



**STUDI STABILITAS TRANSIENT SISTEM TENAGA
LISTRIK DENGAN METODE
KRITERIA SAMA LUAS**

SKRIPSI

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

Oleh:

Lukman Hadi

NIM 051910201017

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2011**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu wata'ala atas curahan rahmat, nikmat, hidayahnya yang tiada henti sehingga karya tulis dalam bentuk skripsi yang sederhana ini dapat selesai tepat pada waktunya. Dengan rasa bangga dan kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ayahanda, Sukowarno dan Ibunda, Lilik Hindrayati. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi, dan bimbingan serta didikan yang selalu tiada henti-hentinya tercurahkan untuk ananda. Takzim pula buat Bapak dan Ibu mertua; H.M. Yamin dan Subik Antini Ningsih yang telah mengiringi perjalanan ananda hingga menggenggam gelar sarjana.
2. Dua adikku tercinta; Faisal Rahman dan Arfi Ferdiyansah. Saatnya kalian yang akan menyusul kakak kelak.
3. Istri tercinta, dr. Ainul Nismala yang dengan kesabarannya setia mendampingi saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Si Kecil Aisyah Myelina Safa. Ini persembahan kecil ayah untuk kelahiranmu ke dunia. Semoga kelak kau lebih baik dari ini semua.
5. Semua sanak famili dan teman-teman yang telah mencurahkan waktu, tenaga, bahkan hartanya untuk kelulusan saya.

MOTTO

*Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.
(Terjemahan Surat Al-Insyirah Ayat 6)*

*Manusia ialah pedang, dan Tuhan pendekar pedang, dan dunia ini
batu asahan bagi sang pedang
(Javid Namah Karya Iqbal)*

*Engkau harus tegar! Seperti karang!
(Never Ending Cinta karya Rafif Amir)*

*Sekarang! Jangan terlambat, kalau betul saudara sebagai muslimin
insaf, bahwa saudara pemangku pesan atau misi bagi dunia ini!
(Capita Selecta karya M. Natsir)*

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lukman Hadi

NIM : 051910201017

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul : **”Studi Stabilitas Transient Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Kriteria Sama Luas”** adalah benar – benar karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Juni 2011
Yang menyatakan,

Lukman Hadi
Nim 051910201017

SKRIPSI

**STUDI STABILITAS TRANSIENT SISTEM TENAGA
LISTRIK DENGAN METODE
KRITERIA SAMA LUAS**

Oleh

LUKMAN HADI
NIM 051910201017

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT.

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**Studi Stabilitas Transient Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Kriteria Sama Luas**” telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari : Kamis
Tanggal : 24 Februari 2011
Tempat : Laboratorium Jaringan Komputer Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Utama
(Ketua Penguji)

Dosen Pembimbing Anggota
(Sekretaris),

Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT
NIP 19700826 199702 1 001

H. Samsul Bachri, ST., M.MT
NIP 19640317 199802 1001

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Suprihadi Prasetyono, ST., MT
NIP 19700404 199601 001

Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT
NIP 19800610 200501 1 003

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, MT
NIP 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Studi Stabilitas Transient Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Kriteria Sama Luas; Lukman Hadi, 051910201017; 2011: 98 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Listrik merupakan energi sekunder yang paling sering digunakan oleh manusia. Konsumsi listrik di masyarakat terus meningkat seiring banyaknya peralatan yang menggunakan energi listrik. Agar peralatan listrik konsumen dapat bekerja dengan baik dan aman, fluktuasi tegangan dan frekuensi yang terjadi harus tetap berada pada batas toleransi yang diizinkan. Dengan demikian diperlukan analisis sistem tenaga listrik untuk menentukan kestabilan sistem jika terjadi gangguan. Stabilitas transient didasarkan pada kondisi stabil ayunan pertama (*first swing*) dengan periode waktu penyelidikan pada dua detik pertama terjadi gangguan.

Metode kriteria sama luas adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan kestabilan sistem tenaga listrik. Keadaan peralihan dari sistem tenaga listrik pada saat gangguan digambarkan secara matematis melalui persamaan diferensial. Salah satu metode numerik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial tersebut adalah Metode Runge-Kutta Orde-4. Teknik analisa data dilakukan dengan melakukan simulasi perhitungan menggunakan matlab.

Penelitian mengambil tempat di PT. PJB PLTU Paiton sebagai generator dan asumsi GI Kraksaan sebagai bus infinite dengan saluran transmisi ganda di mana gangguan tiga fasa terjadi di tiga titik yang berbeda pada salah satu saluran, yaitu: gangguan di ujung sisi kirim, gangguan di tengah saluran, dan gangguan di ujung sisi terima. Dengan metode kriteria sama luas menggunakan matlab, jika gangguan terjadi di ujung sisi kirim didapatkan nilai sudut pemutus kritis $95,21^0$, dan waktu pemutusan kritis 0,187 detik. Jika gangguan terjadi di tengah saluran didapatkan nilai sudut pemutus kritis $127,183^0$, dan waktu pemutusan kritis 0,35 detik. Jika gangguan terjadi di ujung sisi terima nilai sudut pemutus kritisnya $180^0-385,48^0$ sedangkan waktu pemutus kritisnya tidak

ditentukan. Berdasarkan hasil studi penelitian yang dilakukan, maka disarankan mensetting breaker terbuka dengan sudut clearing (*Clearing Angle*) lebih kecil atau sama dengan sudut kritis ($\delta_p \leq \delta_k$) karena saat terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik yang mendadak dan besar akan diperoleh kestabilan sistem kembali normal masih ada.

Key Word : Stabilitas Transient, Sistem Tenaga Listrik, Metode Kriteria Sama Luas, Sudut Pemutus Kritis, Waktu Pemutus Kritis.

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah yang berjudul **“Studi Stabilitas Transient Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Kriteria Sama Luas”**. Karya tulis ilmiah ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember.
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. dan Bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji.
5. Bapak Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Lutfi Rochman dan teman-teman angkatan 2005 yang telah banyak membantu dan memotivasi dalam penyelesaian skripsi ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Stabilitas Dalam Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Dinamika Rotor dan Persamaan Ayunan	7
2.3 Pemodelan Mesin Serempak untuk studi kestabilan	13
2.4 Menentukan Stabilitas Transien dengan Metode Kriteria Sama Luas	16
2.5 Aplikasi pada Gangguan Tiga Fasa	19
2.6 Penyelesaian Numerik Persamaan Diferensial Nonlinear	24
2.6.1 Metode Runge-Kutta Orde 4	25
2.6.2 Penyelesaian Numerik Persamaan Ayunan	25

BAB 3. METODE PENELITIAN	28
3.1 Studi Pustaka	28
3.2 Studi Lapangan	28
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.4 Alur Analisis	29
3.5 Teknik Analisis Data	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Model dan Penulisan Data	33
4.2 Menghitung Reaktansi Saluran	34
4.2.1 Pada gangguan di tengah saluran	34
4.2.2 Pada gangguan di ujung sisi kirim	38
4.2.3 Pada gangguan di ujung sisi terima	38
4.3 Pengujian dan Analisa Program	40
4.3.1 Pada gangguan di tengah saluran	40
4.3.2 Pada gangguan di ujung sisi kirim	42
4.3.3 Pada gangguan di ujung sisi terima	42
4.4 Hasil untuk Menentukan Waktu Pemutus Kritis dan Kurva Daya Listrik	43
4.4.1 Pada gangguan di tengah saluran	43
4.4.2 Pada gangguan di ujung sisi kirim	52
4.4.3 Pada gangguan di ujung sisi terima	53
BAB 5. SIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Simpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	28
4.2 Parameter-parameter penelitian	34
4.3 Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.3 detik	44
4.4 Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.35 detik	46
4.5 Nilai delta, omega, dan daya listrik pada pemutusan 0.36 detik ..	48
4.6 Nilai delta, omega, dan daya listrik pada pemutusan 0.4 detik ..	50
4.7 Nilai delta, omega, dan daya listrik pada pemutusan 0.1 detik ...	53
4.8 Nilai delta, omega, dan daya listrik pada pemutusan 0.9 detik ...	55
4.9 Nilai delta, omega, dan daya listrik pada pemutusan 2 detik	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram faktor-faktor utama dalam masalah kestabilan	7
2.2 Representasi suatu rotor mesin yang membandingkan arah perputaran serta momen putar mekanis dan elektris untuk (a)generator dan (b) motor	9
2.3 Sebuah generator dihubungkan ke infinite bus	14
2.4 Rangkaian ekivalen satu mesin terhubung ke infinite bus	15
2.5 Kurva sudut daya	16
2.6 Kriteria luas sama pada perubahan beban mendadak	18
2.7 Sistem satu mesin terhubung ke infinite bus, gangguan tiga fasa pada F	20
2.8 Kriteria Luas sama untuk gangguan tiga fasa pada ujung kirim	20
2.9 Kriteria Luas Sama untuk mencari sudut pemutus kritis akibat gangguan tiga fasa	21
2.10 Sistem satu mesin terhubung ke infinite bus, gangguan tiga fasa pada F	22
2.11 Kriteria Luas sama untuk sudut pemutus kritis akibat gangguan tiga fasa yang jauh dari ujung kirim	23
2.12. (a) analisa ayunan pertama untuk contoh sistem stabil, (b) analisa ayunan pertama untuk contoh sistem tidak stabil ...	24
3.13 Alur analisis	29
4.14 Model Sistem yang digunakan dalam studi stabilitas Transient dengan gangguan di tengah saluran	33
4.15 Model system yang digunakan dalam studi stabilitas <i>transient</i> dengan gangguan di ujung sisi kirim	33
4.16 Model system yang digunakan dalam studi stabilitas <i>transient</i> dengan gangguan di ujung sisi terima	34
4.17 Diagram Reaktansi Saluran Sebelum Terjadi Gangguan	35

4.18 Diagram reaktansi selama gangguan	35
4.19 Transformasi Δ ke Y	36
4.20 Diagram reaktansi setelah dihubung bintang	37
4.21 Penyederhanaan gambar 4.18	37
4.22 Diagram setelah transformasi Y ke Δ	38
4.23 Diagram setelah gangguan	38
4.24 Diagram reaktansi saluran sebelum terjadi gangguan	39
4.25 Diagram reaktansi saluran saat terjadi gangguan	39
4.26 Diagram setelah gangguan	40
4.27 Kriteria Sama Luas untuk menentukan sudut pemutus kritis pada gangguan di tengah saluran	41
4.28 kriteria sama luas untuk menentukan sudut pemutus kritis pada ujung sisi kirim	42
4.29 kriteria sama luas untuk menentukan sudut pemutus kritis pada ujung sisi terima	43
4.30 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 0,3 detik	44
4.31 hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 0,3 detik	45
4.32 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 0,35 detik	46
4.33 Hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 0,35 detik ..	47
4.34 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 0,36 detik	48
4.35 Hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 0,36 detik ..	49
4.36 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 0,4 detik	50
4.37 Hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 0,4 detik ...	51
4.38 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 0,1 detik	54
4.39 Hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 0,1 detik ...	55
4.40 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 0.9 detik	56
4.41 Hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 0,9 detik ...	57
4.42 Hubungan waktu dan delta pada pemutusan 2 detik	58
4.43 Hubungan waktu dan daya listrik pada pemutusan 2 detik	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Listing Program Penghitungan Sudut Pemutus Kritis Pada Gangguan di Tengah Saluran	61
B. Listing Program Penghitungan Sudut Pemutus Kritis Pada Gangguan di Sisi Terima	65
C. Listing Program Penghitungan Sudut Pemutus Kritis Pada Gangguan di Sisi Terima	68
D. Listing Program Kurva Ayunan Pada Gangguan Di Tengah Saluran	71
E. Listing Program Kurva Ayunan Pada Gangguan Di Sisi Terima	78
F. Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.3 detik	84
G. Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.35 detik	86
H. Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.36 detik	88
I. Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.4 detik	90
J. Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.1 detik	92
K. Nilai delta dan omega pada pemutusan 0.9 detik	94
L. Nilai delta dan omega pada pemutusan 2 detik	96