya yang tersedia.

Dalam studi ini akan dibahas kestabilan tegangan dan frekuensi pada jaringan grid PLN yang di kombinasi dengan *Solar Cell* yang menjadi suplai daya pada kampus 1 UMA.

### 2.6.1. Kestabilan Tegangan

Kestabilan tegangan adalah kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kestabilan level tegangan pada batas yang diizinkan di semua bus apabila terjadi gangguan (Syamsul Arbi 2017). Sebuah sistem dapat dikatakan stabil apabila mampu menjaga naik turun level tegangan pada batas yang sesuai standar dalam jangka waktu yang diizinkan saat terjadi keadaan tidak seimbang. Sebaliknya sistem tidak stabil apabila tidak dapat mengembalikan keadaan semula apabila terjadi gangguan. Salah satu penyebab ketidakstabilan adalah ketidaksinkronan antara kebutuhan beban dan pembangkitan. Biasanya gangguan yang terjadi adalah lepasnya beban yang signifikan atau lepasnya generator sehingga tegangan menjadi beresilasi tidak stabil.

Kestabilan berdasarkan gangguan yang terjadi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu kestabilan tegangan akibat gangguan besar dan kestabilan tegangan akibat gangguan kecil. Gangguan besar yang terjadi adalah hilangnya supply dari generator (generator outage), perubahan beban yang besar dan short circuit. Sedangkan gangguan kecil yaitu perubahan beban dengan kapasitas yang kecil.

Kestabilan berdasarkan lama gangguan dapat dibedakan menjadi gangguan jangka pendek dan jangka panjang. Gangguan kestabilan jangka pendek

mengakibatkan voltage dip dan voltage swell. Sedangkan gangguan kestabilan jangka panjang dapat mengakibatkan undervoltage dan over voltage. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada tabel berikut (Syamsul Arby 2017):

Tabel 2.2 Standar Kestabilan Tegangan

No	Kategori	Durasi	Besar Tegangan
A	Tegangan RMS Durasi Pendek		
1	<i>Instaneous</i>		
	<i>Dip (sags)</i>	0.5-30cycles	0.1-0.9 pu
	<i>Swell</i>	0.5-30cycles	1.1-1.8 pu
2	<i>Momentary</i>		
	<i>Interruption</i>	0.5 cycles-3s	<0.1 pu
	<i>Dip (sags)</i>	30 cycles-3s	0.1-0.9 pu
	<i>Swell</i>	31 cycles-3s	1.1-1.4 pu
3	<i>Temporary</i>		
	<i>Interruption</i>	> 3s-1 min	<0.1 pu
	<i>Dip (sags)</i>	> 3s-1 min	0.1-0.9 pu
	<i>Swell</i>	> 3s-1 min	1.1-1.2 pu
B	Tegangan RMS Durasi Panjang		
	<i>Interruption</i>	> 1 min	0.0 pu
	<i>Undervoltage</i>	> 1 min	0.8-0.9 pu
	<i>Overvoltage</i>	> 1 min	1.1-1.2 pu

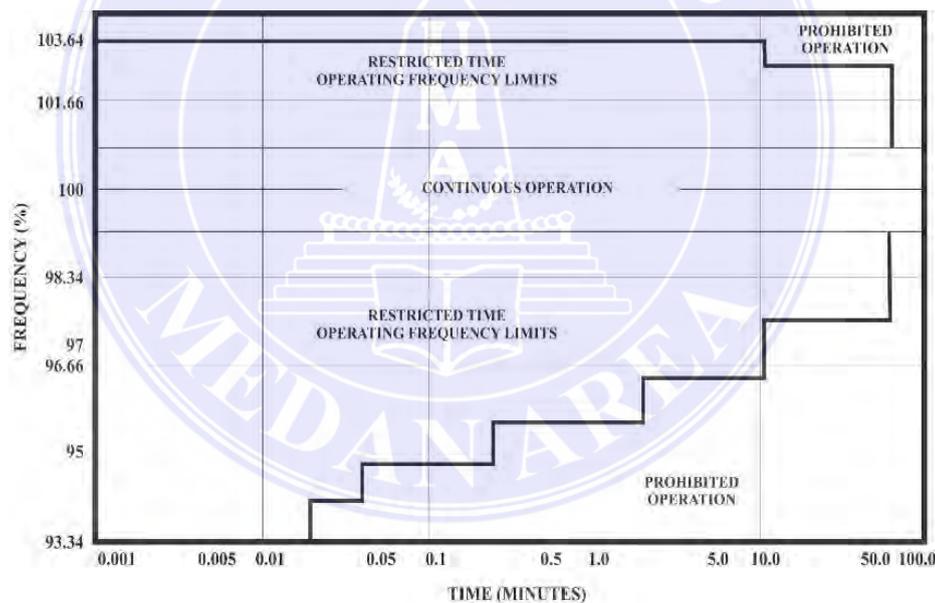
(Sumber : IEEE 1159-2009)

Standar deviasi tegangan oleh PLN yang digunakan dalam kondisi normal atau stabil untuk tegangan nominal:

1. 500 kV ; +5%,-5%
2. 150 kV ; +5%,-10%
3. 70 kV ; +5%,-10%
4. 20 kV ; +5%,-10%

## 2.6.2. Kestabilan Frekuensi

Kestabilan frekuensi adalah kemampuan suatu sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kestabilan frekuensi saat terjadi gangguan misalnya pelepasan beban secara tiba-tiba, lepasnya generator dan short circuit. Sistem dikatakan stabil frekuensinya apabila mampu kembali ke keadaan normal setelah terjadi gangguan dengan fluktuasi level frekuensi yang masih diizinkan dan selang waktu yang diizinkan. Faktor yang mempengaruhi kestabilan frekuensi adalah tidak sinkronnya jumlah pembangkitan dengan jumlah beban serta fungsi governor yang tidak bekerja. Standar kestabilan frekuensi menurut ANSI/IEEE C37.106-1987 adalah sebagai berikut :



Gambar 2.4: Standart Kestabilan Frekuensi Pada Saat Kondisi Abnormal

(Sumber : IEEE, 1987)

*Restricted time operating frequency limits* merupakan area frekuensi kerja yang masih diizinkan, bersifat sementara. *Prohibited operation* adalah frekuensi kerja

yang dilarang atau tidak diizinkan. *Continous operation* adalah frekuensi normal berada pada rentang 99% - 101%.

## 2.7. ETAP 12.6

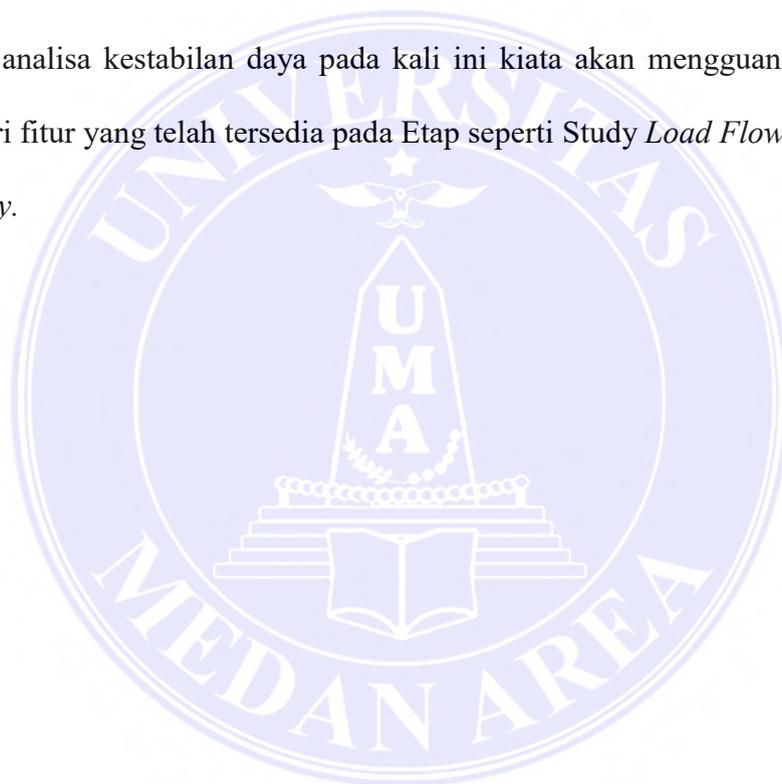
ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) adalah platform yang dapat membantu mempermudah serta yang sangat komprehensif untuk desain, simulasi, kontrol, operasi, pengoptimalan, pembangkitan, transmisi, distribusi dan sistem tenaga industri. Etap banyak digunakan di perusahaan – perusahaan yang berkecimpung di bidang kelistrikan. Selain dari fitur – fitur yang disediakan cukup lengkap Etap juga sangat *frendly* untuk di gunakan. Karna Etap memberikan panduan untuk pengguna pemula pada sistem tenaga, setidaknya memberikan pemahaman dasar mengenai sistem tenaga.

Etap dapat digunakan untuk membuat proyek *one line diagram* atau diagram satu garis untuk berbagai analisis. Etap menawarkan fitur terintegrasi penuh termasuk *arc flash*, *load flow*, *short circuit*, koordinasi relay, kapasitas kabel, stabilitas *transien* dan lain – lain. Etap juga telah menyediakan informasi umum seperti spesifikasi generator, transformator, *shunt* dan lainnya yang membuat pengguna lebih mudah mengoperasikanya. (Sneha Kulkarni and Sunil Sontakke, 2017) menyatakan bahwa Etap menyediakan laporan kesalahan dan menyoroti kesalahan tersebut kepada pengguna dalam laporan singkat. Elemen kunci dari dari sistem tenaga yang termasuk dalam Etap adalah :

1. *Load Flow* (studi aliran daya)
2. *Short Circuit*
3. *Transient Stability*

4. *Harmonic Study*
5. *Voltage Instability Analisis*
6. *Relay Coordination*
7. *Sub – synchronus resonance* (resonansi sub – sinkron)
8. *Load Forecasting* (prediksi beban)
9. *Load Shedding Studies* (studi pelepasan beban)
10. *Online Monitoring*

Dalam analisa kestabilan daya pada kali ini kiata akan menggunakan beberapa saja dari fitur yang telah tersedia pada Etap seperti *Study Load Flow* dan *Transient Stability*.



## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

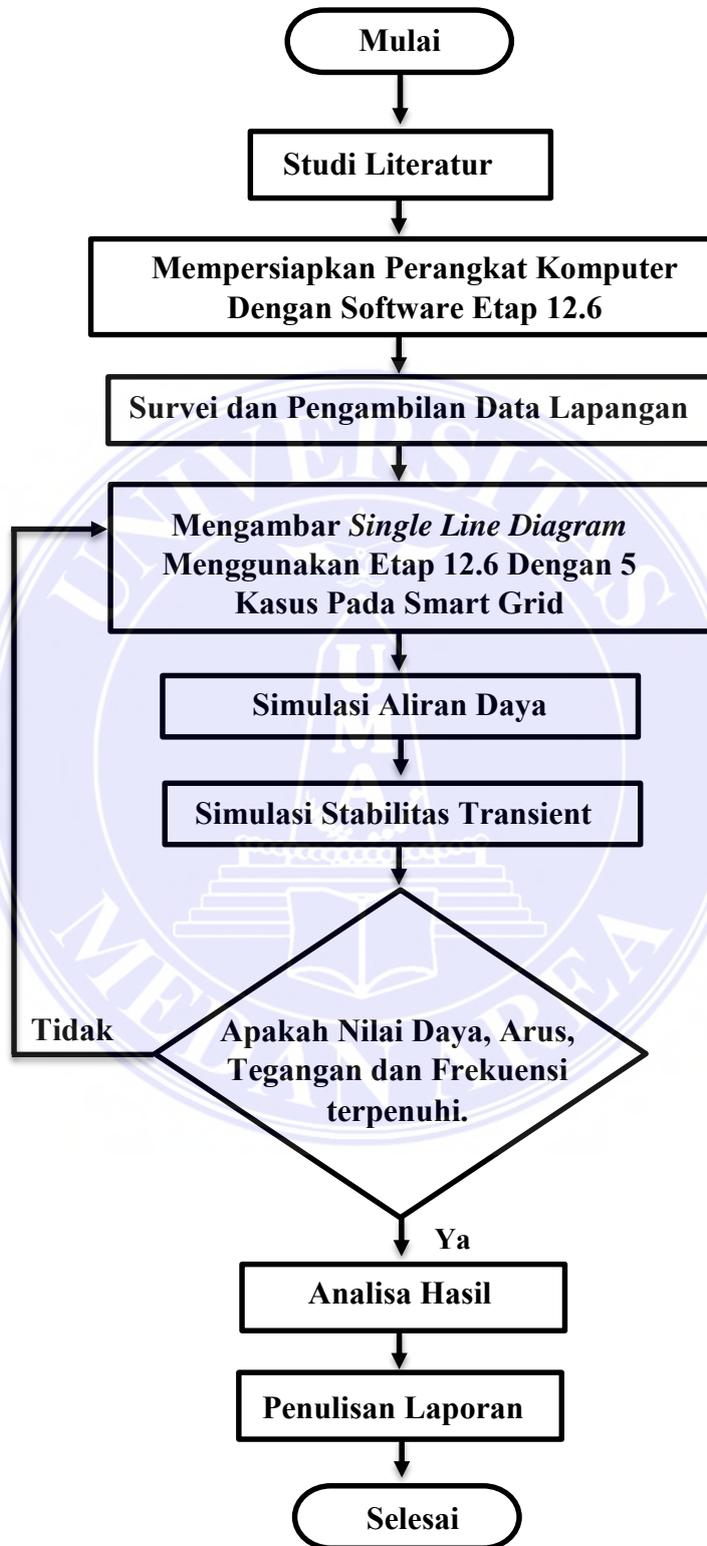
1. Lokasi penelitian dilakukan di Universitas Medan Area Jl. Kolam Medan No.1 Medan Estate, Sumatra Utara.
2. Waktu penelitian dilaksanakan mulai tanggal 01 Juli – 30 September 2021.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Sebagai kelengkapan utama dari peralatan dan bahan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Keras
  - Satu unit laptop merek Acer seri Aspire E5 – 471 – 39Y1
2. Perangkat Lunak
  - Software ETAP 12.6

### 3.3. Diagram Alir Penelitian (*Flow Chart*)



### 3.4. Studi Literatur

Dalam penelitian ini penulis melakukan studi literatur dan pengumpulan data – data yang diperlukan dalam penelitian. Baik itu dari metode perhitungan yang diterapkan, teori yang terkait, serta data primer maupun skunder guna menunjang relevansi dan kelancaran dalam penelitian ini. Baik itu bersumber dari jurnal, skripsi, tesis, artikel dan sumber – sumber yang dapat di pertanggung jawabkan. Selain itu dilakukan pengumpulan data dengan cara mendatangi pihak – pihak yang bersangkutan.

### 3.5. Mempersiapkan Perangkat Komputer Dengan Software Etap 12.6

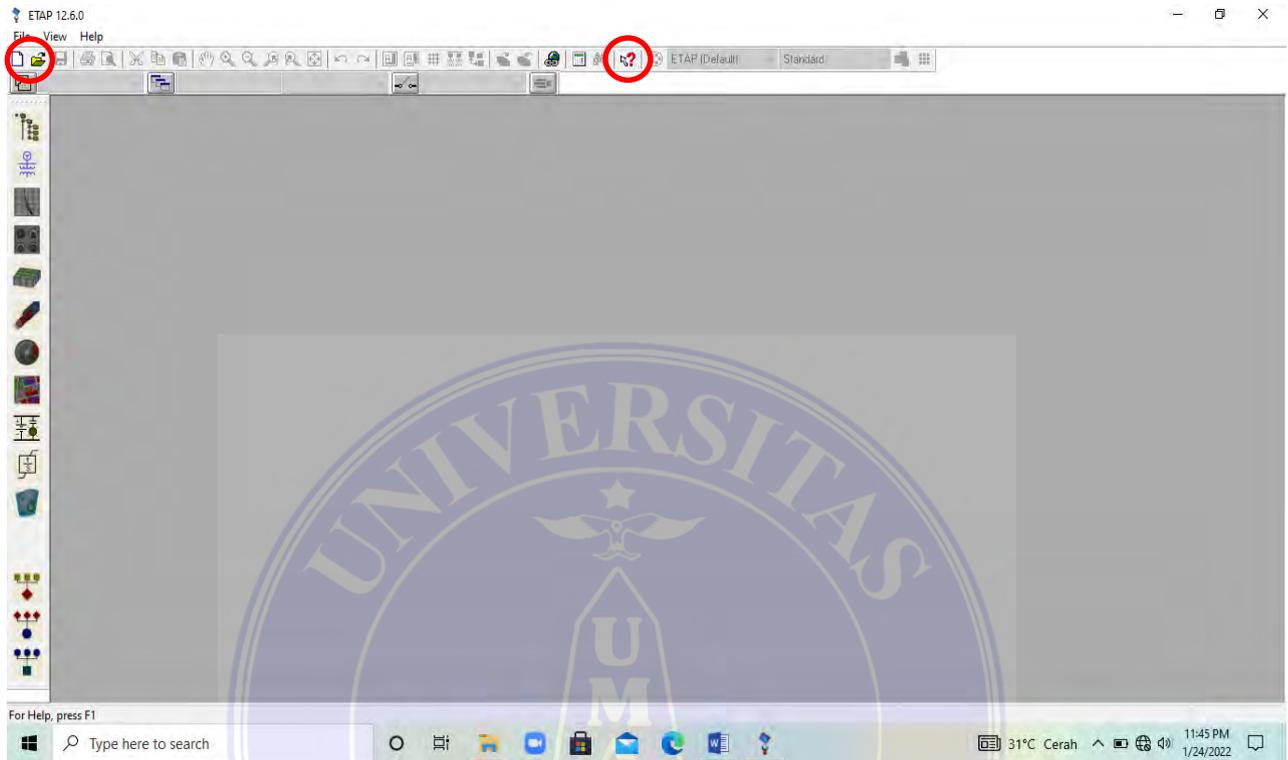
Pada tahap ini adalah persiapan teknis mengenai peralatan dan alat bantu untuk menganalisa data yang akan di peroleh yaitu perangkat komputer dan software Etap 12.6 yang akan digunakan untuk menganalisa data yang diperoleh. Dan bagaimana memulai membuat proyek baru pada software Etap 12.6.

#### 3.5.1. Langkah - langkah Menjalankan Program Etap 12.6

Langkah pertama, setelah selesai memasang software Etap 12.6 pada perangkat komputer (laptop), selanjutnya klik software Etap 12.6 pada layar menu dan tunggu sampai muncul halaman lembar kerja baru pada tampilan Etap 12.6.

Halaman kerja yang muncul masih dalam keadaan kosong dan hanya ada 3 menu yang bisa kita gunakan yaitu menu *New*, *Open* dan *Help*. Dimana menu *New* berfungsi untuk membuat lembar kerja baru, menu *Open* berfungsi untuk membuka proyek yang sudah ada dan biasa di gunakan untuk melanjutkan proyek yang sudah pernah di kerjakan, dan menu *Help* berfungsi untuk melihat informasi yang kita

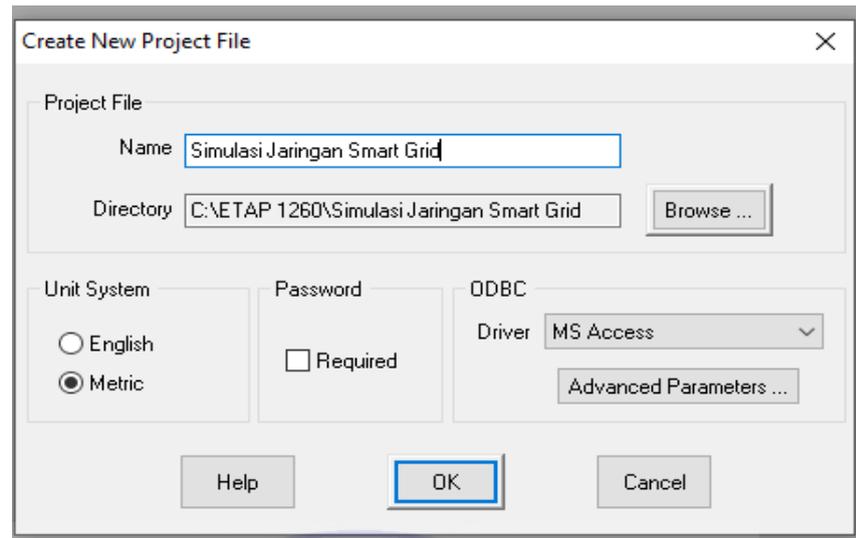
butuhkan dalam menjalankan projek menggunakan Etap 12.6. Berikut gambar tampilan layar ketika Etap 12.6 baru di jalankan.



Gambar 3.1 : Tampilan Layar Awal Etap 12.6

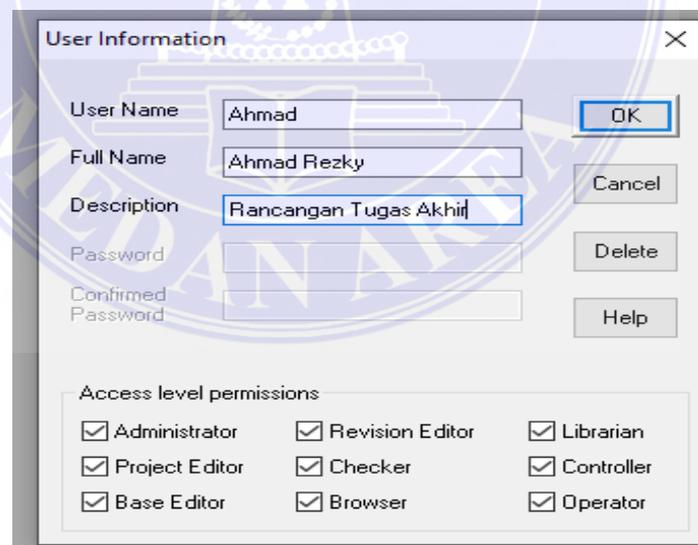
Pada gambar yang di lingkari merah sebelah kiri pojok adalah menu *New* dan *Help* dan menu yang di lingkari pada tengah gambar adalah menu *Help*. Menu yang lain akan dapat digunakan apabila lembar kerja sudah dibuat terlebih dahulu.

Langkah kedua, adalah dengan memilih menu *New* pada sisi kiri pada Etap 12.6. untuk memasukkan Informasi – Informasi awal pada projek seperti Informasi Projek dan Engineer. Data ataupun informasi pada form ini dapat di isi sesuai kebutuhan pengguna. Form informasi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.2 : Tampilan From Informasi Projek Simulasi

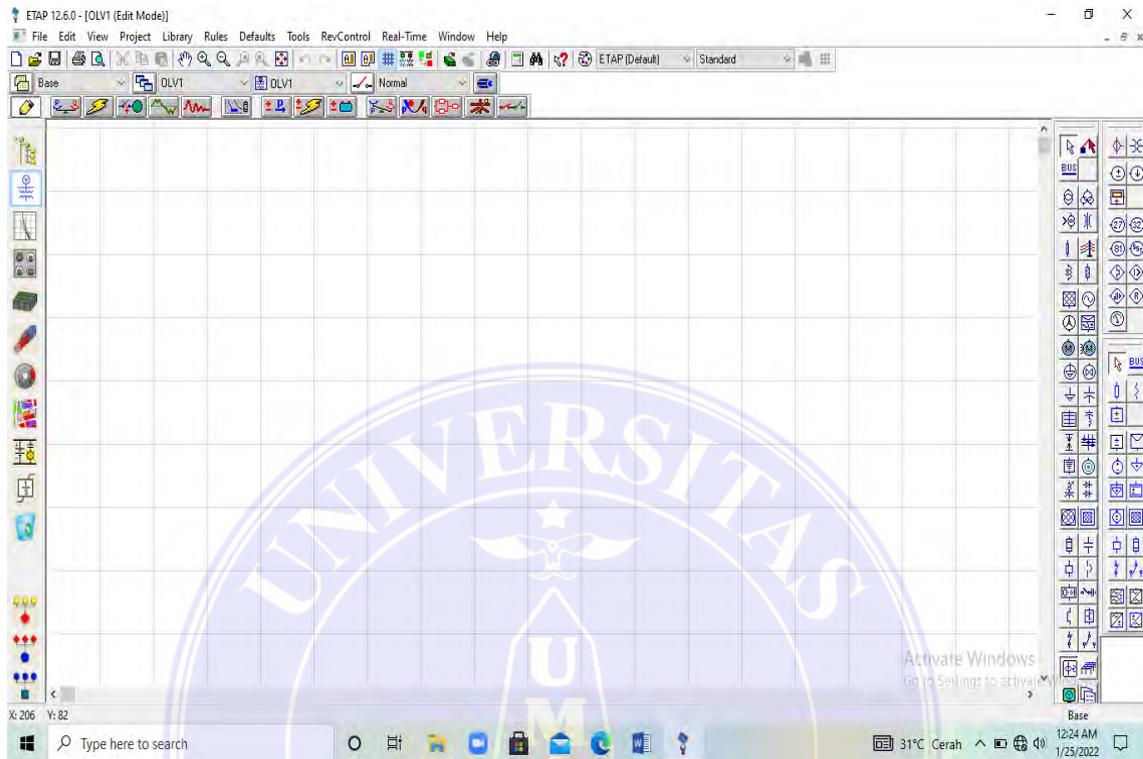
Langkah ketiga, yakni setelah memasukkan informasi ataupun nama proyek yang akan dikerjakan secara otomatis akan muncul menu from data pengguna atau engginer. Selanjutnya isi from yang tersedia dengan data diri yang sesuai. Setelah di isi lalu klik OK pada menu yang tersedia.



Gambar 3.3 : Tampilan From Informasi User Pada Projek

Setelah di klik OK secara otomatis maka akan muncul lembar kerja baru pada Etap 12.6 dan menu Bar dan menu Tolls pada Etap 12.6 sudah dapat di gunakan.

Agar lebih jelas dan terlihat perbedaannya dapat kita perhatikan pada gambar berikut :



Gambar 3.4 : Tampilan Mengisi Informasi Proyek, Informasi User dan Menu Bar dan Menu Tools Sudah Siap Digunakan

### 3.6. Survei dan Pengambilan Data Lapangan

Studi lapangan adalah proses observasi langsung ke lapangan dengan bertujuan mengambil data yang dibutuhkan. Adapun data yang dibutuhkan dalam studi lapangan dan lama waktu observasi sebagai berikut :

- Pengambilan data dilaksanakan selama 14 hari berdasarkan data beban harian dari PLN.
- Data dan spesifikasi peralatan listrik yang digunakan meliputi transformator, solar cell, baeteai, inverter dan beban.

### 3.6.1. Data Transformator

Pada sistem smart grid diintegrasikan dengan jaringan distribusi PLN 20 kV dan *power grid* dari PLN berfungsi sebagai sumber utama yang beroperasi *swing*. PLN diasumsikan sebagai sumber daya yang tak terbatas. Selanjutnya *Grid* di hubungkan dengan trafo *step – down* berkapasitas 500 KVA untuk menurunkan tegangan 20 kv menjadi 380V.

Tabel 3.1 : Data Transformator

Parameter	Nilai
Nominal Trafo Distribusi	500 kVA
Frekuensi	50 Hz
Tegangan Primer	20 kV
Tegangan Skunder	0.38 kV

### 3.6.2. Data Solar Cell dan Baterai

Pada sistem ini yang berperan sebagai *Distributed Generation* adalah *solar cell* yang berjumlah 2 unit yang terhubung langsung pada jaringan atau biasa disebut dengan On – Grid. Untuk keperluan simulasi maka *solar cell* yang di gunakan dengan MFR Moses Bearsolar dengan tipe Poly – crystalline dengan model MBVC-CAAP BB. Adapun untuk datanya dapat kita lihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 : Data Solar Cell

Parameter	Keterangan
Type	Poly-crystalline
Daya	5.000 Wp

Pada sistem DG ini terdapat *energi stroage* yang dapat berfungsi sebagai beban dan dapat berfungsi sebagai sumber tegangan. Batrai akan berfungsi sebagai beban apabila sumber mampu menyuplai seluruh beban dan berfungsi sebagai sumber apabila terjadi ketidakstabilan ataupun kurangnya daya yang di hasilkan dari sumber tegangan. Baterai yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.3 : Data Baterai

Rating	Nilai
Merek	YUASA-EXIDE
Total Capacity	324 AH

### 3.6.3. Data Inverter

Adapun untuk keterangan data inverter yang di gunakan dapat di lihat pada tabel di bawah ini :

DC Rating	
Daya	4 kW
Volt	24 V
AC Rating	
Daya	4 kVA
Tegangan	380 V
Sistem Operasi	PF Control
Output Connection	3 Phasa

### 3.6.4. Data Beban

Total data beban puncak pada sistem jaringan *smart grid* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.4 : Data Beban Puncak Pada Jaringan *Smart Grid*

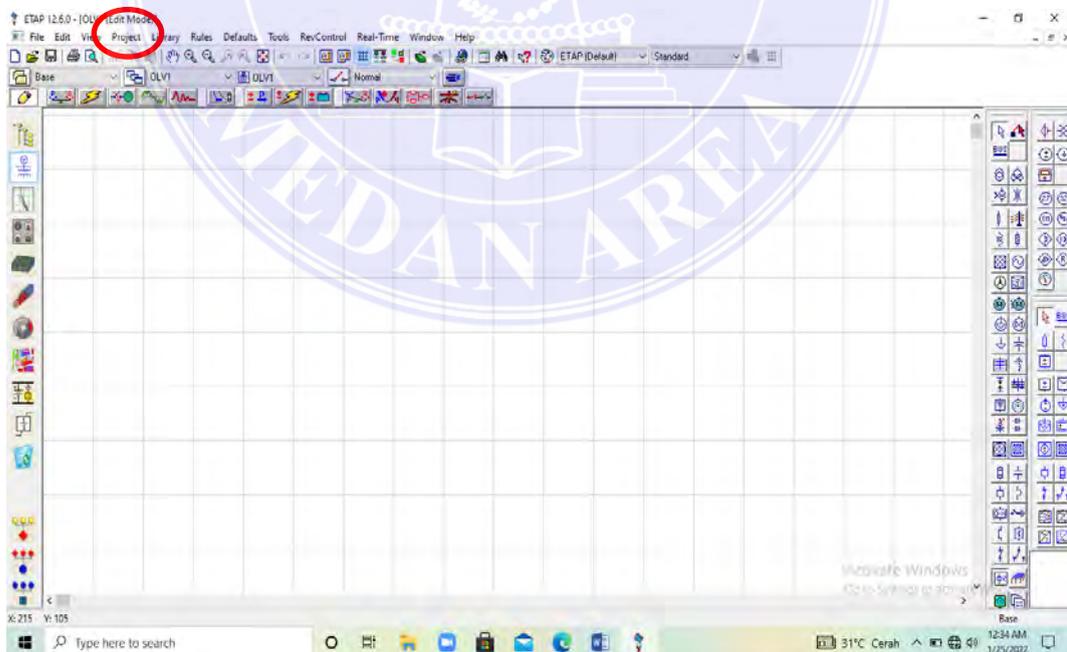
ID	Type	Rating(kVA)	kW	Power Factor
Rektorat	Static Load	176	150	0,85
Asrama	Static Load	148	126	0,85
Mesjid	Static Load	5	4.25	0,85
Kelas	Static Load	143	122	0,85

### 3.7. Menggambar *Single Line Diagram* Menggunakan Etap 12.6

Setelah data yang terkait pada objek penelitian diperoleh, maka proses selanjutnya adalah menggambar *single line diagram* jaringan listrik Universitas Medan Area pada Software Etap 12.6. Dalam menggambar *single line diagram* ini menggunakan standart IEC (*International Electrotechnical Commission*) dan mengacu pada standar PUIL.

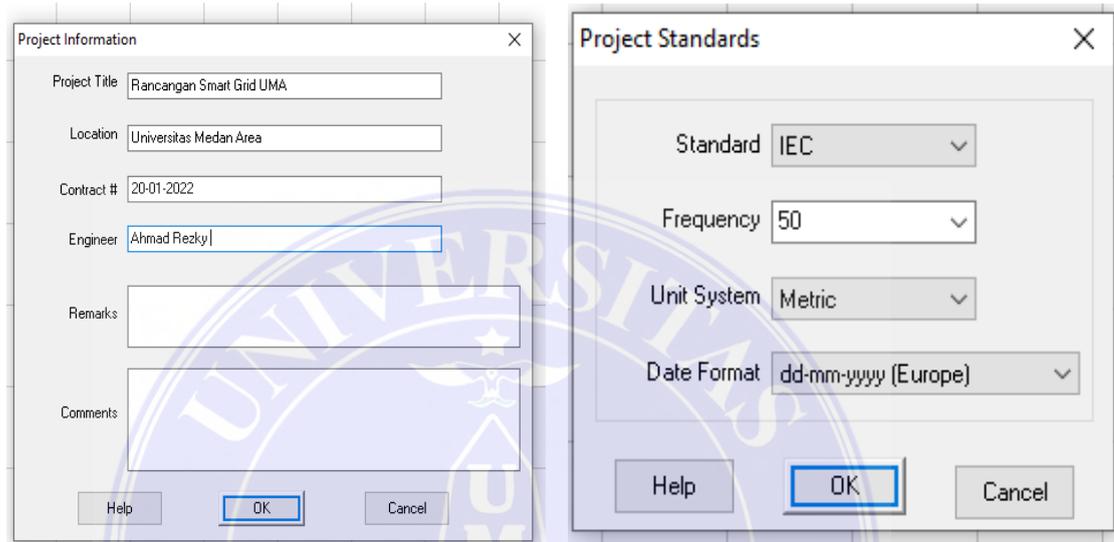
#### 3.7.1. Langkah – Langkah Menggambar *Single Line Diagram* Menggunakan Etap 12.6.

Langkah pertama, setelah seluruh menu muncul maka yang dilakukan adalah memasukkan informasi proyek dan standart proyek yang akan di rancang. caranya dengan memilih menu *Projek* pada bagian atas yang akan di beri tanda pada gambar berikut :



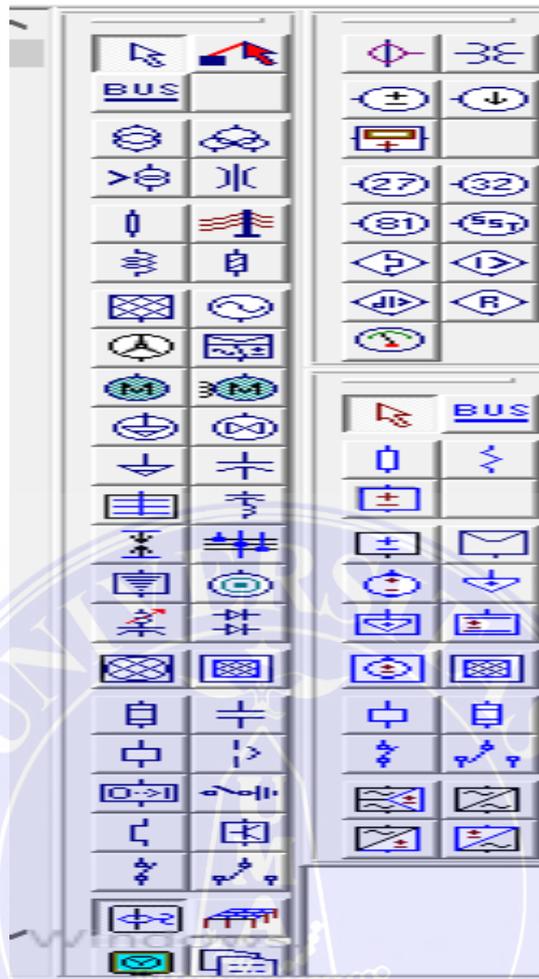
Gambar 3.5: Menu *Projek* Untuk Mengisi Informasi Lanjutan *Projek* dan Memasukkan Standart *Projek*

Setelah memilih menu Project akan muncul beberapa pilihan, selanjutnya pilih menu projek informasi dan standart projek. Lalu isi sesuai kebutuhan dan pada rancangan tugas akhir ini di menu standart saya menggunakan Standart IEC, Frekuensi 50 Hz dan Unit Sistem Metric. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.6 : From Project Informasi dan Standart Project

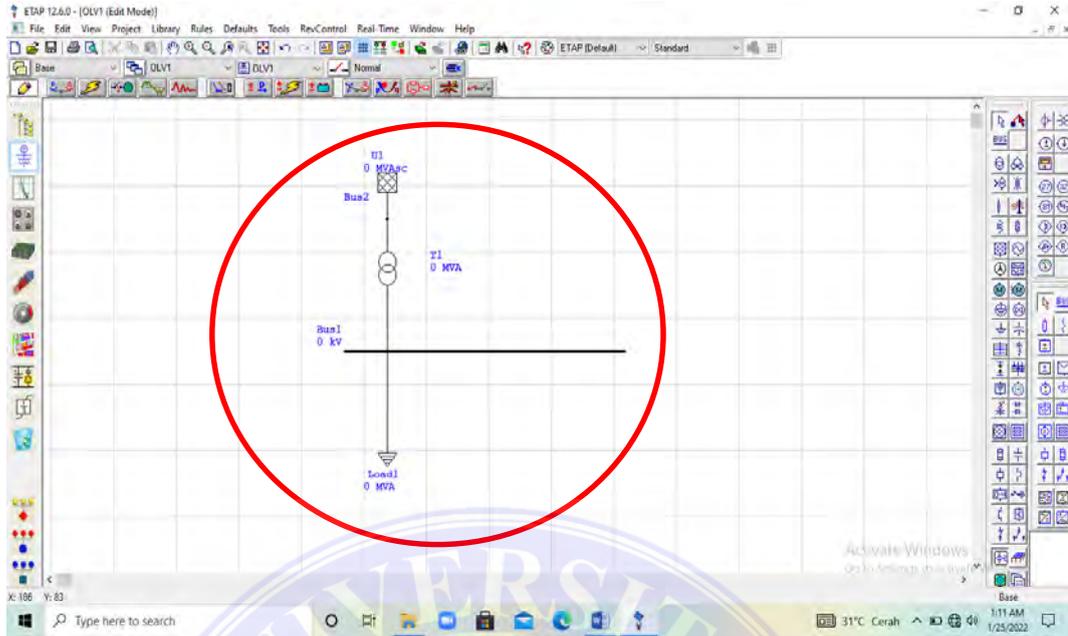
Langkah kedua, setelah data di atas terisi maka kita sudah bisa memulai menggambar single line diagram dengan data yang sudah ada. Adapun cara menggabarnya yakni dengan memilih komponen dan Element AC DC pada menu Tolls pada sisi sebelah kanan. Adapun beberapa komponen yang dapat kita gunakan antara lain *Grid*, *Transformator*, *solar cell*, *Bus*, *Kabel* dan lain – lain. Untuk detail komponen dan ingin mengetahui nama dari simbolnya kita cukup menggerakkan kursor pada komponen yang tersedia. Komponen dan element yang tersedia akan di tunjukkan pada gambar berikut :



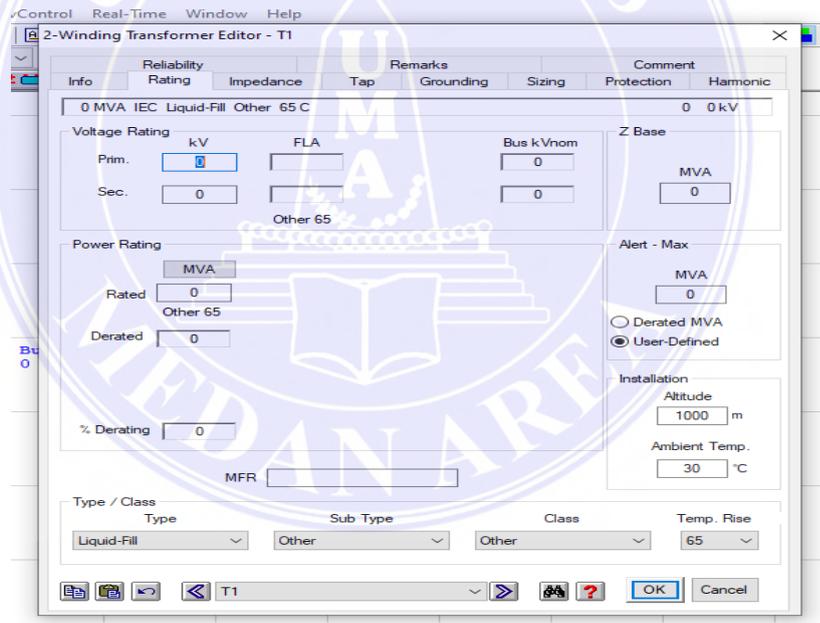
Gambar 3.7: Gambar Komponen dan Element Pada Etap 12.6

Setelah komponen kita pilih maka selanjutnya yakni memasukkan data dari komponen – komponen yang telah di pilih.

Pada saat menggambar sangat disarankan untuk tidak menghubungkan terlebih dahulu antara komponen satu dengan yang lainnya sebelum komponen sudah dimasukkan data terlebih dahulu, karena jika itu di lakukan maka Etap 12.6 akan secara otomatis mengisi data dari komponen tersebut. Contoh dari from pengisian data dan proses menggambar akan ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.8 : Contoh Sederhana *Single Line Diagram*

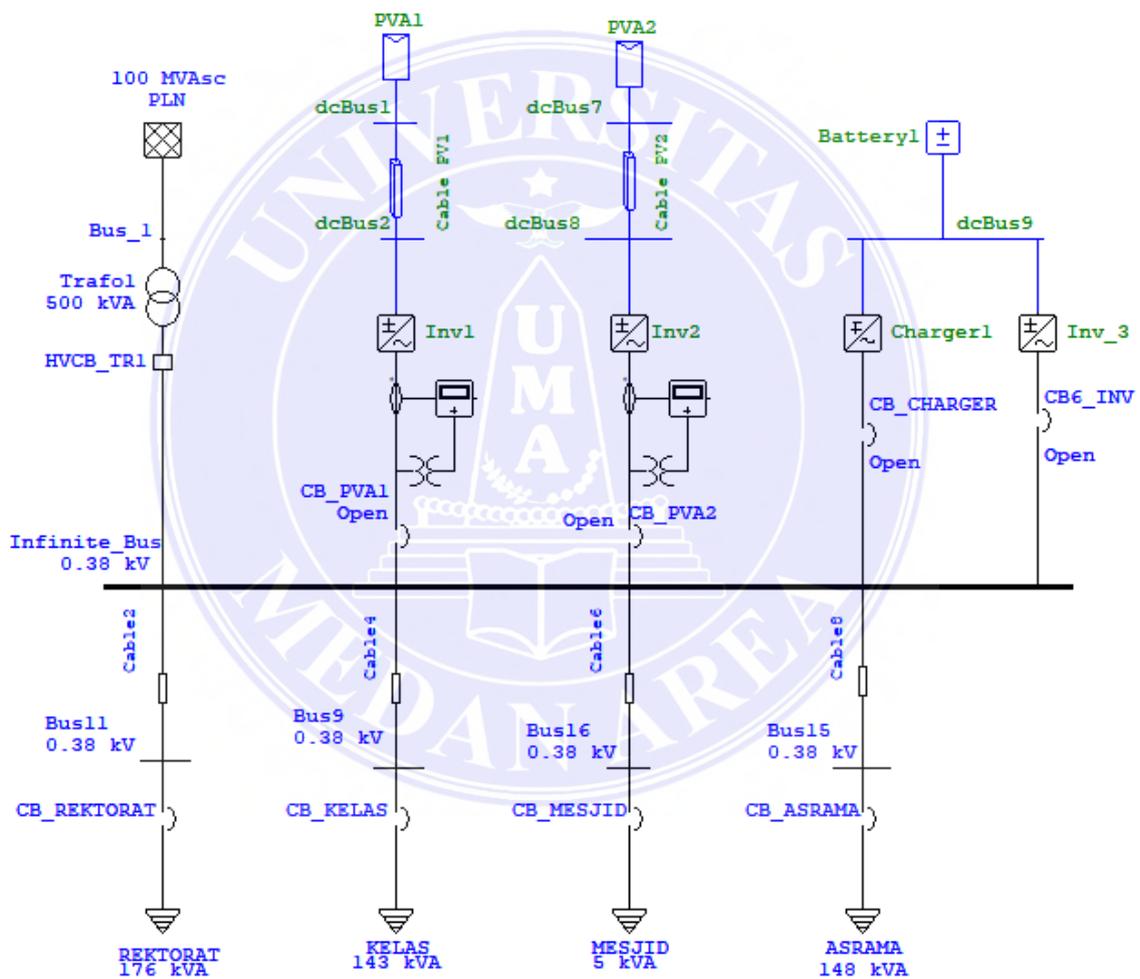


Gambar 3.9 : From Pengisian Data Tranformator

Cara memasukkan nilai/rating seluruh komponen adalah dengan menekan dua kali (2X) klik pada komponen maka from Rating akan muncul, setelah itu kita bisa memasukkan informasi dan data yang kita butuhkan.

### 3.7.2. Hasil Gambar *Single Line Diagram Smart Grid* UMA Pada Kasus 1

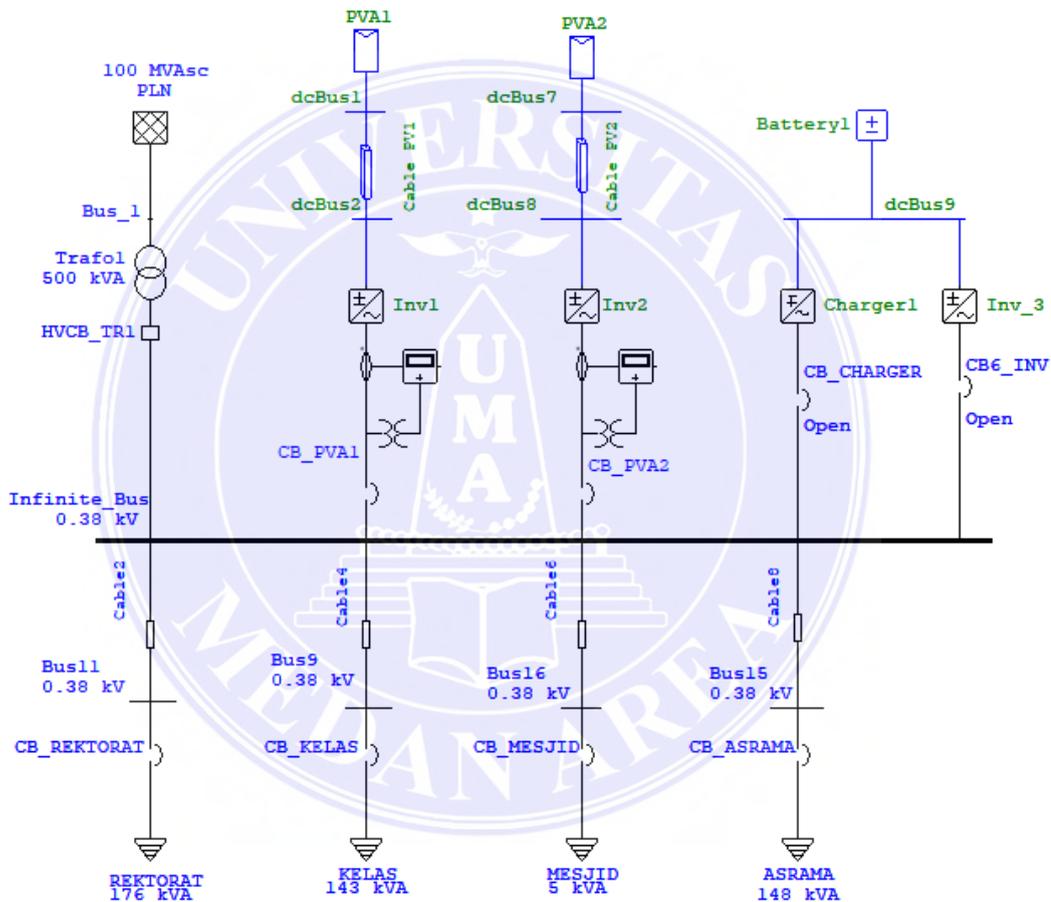
Pada kasus 1, sistem *smart grid* berkerja dengan sumber PLN melalui trafo mensuplai beban yang terdiri atas gedung Rektorat, Mesjid, Kelas dan Asrama. Sedangkan kondisi *solar cell* dan baterai dalam kondisi tidak merespon/Off. Hal ini dapat dilihat melalui gambar pada *circuit breaker* pada solar cell dan baterai dalam kondisi terbuka/*open*.



Gambar 3.10 : Hasil Gambar *Smart Grid* Pada Kasus 1 Kondisi *Solar Cell* dan Baterai Tidak Merespon/Off

### 3.7.3. Hasil Gambar Single Line Diagram Smart Grid UMA Pada Kasus 2

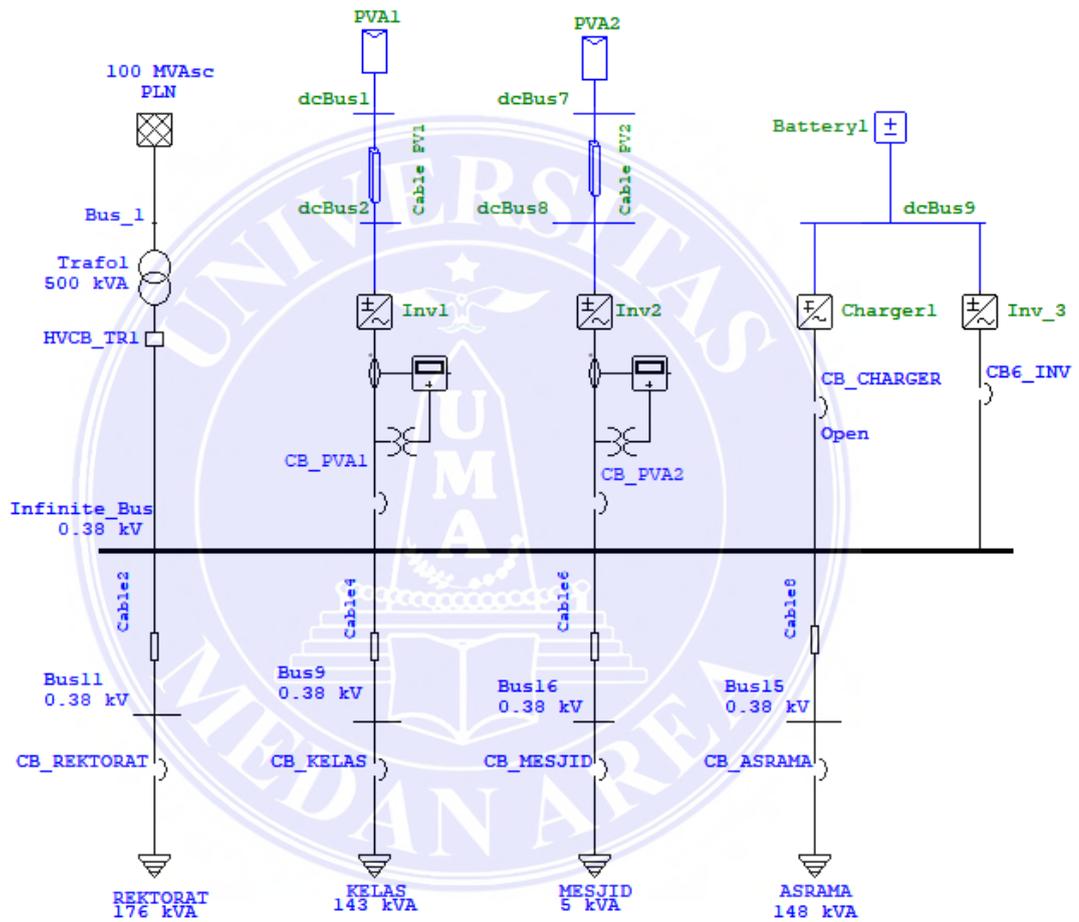
Pada kasus 2, sistem smart grid berkerja dengan keadaan sumber PLN dan *Solar Cell* menyiplai beban Gedung Rektorat, Kelas, Mesjid dan Asrama. Sedangkan batrai keadaan dalam keadaan Off atau diabaikan. Dapat dilihat pada gambar *circuit breaker* pada baterai baik inverter ataupun charger dalam kondisi terbuka/*Open*.



Gambar 3.11 : Hasil Gambar *Smart Grid* Pada Kasus 2 Kondisi Baterai Tidak Merespon/Off

**3.7.4. Hasil Gambar *Single Line Diagram Smart Grid* UMA Pada Kasus 3**

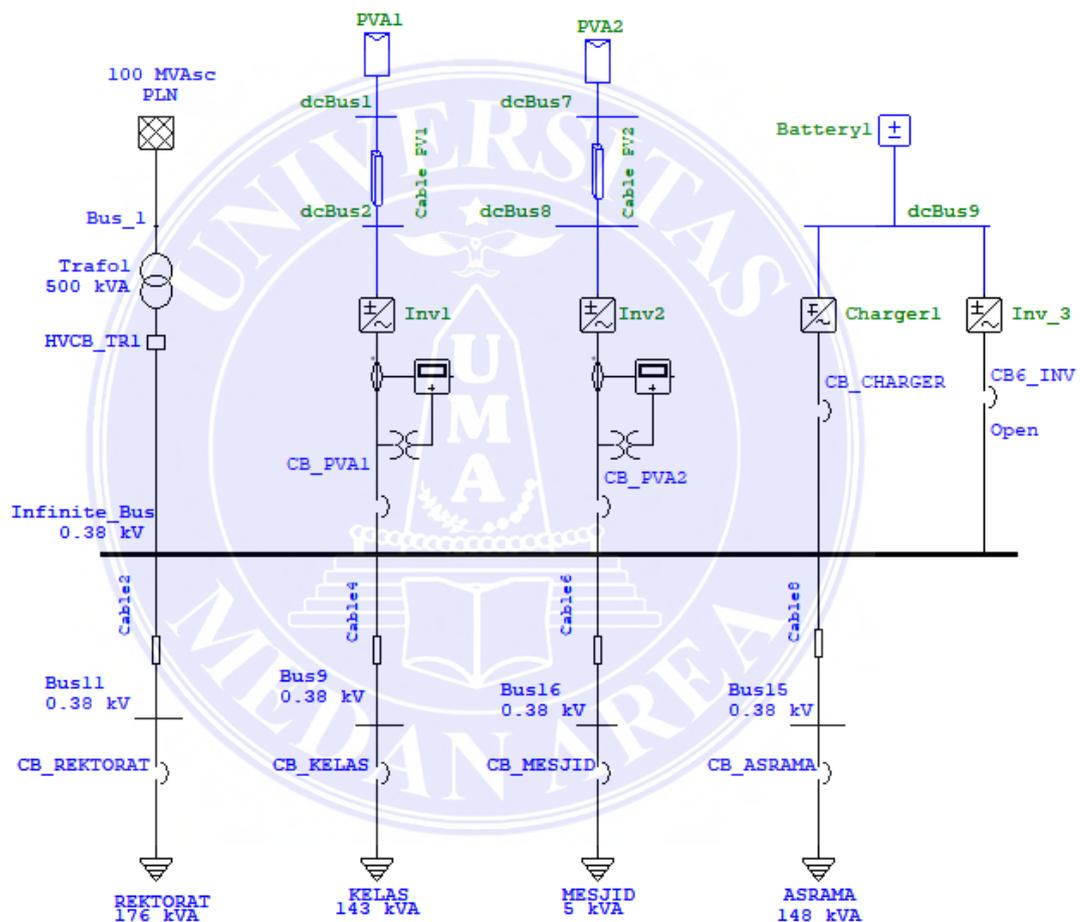
Pada kasus 3, ini sistem *smart grid* berkerja secara total menggunakan sumber energi yang diperoleh dari PLN, *Solar Cell* dan Baterai untuk menyuplai beban Gedung Rektorat, Kelas, Mesjid dan Asrama. Dapat dilihat melalui gambar bahwa *circuit breaker* pada sisi inverter dalam keadaan tertutup/*Close*.



Gambar 3.12 : Hasil Gambar *Smart Grid* Pada Kasus 3 Kondisi Baterai Sebagai Sumber

### 3.7.5. Hasil Gambar Single Line Diagram Smart Grid UMA Pada Kasus 4

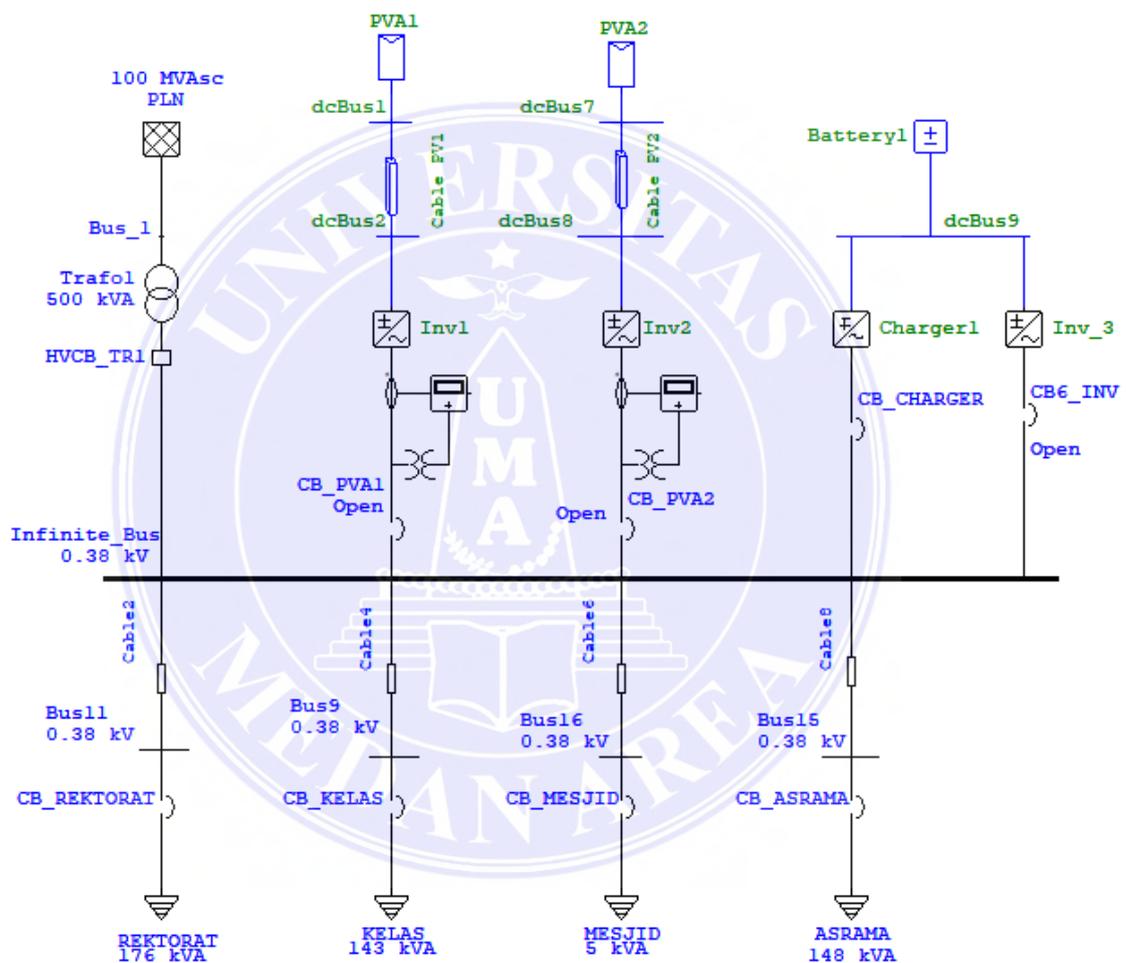
Pada kasus 4 ini sistem *smart grid* berkerja dengan sumber energi yang diperoleh dari PLN dan *Solar cell* untuk mensuplai beban gedung Rektorat, Kelas, Mesjid, Asrama dan Baterai. Dengan kata lain baterai berkerja sebagai beban ketika melakukan pengisian. Hal ini dapat kita lihat pada gambar bahwa circuit breker pada charger dalam kondisi tertutup/*Close*.



Gambar 3.13 : Hasil Gambar *Smart Grid* pada Kasus 4 Kondisi Baterai Sebagai Beban

### 3.7.6. Hasil Gambar Single Line Diagram Smart Grid UMA Pada Kasus 5

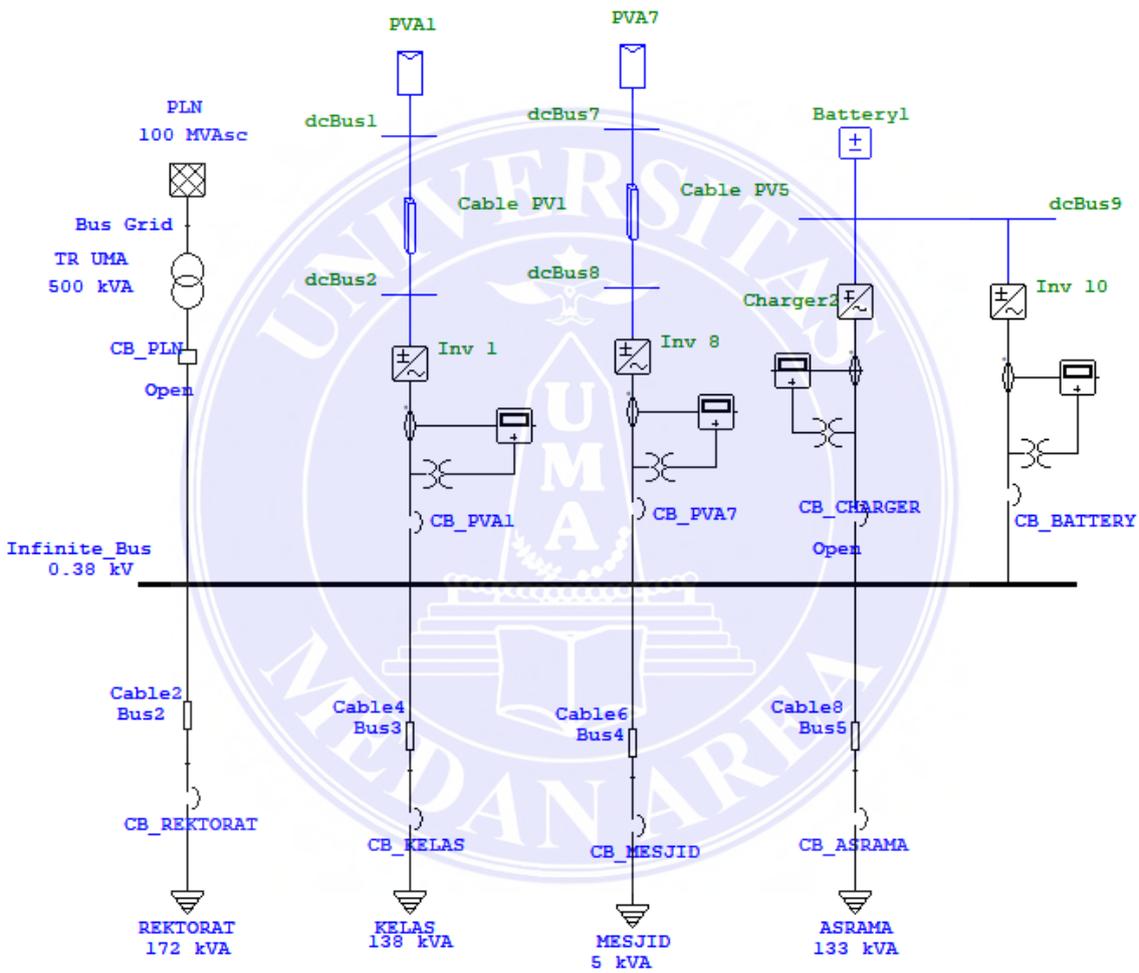
Pada kasus 5 ini sistem berkerja energi disuplai dari PLN mensuplai seluruh beban Gedung Rektorat, Kelas, Mesjid, Asrama dan Baterai. Kondisi ini adalah kondisi dimana baterai melakukan pengisian daya pada sistem *smart grid solar cell* dalam keadaan Off.



Gambar 3.14 : Hasil Gambar Smart Grid Pada Kasus 5

### 3.7.7. Hasil Gambar Single Line Diagram Smart Grid UMA Pada Kasus 6

Pada kasus 6 ini sistem berkerja energi disuplai dari *solar cell* dan baterai mensuplai seluruh beban yang terdiri atas Gedung Rektorat, Kelas, Mesjid, dan asrama. Sedangkan suplai tegangan dari PLN dalam kondisi Off ditandai pada circuit breaker pada trafo dalam keadaan open (terbuka).



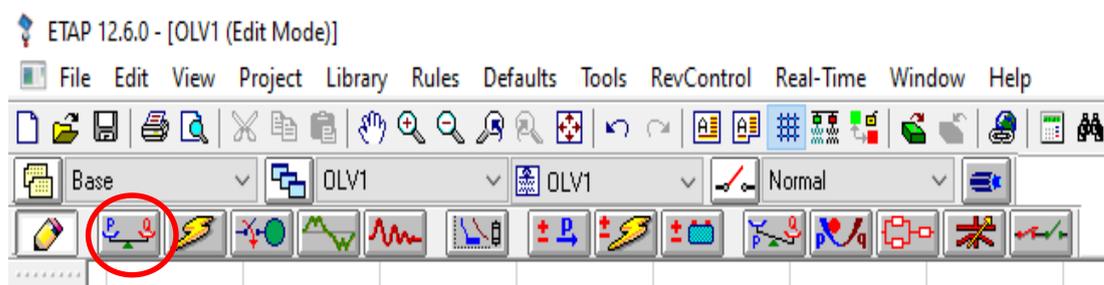
Gambar 3.15 : Hasil Gambar *Smart Grid* Pada Kasus 6

### 3.8. Simulasi Aliran Daya dan Kestabilan *Transient*

Simulasi yang dilakukan adalah simulasi Aliran daya (*Load Flow*) dan kestabilan *transient* (*Transient Stability*) yang tersedia pada Software Etap 12.6. pada simulasi ini pengguna juga dapat menentukan hasil simulasi diperoleh dari metode yang di inginkan. Pada Etap 12.6 sendiri mempunyai metode *Gaus Seidel*, *Newton Raphson* dan *Fast Duocople* untuk analisis aliran daya.

#### 3.8.1. Langkah – Langkah Menjalankan Simulasi Analisa Aliran Daya (*Load Flow Analysis*) dan Analisa Kestabilan Transient (*Transient Stability Analysis*)

Langkah pertama, setelah seluruh komponen di masukkan/digambar dan data setiap komponen terisi. Maka kita sudah dapat menjalankan Analisis *Load Flow* dan *Analisis Transient*. Untuk analisis *load flow* kita dapat mengklik menu *Bar Load Flow* yang berada pada sisi kiri atas dan secara otomatis hasil dari analisis akan muncul pada setiap bus. Hasil analisis juga kita agar ditampilkan sesuai dengan kebutuhan kita, seperti data hasil tegangan, daya aktif, daya reaktif, arus. Adapun menu *load flow* akan di tunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 3.16 : Menu *Load Flow* Pada Menu Bar

Langkah kedua, setelah *load flow* dijalankan dan tidak ada error maka dapat pula kita jalankan analisis kestabilan *transient* pada jaringan. Dengan memilih menu transiet pada menu bar.

Setelah menu bar di pilih maka kita terlebih dahulu membuat *event transient* dari sistem yang kita buat. Dengan cara memilih *edit study case* lalu memasukkan skema event transient yang akan kita jalankan. Adapun menu kestabilan *transient* tersebut dapat kita lihat pada gambar berikut :



Gambar 3.17 : Menu Analisis Kestabilan *Transient* Etap 12.6



Gambar 3.18 : Menu *Edit Study Case Transient*

Setelah membuat event pada menu *edit study case* maka bisa dilakukan run stabilitas *transient*, setelah itu jika kita ingin menampilkan plot dari respon tegangan dan frekuensi kita dapat memilih *transient stability plot* pada bagian

bawah yang berada pada sisi sebelah kanan pada menu Etap 12.6. Berikut simbol *Run Analysis Transient Stability* :



Gambar 3.19 : Simbol Run Stability Transient dan Plot Transiet Stability

*Plot Transiet Stability* akan bisa di gunakan ketika *run trasnisent stability* berjalan dengan baik atau sudah tidak ada error.

### 3.9. Jadwal Penelitian

Jadwal penelitian dapat dirincikan sebagai berikut :

Tabel 3.5 : Rincian Kegiatan Penelitian

NO	Kegiatan	Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	■	■										
2	Mempersiapkan Komputer dengan software Etap 12.6			■									
3	Survei dan Pengambilan Data Lapangan				■								
4	Menggambar <i>Single Line Diagram</i> menggunakan Etap 12.6					■							
5	Simulasi Aliran Daya dan Kestabilan Transient						■						
6	Analisa Hasil							■	■	■	■		
7	Penulisan Laporan											■	■

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis kestabilan aliran daya pada jaringan *smart grid* yang di lakukan dari tugas akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpula di antaranya :

1. Pada kasus 3 adalah kondisi penurunan kerja trafo tertinggi sebesar 11 kW daya aktif dan penurunan arus sebesar 19,7 Amp. Sedangkan pada kasus 5 adalah kondisi yang tidak di sarankan karena pada kasus ini trafo menjadi *overload (marginal)* disebabkan oleh solar cell tidak merespon dan terjadi penambahan beban akibat dari pegisian daya baterai sebesar 3 kW dan menyerap arus sebesar 4,8 Amp. Dan kasus 6 tidak dapat di lakukan karena suplay tidak mampu memenuhi kebutuhan beban, hal ini di tandai pada simulasi yakni inverter berkerja melewati batas kemampuannya (*critical*).
2. Pada analisis kestabilan tegangan didapat hasil pada kasus 1, 2, 3, 4, dan 5 melalui Infinite Bus tegangan tertinggi dari ke 5 kasus yang di bahas yakni 376,4 Volt dan tegangan yang terendah 375.9 volt dimana nilai tegangan ini berdasarkan standart kestabilan tegangan yang di tetapkan oleh PLN yakni tegangan +5%, dan -10% dari nominal tegangan 380 Volt maka secara keseluruhan tegangan masih dalam kategori stabil, sedangkan pada kasus 6 terjadi penurunan tegangan menjadi 15 Volt dimana besar tegangan ini melewati batas tolansi dari PLN – 10% (tidak stabil) dan

frekuensi pada kasus 1, 2, 3, 4, dan 5 kasus yang di bahas konsisten berkerja di 50 Hz maka frekuensi juga dalam kategori stabil, sedangkan pada kasus 6 frekuensi tidak stabil yaitu frekuensi berkerja di 2 Hz (4%). Maka jaringan *smart grid* UMA tidak dapat dikatakan stabil dikarenakan cadangan suplai yang terdiri dari *reneweble enegri* belum mampu menyuplai beban ketika PLN yang menyuplai ke UMA padam (Off).

## 5.2. SARAN

Adapun beberapa saran akan di uraikan sebagai berikut :

1. Analisis ini merupakan simulasi menggunakan Software Etap 12.6 yang pembahasannya meliputi aliran daya dan transient. Artinya dengan menggunakan Etap masih banyak yang bisa di lakukan simulasi seperti *short circuit*, *relay cordination*, *load forecasting*, *load shedding* dan *online monitoring* guna menunjang kehandalan sistem jaringan dan menjadi topic kajian ilmiah selanjutnya.
2. Diharapkan kedepanya untuk mahasiswa Universitas Medan Area khususnya mahasiswa jurusan teknik elektro untuk lebih giat mempelajari alat bantu software sehingga dapat menjadi nilai tambah dan dapat mempermudah dalam membuat tugas akhir.

## DAFTAR PUSTAKA

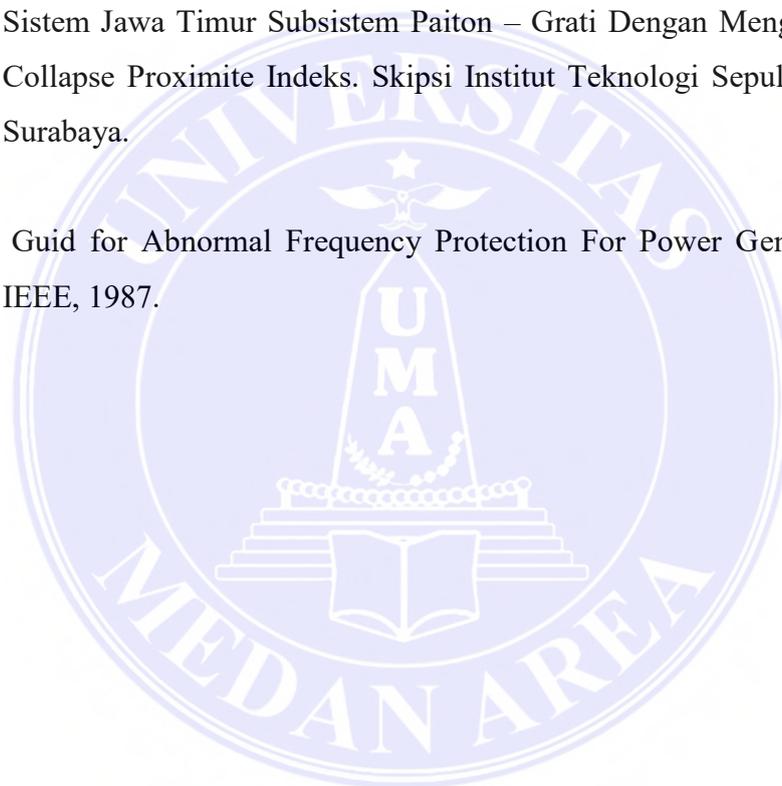
- Arbi, S. 2017. Analisis Stabilitas Tegangan dan Frekuensi Pada Microgrid AC Terhubung DG Pada Mode Grid Connected Dan Islanding. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Baghazta, A.A., Pujiantra, M., dan Fahmi, D. 2017. Analisis Kestabilan Transient Dan Mekanisme Pelepasan Beban Di PT. Pusri Akibat Penambahan Generator Dan Penambahan Beban. Jurnal Teknik ITS. Vol. 6, No, 1. ISSN:2337-3539.
- Efendi, J. 2018. Analisis Aliran Beban Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pusat Penampung Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field CEPU Menggunakan Software Etap 12.6. Skripsi Universitas Muhamadian Surabaya.
- Filiana, F. 2017. Analisis Kestabilan Transient Untuk Sistem Smart Grid Berdasarkan Metode Lintasan Kritis Yang Mempertimbangkan Algoritma Persamaan Simultan. Tesis Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Kulkarni, S. and Sontake, S. 2017. Power System Anlasis Of Microgrid Using ETAP. International Jurnal of Innovative Science and Modren Engginering (IJISME). ISSN: 2319-6386, Volume-X, Issue-X.
- Niagara, A.G. dan Primadiyono. Y. 2015. Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAB Power Station 4.0. Jurnal Teknik Elektro, Vol. 7 No 1.

Rahmat, B. A. 2014. Analisis Minimalisasi Rugi Jaringan Pada Desain Smartgrid Menggunakan Pembangkitan Tersebar. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November.

Syrifah, M.P and Dina. M. 2020. The changes of Smart Grid System Optimization Based on Accumulation of Alternative Energy, International Journal of Renewable Energi and Engginaring Research, Vol 1, No 3 (2020) 36-41.

Sugiyanto. 2017. Studi Analisa Kestabilan Tegangan Pada Saluran Transmisi Sistem Jawa Timur Subsystem Paiton – Grati Dengan Menggunakan Line Collapse Proximate Indeks. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

“IEEE Guid for Abnormal Frequency Protection For Power Generating Plant”  
IEEE, 1987.



LAMPIRAN

1. Data Hasil Simulasi Load Flow Kasus 1

**ETAP**  
12.6.091

Project: Latihan Menggambar 1  
Location: Universitas Medan Area  
Contract: 10112021  
Engineer: ARL  
Filename: Simulasi KI

Page: 7  
Date: 13-01-2022  
SN:  
Revision: Base  
Config: case 1

Study Case: LF

**LOAD FLOW REPORT**

Bus		Voltage		Generation		Load		Load Flow				XFMR
ID	KV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
*Bus Grid	20,000	100,000	0.0	0.448	0.159	0	0	0.448	0.159	13.7	94.2	
Bus2	0.380	98.211	-1.4	0	0	0.161	0.053	-0.161	-0.053	262.6	95.0	
Bus3	0.380	98.452	-1.4	0	0	0.132	0.043	-0.132	-0.043	213.9	95.0	
Bus4	0.380	99.368	-1.3	0	0	0.005	0.002	-0.005	-0.002	7.5	95.0	
Bus5	0.380	98.398	-1.4	0	0	0.136	0.045	-0.136	-0.045	221.3	95.0	
Infinite_Bus	0.380	99.402	-1.3	0	0	0	0	0	0	705.3	95.0	2.500

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA



3. Data Hasil Simulasi Load Flow Kasus 3

LOAD FLOW REPORT														
Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow		XFMR			
ID	KV	% Mvlg	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap
* Bus Grid	20,000	100,000	0,0	0,437	0,153	0	0	0	0	0,437	0,153	13,4	94,4	
Bus2	0,380	98,305	-1,3	0	0	0,162	0,053	Infinite_Bus	Infinite_Bus	-0,162	-0,053	262,9	95,0	
Bus3	0,380	98,526	-1,3	0	0	0,132	0,043	Infinite_Bus	Infinite_Bus	-0,132	-0,043	214,1	95,0	
Bus4	0,380	99,463	-1,3	0	0	0,005	0,002	Infinite_Bus	Infinite_Bus	-0,005	-0,002	7,6	95,0	
Bus5	0,380	98,493	-1,3	0	0	0,136	0,045	Infinite_Bus	Infinite_Bus	-0,136	-0,045	221,5	95,0	
Infinite_Bus	0,380	99,497	-1,3	0,012	0,006	0	0	0	0	0,164	0,054	262,9	95,0	
								Bus2	0					
								Bus3	0,133	0,044	214,1	95,0		
								Bus4	0,005	0,002	7,6	95,0		
								Bus5	0,138	0,045	221,5	95,0		
								Bus Grid	-0,437	-0,139	685,8	95,1	2,500	

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

ETAP 12.6.0H  
Study Case: LF  
Page: 1  
Date: 13-01-2022  
Revision: Base  
Config.: case 3

4. Data Hasil Load Flow Pada Kasus 4

**ETAP**  
12.0.0H

Page: 1  
Date: 31-07-2022  
SN:  
Revision: Base  
Config: case 4

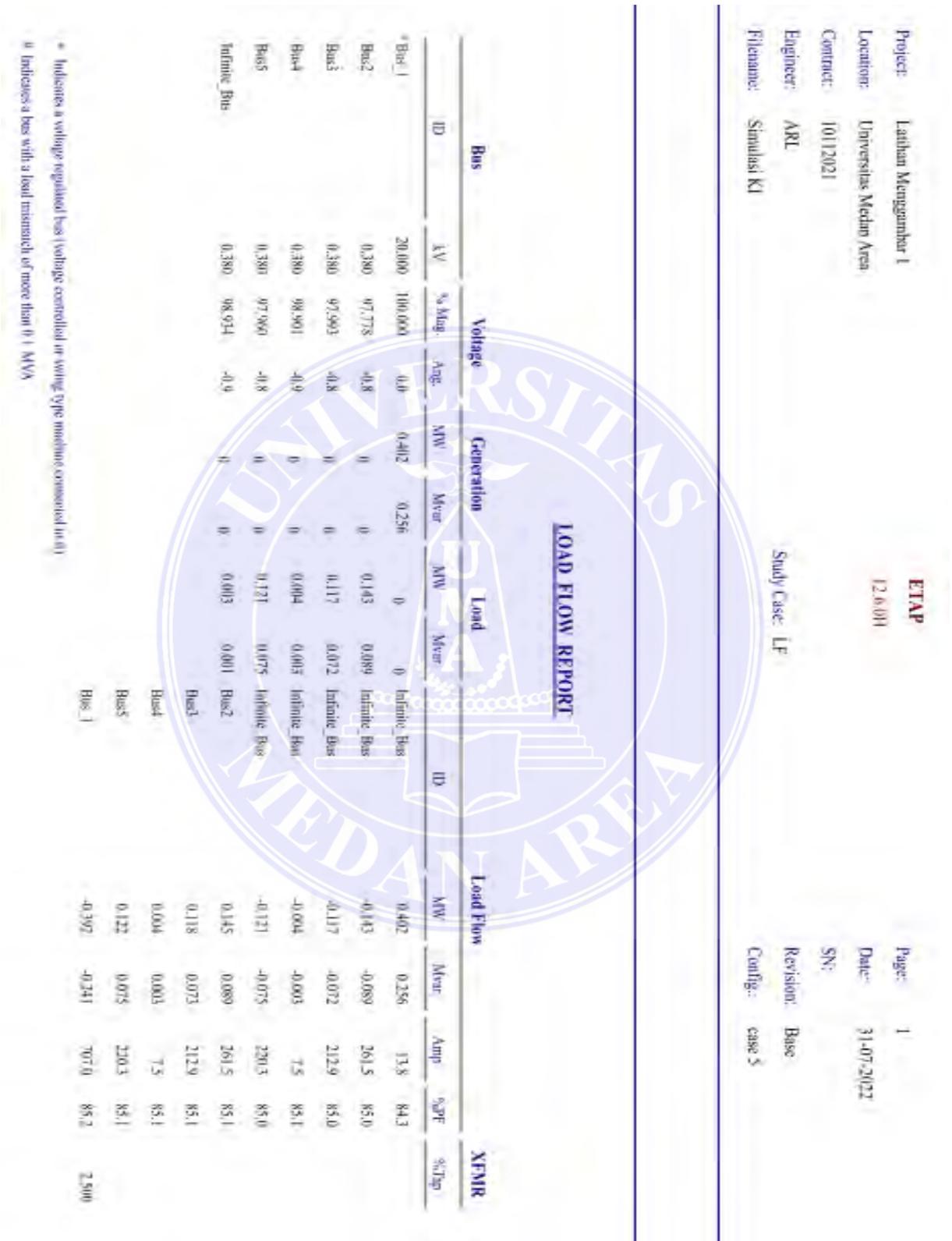
Project: Latihan Menggambar I  
Location: Universitas Medan Area  
Contract: 10112021  
Engineer: ARL  
Filename: Simulasi KI

Study Case: LF

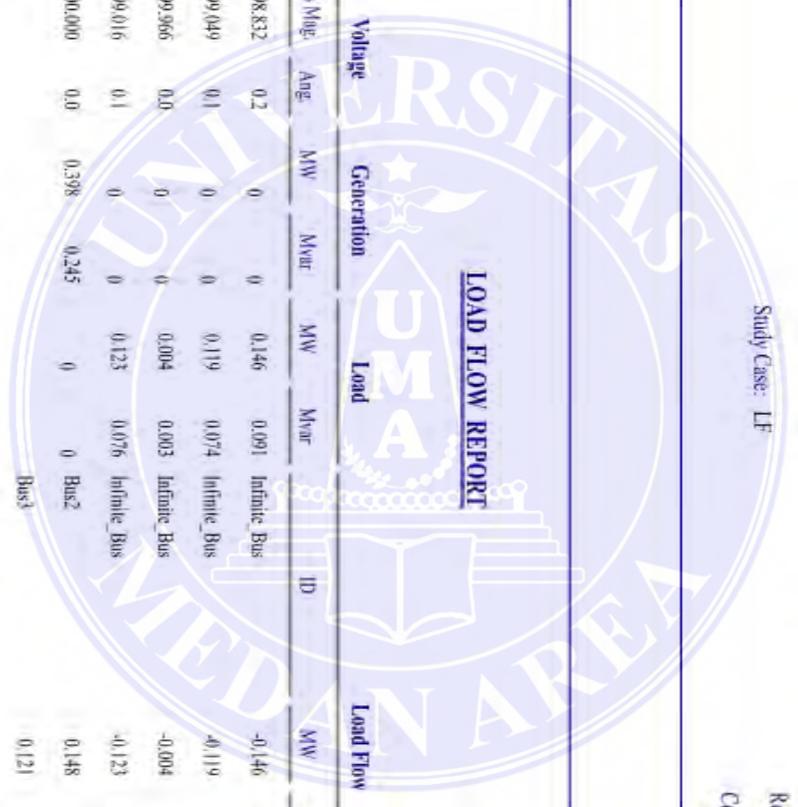
Bus		Voltage			Generation		Load		Load Flow			XFMR			
ID	kV	%Mag	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	Amp	%PF	%Tap			
Bus_1	20.000	100.000	0.0	0.393	0.252	0	0	Infinite_Bus	0	Infinite_Bus	0.393	0.252	11.5	84.2	2.500
Bus2	0.380	97.548	-0.7	0	0	0.143	0.089	Infinite_Bus	-0.143	-0.089	261.6	85.0			
Bus3	0.380	98.063	-0.8	0	0	0.117	0.072	Infinite_Bus	-0.117	-0.072	213.1	85.0			
Bus4	0.380	98.972	-0.9	0	0	0.004	0.003	Infinite_Bus	-0.004	-0.003	7.5	85.0			
Bus5	0.380	98.011	-0.8	0	0	0.121	0.075	Infinite_Bus	-0.121	-0.075	220.4	84.0			
Infinite_Bus	0.380	99.005	-0.9	0.009	0.004	0.003	0.001	Bus2	0.145	0.089	261.6	85.1			
								Bus3	0.118	0.073	213.1	85.1			
								Bus4	0.004	0.003	7.5	85.1			
								Bus5	0.122	0.075	220.4	84.1			
								Bus_1	-0.384	-0.237	692.2	83.0			

\* Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)  
 @ Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

5. Data Hasil Load Flow Pada Kasus 5



6. Data Hasil Load Flow Pada Kasus 6



### LOAD FLOW REPORT

**Project:** Latihan Menggambar I  
**Location:** Universitas Medan Area  
**Contract:** 10112021  
**Engineer:** ARL  
**Filename:** Simulasi KI

**ETAP**  
12.6.0H

**Page:** 1  
**Date:** 31-07-2022  
**SN:**  
**Revision:** Base  
**Config:** case 6

Study Case: LF

Bus				Voltage				Generation				Load				Load Flow				XFMR	
ID	kV	% Misp	Ang	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	MW	Mvar	ID	MW	Mvar	Amp	%Pf	%Tap				
Bus2	0.380	98.832	0.2	0	0	0.146	0.091	Infinite_Bus				Bus2	-0.146	-0.091	264.3	85.0					
Bus3	0.380	99.049	0.1	0	0	0.119	0.074	Infinite_Bus				Bus3	-0.119	-0.074	215.2	85.0					
Bus4	0.380	99.966	0.0	0	0	0.004	0.003	Infinite_Bus				Bus4	-0.004	-0.003	7.6	85.0					
Bus5	0.380	99.016	0.1	0	0	0.123	0.076	Infinite_Bus				Bus5	-0.123	-0.076	222.6	85.0					
* Infinite_Bus	0.380	100.000	0.0	0.398	0.245	0	0	Bus2	0.148	0.091	264.3	85.1									
								Bus3	0.121	0.074	215.2	85.1									
								Bus4	0.004	0.003	7.6	85.0									
								Bus5	-0.125	0.077	222.6	85.1									

◆ Indicates a voltage regulated bus (voltage controlled or swing type machine connected to it)

# Indicates a bus with a load mismatch of more than 0.1 MVA

Active MW