



**SIMULASI *FAULT CLEARING TIME* PADA
MINIATUR CIRCUIT BREAKER SYSTEM
TEGANGAN RENDAH 380 VOLT
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP**

TESIS

Tesis diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar magister teknik



Disusun Oleh:

NAMA : ALIEFATIN AGUSTINA
NIM : 092022090248

**PRODI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA**

2024

**SIMULASI *FAULT CLEARING TIME* PADA
MINIATUR CIRCUIT BREAKER SYSTEM
TEGANGAN RENDAH 380 VOLT
MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP**

TESIS

Tesis diajukan untuk memenuhi
persyaratan memperoleh gelar
magister teknik



Disusun Oleh:

Nama : Aliefatin Agustina
NIM : 092022090248

Pembimbing I,

Dr. Yanuar Zulardiansyah Arief, CEng
NIK. S092019110003

Pembimbing II

Brainvendra W. Dionova, S.ST., MSc.Eng
NIK. S092020080004

**PRODI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN
ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2024**

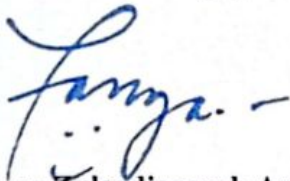
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Proposal Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Aliefatin Agustina
NIM : 092022090248
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Proposal Tesis : Simulasi *Fault Clearing Time* Pada *Miniatur Circuit Breaker System* Tegangan Rendah 380 Volt Menggunakan Software ETAP

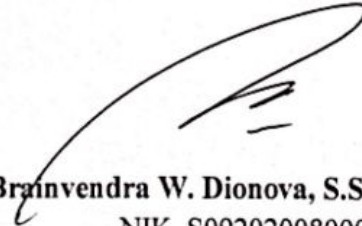
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

Pembimbing I,



Dr. Yanuar Zulardiansyah Arief, CEng
NIK. S092019110003

Pembimbing II



Brannvendra W. Dionova, S.ST.,MSc.Eng
NIK. S092020080004

Ketua Progam Studi
Magister Teknik Elektro



Sinka Wilyanti, S.T.,M.T.

NIK. S092012120066

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

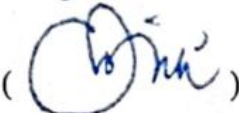
Proposal Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Aliefatin Agustina
NIM : 092022090248
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Proposal Tesis : Simulasi *Fault Clearing Time* Pada *Miniatur Circuit Breaker System* Tegangan Rendah 380 Volt Menggunakan Software ETAP

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Dr. Antonious Darma Setiawan S.Si.,M.T ()

Penguji 2 : Dr. Ir. Sidik Mulyono, M.Eng ()

Penguji 3 : Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Agustus 2024

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aliefatin Agustina
NIM : 092022090248
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Simulasi *Fault Clearing Time* Pada *Miniatur Circuit Breaker System* Tegangan Rendah 380 Volt Menggunakan Software ETAP

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Royalti Noneksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 15 Agustus 2024

Yang menyatakan,



Aliefatin Agustina

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 15 Agustus 2024

Mahasiswa,



Aliefatin Agustina
NIM. 092022090248

ABSTRAK

Abstrak - *Dalam suatu usaha* untuk menghitung bahaya ledakan busur api (arc flash) yang merupakan bagian dari safety serta elemen keselamatan dan kesehatan kerja perlu dilakukan Analisa arc flash. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari proteksi arus lebih pada peralatan yang terpasang, Analisa ini akan menghitung nilai *incident energy* (cal/cm^2) yang terkait dengan gangguan maksimum tiga fasa. Dalam Analisa yang dilakukan, diperhatikan pula nilai Fault Clearing Time (FCT) atau waktu yang dibutuhkan untuk memutus perangkat dari sistem saat terjadi gangguan.

Dengan mempertimbangkan nilai insiden energi dan FCT pada sistem tersebut, akan mempermudah untuk memilih peralatan proteksi dari beberapa manufacture yang ada di pasaran, selain hal tersebut manfaat lain yang didapatkan berupa mengetahui dan menentukan level minimum personal protective equipment (PPE) atau alat pelindung diri yang harus digunakan para pekerja ketika melakukan pekerjaan pada peralatan-peralatan kelistrikan dalam kondisi energized. Sehingga dengan penerapan study ini selain dalam aspek safety, juga berperan dalam peningkatan produktivitas pekerja dan perusahaan secara umum. Selanjutnya, dengan berdasarkan kategori besarnya energy arc flash tersebut dapat diidentifikasi flash protection boundary untuk menentukan Personal Protective Equipment (PPE) atau alat pelindung diri berdasarkan NFPA 70E yang akan dipergunakan untuk meminimalisir dan menghindarkan para pekerja dan peralatan-peralatan yang ada terhadap dampak terjadinya arc flash. Pada Simulasi Fault Clearing Time, diperoleh bahwa fixed breaker memiliki proteksi trip device pada peralatannya dan berbeda manufacture dan type pun akan berbeda pula kurva TCC yang nantinya akan mempengaruhi nilai insiden energi.

Kata Kunci—arc flash; safety; Personal Protective Equipment; flash protection boundary; fault arcing current; NFPA 70E; arc flash boundary

ABSTRACT

Abstract - In an effort to calculate the danger of arc flash, which is part of safety and an element of occupational safety and health, it is necessary to carry out an arc flash analysis. This analysis aims to determine the effectiveness of overcurrent protection on installed equipment. This analysis will calculate the value of incident energy (cal/cm^2) associated with a maximum three-phase fault. In the analysis carried out, the value of Fault Clearing Time (FCT) or the time needed to disconnect the device from the system when a disturbance occurs.

By considering the incident energy and FCT values in the system, it will be easier to choose protective equipment from several manufacturers on the market. Apart from this, another benefit is obtained in the form of knowing and determining the minimum level of personal protective equipment (PPE) or personal protective equipment that must be used by workers when carrying out work on electrical equipment in an energized condition. So, by implementing this study, apart from the safety aspect, it also plays a role in increasing worker and company productivity in general. Furthermore, based on the category of the amount of arc flash energy, flash protection boundaries can be identified to determine Personal Protective Equipment (PPE) or personal protective equipment based on NFPA 70E which will be used to minimize and prevent workers and existing equipment from the impact of an arc flash.

In the Fault Clearing Time Simulation, it was found that fixed breakers have trip device protection on their equipment and different manufactures and types will also have different TCC curves which will later affect the incident energy value.

Keywords—arc flash; safety; Personal Protective Equipment; flash protection boundaries; fault arcing current; NFPA 70E; arc flash boundary

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKAN DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 Referensi Penelitian	4
2.2 Landasan Teori	18
2.2.1 Fault Clearing Time	18
2.2.2 Konsep Dasar Bahaya Listrik (<i>Electrical Hazard</i>)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	54
3.1 Diagram Alir Penelitian	54
3.2 Data- Data Sistem Kelistrikan Sistem Kelistrikan	56
3.3 Data Circuit Breaker Untuk Perbandingan	58
3.4 Perancangan Sistem Kelistrikan Dalam <i>software</i> ETAP 19.0	60
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Pembahasan	62
4.2 Sistem Kelistrikan	62
4.3 Diagram Satu Garis	63

4.4	Studi Kasus.....	64
4.4.1	Konfigurasi Studi Kasus.....	65
4.5	Hasil Studi Aliran Daya – <i>Existing Sistem</i>	66
4.5.1	Konfigurasi Kasus 1 (C01).....	68
4.5.1.1	Generation Rate	68
4.5.1.2	Pembebanan dan Rugi-Rugi Daya	70
4.5.2	Konfigurasi Kasus 2 (C02).....	72
4.5.2.1	Generation Rate	72
4.5.2.2	Pembebanan dan Rugi-Rugi daya	74
4.6	Hasil Studi Hubung Singkat	75
4.7	Hasil Studi Proteksi Koordinasi	79
4.8	Hasil Studi Analisa Arc Flash.....	92
4.8.1	Mereduksi Nilai Insiden Energy	92
4.9	Simulasi Untuk FCT.....	101
4.10	Simulasi Dengan Breaker Mitsubishi.....	102
4.10.1	Mitsubishi NF100-S	102
4.10.2	Mitsubishi NF125-CW	108
4.10.3	Mitsubishi NF100-SP	114
4.11	Simulasi Dengan Breaker Schneider Electric	120
4.11.1	Schneider C120H-B	120
4.11.2	Schneider C120H-C	126
4.11.3	Schneider C120H-D	132
4.12	Simulasi Dengan Breaker Siemens	138
4.12.1	Siemens 3VF3	138
4.12.2	Siemens NGB	144
4.12.3	Siemens NGG.....	150
4.13	Simulasi Dengan Breaker Terasaki	156
4.13.1	Terasaki TL-100C	156
4.13.2	Terasaki TL-100E	162
4.13.3	Terasaki H125-NJ	168
4.14	Simulasi Dengan Breaker Toshiba	174
4.14.1	Toshiba NJ100NB	174
4.14.2	Toshiba NJ100P	180
4.15	Hasil Simulasi Nilai FCT dengan Breaker Mitsubishi.....	186

4.16	Hasil Simulasi Nilai FCT dengan Breaker Schneider	187
4.17	Hasil Simulasi Nilai FCT dengan Breaker Siemens	188
4.18	Hasil Simulasi Nilai FCT dengan Breaker Terasaki	189
4.19	Hasil Simulasi Nilai FCT dengan Breaker Toshiba	190
4.20	Rangkuman Hasil Simulasi Nilai FCT Panel Bending CNC	191
4.21	Rangkuman Hasil Simulasi Nilai FCT Panel Painting dan Oven	192
4.22	Rangkuman Hasil Simulasi Nilai FCT Panel IEC	193
BAB V PENUTUP		194
5.1	Kesimpulan.....	194
5.2	Saran	195
DAFTAR PUSTAKA		196

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Suatu sistem proteksi dalam sistem kelistrikan memiliki fault clearing time (FCT) yang akan mempengaruhi nilai insiden energi dalam Analisa ledakan busur api atau arc flash. Dalam sistem kelistrikan di suatu industri, terkadang Pemilihan proteksi mengacu kepada biaya dan barang yang ada dalam pasaran yang mudah di dapatkan. Pemilihan peralatan proteksi, perlu di sesuaikan dengan rating beban yang di proteksi dan juga perlu di sesuaikan agar saat terjadi ledakan busur api secara mendadak, dampak yang ditimbulkan tidak terlalu besar, serta personil dapat menyiapkan APD apa saja yang perlu dipergunakan.

Study analisis *arc flash* sebagai bagian dari *safety* serta elemen keselamatan dan kesehatan kerja yang secara umum bertujuan memberikan perlindungan dan pengendalian potensi bahaya ditempat kerja. Analisis *arc flash* dilakukan pada umumnya dilakukan secara berkala untuk menentukan level minimum alat pelindung diri atau *personal protective equipment* (PPE) yang harus digunakan para pekerja ketika melakukan pekerjaan pada peralatan-peralatan kelistrikan dalam kondisi *energized*. Sehingga dengan penerapan *study* ini selain dalam aspek *safety*, juga berperan dalam peningkatan produktivitas pekerja dan perusahaan secara umum.

Dalam referensi jurnal yang dikemukakan terdapat beberapa hal yang membedakan dari hasil yang diinginkan penulis, pada jurnal terdahulu pembahasan FCT berapada pada study case arc flash dimana jurnal-jurnal terdahulu lebih terfokus dengan nilai insiden energi yang dihasilkan dan kategori PPE / APD yang perlu dipergunakan, sedangkan untuk mereduksi nilai insiden energynya dengan cara mengurangi nilai FCT pun dilakukan dengan melakukan setting ulang sistem proteksi pada sistem kelistrikan tersebut. Dimana hal itu merupakan metode yang sering digunakan untuk melakukan analisa arc flash ini, dari hal tersebut penulis tergerak untuk melakukan penelitian dengan memanfaatkan peralatan proteksi yang memiliki fixed setting proteksinya, sehingga terlihat hasil dari setting proteksi

tersebut seberapa pengaruhnya terhadap fault clearing time yang erat kaitannya dengan nilai insiden energi pada arc flash.

Data lengkap parameter-parameter pendukung dari komponen dalam sistem kelistrikan yang ada untuk selanjutnya dapat dilakukan simulasi, permodelan serta pengolahan data sistem kelistrikan dengan menggunakan *software* ETAP 19. Dalam prosesnya, *study arc flash* dilakukan dengan beberapa tahapan, yakni *Load flow study* yang memberikan analisis aliran daya pada sistem kelistrikan, selanjutnya *short circuit study* pada beberapa mode operasi sistem kelistrikan yang ada dan *protection coordination study* selanjutnya diperlukan dalam analisis *arc flash*. Adapun hasil perhitungan *arc flash* di dapat dari perhitungan nilai *fault arching current* yang didapat melalui *short circuit study*, *clearing times* dan *protection coordination study* untuk peralatan proteksi.

Tujuan dari analisis ini untuk Membuat simulasi Fault Clearing Time Pada Miniatur circuit breaker menggunakan *software* ETAP (Electrical Transient Analysis Program), Mendapatkan nilai FCT pada sistem dengan menggunakan pergantian beberapa manufacture, sehingga akan didapatkan manufacture yang direkomendasikan apakah peralatan proteksi tersebut dapat mengakomodir saat terjadi gangguan, mendapatkan nilai FCT yang optimal pada sistem kelistrikan tersebut dan menentukan nilai *incident energy* yang berpotensi ada selama terjadinya peristiwa arc flash serta lamanya durasi dari terjadinya *energy arc flash*. Selanjutnya, dengan berdasarkan kategori besarnya *energy arc flash* tersebut dapat diidentifikasi *flash protection boundary* untuk menentukan alat pelindung diri atau *Personal Protective Equipment* (PPE) yang secara efektif dapat digunakan oleh pekerja sebagai bagian dari standar *safety* berdasarkan NFPA 70E yang dapat meminimalisir serta menghindarkan para pekerja dan peralatan-peralatan yang ada terhadap dampak terjadinya *arc flash*. Selanjutnya, elemen-elemen hasil dari analisis *arc flash* ini dapat dijadikan salah satu acuan dalam mengidentifikasi bilamana terdapat beberapa bagian sistem kelistrikan yang perlu pembenahan dan perbaikan guna menunjang optimalisasi maupun keandalan pada sistem kelistrikan suatu perusahaan atau pabrik yang saat ini dipakai untuk simulasi. Simulai ini akan dilakukan berdasarkan data existing kelistrikan pada PT. Power System Indonesia, dimana PT. Power System Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak dalam

bidan g elektro, salah satunya memproduksi Neutral Grounding Resistor (NGR).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat didefinisikan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mengetahui kondisi kelistrikan di di PT. Power System Indonesia ?
2. Bagaimana hubungan dari sistem proteksi dengan analisis arc flash?
3. Bagaimana hubungan dari FCT terhadap nilai insiden energi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tesis ini berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah seperti di atas adalah:

1. Mendapatkan Nilai kondisi kelistrikan pada PT. Power System Indonesia.
2. Mendapatkan simulasi proteksi koordinasi untuk analisis arc flash
3. Membuat simulasi Fault Clearing Time Pada Miniatur circuit breaker menggunakan software ETAP (Electrical Transient Analysis Program).

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian yang dilakukan dapat lebih fokus maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Kajian Analisa Arc Flash memakai pemodelan menggunakan software ETAP
2. Data peralatan existing yang diambil adalah data dari perusahaan.
3. Rekomendasi penggantian peralatan menggunakan datasheet yang tersedia di pasaran.
4. Manufacture yang dipakai untuk simulasi ini menggunakan 5 Produk MCB/MCCB yang ada di pasaran

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Ersan Lutfianazar, Fachrudin Hunaini, Mohammad Mukhsim, Desain Sistem Proteksi Tenaga Listrik Terhadap Bahaya Arc Flash. (2018)
- Akhmad Selmy Jayyidi, Hendro Agus Widodo, dan Rona Riantini, Analisis Risiko Arc Flash Menggunakan ETAP Pada Bus Tegangan Menengah Dan Rendah. (2018)
- A.R. van C Warrington, Protective Relays volume 1, Chapman dan Hall LTD,(1962).
- C. Davis, D. Castor, R. Luo, and S. Shrestha, "Practical Solution Guide to Arc Flash Hazards," 2003.
- Corry Komalasari, Nurhalim, Studi dan Analisa *Arc Flash* Dalam Menentukan Kategori PPE di Gardu Induk Teluk Lembu PT. PLN Dengan Menggunakan *Software* ETAP 7.0.0. (2016)
- Cristophe Preve, Protection of Electrical Network, ISTE Ltd, Great Britain and the United States,(2006).
- GE Corporate Research and Development Niskayuna,"DG Power Quality, Protection and Reliability Case Studies Report ",RenewableEnergy Laboratory NationalNew York,(2003, August).
- I Made Wiryanata, I Made Wartana, Analisis Reduksi Arc Flash Energi Pada Sistem Kelistrikan PT.Semen Gresik(Persero) Tbk. (2019)
- IEEE1584 "Electrical Safety Hazards Handbook Littlefuse.", *IEEE Guide for Performing Arc- Flash Hazard Calculations*. 2002.
- Littlefuse POWR-GARDProductsDes Plaines, IL,USA, Understanding and Reducing Arc Flash Hazards, (2005).
- NFPA, "Standard for Electrical Safety in theWorkplace 2015 Edition," 2015.
- Ontoseno Penangsang, Analisis dan Reduksi Bahaya Arc Flash pada Sistem Kelistrikan. (2012)
- P. K. Kolankar and U. B. Sarode, "Practical Approach for Arc Flash Hazard Assessment," no. 1, pp. 33–39, 2012.
- Reza Wahyu Firdaus,dkk, Studi Analisis Arc Flash Pada Sistem Kelistrikan PT. SC Johnson and Son Indonesia-Jakarta (2018)

Roni Syaputra Analisa Arc Flash Pada Sistem kelistrikan Feeder 6.6kV switchgear 01-B-1 SS#1b S.Gerong di Pt. Pertamina Ru-III Plaju (2020)

Turan Gonen, Modern Power Sistem Analysis, USA,(1988).

W. A. Brown, "A COMPARISON OF ARC- FLASH INCIDENT ENERGY REDUCTION TECHNIQUES USING LOW-VOLTAGE POWER CIRCUIT BREAKERS," pp. 1-9, 2006.

Wallace Tinsley and Michael Hodder, "A Practical Approach to ArcFlash Hazard Analysis and Reduction", IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 41, No. 1,(2005, January/February

WPSAC - Workplace safety awareness council, "Train-the-Trainers Guide to Electrical Safety For General Industry A Review of Common OSHA Regulations and Workplace Violations," p. 48.