

**ANALISIS DAN OPTIMASI KOORDINASI PENGAMAN
BERDASARKAN HUBUNGAN SINGKAT PADA SISTEM KELISTRIKAN
GEDUNG SMA METHODIST 1 BERBASIS SIMULASI ETAP**



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Pada Tingkat Sarjana

Strata-1 Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Tridinanti

Disusun Oleh :

RIDO MARSEL SIMANJUNTAK

2402230504.P

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TRIDINANTI

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Rido Marsel Simanjuntak

NPM : 2402230504.P

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenjang Pendidikan : Strata-1 (S-1)

Judul Skripsi : ANALISIS DAN OPTIMASI KOORDINASI PENGAMAN

BERDASARKAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM KELISTRIKAN

GEDUNG SMA METHODIST 1 BERBASIS SIMULASI ETAP

Disetujui oleh :

Pembimbing I,



Moh. Wahyu A., ST.MT.

Pembimbing II



Thriskadewi Umi Rasyida, ST.MT.

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ani Firda, ST.MT.

Kaprodi Teknik Elektro



Moh. Wahyu A., ST.MT.

HALAMAN PERNYATAAN

Nama : Rido Marsel Simanjuntak
NPM : 2402230504.P
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Analisis dan Optimasi Koordinasi Pengaman Berdasarkan Hubungan Singkat Pada Sistem Kelistrikan Gedung SMA Methodist 1 Palembang Berbasis Simulasi ETAP

Dengan ini menyatakan :

Hasil penulisan skripsi yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Jika terdapat kata-kata dan rumusan yang sama itu hanya dijadikan bahan referensi dan dimasukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan dan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang "Sistem Pendidikan Nasional" Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70.

Demikian Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Agustus 2026

Penulis



Rido Marsel Simanjuntak

ABSTRAK

Keandalan sistem kelistrikan pada bangunan publik seperti gedung sekolah merupakan aspek yang sangat penting untuk menjamin kelangsungan aktivitas belajar mengajar. Meningkatnya penggunaan beban listrik pada Gedung SMA Methodist 1 memperbesar potensi terjadinya gangguan hubung singkat. Permasalahan yang sering ditemukan adalah ketidakselarasan koordinasi proteksi antara pengaman di sisi hulu (MCCB pada panel LVMDP) dan pengaman di sisi hilir (MCB pada panel distribusi ruangan), yang menyebabkan terjadinya pemadaman total ketika gangguan hanya terjadi pada satu area. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya arus gangguan hubung singkat pada setiap titik panel distribusi serta mengevaluasi selektivitas koordinasi proteksi menggunakan perangkat lunak ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*). Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus dengan tahapan pemodelan sistem melalui diagram satu garis (*One-Line Diagram*), analisis aliran daya (*Load Flow Analysis*), analisis hubung singkat (*Short Circuit Analysis*), dan analisis koordinasi proteksi (*Protective Device Coordination*) melalui kurva karakteristik waktu-arus (*Time-Current Characteristic*). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi penyetelan (*setting*) kapasitas dan karakteristik pengaman yang optimal sehingga sistem proteksi dapat bekerja secara selektif dan kontinuitas suplai daya listrik pada Gedung SMA Methodist 1 dapat tetap terjaga.

Kata Kunci: koordinasi proteksi, hubung singkat, ETAP, selektivitas, MCCB, MCB

ABSTRACT

The reliability of the electrical system in public buildings such as school facilities is a critical aspect in ensuring the continuity of teaching and learning activities. The increasing use of electrical loads in the SMA Methodist 1 building raises the potential for short-circuit faults. A common issue found in the field is the lack of coordination between the upstream protective device (MCCB at the LVMDP panel) and the downstream protective device (MCB at the room distribution panel), which causes a total power outage even when the fault occurs only in one area. This study aims to analyze the magnitude of short-circuit fault currents at each distribution panel point and to evaluate the selectivity of protection coordination using ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) software. The research method applied is a case study consisting of system modeling through a One-Line Diagram, Load Flow Analysis, Short Circuit Analysis, and Protective Device Coordination analysis using Time-Current Characteristic (TCC) curves. The results of this study are expected to provide recommendations for the optimal rating and characteristic settings of the protective devices so that the protection system can operate selectively, thereby maintaining the continuity of the electrical power supply at the SMA Methodist 1 building.

Keywords: *protection coordination, short circuit, ETAP, selectivity, MCCB, MCB*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis dan Optimasi Koordinasi Pengaman Berdasarkan Hubungan Singkat Pada Sistem Kelistrikan Gedung SMA Methodist 1 Berbasis Simulasi ETAP”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memenuhi kurikulum pada tingkat Sarjana Strata-1, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak/Ibu Rektor Universitas Tridinanti.
2. Bapak/Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti.
3. Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Tridinanti dan Bapak Moh. Wahyu Aminulla, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Thriskadewi Umi Rasyida, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan skripsi ini.

5. Bapak/Ibu Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun.
6. Pihak Sekolah SMA Methodist 1 Palembang yang telah memberikan izin dan kemudahan dalam pengambilan data penelitian.
7. Kedua orang tua serta keluarga yang senantiasa memberikan doa, semangat, dan dukungan baik moril maupun materil.
8. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, baik dari segi penulisan maupun isi materi yang disampaikan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca pada umumnya, khususnya di bidang Teknik Elektro.

Palembang, 2026

Penulis,

Rido Marsel Simanjuntak

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan Skripsi	3
1.5 Sistematika Penulisan	3

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori.....	4
2.1.1 Sistem Kelistrikan Tegangan Rendah.....	4
2.1.2 Sub Distribution Panel (SDP).....	4
2.1.3 Sirkit Akhir dan Beban Kelistrikan Sekolah	5
2.2 Sistem Proteksi Tenaga Listrik	5
2.3 Gangguan Hubung Singkat	6
2.3.1 Konsep Impedansi Urutan Kompleks Jaringan	10
2.3.2 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Simetris.....	11

2.3.3 Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa	12
2.3.4 Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	12
2.4 Karakteristik Arus Beban Penuh dan Regulasi Standar Pengaman	13
2.4.1 Arus Nominal Sistem Tiga Fasa	13
2.4.2 Regulasi Penyetelan Pengaman Berdasarkan PUIL 2020	13
2.5 Miniature Circuit Breakers (MCB) dan Molded Case Circuit Breaker (MCCB).....	14
2.5.1 Miniature Circuit Breaker (MCB)	14
2.5.2 Molded Case Circuit Breaker (MCCB)	15
2.5.3 Koordinasi MCCB dan MCB dalam Sistem Proteksi.....	17
2.6 Perhitungan Penyetelan Arus	17
2.7 Penyetelan Tunda Waktu (TMS)	18
2.8 ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)	19
2.9 Penelitian Terdahulu	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.2 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	24
3.3 Prosedur Pemodelan One-Line Diagram (OLD)	24
3.4 Langkah-Langkah Simulasi	24
3.4.1 Load Flow Analysis (Analisis Aliran Daya)	24
3.4.2 Short Circuit Analysis (Analisis Hubung Singkat).....	25
3.4.3 Protective Device Coordination (Koordinasi Proteksi)	25
3.5 Teknik Analisis Data.....	25
3.6 Data	26

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA

4.1 Perhitungan Arus Beban Penuh (Arus Nominal) Gedung	29
4.2 Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat	30
4.2.1 Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Simetris	30

4.2.2	Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa.....	31
4.2.3	Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	31
4.3	Analisis Ketahanan Kapasitas Pemutusan Pemutus Daya	31
4.4	Analisis Hasil Simulasi Aliran Daya (Load Flow Analysis)	32
4.5	Analisis Hasil Simulasi Hubungan Singkat	34
4.6	Evaluasi Selektivitas Koordinasi Proteksi Eksisting.....	37
4.7	Optimasi dan Rekomendasi Setting Pengaman.....	38
4.8	Analisis Kurva TCC	42
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	42
5.2	Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN.....		46

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1	Karakteristik Kurva.....15
2.2	Penelitian Terdahulu21
3.1	Data Teknis Sumber Listrik PLN.....26
3.2	Data Teknis APP (kWh Meter Itron NIAS).....26
3.3	Data Teknis MCCB <i>Incoming</i> (Schneider EZC250F)26
3.4	Data Beban27
3.5	Data Trip27
4.1	Profil Tegangan Busbar dan Jatuh Tegangan Hasil Simulasi ETAP33
4.2	Nilai Arus Gangguan Hubungan Singkat Hasil Simulasi ETAP36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa7
2.2	Gangguan Hubung Singkat Fasa ke Fasa.....8
2.3	Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah8
2.4	Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah9
2.5	MCB (Miniature Circuit Breaker).....15
2.6	MCCB (Molded Case Circuit Breaker).....16
2.7	Tampilan Program ETAP dan Keterangan Singkatnya22
3.1	Diagram Alir Penelitian23
3.2	Foto APP, MCCB, MCCB28
4.1	Load Flow Analysis34
4.2	<i>Short Circuit Analysis</i> pada Bus LVMDP (Main)35
4.3	<i>Short Circuit Analysis</i> pada Bus SDP35
4.4	One Line Diagram.....39
4.5	TCC Koordinasi Proteksi MCCB dan MCB.....40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keandalan sistem pendistribusian energi listrik pada bangunan publik seperti gedung sekolah merupakan aspek yang sangat penting. Fasilitas modern di sekolah saat ini, seperti laboratorium komputer, pendingin ruangan (AC), serta peralatan bengkel praktikum, membutuhkan kontinuitas suplai daya yang tinggi. Meningkatnya intensitas penggunaan beban-beban listrik ini secara langsung juga memperbesar potensi terjadinya gangguan kelistrikan, terutama gangguan hubung singkat (*korsleting*).

Pada sistem kelistrikan tegangan rendah (380/220 V) seperti di lingkungan sekolah, koordinasi sistem proteksi yang selektif sangat krusial. Masalah yang sering terjadi di lapangan adalah ketidakselarasan karakteristik antara relai pengaman di sisi hilir (seperti MCB di panel distribusi ruangan) dengan pengaman di sisi hulu (seperti MCCB di *Low Voltage Main Distribution Board* / LVMDP). Ketika terjadi hubung singkat pada salah satu ruang kelas atau laboratorium, pengaman utama di panel LVMDP sering kali ikut terputus (*trip*) bersamaan atau bahkan mendahului pengaman lokal. Hal ini menyebabkan terjadinya pemadaman total di seluruh area sekolah, yang mengganggu aktivitas belajar mengajar secara luas.

Untuk mengatasi permasalahan selektivitas proteksi tersebut, diperlukan evaluasi menyeluruh mengenai besarnya arus gangguan hubung singkat di setiap titik panel pembagi dan peninjauan kembali karakteristik waktu-arus (*Time-Current Characteristic* / TCC) dari masing-masing pemutus daya (MCCB/MCB). Perhitungan manual untuk pemodelan jaringan yang kompleks berisiko mengalami kesalahan (*human error*) dan memakan waktu lama. Oleh karena itu, penggunaan perangkat lunak simulasi seperti *ETAP (Electrical Transient Analyzer Program)* menjadi solusi efektif. ETAP mampu memodelkan seluruh jaringan listrik gedung,

menghitung arus gangguan secara akurat sesuai standar industri, dan menampilkan visualisasi kurva koordinasi pengaman secara presisi tanpa mengganggu operasional kelistrikan sekolah secara langsung.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan optimasi koordinasi pengaman berdasarkan hubungan singkat pada system kelistrikan Gedung SMA Methodist 1 berbasis simulasi ETAP, sehingga dapat direkomendasikan penyetelan (*setting*) pengaman yang optimal demi menjaga kontinuitas suplai daya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah yang harus di selesaikan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar arus gangguan hubung singkat (3-fasa, 2-fasa, dan 1-fasa ke tanah) yang terjadi pada panel-panel distribusi di Gedung SMA METHODIST 1?
2. Bagaimana kondisi selektivitas koordinasi proteksi antara MCCB utama dan MCB cabang pada sistem kelistrikan yang ada di Gedung SMA METHODIST 1 Palembang?
3. Bagaimana rekomendasi kapasitas nominal dan jenis kurva pengaman (MCCB/MCB) yang optimal menggunakan software ETAP agar sistem proteksi bekerja secara selektif ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada sistem kelistrikan Tegangan Rendah Gedung SMA METHODIST 1, dimulai dari kWh meter pembatas PLN hingga panel distribusi akhir di tiap lantai/gedung.
2. Komponen proteksi yang dianalisis dibatasi pada *Molded Case Circuit Breaker* (MCCB) dan *Miniature Circuit Breaker* (MCB).
3. Pemodelan, perhitungan arus hubung singkat, dan analisis koordinasi menggunakan *software* ETAP versi 19.01.

1.4 Tujuan Penulisan Skripsi

Adapun tujuan dari skripsi ini adalah :

1. Menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat maksimum dan minimum di setiap titik bus panel distribusi Gedung SMA METHODIST 1.
2. Menganalisis kurva karakteristik waktu-arus (*Time-Current Characteristic*) relai pengaman eksisting untuk mendeteksi adanya kegagalan selektivitas (*overlap*).

1.5 Sistematika Penulisan

Agar pembahasan di dalam skripsi lebih terarah dan mudah dipahami maka penulis membuat sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Berisi landasan teori sistem distribusi tenaga listrik, sistem proteksi, gangguan hubung singkat, MCB/MCCB, perangkat lunak ETAP dan penelitian terdahulu.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi metode pengumpulan data, prosedur pemodelan One-Line Diagram, serta tahapan simulasi Load Flow, Short Circuit, dan Protective Device Coordination pada ETAP.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISIS

Berisi hasil simulasi, analisis arus hubung singkat, evaluasi koordinasi proteksi, dan rekomendasi setting pengaman.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran untuk pihak sekolah maupun penelitian lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suganda. 2022, ANALISA KEANDALAN PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 kV, Jagakarsa, Jakarta Selatan.
- [2] Nurfiqa Desetiorizki, Winestri. 2018, EVALUASI SETTING RELAY PROTEKSI ARUS LEBIH PADA GENERATOR UNIT 1 DI PUSAT LISTRIK TENAGA AIR TIMO, Universitas Tidar.
- [3] Suputra Widharma, I Gede. 2020, ANALISIS KOORDINASI OVER CURRENT RELAY DAN GROUND FAULT RELAY TERHADAP KEANDALAN SISTEM, Politeknik Negeri Bali.
- [4] Ardilla Rista, Fika. 2023, PERHITUNGAN JARAK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SALURAN KABEL UDARA TEGANGAN MENENGAH 20 KV PENYULANG KPK 01 SEMARANG, UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG.
- [5] Yulisman. 2018, Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Sistem Tenaga Listrik Dengan Aplikasi Matlab, Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSB.
- [6] Stevenson, W. D., Jr. (1984). *Analisis Sistem Tenaga Listrik* (Edisi Keempat). (K. Kamaluddin, Penerj.). Jakarta: Erlangga.
- [7] Manual Pelatihan Internal Pengoperasian Software ETAP. (2003). PT PLN (Persero) Jasa Enjiniring.
- [8] Manual Public Training. (2020, 7 Desember). Electrical Power System Analysis Using ETAP. <https://expertindo-training.com>
- [9] Muhammad Fauzan Gusti Triyanto. (2021, 20 Agustus). Sekilas Tentang Software ETAP Berserta Tollbarnya. https://www.anakteknik.co.id/fauzan_triyanto02/articles/sekilas-tentang-software-etap-beserta-tollbarnya
- [10] Umar Faruq., Akmal Ridho., Maurisio Vrayulis., & Ezra Julio. (2021). Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan ETAP 12.6. *Jurnal Sain Energi Teknologi & Industri (SainETIn)*, 6(1), 16–22. <https://doi.org/10.31849/sainetin.v6i1.7031>
- [11] International Electrotechnical Commission. (2002). IEC 60898-1: Electrical accessories — Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations — Part 1: Circuit-breakers for a.c. operation. Geneva: IEC.

- [12] International Electrotechnical Commission. (2016). IEC 60947-2: Low-voltage switchgear and controlgear — Part 2: Circuit-breakers. Geneva: IEC.
- [13] <https://www.omazaki.co.id/studi-analisis-sistem-tenaga-listrik/>
- [14] Mhd Fajar Dwiandra Tanjung. (2025). Analisis dan Koordinasi Relay Proteksi terhadap Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan ETAP, Jurnal Sains Student Research, <https://doi.org/10.61722/jssr.v3i6.6997>
- [15] Geddy Rizky Iriando., & Achmad Imam Agung. (2019). Studi Kodinasi Sistem Proteksi Pada Transformator 20kV di Jaringan Distribusi 20kV Penyulang Bandilan. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(3), 611-618. <https://doi.org/10.26740/jte.v8n3.p%p>
- [16] Abdullah Assegaf, Sunarto, Toto Tohir. (2019). Koordinasi Selektif MCB Metoda Waktu Arus dengan Simulasi ETAP MCB *Selective Coordination of Time-Current Methods with ETAP Simulation*. Politeknik Negeri Bandung.
- [17] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2020 (PUIL 2020) - SNI 0225:2020. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- [18] Agusthinus S. Sampeallo , Wellem F. Galla , Romulus Mamung Sare. ANALISIS RUGI DAYA INSTALASI JARINGAN TEGANGAN RENDAH LABORATORIUM RISET TERPADU LAHAN KERING KEPULAUAN UNDANA.

