



Institut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**EVALUASI SYSTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK
KAMPUS-II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI
PLTS ON-GRID 500KWP.**

Agustinus Jaksu

NIM 1812013

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.

Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Nasional Malang

2022



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**EVALUASI *SYSTEM* PROTEKSI TENAGA LISTRIK
KAMPUS II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI
PLTS *ON-GRID* 500KWP.**

Agustinus Jaksu
1812013

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
September**

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI *SYSTEM* PROTEKSI TENAGA LISTRIK KAMPUS-II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI PLTS *ON-GRID* 500 KWP

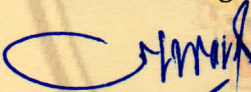
SKRIPSI

AGUSTINUS JAKSU
1812013

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Elektro S-1
Peminatan Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang


Diperiksa dan Disetujui:

Dosen Pembimbing I



Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT.
NIP. 196105031992021001

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT.
NIP. Y. 1028700171

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1



Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361

Malang, September 2022



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Agustinus Jaksu
NIM : 1812013
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : 2021-2022
Judul Skripsi : **EVALUASI SYSTEM PROTEKSI TENAGA
LISTRIK KAMPUS-II ITN MALANG AKIBAT
PENETRASI PLTS ON-GRID 500 KWP.**

Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada,

Hari : Rabu
Tanggal : 10 Agustus 2022
Nilai : 75,3

Panitia Ujian Skripsi,



Majelis Ketua Penguji

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. Komang Somawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361

Sot'yohadi, ST., MT.
NIP. Y. 1039700309

Anggota Penguji,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dr. Irrine Buch Sulistiawati, ST, MT.
NIP. 19770615 200501 2 002

Ir. Ni Putu Agustini, MT.
NIP. Y 1030100371

ABSTRAK

EVALUASI SYSTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK KAMPUS II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI PLTS ON-GRID 500KWP.

AGUSTINUS JAKSU, NIM : 1812013

Dosen Pembimbing I : Prof.Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

Dosen Pembimbing II : Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto ,MT

Pada tahun 2020 Kampus Institut Teknologi Nasional Malang bekerjasama dengan PT. Wijaya Karya Persero (WIKA) dan PT. Surya Utama Nuansa (SUN) membangun PLTS *on-Grid* skala besar dengan kapasitas daya terpasang sebesar 500 kWp yang berlokasi di Kampus II ITN Malang. Daya yang dihasilkan oleh PLTS dikirim langsung ke sistem jaringan listrik Kampus. Interkoneksi *grid* sistem pembangkit listrik PV (*Photovoltaic*) atau PLTS memiliki keuntungan dari pemanfaatan yang lebih efektif dari daya yang dihasilkan. Namun, persyaratan teknis dari kedua utilitas listrik sisi sistem *grid* dan sisi sistem PV harus dipenuhi untuk memastikan keamanan pemasangan PV dan keandalan sistem Proteksi. Saat PLTS terintegrasi ke jaringan listrik Kampus II ITN Malang ,maka akan mengakibatkan perubahan kondisi aliran daya maupun peningkatan arus hubung singkat (*short circuit current*) ke system proteksi tenaga listrik kampus II ITN Malang. Gangguan diamankan dengan MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*) atau pengaman lainnya. Makalah ini melakukan analisis arus hubung singkat tiga fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ke tanah terhadap system Proteksi Tenaga listrik Kampus II Institut Teknologi Nasional Malang akibat Penetrasi PLTS *on-grid* 500kWp.

Kata Kunci; PLTS on Grid, MCCB, Short Circuit, Load flow.

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawa ini

Nama : Agustinus Jaksu

NIM : 1812013

Jurusan/Peminatan : Teknik Elektro S-1/Teknik Energi Listrik

ID KTP/Paspor : 5310052808990008

Alamat : Paka, RT. 011 RW. 005, Desa Paka,
Kec. Satarmese, Kab. Manggarai, Nusa Tenggara
Timur.

Judul Skripsi : Evaluasi System Proteksi Tenaga Listrik Kampus-
II ITN Malang Akibat Penetrasi PLTS On-Grid
500KWP.

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang saya buat merupakan hasil karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari orang lain. Dalam skripsi ini tidak memuat karya orang lain kecuali sumber yang digunakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Apabila ternyata di dalam skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiarisme, maka saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar teknik yang telah saya peroleh (S-1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan Undang-Undang yang berlaku.

Malang, Oktober 2022

Yang membuat pernyataan



(Agustinus Jaksu)

NIM. 1812013

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha Esa penulis panjatkan atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penyusunan skripsi yang berjudul **“EVALUASI SYSTEM PROTEKSI TENAGA LISTRIK KAMPUS-II ITN MALANG AKIBAT PENETRASI PLTS ON-GRID 500KWP.”** dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan Skripsi ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dari berbagai pihak dan berkah dari Tuhan Yang Maha Esa sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak dan Ibu yang senantiasa mendoakan, memberikan bantuan moril, materi, dan nasehat selama penulis menjalani pendidikan. Selanjutnya ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada:

1. Bapak Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektronika S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT. selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan dan masukan.
3. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT. sebagai Dosen Pembimbing II yang selalu memberi bimbingan dan masukan.
4. Ibu Dr. Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT selaku Dosen Penguji I yang telah membantu dalam penulisan dan masukan.
5. Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT. selaku Dosen Penguji II yang telah membantu dalam penulisan dan masukan.
6. Bapak Didik Stanislaus Sukur dan Ibu Bibiana Bibu yang selalu mendoakan saya, membimbing saya, dan menjadi penyemangat untuk terus berjuang.

Namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, penulis memohon saran dan kritikan yang membangun untuk menambah kesempurnaan laporan skripsi ini sehingga dapat bermanfaat bagi rekan mahasiswa dan pembaca lainnya.

Malang, September 2022

Agustinus Jaksu

DAFTAR ISI

	Hal:
LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan Masalah	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Sistem Proteksi Tenaga Listrik.....	5
2.2. Pengaman (<i>Circuit Breaker</i>).....	6
2.2.1. MCB (<i>Miniatur circuit breaker</i>)	6
2.2.2. MCCB (<i>Moulded Case Circuit Breaker</i>)	6
2.2.3. Menentukan Arus Rating Nominal.....	7
2.3. Pemilihan Penghantar	8
2.4. Pemutus Daya.....	8
2.5. Gangguan Arus Hubung Singkat (<i>Short Circuit current</i>).....	9
2.6. Analisis Aliran Daya (<i>Load Flow Analysis</i>).....	10
2.7. Komponen Simetris.....	12
2.8. Impedansi Urutan dan Jaringan Urutan	14
2.9. Perhitungan Kapasitans Arus Hubung Singkat.....	15
2.9.1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah (<i>Line to Ground Fault</i>)	15
2.9.2. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa (<i>Line To Line Fault</i>).....	16
2.9.3. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah (<i>Line To Line to Ground Fault</i>).....	17
2.9.4. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa (<i>Three Phase Fault</i>)	17

2.10. <i>Electrical Transient Analyzer Program</i> (ETAP) 12.6.0.18	
2.11. Sistem PLTS <i>On Grid</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Lokasi Pengambilan Data	21
3.1.1. Transformator <i>Step Down</i> 0,4 kV ITN Malang.....	22
3.1.2. PLTS <i>On Grid</i> 500 kWp.....	22
3.1.3. GENSET CATERPILLAR Kampus II ITN Malang.....	23
3.1.4. Hasil Pengukuran di Panel LVMDP ITN.....	24
3.2. Metode Pengumpulan Data	25
3.3. <i>Software</i> ETAP 12.6.0.....	25
3.4. Analisis Aliran Daya	26
3.5. Analisis Hubung Singkat.....	26
3.6. Desain Penelitian.....	27
BAB IV HASIL DAN ANALISIS HASIL	29
4.1. Sumber Energi Listrik Kampus II ITN Malang.....	29
4.2. Simulasi <i>Load Flow</i> dan <i>Short Circuit</i> Kelistrikan Kampus II ITN Malang.	29
4.2.1. <i>Single Line Diagram</i> Kampus II ITN Malang.	30
4.2.2. <i>Setting Critical and Marginal</i>	31
4.2.3. Simulasi <i>Load Flow</i> dari <i>Grid</i> PLN.....	32
4.2.4. Simulasi <i>Short Circuit</i> dari <i>Grid</i> PLN.....	36
4.2.5. Simulasi <i>Load Flow</i> dari PLN <i>On Grid</i> PLTS 500 kWp.....	39
4.2.6. Simulasi <i>Short Circuit</i> dari PLN <i>On Grid</i> PLTS 500 kWp.....	43
4.2.7. Simulasi <i>Load Flow</i> dari GENSET.....	45
4.2.8. Simulasi <i>Short Circuit</i> dari GENSET	50
4.3. Pengaruh Penetrasi Terhadap Saluran (<i>Cable</i>).....	52
4.4. Koordinasi Kapasitas Rating MCCB terhadap Arus dan Waktu (<i>ms</i>).	54
4.5. Perbandingan Peningkatan Arus ke Setiap Saluran (<i>cable</i>) Akibat Penetrasi PLTS <i>On Grid</i> 500 kWp.....	59
4.6. Perbandingan Besar Arus Hubung Singkat dari ke-3 Supply Listrik di LVMDP Kampus II ITN Malang.	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sakelar pemutus tenaga (PMT) atau <i>Circuit breaker</i> (CB).	7
Gambar 2. 2 Fasor diagram gangguan simetri.	13
Gambar 2. 3 (a) Komponen urutan Positif, (b) Komponen urutan negatif, (c) Komponen urutan nol	13
Gambar 2. 4 Diagram fasor penjumlahan komponen Simetri	14
Gambar 2. 5 Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah	15
Gambar 2. 6 Gangguan hubung singkat dua fasa.	16
Gambar 2. 7 Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah	17
Gambar 2. 8 Gangguan hubung singkat tiga fasa.	17
Gambar 3. 1 <i>Single line diagram</i> kelistrikam kampus II ITN Malang. .	21
Gambar 3. 2 Lembar kerja ETAP 12.6.0	26
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> alur penelitian Skripsi.	27
Gambar 4. 1. <i>Single line diagram</i> kelistrikam kampus II ITN Malang simulasi Etap 12.6.0.	30
Gambar 4. 2 Setting <i>critical</i> dan <i>Marginal</i> dengan ETAP 12.6.0.	31
Gambar 4. 3 Contoh koordinasi sistem proteksi Lab. D3 Mesin yang normal.	55
Gambar 4. 4 Grafik perbandingan peningkatan arus ke setiap saluran (<i>cable</i>) akibat penetrasi PLTS <i>on grid</i> 500 kWp.	59
Gambar 4. 5 Grafik perbandingan besar arus hubung singkat dari ke-3 <i>supply</i> Listrik kampus II ITN Malang di panel LVMDP. . .	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi bus pada sistem tenaga	10
Tabel 3. 1 Spesifikasi rating Transformator <i>step down</i> kampus II ITN Malang.	22
Tabel 3. 2 Spesifikasi <i>solar panel</i> PLTS 500 kWp.	22
Tabel 3. 3 Spesifikasi Inverter PLTS 500 kWp.....	23
Tabel 3. 4 Spesifikasi Genset kampus II ITN Malang.	23
Tabel 3. 5 Hasil pengukuran di panel LVMDP kampus II ITN Malang.	24
Tabel 4. 1 Simulasi aliran daya dari grid PLN.....	32
Tabel 4. 2 Data hasil simulasi <i>Short circuit</i> dari Grid PLN	37
Tabel 4. 3 Simulasi aliran daya dari PLN <i>On Grid</i> PLTS 500 kWp.	39
Tabel 4. 4 Data hasil simulasi <i>Short circuit</i> dari Grid PLN <i>On Grid</i> PLTS 500 kWp.....	44
Tabel 4. 5 Simulasi aliran daya dari Genset.....	46
Tabel 4. 6 Data hasil simulasi <i>Short circuit</i> dari Genset.	50
Tabel 4. 7 Peningkatan arus ke setiap saluran (<i>cable</i>) akibat penetrasi PLTS <i>On Grid</i> 500 kWp.	52
Tabel 4. 8 Koordinasi <i>Breaking</i> MCCB terhadap arus dan waktu (ms)	56