

ANALISIS STABILITAS PERALIHAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK PLTU AIR ANYIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Meraih Gelar Sarjana S-1



Oleh :

Yayang Surafik
1021311059

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG
2017

Halaman Persetujuan Tugas Akhir


TUGAS AKHIR
ANALISIS STABILITAS PERALIHAN PADA SISTEM
TENAGA LISTRIK PLTU AIR ANYIR

Disusun oleh

Yayang Surafik
1021311059

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Tanggal 3 Agustus 2017

Pembimbing Utama,



Rika Favoria Gusa, S.T., M.Eng.
NIP.198407222014042001

Pembimbing Pendamping,



Asmar, S.T., M.Eng.
NP.301408018

Penguji I,



Wahri Sunanda, S.T., M.Eng.
NIP.198508102012121001

Penguji II,



Ghiri Basuki Putra, S.T., M.T.
NIP.198107202012121003

Halaman Pengesahan

TUGAS AKHIR
ANALISIS STABILITAS PERALIHAN PADA SISTEM
TENAGA LISTRIK PLTU AIR ANYIR

Disusun oleh

Yayang Surafik
1021311059

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Tanggal 3 Agustus 2017

Pembimbing Utama,



Rika Favoria Gusa, S.T., M.Eng.
NIP.198407222014042002

Pembimbing Pendamping,



Ashar, S.T., M.Eng.
NIP.307608018



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Irwan Dinata, S.T., M.T.
NIP. 198503102014041001

Halaman Pernyataan Keaslian Penelitian

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yayang Surafik

NIM : 1021311059

Judul : Analisis Stabilitas Peralihan pada Sistem Tenaga Listrik PLTU Air Anyir

Menyatakan dengan ini, bahwa tugas akhir saya merupakan hasil ilmiah saya sendiri yang didampingi tim pembimbing dan bukan hasil dari penjiplakan/plagiat. Apabila nantinya ditemukan adanya unsur penjiplakan di dalam karya tugas akhir saya ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Bangka Belitung sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat, sadar tanpa ada tekanan dan paksaan dari siapapun.

Balunijuk,

3 Agustus 2017



Yayang Surafik
1021311059

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bangka Belitung, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yayang Surafik
NIM : 1021311059
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bangka Belitung **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non exclusive Royalti-Free Right*)** atas tugas akhir saya yang berjudul : **Analisis Stabilitas Peralihan pada Sistem Tenaga Listrik PLTU Air Anyir**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bangka Belitung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Balunijuk
Pada tanggal : 3 Agustus 2017
Yang menyatakan


(Yayang Surafik)

Intisari

Adanya gangguan besar seperti gangguan 3 fasa pada saluran transmisi dan gangguan pada bus dapat menyebabkan ketidakstabilan sehingga generator terlepas sinkronisasinya dengan sistem. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis stabilitas peralihan pada PLTU Air Anyir untuk mendapatkan waktu pemutusan kritis *circuit breaker*. Metode yang digunakan untuk menentukan kestabilan adalah melakukan pemecahan persamaan ayunan sudut daya generator menggunakan fungsi ode45 Matlab 7.10.0 kemudian memplot hasil pemecahan persamaan tersebut dengan menentukan berbagai waktu pemutusan gangguan hingga didapat waktu pemutusan kritis dan kurva ayunan yang menentukan kestabilan generator. Mengambil permodelan dari sistem tenaga listrik PLTU Air Anyir, didapatkan waktu pemutusan kritis untuk gangguan pada bus GI Pangkalpinang adalah 0,114 detik, gangguan pada saluran yang menghubungkan GI Air Anyir dan GI Pangkalpinang adalah 0,204 detik, gangguan pada saluran yang menghubungkan GI Air Anyir dan GI Sungailiat adalah 0,188 detik, gangguan pada saluran SL2 adalah 0,554 detik, dan gangguan pada saluran SL3 adalah 0,607 detik.

Kata Kunci: stabilitas peralihan, waktu pemutusan kritis, kurva ayunan, PLTU Air Anyir.

Abstract

The existence of a big disruption like disruption 3 phase on transmission line and disruption on a bus can cause instability so that synchronization of generator regardless from system. It is therefore necessary to provide transient stability analysis on Air Anyir steampower to get critical clearing time of circuit breaker. Methods used to determine stability is doing solution the swing angle generator equation using Matlab 7.10.0 ode45 function than plot output of solution these equations with determine various fault clearing time until obtained critical clearing time and swing curves which determine generator stability. Taking modeling of electric power system steampower Air Anyir, obtained critical clearing time for disruption on bus of Pangkalpinang substation is 0,114 second, disruption on transmission which connecting Air Anyir substation and Pangkalpinang substation is 0,204 second, disruption on transmission which connecting Air Anyir substation and Sungailiat substation is 0,188 second, disruption on SL2 channel is 0,554 second, and disruption on SL3 channel is 0,607 second.

Keywords: *transient stability, the critical time, swing curve, Air Anyir steampower.*

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah memberikan semangat dan dukungan selama ini.
2. Bapak Wahri Sunanda, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung dan selaku dosen Penguji Pertama Tugas Akhir saya dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.
3. Bapak Rudy Kurniawan S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik Teknik Elektro Tahun 2013 Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
4. Bapak Irwan Dinata, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.
5. Ibu Rika Favoria Gusa, S.T., M.Eng. selaku dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir saya dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.
6. Bapak Asmar, S.T., M.Eng. selaku dosen Pembimbing Pendamping Tugas Akhir saya dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.
7. Bapak Ghiri Basuki Putra, S.T., M.T. selaku dosen Penguji Kedua Tugas Akhir saya dari Jurusan Teknik Elektro Universitas Bangka Belitung.
8. Dosen dan Staf Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
9. Bapak Ebtian Aprianto, S.T. Selaku *Assistan Engineer* Pemeliharaan Relay Proteksi dan Meter yang telah bersedia membantu dalam pembuatan Tugas Akhir saya dari pihak PLTU Air Anyir.
10. Keluarga Besar Yang Tak Pernah Putus Asa dalam Memberi Semangat, Doa dan Pengertiannya.
11. Rekan Seperjuangan Teknik Elektro Angkatan 2013 dan Kakak Tingkat\Serta Adik Tingkat Tahun 2011, 2012, 2014, 2015 Dan 2016.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

“Analisis Stabilitas Peralihan pada Sistem Tenaga Listrik PLTU Air Anyir”

Di dalam tulisan ini disajikan metode untuk mendapatkan waktu pemutusan kritis. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.

Peneliti menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, peneliti mengharapkan saran yang membangun agar penulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan kedepan.

Balunijuk, Agustus 2017

Penyusun

Yayang Surafik
NIM.1021311059

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
LEMBAR PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Keaslian Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Sistem Tenaga Listrik	7
2.2.2 Stabilitas Sistem Tenaga Listrik	8
2.2.3 Stabilitas <i>Transient</i>	12
2.2.4 Sistem Per-Unit	11
2.2.5 Studi Aliran Daya Menggunakan Program Komputer	12
2.2.6 Tegangan Internal Peralihan Generator.....	14
2.2.7 Beban Admitansi	15
2.2.8 Persamaan-persamaan Simpul.....	16
2.2.9 Penghapusan Simpul dengan Aljabar Matriks	18
2.2.10 Persamaan Ayunan	20
2.2.11 Persamaan Sudut Daya	20
2.2.12 Fungsi ode45 Matlab	22
2.2.13 Kurva Ayunan	24
2.2.14 Waktu Pemutusan Kritis.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Data-data.....	27
3.2 Alat Penelitian	30
3.2.1 ETAP 12.6.0	30
3.2.2 Matlab 7.10.0.....	30
3.3 Langkah Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Pengolahan Data	36
4.1.1 <i>Singel Line</i> Diagram 150 Kv Sistem Kelistrikan Bangka	36
4.1.2 Data Pembangkit.....	37
4.1.3 Data Trafo.....	39

4.1.4	Data Saluran	44
4.1.5	Data Beban	46
4.2	Hasil Studi Aliran Daya.....	47
4.3	Kondisi Awal.....	48
4.4	Beban Admitansi Rel	49
4.5	Skenario Gangguan dengan Kondisi Semua Pembangkit Beroperasi	49
4.6	Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang (Gangguan 1).....	50
4.6.1	Persamaan Ayunan Selama Gangguan.....	51
4.6.2	Persamaan Ayunan Setelah Gangguan.....	53
4.6.3	Kurva Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang	56
4.7	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Salah Satu Saluran Transmisi dari GI Air Anyir ke GI Pngkalpinang (Gangguan 2).....	58
4.7.1	Persamaan Ayunan Selama Gangguan.....	58
4.7.2	Persamaan Ayunan Setelah Gangguan.....	61
4.7.3	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Salah Satu Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Pangkalpinang	64
4.8	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Salah Satu Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Sungailiat (Gangguan 3).....	66
4.8.1	Persamaan Ayunan Selama Gangguan.....	67
4.8.2	Persamaan Ayunan Setelah Gangguan.....	70
4.8.3	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Salah Satu Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Sungailiat	73
4.9	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL2 (Gangguan 4)..	75
4.9.1	Persamaan Ayunan Selama Gangguan.....	75
4.9.2	Persamaan Ayunan Setelah Gangguan.....	78
4.9.3	Kurva Ayunan Generator Saat Gangguan 3 Fasa Terjadi pada	

	Tengah-tengah Saluran SL2	81
4.10	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL3 (Gangguan 5)	83
4.10.1	Persamaan Ayunan Selama Gangguan	83
4.10.2	Persamaan Ayunan Setelah Gangguan	86
4.10.3	Kurva Ayunan Generator Saat Gangguan 3 Fasa Terjadi pada Tengah-tengah Saluran SL3	89
4.11	Waktu Pemutusan Kritis untuk Masing-masing Gangguan	91
BAB V PENUTUP		94
5.1	Kesimpulan	94
5.2	Saran	94
DAFTAR PUSTAKA		95
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Saluran	13
Tabel 2.2 Aliran Daya	14
Tabel 2.3 Fungsi-fungsi Matlab untuk Menyelesaikan Persamaan Diferensial (PD).....	23
Tabel 3.1 Data Pembangkit Stasiun PLTU Air Anyir	27
Tabel 3.2 Data Trafo.....	28
Tabel 3.3 Data Saluran Transmisi	29
Tabel 3.4 Data Saluran 20 kV	29
Tabel 4.1 Data Pembangkit dengan Dasar Daya 100 MVA untuk Stasiun PLTU Air Anyir.....	39
Tabel 4.2 Data Transformator yang Dibuat Menjadi Satu dengan Dasar 100 MVA.....	44
Tabel 4.3 Data Saluran yang Telah Diubah ke Satuan Per-Unit dengan Dasar Daya 100 MVA	46
Tabel 4.4 Data Beban Total dari Penyulang.....	47
Tabel 4.5 Hasil Studi Aliran Daya.....	47
Tabel 4.6 Waktu Pemutusan Kritis untuk Masing-masing Lokasi Gangguan.....	91

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Skema Pusat Listrik yang Dihubungkan Melalui Saluran Transmisi ke Beban	7
Gambar 2.2	Diagram Faktor-faktor Utama dalam Masalah Kestabilan	9
Gambar 2.3	Diagram Segaris Suatu Sistem Sederhana	16
Gambar 2.4	Diagram Reaktansi untuk Sistem pada Gambar 2.3 dengan Nilai-nilai Reaktansi dalam Per-Satuan	16
Gambar 2.5	Rangkaian dari Gambar 2.4 dengan Sumber Arus Menggantikan Sumber Tegangan Ekuivalen	17
Gambar 2.6	Representasi Suatu Rotor Mesin yang Membandingkan Arah Perputaran Serta Momen Putar Mekanis dan Elektris untuk (a) Generator dan (b) Motor.....	22
Gambar 2.7	Kurva Ayunan Sudut Daya	25
Gambar 3.2	Rancangan Penelitian.....	32
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> Diagram 150 Kv Sistem Kelistrikan Bangka..	36
Gambar 4.2	Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang	50
Gambar 4.3	Kondisi Sistem Selama Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang.....	51
Gambar 4.4	Kondisi Setelah Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang...	53
Gambar 4.5	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila ada Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,114 Detik.....	56
Gambar 4.6	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila ada Gangguan pada Bus GI Pangkalpinang dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,115 Detik.....	57
Gambar 4.7	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Salah Satu Saluran Transmisi dari GI Air Anyir ke GI	

	Pangkalpinang.....	58
Gambar 4.8	Kondisi Sistem Selama Gangguan.....	58
Gambar 4.9	Kondisi Sistem Setelah Gangguan.....	61
Gambar 4.10	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Pangkalpinang dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,204 Detik.....	64
Gambar 4.11	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Pangkalpinang dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,205 Detik.....	65
Gambar 4.12	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Salah Satu Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Sungailiat	66
Gambar 4.13	Kondisi Sistem Selama Gangguan.....	67
Gambar 4.14	Kondisi Sistem Setelah Gangguan.....	70
Gambar 4.15	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Sungailiat dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,188 Detik.....	73
Gambar 4.16	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran Transmisi yang Menghubungkan GI Air Anyir dan GI Sungailiat dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,189 Detik.....	74
Gambar 4.17	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL2.....	75
Gambar 4.18	Kondisi Sistem Selama Gangguan.....	75
Gambar 4.19	Kondisi Sistem Setelah Gangguan.....	78

Gambar 4.20	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL2 dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,554 Detik.....	81
Gambar 4.21	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL2 dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,555 Detik.....	82
Gambar 4.22	Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL3	83
Gambar 4.23	Kondisi Sistem Selama Gangguan.....	83
Gambar 4.24	Kondisi Sistem Setelah Gangguan.....	86
Gambar 4.25	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL3 dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,607 Detik	89
Gambar 4.26	Kurva Ayunan Sudut Daya Generator Apabila Ada Gangguan 3 Fasa pada Tengah-tengah Saluran SL3 dengan Waktu Pemutusan Gangguan 0,608 Detik	90

DAFTAR SINGKATAN

AVR	: <i>Average Voltage Regulator</i>
ETAP	: <i>Electrican Transient Analisis Program</i>
GI	: Gardu Induk
MVA	: megavoltampere
Mvar	: megavar
MW	: megawatt
PD	: Persamaan Diferensial
PF	: Power Faktor
PLTA	: Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PLTG	: Pembangkit Listrik Tenaga Gas
PLTN	: Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PM	: <i>Prime Mover</i>
PSSE	: <i>Power System Simulator for Engineering</i>
pu	: Per- Unit

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A: *Single Line* KIT dan 150 kV Sistem Bangka

Lampiran B: Data Pembangkit Area Bangka

Lampiran C: Konstanta H Generator

Lampiran D: Data Trafo Daya dan Gardu Induk Pembangkit

Lampiran E: Data Parameter Saluran Transmisi Tegangan Tinggi

Lampiran F: Data Beban Penyulang

Lampiran G: Hasil Aliran Daya

Lampiran H: *Script* Pembentukan dan Reduksi Matriks Admitansi Rel

Lampiran I: *Script* Pembentukan Kurva

