

**“ANALISA KONTINGENSI SISTEM TENAGA LISTRIK SUMATERA
BARAT 150 KV BERBASIS METODE ALIRAN BEBAN NEWTON
RAPHSON”**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

RIO GATRA RAHMENDRA

NPM : 1910017111006



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS BUNG HATTA

PADANG

2023

UNIVERSITAS BUNG HATTA

**ANALISA KONTINGENSI SISTEM TENAGA LISTRIK
SUMATERA BARAT 150 KV BERBASIS METODE ALIRAN
BEBAN NEWTON RAPHSON**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

RIO GATRA RAHMENDRA

NPM : 1910017111006



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

PADANG

2023

LEMBARAN PENGESAHAN

ANALISA KONTINGENSI SISTEM TENAGA LISTRIK SUMATERA
BARAT 150 kV BERBASIS METODE ALIRAN BEBAN NEWTON
RAPHSON

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta*

Oleh :

RIO GATRA RAHMENDRA

NPM : 1910017111006

Disetujui Oleh :

Pembimbing



Ir. Cahayahati, M.T.

NIK/NIP : 930 500 331

Diketahui Oleh

Fakultas Teknologi Industri
Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.
NIK : 990 500 496

Jurusan Teknik Elektro



Ir. Arzul, M.T.
NIK : 941 100 396

LEMBARAN PENGUJI
**ANALISA KONTINGENSI SISTEM TENAGA LISTRIK SUMATERA
BARAT 150 KV BERBASIS METODE ALIRAN BEBAN NEWTON
RAPHSON**

SKRIPSI

RIO GATRA RAHMENDRA
NPM : 1910917111006

Dipertahankan di depan penguji Skripsi
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta
Hari/Tgl : Kamis / 17 Agustus 2023

No. Nama

1. Ir. Cahayahati, M.T.
(Ketua dan Penguji)

Tanda Tangan



.....

2. Ir. Arnita, M.T.
(Penguji)



.....

3. Dr. Ir. Indra Nisja., M.Sc.
(Penguji)



.....

ABSTRAK

Analisa kontingensi merupakan terlepasnya salah satu atau lebih elemen sistem baik itu dari saluran transmisi maupun pembangkit yang diakibatkan dari suatu kegagalan atau gangguan pada sistem tenaga listrik. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kontingensi sistem tenaga listrik dengan menggunakan metoda aliran beban Newton Raphson, untuk menganalisa keadaan normal ataupun perubahan aliran daya akibat kontingensi. Hasil dari penelitian pelepasan unit pembangkit di PLTA Maninjau didapatkan aliran daya terbesar pada saluran Teluk Sirih – Bungus memiliki beban paling tinggi yaitu 264,6 A atau 20,74% dari arus nominalnya, pelepasan pembangkit PLTU Teluk Sirih pembebanan tertinggi yaitu pada saluran Lubuk Alung – Singkarak sebesar 277,9 A atau 35,62% dari arus nominalnya, pelepasan unit pembangkit PLTG Pauh Limo Untuk saluran Teluk Sirih – Bungus sebesar 268,1 atau 21,01% dari arus nominalnya dan pembebanan tertinggi akibat pelepasan PLTA Singkarak yaitu pada saluran Salak – Ombilin sebesar 261,4 A atau 40,97% dari arus nominalnya. Setelah dilakukan simulasi kontingensi pelepasan unit pembangkit pada PLTA Maninjau, PLTG Pauh Limo, PLTA Singkarak dan PLTU Teluk Sirih, keadaan saluran transmisi tidak ada yang melewati batas Kuat Hantar Arus (KHA) dan masih dalam batas operasinya. Jadi sistem tenaga listrik Sumatera Barat masih mampu menampung beban besar meskipun beberapa unit pembangkit tidak beroperasi.

Kata Kunci : Analisis Kontingensi; Indeks Peforma; Saluran Transmisi; Software ETAP 16.0

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul ***“Analisa Kontingensi Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat 150 kV Berbasis Metode Aliran Beban Newton Raphson”***

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang.

Dalam menyusun skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak, karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Kepada kedua Orang tua saya yang telah mendidik, membesarkan dan memberikan semua kasih sayang hingga saat ini, yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam meraih setiap cita dan harapan.
2. Ibuk Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Ir. Arzul M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc. selaku Penasehat Akademis.
5. Bapak Ir. Cahayahati, M.T. selaku Pembimbing Skripsi yang telah banyak memberi masukan, dorongan dan pengarahan.
6. Bapak/ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2019 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan dan penulisan proposal skripsi ini.

Penulis telah berusaha melakukan yang terbaik dalam penulisan skripsi ini namun penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan dan keterbatasan yang ada dalam skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan sumbangan pengetahuan bagi pihak yang membutuhkan.

Padang, 9 Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL | viii |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-2 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | I-3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | I-3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | I-3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | II-1 |
| 2.1 Tinjauan Penelitian | II-1 |
| 2.2 Landasan Teori | II-3 |
| 2.2.1 Sistem Tenaga Listrik..... | II-3 |
| 2.2.2 Fungsi Komponen Sistem Tenaga Listrik..... | II-8 |
| 2.2.3 Daya Pada Sistem Tenaga | II-9 |
| 2.2.4 Persamaan Aliran Beban | II-11 |
| 2.2.5 Metode Newton Raphson..... | II-13 |
| 2.2.6 Analisis Kontingensi | II-17 |
| 2.2.7 Kasus Kontingensi..... | II-18 |
| 2.2.8 Index Performance (IP) | II-19 |

| | | |
|---|--|--------------|
| 2.2.9 | ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) | II-20 |
| 2.2.10 | Hipotesis..... | II-20 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | III-1 |
| 3.1 | Alat dan Bahan Penelitian | III-1 |
| 3.1.1 | Alat Penelitian | III-1 |
| 3.1.2 | Bahan Penelitian..... | III-1 |
| 3.2 | Lokasi Penelitian | III-5 |
| 3.3 | Alur Penelitian..... | III-5 |
| 3.4 | Flow Chart Kontingensi Metode Aliran Beban Newton Raphson..... | III-7 |
| 3.5 | Teknik Analisis Data | III-10 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | IV-1 |
| 4.1 | Hasil..... | IV-1 |
| 4.1.1 | Sistem Kelistrikan Sumatera Barat | IV-1 |
| 4.1.2 | Hasil Simulasi ETAP Load Flow Dalam Kondisi Normal | IV-7 |
| 4.1.3 | Hasil Aliran Daya Kondisi Normal Tegangan Bus 150 kV | IV-9 |
| 4.1.4 | Simulasi Kontingensi Aliran Daya Sistem Sumatera Barat | IV-10 |
| 4.1.4.1 | Simulasi Kontingensi Pembangkit PLTA Maninjau..... | IV-10 |
| 4.1.4.2 | Simulasi Kontingensi Pembangkit PLTG Pauh Limo..... | IV-15 |
| 4.1.4.3 | Simulasi Kontingensi Pembangkit PLTU Teluk Sirih | IV-20 |
| 4.1.4.4 | Simulasi Pelepasan Unit Pembangkit PLTA Singkarak..... | IV-24 |
| 4.2 | Pembahasan | IV-29 |
| 4.2.1 | Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat Kondisi Normal..... | IV-29 |
| 4.2.2 | Kontingensi Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat | IV-29 |
| 4.2.2.1 | Kontingensi Unit Pembangkit PLTA Maninjau | IV-29 |
| 4.2.2.2 | Kontingensi Unit Pembangkit PLTG Pauh Limo..... | IV-30 |

| | | |
|----------------------------|--|------------|
| 4.2.2.3 | Kontingensi Unit Pembangkit PLTU Teluk Sirih | IV-31 |
| 4.2.2.4 | Kontingensi Unit Pembangkit PLTA Singkarak | IV-31 |
| 4.3 | Analisa | IV-32 |
| BAB V PENUTUP | | V-1 |
| 5.1 | Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 | Saran | V-2 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A Data Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat

LAMPIRAN B Gambar Hasil Simulasi Sistem Tenaga Listrik Sumatera Barat

LAMPIRAN C Laporan Hasil Simulasi Aliran Beban Kondisi Normal

LAMPORAN D Laporan Hasil Simulasi Kontingensi Pelepasan Unit Pembangkit PLTA Maninjau

LAMPORAN E Laporan Hasil Simulasi Kontingensi Pelepasan Unit Pembangkit PLTG Pauh Limo

LAMPORAN F Laporan Hasil Simulasi Kontingensi Pelepasan Unit Pembangkit PLTU Teluk Sirih

LAMPORAN G Laporan Hasil Simulasi Kontingensi Pelepasan Unit Pembangkit PLTA Singkarak

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-------|
| Gambar 2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik..... | II-4 |
| Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Tenaga Listrik..... | II-4 |
| Gambar 3.1 Tampilan Data Rating Generator | III-1 |
| Gambar 3.2 Tampilan Data Impedansi Generator | III-2 |
| Gambar 3.3 Tampilan Data Panjang Saluran Transmisi..... | III-2 |
| Gambar 3.4 Tampilan Data Parameter Saluran Transmisi..... | III-3 |
| Gambar 3.5 Tampilan Data Rating Transformator | III-3 |
| Gambar 3.6 Tampilan Data Impedansi Transformator | III-4 |
| Gambar 3.7 Tampilan Data Beban Listrik | III-4 |
| Gambar 3.8 Diagram Alur Penelitian..... | III-6 |
| Gambar 3.9 Flow Chart Kontingensi Metode Newton Raphson | III-9 |
| Gambar 4.1 Kontingensi PLTA Maninjau | IV-10 |
| Gambar 4.2 Grafik Performance Index Kontingensi PLTA Maninjau | IV-15 |
| Gambar 4.3 Pelepasan Unit Pembangkit PLTG Pauh Limo | IV-16 |
| Gambar 4.4 Grafik Performance Index Kontingensi PLTG Pauh Limo..... | IV-19 |
| Gambar 4.5 Pelepasan Unit Pembangkit PLTU Teluk Sirih..... | IV-20 |
| Gambar 4.6 Grafik Performance Index Kontingensi PLTU Teluk Sirih | IV-24 |
| Gambar 4.7 Pelepasan Unit Pembangkit PLTA Singkarak..... | IV-24 |
| Gambar 4.8 Grafik Performance Index Kontingensi PLTA Singkarak | IV-28 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-------|
| Tabel 4.1 Data Saluran Transmisi | IV-1 |
| Tabel 4.2 Data Pembangkit | IV-3 |
| Tabel 4.3 Data Transformator | IV-3 |
| Tabel 4.4 Data Bus Sistem | IV-5 |
| Tabel 4.5 Data Penghantar | IV-6 |
| Tabel 4.6 Hasil Aliran Daya Sistem Sumatera Barat | IV-7 |
| Tabel 4.7 Hasil Tegangan Tiap Bus Sumatera Barat | IV-9 |
| Tabel 4.8 Hasil Simulasi Aliran Daya Kontingensi PLTA Maninjau..... | IV-11 |
| Tabel 4.9 Hasil Tegangan Saat Kontingensi PLTA Maninjau..... | IV-12 |
| Tabel 4.10 Hasil Ranking Kontingensi PLTA Maninjau..... | IV-14 |
| Tabel 4.11 Hasil Simulasi Aliran Daya Kontingensi PLTG Pauh Limo | IV-16 |
| Tabel 4.12 Hasil Tegangan Saat Kontingensi PLTG Pauh Limo | IV-17 |
| Tabel 4.13 Hasil Ranking Kontingensi PLTG Pauh Limo | IV-18 |
| Tabel 4.14 Hasil Simulasi Aliran Daya Kontingensi PLTG Pauh Limo | IV-20 |
| Tabel 4.15 Hasil Tegangan Saat Kontingensi PLTG Pauh Limo | IV-22 |
| Tabel 4.16 Hasil Ranking Kontingensi PLTU Teluk Sirih | IV-23 |
| Tabel 4.17 Hasil Simulasi Aliran Daya Kontingensi PLTA Singkarak..... | IV-25 |
| Tabel 4.18 Hasil Tegangan Saat Kontingensi PLTA Singkarak..... | IV-26 |
| Tabel 4.19 Hasil Ranking Kontingensi PLTA Singkarak | IV-27 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik pada suatu jaringan listrik sangat berpengaruh terhadap penerangan di Indonesia. Semakin bertambahnya penduduk maka bertambah pula beban listrik yang akan digunakan. Perusahaan Listrik Negara (PLN) terus berinovasi untuk membantu masyarakat dalam meyalurkan listrik diseluruh Indonesia. Kontingensi merupakan terlepasnya salah satu atau lebih elemen sistem baik itu dari saluran transmisi maupun pembangkit yang diakibatkan dari suatu kegagalan atau gangguan pada sistem tenaga listrik. Analisis kontingensi ini merupakan analisis aliran daya setelah terjadinya gangguan yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pada perubahan daya aktif dan reaktif yang terjadi jika salah satu unit pembangkit atau saluran transmisi terlepas dari sistem.

Pada sistem tenaga listrik sebagian besar menggunakan sistem interkoneksi agar keandalan pada sistem tenaga tetap terjaga dengan baik. Namun, sistem interkoneksi ini ketika terjadi gangguan pada salah satu sistem dikarenakan adanya beban lebih (*Overload*) dan tidak stabilnya tegangan akan berpengaruh ke sistem yang lain. Gangguan ini pada awalnya hanya bersifat sementara pada sistem yang mengalami gangguan saja, jika tidak ada perbaikan maka gangguan akan tetap berlangsung dan akan terjadi pelepasan bertingkat yang pada akhirnya akan mengakibatkan pemadaman total (*black out*).

Sistem keamanan tenaga listrik dapat mempengaruhi keandalan dan kinerja sistem tenaga listrik dari gangguan yang berupa lepasnya elemen sistem (*outage*). Analisis keamanan sistem tenaga ini memiliki tujuan untuk melihat keandalan sistem terhadap gangguan agar bisa tetap beroperasi pada kondisi normal. Analisis kontingensi merupakan suatu cara untuk memodelkan setiap gangguan yang terjadi. Secara umum keandalan sistem tenaga listrik didefinisikan sebagai kemampuan sistem untuk memberikan pasokan tenaga listrik yang cukup dengan kualitas yang memuaskan. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik diperlukan

strategi sebaik-baiknya agar sistem mampu bertahan akibat adanya kendala-kendala yang ada, termasuk gangguan karena lepasnya salah satu saluran transmisi atau pembangkit. Gangguan yang berupa lepasnya salah satu elemen sistem adalah gangguan yang tidak dapat dihindari. Lepasnya elemen sistem dapat terjadi karena gangguan atau karena sedang berlangsungnya pemeliharaan.

Gangguan yang terjadi pada suatu pembangkit yaitu seperti gangguan beban lebih, gangguan hubung singkat, dan gangguan tegangan lebih. Gangguan pada PLTA biasanya ketika terjadi kemarau yang panjang maka akan mempengaruhi tekanan dari air yang digunakan untuk memutar turbin agar generator dapat menghasilkan listrik. Gangguan-gangguan pada sistem ini adalah suatu gangguan yang tidak dapat dihindari jika tidak cepat ditindak lanjuti maka akan terjadi pemadaman total (*blackout*). Pemadaman total ini akan berdampak merugikan perusahaan atau industri besar. Maka untuk itu dilakukan analisa kontingensi yang bertujuan untuk melihat keandalan sistem tenaga listrik ketika terjadi gangguan untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Untuk mengetahui tingkat keandalan sistem tenaga listrik perlu dilakukan suatu evaluasi. Dengan evaluasi akan didapatkan besaran-besaran kuantitatif yang menunjukkan tingkat keandalan sistem tenaga listrik. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode aliran daya Newton Raphson dengan melakukan simulasi pelepasan unit pembangkit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana menyusun ranking kontigensi N-1 berdasarkan *performance index* menggunakan metode aliran daya Newton Raphson?
2. Bagaimana cara mengetahui saluran yang mengalami pembebanan berlebih (overload)?
3. Bagaimana saluran-saluran transmisi pada saat terjadinya gangguan dan bus mana saja yang mengalami gangguan akibat kontiigensi N-1?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan ini sesuai dengan teori maka penulis memberi batasan masalah sebagai berikut :

1. Analisis kontingensi dilakukan hanya pada sistem tenaga listrik sumatera barat 150 kV.
2. Perhitungan aliran daya pada sistem tenaga listrik Sumatera Barat dengan software ETAP 16.0
3. Hanya membahas kontingensi pelepasan generator di PLTA Maninjau, PLTU Teluk Sirih, PLTG Pauh Limo dan PLTA Singkarak

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan *performance index* untuk dapat menyusun ranking kontingensi N-1 menggunakan metode aliran daya Newton Raphson
2. Menentukan saluran yang mengalami pembebanan berlebih (overload) untuk ranking kontingensi tertinggi.
3. Menentukan keadaan saluran transmisi pada saat terjadinya gangguan dan bus mana saja yang mengalami gangguan akibat kontingensi N-1.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian pada skripsi ini yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui dampak-dampak gangguan kontingensi N-1 terhadap sistem tenaga listrik sumatera barat.
2. Mengetahui saluran yang mengalami pembebanan berlebih.
3. Mengetahui keadaan saluran transmisi pada saat terjadinya gangguan.