

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Februari s.d. September 2014 dan bertempat di Laboratorium Sistem Tenaga Listrik Universitas Lampung. Sedangkan, pengambilan data direncanakan akan dilakukan di PT PLN (Persero).

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk membantu pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Satu buah Laptop/PC
2. Software Matlab
3. Data dari PT PLN (Persero)

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

3.3.1. Mengidentifikasi Masalah

Di tahap ini penulis mengidentifikasi permasalahan yang terdapat di sistem tenaga listrik. Dalam tugas akhir ini penulis mengangkat permasalahan tentang stabilitas tegangan di sistem tenaga listrik wilayah Lampung.

3.3.2. Studi Literatur

Ini merupakan tahapan dimana penulis mengumpulkan dan mempelajari tentang stabilitas sistem tenaga listrik dan eksponen Lyapunov maksimum. Selanjutnya literatur – literatur tersebut digunakan untuk dasar dalam mengerjakan tugas akhir ini.

3.3.3. Pengumpulan Data

Langkah selanjutnya yang dilakukan penulis adalah mengumpulkan data – data yang diperlukan dalam penulisan tugas akhir ini. Data – data yang dikumpulkan berasal dari PT PLN (Persero). Data yang dikumpulkan tersebut adalah:

1. Data Jaringan Listrik Wilayah Lampung
2. Data Spesifikasi Generator
3. Data Beban

3.3.4. Simulasi Pengukuran Tegangan Dinamis di Sistem Tenaga Listrik Lampung

Penelitian tahap berikutnya berlanjut ke proses simulasi. Data – data yang telah terkumpul sebelumnya dilakukan perhitungan stabilitas

tegangan dengan menggunakan program Matlab. Langkah – langkah perhitungan:

1. Melakukan pemodelan Sistem Tenaga Listrik (STL) Lampung dan memasukkan data.

Dalam melakukan simulasi ini dilakukan pemodelan jaringan, beban, dan generator di STL Lampung. Jaringan tenaga listrik dimodelkan dalam jenis bus, penomoran bus, resistansi saluran, impedansi saluran, dan suseptansi. Beban dimodelkan dalam pengukuran daya maksimum yang dalam satu hari. Sedangkan, generator dimodelkan dalam kapasitas generator, resistansi generator, dan kondisi eksitasi generator.

Sistem tenaga listrik Lampung terdiri dari 24 bus dengan rincian 9 buah bus generator dan 15 bus beban. Salah satu bus generator dijadikan bus referensi. Tabel 3.1 merupakan rincian dari bus di sistem tenaga listrik Lampung untuk penelitian ini.

Tabel 3.1. Jenis Bus di Sistem Tenaga Listrik Lampung pada Simulasi

No	Nama Bus	Jenis Bus
1	GI New Tarahan	Bus Generator
2	GI Sebalang	Bus Generator
3	GI Tarahan	Bus Generator
4	GI Teluk Betung	Bus Generator
5	GI Tegineneng	Bus Generator
6	GI Besai	Bus Generator
7	GI Batutegi	Bus Generator
8	GI Ulubelu	Bus Generator
9	GI Bukit Asam	Bus Referensi
10	GI Kalianda	Bus Beban
11	GI Sutami	Bus Beban

12	GI Sukarame	Bus Beban
13	GI Sribawono	Bus Beban
14	GI Natar	Bus Beban
15	GI Metro	Bus Beban
16	GI Seputih Banyak	Bus Beban
17	GI Pagelaran	Bus Beban
18	GI Adijaya	Bus Beban
19	GI Kotabumi	Bus Beban
20	GI Gumawang	Bus Beban
21	GI Menggala	Bus Beban
22	GI Bukit Kemuning	Bus Beban
23	GI Blambangan Umpu	Bus Beban
24	GI Baturaja	Bus Beban

Pada sistem dalam simulasi digunakan 3 jenis bus, yaitu bus referensi, bus generator, dan bus beban. Gardu Induk (GI) New Tarahan, GI Tarahan, Teluk Betung, Tegineneng, Sebalang, Ulubelu, Besai, dan Batutegi sebagai bus generator. Sedangkan, yang lainnya sebagai bus beban. Sistem tenaga listrik Wilyah Lampung menggunakan interkoneksi dengan Sumatera Selatan dan terhubung pada GI Bukit Asam. GI ini menyuplai daya ke Lampung sehingga diikutsertakan dalam penelitian. Daya yang dikirim dari GI Bukit Asam dianggap tetap dan dijadikan sebagai bus referensi.

2. Melakukan simulasi pengukuran tegangan dinamis.

Pada tahapan ini tegangan dinamis STL Lampung diukur pada selama 5 detik dengan memberikan gangguan pada sistem. Gangguan yang diberikan, yaitu gangguan tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, antarfasa, putus saluran, dan lepas beban. Dalam setiap simulasi pengukuran tegangan hanya diberikan satu jenis

gangguan sehingga akan didapatkan enam hasil pengukuran tegangan dinamis selama 5 detik.

3. Melakukan perhitungan stabilitas tegangan dinamis dengan eksponen Lyapunov maksimum

Untuk dapat mengetahui stabilitas tegangan di STL Lampung digunakan suatu metode yang bernama Eksponensial Lyapunov Maksimum untuk data urutan waktu. Data urutan waktu ini digunakan karena tegangan pada STL Lampung adalah tegangan yang selalu berubah terhadap waktu. Stabilitas tegangan akan tercipta apabila nilai dari eksponen Lyapunov maksimum kurang dari nol ($\lambda < 0$).

3.3.5. Stabilitas Tegangan dengan Eksponen Lyapunov Maksimum

Data pengukuran tegangan dinamis dari hasil simulasi yang didapatkan digunakan sebagai acuan untuk melakukan analisis stabilitas tegangan. Pada simulasi ini stabilitas tegangan diamati dengan menggunakan eksponen Lyapunov maksimum.

Data tegangan berdasarkan urutan waktu yang diperoleh dari perhitungan simulasi aliran daya akan diuji stabilitas tegangannya dengan menggunakan eksponensial Lyapunov maksimum. Data perubahan tegangan yang digunakan dibagi ke dalam beberapa kelas. Setiap kelas memiliki jumlah sampel data yang sama. Waktu pengujian yang digunakan adalah lima menit.

Selanjutnya dihitung lambda dari persamaan eksponensial Lyapunov untuk data urutan waktu. Di persamaan tersebut digunakan jumlah waktu uji pada 2 kelas. Selanjutnya, perbandingan antara panjang vektor

tegangan pada kelas ke $n+1$ terhadap kelas ke n akan dicari logaritma naturalnya. Dengan demikian, maka didapat nilai eksponensial Lyapunovnya. Stabilitas tegangan di sistem tenaga listrik Wilayah Lampung dianalisis dengan hasil eksponensial Lyapunov maksimum, dimana stabilitas tegangan tercipta saat $\lambda < 0$.

Persamaan yang digunakan dalam analisis stabilitas tegangan dengan eksponensial Lyapunov maksimum adalah sebagai berikut:

$$\lambda(k\Delta t) = \frac{1}{Nk\Delta t} \sum_{m=1}^N \ln \frac{|V_{(k+m+1)\Delta t}^i - V_{(k+m)\Delta t}^i|}{|V_{(m+1)\Delta t}^i - V_{m\Delta t}^i|} \dots\dots\dots (3.1)$$

Langkah – langkah dalam merumuskan stabilitas tegangan dengan Eksponensial Lyapunov adalah sebagai berikut:

1. Menentukan panjang data sampel tegangan dan selisih waktu.

Dalam tahapan ini ditentukan panjang data sampel tegangan. Selanjutnya data sampel tegangan saat waktu ke $t = 1$ dibandingkan waktu ke $t = 0$ dan dihitung dengan persamaan Eksponensial Lyapunov di atas.

2. Menghitung pembilang pada elemen di dalam logaritma natural dengan persamaan

$$pembilang = |V_{(k+m+1)\Delta t}^i - V_{(k+m)\Delta t}^i|$$

3. Menghitung penyebut pada elemen di dalam logaritma natural dengan persamaan

$$penyebut = |V_{(m+1)\Delta t}^i - V_{m\Delta t}^i|$$

4. Mendefinikan pembilang dan penyebut jika hasilnya bernilai nol:

- Jika pembilang sama dengan nol dan penyebut sama dengan nol, maka pembilang pengganti sama dengan 0,00001 dan penyebut pengganti sama dengan 0,00001
- Jika pembilang sama dengan nol dan penyebut lebih besar dari nol, maka pembilang pengganti sama dengan 0,00001
- Jika pembilang lebih besar dari nol dan penyebut sama dengan nol, maka penyebut pengganti sama dengan 0,00001

5. Menghitung nilai lambda sesuai dengan persamaan

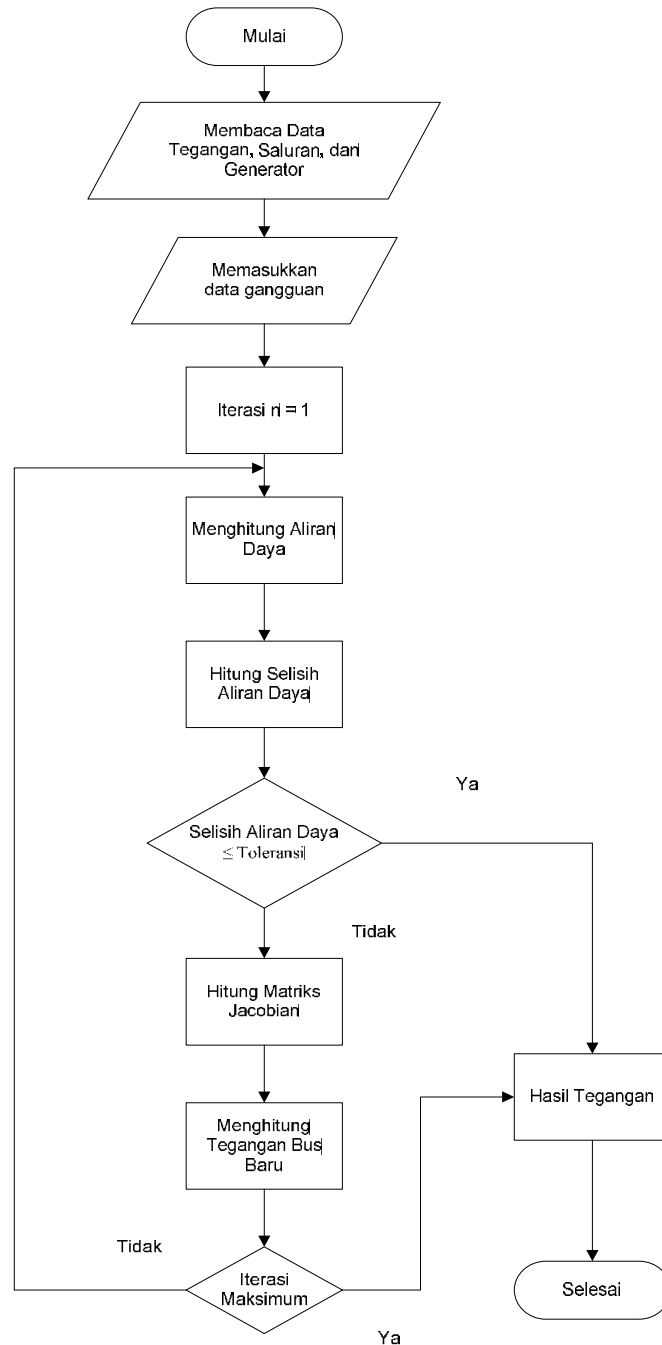
$$\lambda(k\Delta t) = \frac{1}{Nk\Delta t} \sum_{m=1}^N \ln \frac{|V_{(k+m+1)\Delta t}^i - V_{(k+m)\Delta t}^i|}{|V_{(m+1)\Delta t}^i - V_{m\Delta t}^i|}$$

3.3.6. Analisa

Langkah berikut adalah tahapan terakhir dalam tugas akhir ini. Dari hasil simulasi akan didapatkan hasil monitoring stabilitas tegangan di sistem tenaga Lampung. Setelah didapatkan hasil eksponen Lyapunov maksimum (λ), maka stabilitas tegangan pada sistem tenaga listrik Lampung dapat diamati. Nilai eksponen Lyapunov maksimum yang kurang dari nol ($\lambda < 0$) menunjukkan bahwa sistem stabil.

3.4. Diagram Alir Simulasi Pengukuran Tegangan Dinamis

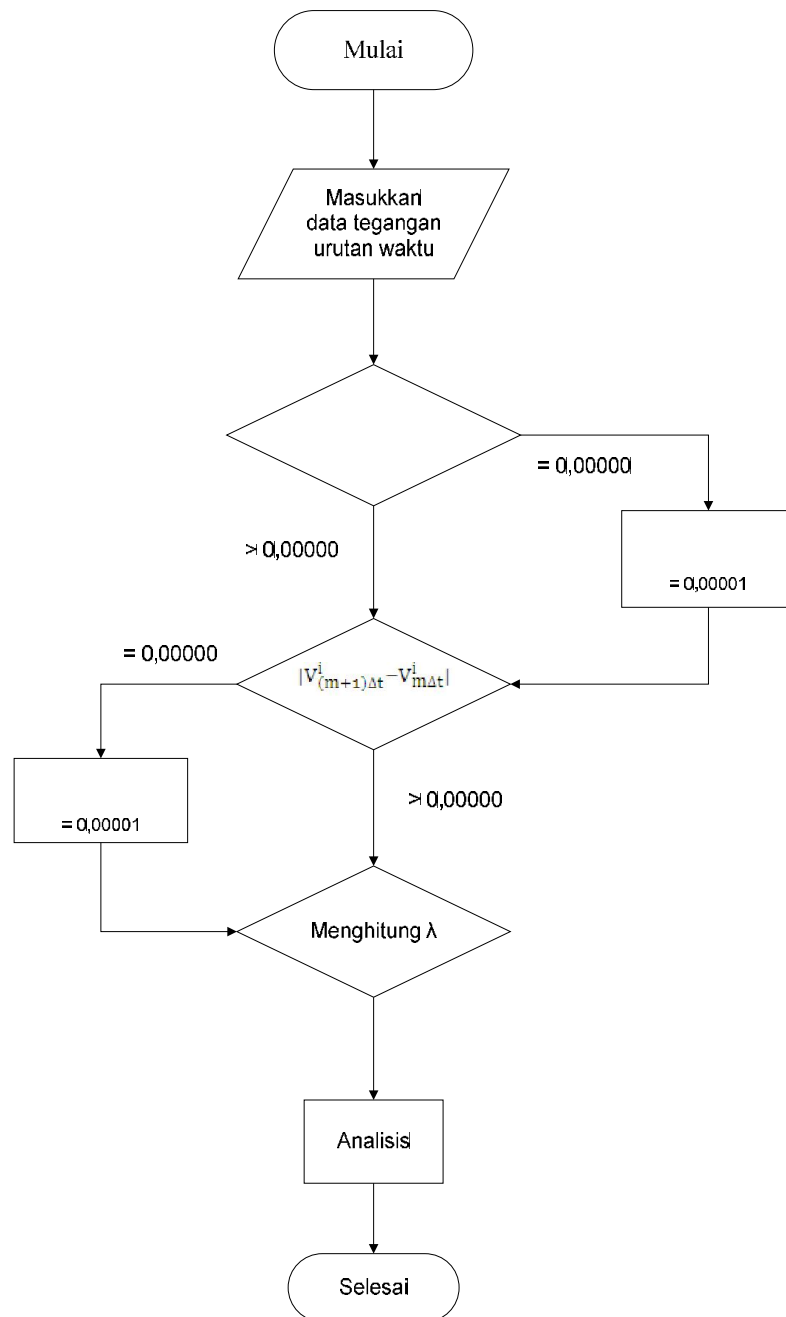
Berikut merupakan diagram alir dari simulasi pengukuran tegangan dinamis sistem tenaga Wilayah Lampung:



Gambar 3.1. Diagram Alir Simulasi Pengukuran Tegangan

3.5. Diagram Alir Program Stabilitas Tegangan

Berikut merupakan diagram alir program tentang stabilitas tegangan di sistem tenaga Wilayah Lampung dengan eksponensial Lyapunov maksimum:



Gambar 3.2. Diagram Alir Program Stabilitas Tegangan dengan Eksponensial Lyapunov Maksimum