

SKRIPSI

PEMODELAN TUNGKU BUSUR LISTRIK 3 FASA

Diajukan sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Strata-1



Oleh

Nama : Harventus D. Ana

NIM : 310018030

Kepada

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

Program Studi Teknik Elektro S1

PEMODELAN TUNGKU BUSUR LISTRIK 3 FASA

Oleh:

Harventus D. Ana

NIM. 310018030

Yogyakarta, 18-04-2022

Telah Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Diah Suwarti Widvastuti, S.T.M., Eng

NIK : 1973 0137



Ir. Budi Utama, M.T

NIP : 19580611 198702 1001

Menyetujui

Ketua Program Studi

Teknik Elektro S1



Ir. Hj. Oni Yuliani, M.Kom.

NIP : 19640704 199102 2001

HALAMAN PENGESAHAN

PEMODELAN TUNGKU BUSUR LISTRIK 3 FASA

Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Diterima Guna Memenuhi
Persyaratan untuk Mencapai Derajat Sarjana Teknik Elektro S1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Pada:

Tanggal : 25
Bulan : Juli
Tahun : 2022

Oleh:

Nama : **Harventus D. Ana**
NIM : **310018030**

Diah Suwarti Widvastuti, S.T.M., Eng 1.
Ketua Tim Penguji

Ir. Budi Utama, M.T 2.
Anggota Tim Penguji

Mohammad arsvad, S.T., M.Kom 3.
Anggota Tim Penguji



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknologi Industri



Dr. Daru Sugati, S.T., M.T.
NIP: 1973 0125

Menyetujui,
Ketua Program Studi Teknik
Elektro S1



Ir. Hi. Oni Yuliani, M.Kom
NIP : 19640704 199102 2 001

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Harventus D. Ana

NIM : 310018030

Konsentrasi : Teknik Ketenagaan Listrik

Dengan ini menyatakan bahwa data yang tersaji dalam Skripsi saya yang berjudul: **“Pemodelan Tungku Busur Listrik 3 Fasa”** adalah **MURNI** hasil penelitian saya pribadi.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa data dan judul tersebut merupakan jiplakan/plagiat dari karya tulis orang lain, maka sesuai dengan kode etik ilmiah, saya menyatakan bersedia untuk diberikan sanksi seberat-beratnya termasuk **PENCOPOTAN/PEMBATALAN** gelar akademik saya, oleh pihak Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY).

Demikian surat pernyataan ini dibuat agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 26, Juni, 2022



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur ke hadirat Tuhan yang Maha Kuasa atas segala limpahan kasih karunia, dan kehendak-Nya sehingga Tugas Akhir Skripsi ini, dengan judul Pemodelan Tungku Busur Listrik 3 Fasa, dapat diselesaikan dengan baik, dan tepat waktu.

Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras, kegigihan, dan kesabaran, dalam penyelesaian pengerjaan skripsi ini. Namun disadari karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta disekeliling saya yang mendukung dan membantu. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada:

1. Dr. Ir. H. Ircham, M.T selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
2. Dr. Daru Sugati. ST. M.T selaku dekan fakultas Teknologi Industri Elektro S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Ir. Oni Yuliani. M. Kom selaku ketua program studi Teknik Elektro S1 Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Diah Suwarti Widyastuti,S.T.M.,Eng dan Ir. Budi Utama, M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran, untuk memberikan arahan, dan saran, serta selalu senantiasa menyemangati saya selama proses pembuatan skripsi ini.
5. Ayah dan Ibu serta keluarga tercinta yang telah mendukung saya, baik itu secara moral maupun materi.

6. Semua teman-teman yang ikut serta membantu, menyemangati, dan mendo'akan saya dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini.
7. Berbagai pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah mendukung, menyemangati, mendo'akan, serta berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Tuhan yang Maha kuasa. Dan akhirnya saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan ilmu yang saya miliki. Untuk itu saya dengan kerendahan hati mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun dari semua pihak demi membangun penulisan skripsi ini.

Yogyakarta 23, Juni 2022

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1.1 Rumusan Masalah.....	2
1.1.2 Keaslian Penelitian	3
1.1.3 Manfaat Penelitian	5
1.2 Tujuan Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori	9
2.2.1 Tungku Busur Listrik.....	9
2.2.2 Prinsi Kerja Arus Yang Ada Pada Tungku Busur Listrik.....	11
2.2.3 Komponen Ynag Digunakan Pada Tungku Busur Listrik	12

2.2.4 Karakteristik Tungku Busur Listrik	16
2.2.5 Elemen Tungku Busur Listrik	16
2.2.6 Kualitas Daya (<i>Power Quality</i>)	19
2.2.7 Gangguan Tegangan (<i>Voltage Disturbances</i>)	20
2.2.8 Faktor Daya	20
2.2.9 Teori Arc	21
2.2.10 Model Tungku Busur Listrik	22
2.2.11 Konstruksi Tungku Busur Listrik	23
2.2.12 Deskripsi Fenomena <i>Flicker</i> Tegangan	27
2.2.13 Kerugian Adanya Tegangan <i>Flicker</i>	28
2.2.14 Upaya Mengurangi Pengaruh Tegangan <i>Flicker</i>	28
2.2.15 Hubungan <i>Flicker</i> Dengan Matlab <i>Simulink</i>	31
2.2.16 Alat Memperkecil Tegangan <i>Flicker</i>	31
2.2.17 Cara Pemodelan Tungku Busur Listrik 3 Fasa	31
2.2.18 Simulasi Sistem	31
2.2.19 Matlab <i>Simulink</i>	32
2.2.20 Pemodelan Dasar Dari Pendekatan Persamaan Tungku Busur Listrik	35
2.3 Hipotesis	41
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Alat Dan Bahan Penelitian	36
3.1.1 Alat Penelitian	36
3.1.2 Bahan Penelitian	37
3.2 Tata Laksana Penelitian	38
3.2.1 Alur Penelitian	38

3.2.2 Langkah-Langkah Dalam Pemodelan Tungku Busur	
Listrik 3 Fasa	40
3.2.3 Spesifikasi Arus 3 Fasa Pada Tungku Busur Listrik	41
3.2.4 Daya Listrik 3 Fasa	41
3.3 Keaslian Penelitian	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Penelitian	44
4.2 Pembahasan	44
4.2.1 Model Simulasi Blok Diagram Tungku Busur Listrik 3 Fasa	44
4.2.2 Simulasi Arus 3 Fasa	45
4.2.3 Alat Ukur <i>Scope</i>	45
4.2.4 Data Parameter Tungku Busur Listrik	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	70
5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Cara Kerja Transformator Dengan Kumparan Skunder Diganti Satu Kawat (Sumber : Zhulkarnaen,2013:1)	11
Gambar 2.2	Skema Penampang Dapur Busur Listrik Arus Bolak Balik (Sumber : Iksanmostofast,2016)	12
Gambar 2.3	Transformator (Sumber : Buku Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik, Prih (Sumardjati,Dkk)).....	13
Gambar 2.4	Controlled (Sumber : Buku <i>Air-Core Reactors</i> (Andre Lanza)	14
Gambar 2.5	Dapur Busur Listrik Pada Saat Beroperasi (Sumber : Brosur, Produksi PT. Krakatau Steel(Laporan Kerja Praktek PT. Krakatau <i>Steel Divisi Slab Steel Plant</i> (SSP) II)	15
Gambar 2.6	Proses Produksi Pabrik (Sumber : Brosur, Produksi PT. Krakatau Steel(Laporan Kerja Praktek PT. Krakatau <i>Steel Divisi Slab Steel Plant</i> (SSP) II).....	15
Gambar 2.7	Transformator <i>Electric Arc Furnace</i> (Sumber : Analisa Alur Tenaga Listrik Transformator Daya <i>Electrical Arc Furnace</i> (EAF) (Study Kasus: PT. Krakatau Steel) (Desmira)	17
Gambar 2.8	Elektroda (Sumber : Analisa Alur Tenaga Listrik Transformator Daya <i>Electrical Arc Furnace</i> (EAF) (Study Kasus: PT. Krakatau Steel) (Desmira)	19
Gambar 2.9	Daerah Pembangkit Panas (Sumber: Buku Fisika Plasma Dan Aplikasinya (Dr. Muhamad Nur, DEA)	21
Gambar 2.10	Model Tungku Busur Listrik (Sumber : Analisa Alur Tenaga Listrik Transformator Daya <i>Electrical Arc Furnace</i> (EAF) (Studi Kasus: PT. Krakatau Steel) (Desmira).....	22
Gambar 2.11	Skema Tungku Busur Listrik (Sumber : Yayat I. Supriyatna, Rina Ristiana, Fajar Nurjaman Dan Achmad Shofi,2014)	23
Gambar 2.12	Sistem Akuator Hidrolik (Sumber : Yayat I. Supriyatna, Rina Ristiana, Fajar Nurjaman Dan Achmad Shofi,2014)	27
Gambar 2.13	Tampilan Awal Matlab <i>Simulink</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>) ...	33

Gambar 2.14 Layar Lokasi Dari Tombol <i>Simulink</i> (Sumber : Matlab R2017a)	33
Gambar 2.15 Tampilan Awal <i>Simulink</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	33
Gambar 2.16 Tampilan Blank Model (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>).....	34
Gambar 2.17 <i>Simulink Library Browser</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>).....	34
Gambar 2.18 Pemodelan Pendekatan Persamaan Tungku Busur Listrik (Sumber : <i>Electricarc Furnace Design Pdf</i>).....	35
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Prosedur Penelitian	39
Gambar: 4.1 Rangkaian Thyristor Controlled Reactor (TCR) Fasa Tunggal (Sumber: Suhendar, Nofri Ardella)	53
Gambar 4.2 Model Tungku Busur Listrik 3 Fasa (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	53
Gambar 4.3 Bentuk Keluaran Gelombang Pada Alat Ukur <i>Scope</i> Sebelum Dimasukan Data Parameter (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>).....	55
Gambar 4.4 Gambar 4.5 Bentuk Keluaran Gelombang Hambatan Pada Alat Ukur <i>Scope</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	56
Gambar 4.5 Bentuk Keluaran Gelombang Arus Pada Alat Ukur <i>Scope</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	57
Gambar 4.6 Bentuk Keluaran Gelombang Tegangan <i>Flicker</i> Pada Alat Ukur <i>Scope</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>).....	58
Gambar 4.7 Bentuk Keluaran Gelombang Pada Alat Ukur <i>Scope</i> Sesudah Dimasukan Data Parameter (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	59
Gambar 4.8 Bentuk Keluaran Gelombang Hambatan Pada Alat Ukur <i>Scope</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	60
Gambar 4.9 Bentuk Keluaran Gelombang Arus Pada Alat Ukur <i>Scope</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>)	61
Gambar 4.10 Bentuk Keluaran Gelombangtegangan <i>Flicker</i> Pada Alat Ukur <i>Scope</i> (Sumber : <i>Matlab R2017a</i>).....	62
Gambar:4.11. Tegangan <i>Flicker</i> Akibat Gangguan Satu Fase Ke Tanah (Sumber: Rafael Sianipar,2015).....	63

Gambar:4.12. Sistem Tenaga Melayani Motor Penggerak Industri (Sumber: Rafael Sianipar,2015).....	65
Gambar:4.13. Rangkaian Ekivalen Sistem Tenaga (Sumber: Rafael Sianipar,2015).....	66
Gambar:4.14. Voltage Drop Di Terminal Transformator Akibat Pengasutan Motor Induksi Pada Tegangan 100% Nominal (Sumber: Rafael Sianipar,2015).....	68
Gambar:4.15. Rentang Arus Elektroda Operasi: (1) Daya Tinggi (HP), (2) Daya Sangat Tinggi (UHP), Dan (3) Tungku DC. (Sumber: Desmira 2020).....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu Mengenai Pemodelan	
Tungku Busur Listrik	3
Tabel 4.1 Hasil <i>Input</i> Data Parameter Keluaran Gelombang	
Dari Waktu 0,3-0,4	48
Tabel 4.2 Hasil <i>Output</i> Data Parameter Keluaran Gelombang	
Dari Waktu 0,3-0,4	48
Tabel 4.2 Data Parameter Generator.....	68
Tabel 4.2 Data Parameter Transformator <i>Step Down</i> 3 Fasa	68
Tabel 4.3 Data Parameter Bus-Bar	68
Tabel 4.5 Data Parameter Model EAF.....	69

DAFTAR SINGKATAN

EAF (*Electric Arc Furnace*)

SVC (*Static Var Compensator*)

TCR (*Thyristor Controlled Reactor*)

Pu (Per Unit)

ABSTRAK

Electric arc furnace (EAF) banyak digunakan dalam pembuatan baja dan peleburan logam *nonferrous*. EAF adalah proses utama dari apa yang disebut pabrik mini, yang memproduksi baja terutama dari scrap. EAF biasanya beroperasi pada daya dari 10MW hingga 100MW. Tungku busur listrik *electric arc furnace* (EAF) adalah suatu tungku buat peleburan baja yg memakai tenaga listrik. Energi listrik dipakai buat pemanasan, peleburan dan pemurnian baja. Konsep-konsep atau teori dan prinsip kerja yang berkaitan dengan penelitian pemodelan tungku busur listrik 3 fasa. Tungku busur akan mendapatkan *suplay* daya yang besar dari tiga buah batang elektroda (*katoda*), sehingga dapat menghasilkan panas yang tinggi, untuk bisa meleburkan baja menjadi cair. Dan dapat, memperkecil atau menghilangkan tegangan *flicker*. Dengan mensimulasikan suatu simulasi pemodelan tungku busur listrik 3 fasa untuk mengurangi terjadinya beban lebih atau tegangan *flicker* pada sistem tenaga listrik. Tegangan *flicker* yang dihasilkn oleh industri peleburan baja, akan di minimalisirkan atau di perkecil dengan menggunakan alat MATLAB *simulink*, serta, menggunakan komponen TCR (*Thyristor Controlled Reactor*), dan memperbesar kapasitas daya transformator.

Kata Kunci : *Electric arc furnace* (EAF), Tegangan *Flicker*.

ABSTRACT

Electric arc furnaces (EAF) are widely used in steelmaking and nonferrous metal smelting. EAF is the main process of the so-called mini mill, which produces steel mainly from scrap. EAF typically operates at power from 10MW to 100MW. Electric arc furnace (EAF) is a furnace for smelting steel that uses electricity. Electrical energy is used for heating, smelting and refining steel. Concepts or theories and working principles related to the research of modeling 3-phase electric arc furnaces. The arc furnace will get a large power supply from three electrode rods (cathodes), so that it can produce high heat, to be able to melt steel into liquid. And can reduce or eliminate voltage flicker. By simulating a simulation of modeling a 3-phase electric arc furnace to reduce the occurrence of overload or voltage flicker in the electric power system. The flicker voltage produced by the steel smelting industry will be minimized or minimized by using the MATLAB *simulink* tool, as well as, using TCR (*Thyristor Controlled Reactor*) components, and increasing the power capacity of the transformer.

Keywords: *Electric arc furnace* (EAF), *Flicker Voltage*.