



Insitut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**ANALISIS KEAMANAN SISTEM AKIBAT
PERTUMBUHAN BEBAN KELISTRIKAN PADA
COPPER CLEANER PROJECT DI TIMIKA, PAPUA
MENGUNAKAN SIMULASI *ETAP***

**Budi Permadi, A.Md.
NIM 2412903**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT
Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Januari 2026**



Insitut Teknologi Nasional Malang

SKRIPSI – ENERGI LISTRIK

**ANALISIS KEAMANAN SISTEM AKIBAT
PERTUMBUHAN BEBAN KELISTRIKAN PADA
COPPER CLEANER PROJECT DI TIMIKA, PAPUA
MENGUNAKAN SIMULASI *ETAP***

Budi Permadi, A.Md.
NIM 2412903

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT
Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Nasional Malang
Januari 2026

**ANALISIS KEAMANAN SISTEM AKIBAT
PERTUMBUHAN BEBAN KELISTRIKAN PADA
COPPER CLEANER PROJECT DI TIMIKA, PAPUA
MENGUNAKAN SIMULASI ETAP**

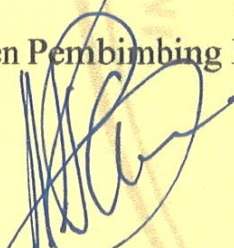
SKRIPSI

**Budi Permadi, A.Md.
NIM: 2412903**

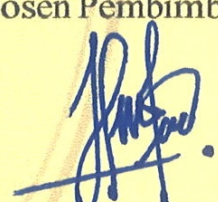
Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi Teknik Energi Listrik
Institut Teknologi Nasional Malang

Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I


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

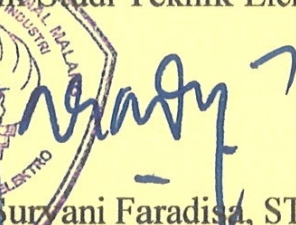
Dosen Pembimbing II


Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T.
NIP. P. 1032200604

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1




Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT.
NIP. P. 1030000365

MALANG
Januari, 2026



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 : Budi Permadi, A.Md.
NIM : 2412903
Program Studi : Teknik Elektro S-1
Peminatan : Teknik Energi Listrik
Masa Bimbingan : Semester Ganjil 2025/2026
Judul Skripsi : Analisis Keamanan Sistem Akibat Pertumbuhan
Beban Kelistrikan pada *Copper Cleaner Project* di
Timika, Papua Menggunakan Simulasi *ETAP*
Diperlihatkan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu
(S-1) pada:
Hari : Kamis
Tanggal : 22 Januari 2026
Nilai : 86,60%

Majelis Penguji
Ketua

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

Anggota Penguji

Penguji I

Prof. Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT
NIP. 19610503 199202 1 001

Penguji II

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

ABSTRAK

ANALISIS KEAMANAN SISTEM PERTUMBUHAN BEBAN KELISTRIKAN PADA *COPPER CLEANER PROJECT* DI TIMIKA, PAPUA MENGGUNAKAN SIMULASI *ETAP*

BUDI PERMADI, A.Md., NIM: 2412903

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

Dosen Pembimbing II: Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T

Penelitian ini membahas analisis keamanan sistem tenaga listrik akibat pertumbuhan beban pada Copper Cleaner Project di Timika, Papua. Pengembangan fasilitas pengolahan tembaga menyebabkan peningkatan kebutuhan daya yang harus diakomodasi oleh sistem kelistrikan eksisting Substation C South 115/13,8 kV. Evaluasi dilakukan menggunakan simulasi aliran daya dan analisis hubung singkat berbasis *software ETAP* untuk menilai dampak penambahan beban terhadap profil tegangan, pembebanan peralatan, rugi daya, serta kecukupan sistem proteksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setelah integrasi *Copper Cleaner*, total beban sistem mencapai 56,7 MW dan 29,1 MVAR, dengan kontribusi beban aktual sebesar 1,29 MVA. Nilai ini merepresentasikan pertumbuhan beban sekitar 0,91% terhadap total beban sistem eksisting, serta setara dengan 4,3% dari kapasitas beban terpasang dan 6,76% dari beban puncak operasional proyek. Rugi daya aktif dan reaktif sistem sangat kecil, masing-masing sebesar 0,0004 MW dan 0,0021 Mvar. Pembebanan transformator berada pada kisaran 1–2% dari kapasitas nominal, sedangkan pembebanan kabel daya 115 kV masih di bawah 50%. Analisis hubung singkat tiga fasa menghasilkan arus gangguan sebesar 21,504 kA, masih di bawah rating pemutus 40 kA. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem tenaga listrik Substation C South aman dan mampu mengakomodasi pertumbuhan beban Copper Cleaner Project tanpa perubahan konfigurasi utama.

Kata kunci: Pertumbuhan beban, ETAP, aliran daya, hubung singkat, transformator.

ABSTRACT

ELECTRICAL POWER SYSTEM SECURITY ANALYSIS UNDER LOAD GROWTH FOR THE COPPER CLEANER PROJECT IN TIMIKA, PAPUA USING ETAP SIMULATION

BUDI PERMADI, A.Md., NIM: 2412903

Lecturer I: Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT

Lecturer II: Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T

This study analyzes power system security due to load growth at the Copper Cleaner Project in Timika, Papua. The development of copper processing facilities increases power demand that must be accommodated by the existing Substation C South 115/13.8kV electrical system. The evaluation is performed using power flow and short-circuit simulations based on ETAP software to assess the impact of load addition on voltage profiles, equipment loading, system losses, and protection adequacy. Simulation results indicate that after project integration, the total system load reaches 56.7MW and 29.1Mvar, with an actual project load contribution of 1.29MVA. This condition represents approximately 0.91% load growth relative to the existing system load and corresponds to 4.3% of the installed load capacity and 6.76% of the project's peak operational load. System losses are very small, with active and reactive losses of 0.0004MW and 0.0021Mvar, respectively. Transformer loading remains within 1–2% of rated capacity, while 115kV power cable loading stays below 50%. Three-phase short-circuit analysis results in a fault current of 21.504kA, which is below the 40kA circuit breaker rating. These findings confirm that the Substation C South power system is secure and capable of accommodating Copper Cleaner Project load growth without major configuration modifications.

Keyword: Load growth, ETAP, power flow, short-circuit analysis, transformer.

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Budi Permadi, A.Md.

NIM : 2412903

Jurusan / Peminatan : Teknik Energi Listrik S-1

ID KTP / Paspor : 9109090911650001

Alamat : Jl. Pinangsia No. 19 RT 02 RW 10 Kel. Jatimulyo
Kec. Lowokwaru Kota Malang

Judul Skripsi : Analisis Keamanan Sistem Akibat Pertumbuhan
Beban Kelistrikan pada *Copper Cleaner Project* di
Timika, Papua Menggunakan Simulasi *ETAP*

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 dicantumkan 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 di gugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S-1) di batalkan, serta di proses sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Malang, 3 Februari 2026

Yang membuat pernyataan



Budi Permadi, A.Md.

NIM. 2412903

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Keamanan Sistem Akibat Pertumbuhan Beban Kelistrikan pada *Copper Cleaner Project* di Timika, Papua Menggunakan Simulasi ETAP**” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Irmalia Suryani Faradisa, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1.
2. Bapak Dr. Ir. Widodo Pudji Muljanto, MT, selaku Dosen Pembimbing I.
3. Ibu Widamuri Anistia, ST., M.Tr.T, selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. I Made Wartana, MT, selaku Dosen Penguji I.
5. Ibu Ir. Ni Putu Agustini, MT, selaku Dosen Penguji II.
6. Seluruh dosen dan staf akademik program studi Teknik Elektro.
7. Orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa dan dukungan
8. Rekan-rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik kelistrikan.

Malang, Januari 2026
Penulis,

Budi Permadi, A.Md.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
2.2 Transformator	6
2.2.1 Prinsip Kerja Transformator	6
2.3 Aliran Daya Komplek	7
2.4 Analisis Aliran Daya	9
2.4.1 Klasifikasi Bus	9
2.4.2 Persamaan Aliran Daya	11
2.4.3 Metode Penyelesaian Aliran Daya	11
2.5 Pertumbuhan Beban Listrik	14
2.6 Analisis Sistem Tenaga dengan Software ETAP	15
2.7 Analisis Hubung Singkat (<i>Short Circuit Analysis</i>)	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Pendekatan Penelitian	17
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	17
3.3 Objek Penelitian	17
3.4 Metode Pengumpulan Data	17
3.4.1 Studi Literatur	17
3.4.2 Observasi dan Dokumen Teknis	17
3.4.3 Wawancara	18
3.5 Metode Analisis	18
3.6 Diagram Alir Penelitian	19
3.7 Data	21
3.7.1 <i>Single Line Diagram Kasuang Copper Cleaner Circuit 115kV</i>	21
3.7.2 <i>Arrangement Plan 115/13.8kV Power Transformer Copper Cleaner</i>	22
3.7.3 <i>Transformer Nameplate Copper Cleaner Project</i>	23

3.7.4	Beban Listrik <i>Copper Cleaner Project</i>	24
3.7.5	Data Pembebanan <i>Substation C South 115kV</i>	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Gambaran Umum Sistem Kelistrikan <i>Substation C South 115kV</i> 25	
4.1.1	Spesifikasi Power Transformer TX-730 dan TX-731.....	26
4.1.2	Sistem Koneksi dan Kabel Daya 115 kV.....	28
4.2	Analisis Pertumbuhan Beban Listrik <i>Copper Cleaner Project</i> ..	28
4.2.1	Kondisi Awal Sistem.....	29
4.2.2	Kondisi Setelah Penambahan Beban <i>Copper Cleaner</i>	29
4.2.3	Analisis Pertumbuhan Beban.....	30
4.2.4	Analisis Perbandingan Beban Aktual dengan Beban Puncak dan Terpasang.....	30
4.3	Analisis Aliran Daya Substation C South Menggunakan ETAP	32
4.3.1	Single Line Diagram Substation C South 115 kV ETAP	32
4.3.2	Kondisi Sumber Daya (Power Supply Condition)	34
4.3.3	Hasil Simulasi Analisis Aliran Daya Substation C South 115kV 35	
4.3.4	Analisis Pembebanan Kabel dan Transformator Substation C South 115kV.....	40
4.4	Analisis Hubung Singkat Substation C South 115kV Menggunakan ETAP.....	43
4.4.1	Hasil Simulasi ETAP pada Kondisi Bus 4 Fault.....	44
4.4.2	Analisis Kecukupan HVCB.....	45
BAB V PENUTUP		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Sistem Tenaga Listrik	5
Gambar 2.2 Dasar Teori Transformator	6
Gambar 2.3 Dua Sumber Tegangan Terinterkoneksi	7
Gambar 2.4 Model Bus Sistem Tenaga Listrik.....	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3.2 <i>Single Line Diagram Kasuang Copper Cleaner Circuit 115kV</i>	21
Gambar 3.3 <i>Arrangement Plan 115/13.8kV Power Transformer Copper Cleaner</i>	22
Gambar 3.4 <i>Transformer Nameplate Copper Cleaner Project</i>	23
Gambar 3.5 Beban Listrik <i>Copper Cleaner Project</i>	24
Gambar 3.6 Data Pembebanan <i>Substation C South 115kV</i>	24

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Beban Substation C South 115kV	29
Tabel 4.2 Elemen Utama Sistem Substation C South 115kV	33
Tabel 4.3 Data Sumber Substation C South 115kV	35
Tabel 4.4 Tabel Hasil Aliran Daya	36
Tabel 4.5 Profil Tegangan Hasil Simulasi ETAP	38
Tabel 4.6 Data Pembebanan Simulasi ETAP	41
Tabel 4.7 Data Short Circuit Sistem 115 kV Substation C South	44
Tabel 4.8 Hasil Short Circuit 115 kV (ETAP) dengan Fault di Bus 4...	44
Tabel 4.9 Rating HVCB 115kV Substation C South	45