



ISSN : 2085-2347



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

TEKNOLOGI INFORMASI DAN APLIKASINYA

VOLUME 5



**PERAN PENGEMBANGAN
APLIKASI TEKNOLOGI INFORMASI
DALAM BIDANG ENERGI DAN MANUFAKTUR**

Diorganisasi oleh:

POLITEKNIK NEGERI MALANG
30 MEI 2013

DEWAN REDAKSI

KETUA

Dr.Eng. Anggit Murdani, ST., M.Eng.

REVIEWER/KOMITE PROGRAM

Prof. Dr. Bambang Riyanto (ITB)
Dr. Ir. Syaad Patmanthara (UM)
Hadi Suyono, ST., MT., PhD. (UB)
Dr. Ir. Agnes Hanna P., MT.
Dr. Ir. R. Edy Purwanto, MSc.
Dr. M. Sarosa, Dipl. Ing., MT.
Dr. M. Maskan, MSi.
Dr.Eng. Anggit Murdani, ST., M.Eng.
Dr. Andriani Parastiwi, B.SEET, MT.
Dr. Kartika Dewi Sri S., SE, MBA
Ir. Achmad Chumaidi, MT.
Ratih Indri Hapsari, ST., MT., PhD.

KOMITE ORGANISASI

Ratna Ika Putri, ST., MT.
Mila Fauziyah, ST., MT.
M. Rifa'i, ST., MT.
Lisa Agustriyana, ST., MT.
Denda Dewatama, ST., MT.
Ika Noer Syamsiana, ST., MT.
Fauziah S. CSM., ST., MT.
Haris Puspito Buwono, ST., MT.
Utsman Syah A., ST., MT.
Beauty Ika A., ST., MT.
M. Nanak Zakaria, ST., MT.
Haryono
M. Junus, ST., MT.
Rudi Ariyanto, ST., MT.
Usman Zulhijah, AMd.

DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	i
SAMBUTAN DIREKTUR POLITEKNIK NEGERI MALANG	ii
DEWAN REDAKSI	iii
C. KELISTRIKAN	
1. THE CALCULATION OF DC-DC CONVERTER ON SURYAWANGSA SOLAR CAR Senoaji ¹ , Muh. Taufiq R ² , H. Suryoatmojo ³ , Imam Robandi ⁴	(C-1)
2. PENGHEMATAN DAYA LISTRIK BEBAN PENERANGAN MENGGUNAKAN REMOTE CONTROL BERBASIS ANDRO Evi Rahmawati ¹ , Indhana Sudiharto, ST. MT ² , Moh Safrodin, B.Sc. MT ³	(C-7)
3. PENGHEMATAN ENERGI BEBAN LAMPU TAMAN PADA HALAMAN GEDUNG POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA MENGGUNAKAN AC-AC VOLTAGE CONTROLL Yuliannisa Rahma ¹ , Epyk Sunarno ² , Endro Wahjono ³	(C-14)
4. ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PT. TAKSI BLUE BIRD INDONESIA MENGGUNAKAN ETAP Amirullah ¹ dan Mahendra Setiawan ²	(C-20)
5. PENGARUH FILTER CAPASITOR TERHADAP LUARAN INVERTER 1 FASADENGAN FREKWENSI YANG DITINGKATKAN SECARA RESONANSI Ari Murtono	(C-29)
6. Kontrol Frekuensi Pada Generator Induksi Sebagai Pembangkit Mikrohidro Menggunakan <i>Electronic Load Controller (ELC)</i> Berbasis Fuzzy Polar Ilham Pakaya ^{1,2} , Adi Soeprijanto ² , Margo Pujiantara ²	(C-37)
7. SISTEM TRANSFER DAYA LISTRIK NIRKABEL PADA APLIKASI <i>BATTERY CHARGER</i> I Dewa Gede Agung Yudha, Novie Ayub Windarko	(C-44)
8. KAJIAN KONTINGENSI SISTEM TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN METODE ALIRAN DAYA <i>NEWTON-RAPHSON</i> Ahmad hermawan	(C-50)

9. RANCANG BANGUN PENSAKLARAN (*SWITCHING*) OTOMATIS UNTUK SUMBER DAYA LISTRIK MOTOR INDUKSI TIGA FASA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA8535
Noer Soedjarwanto¹, Osea Zebua²(C-56)
10. PERANCANGAN KENDALI FAKTOR DAYA MOTOR SINKRON TIGA FASA 1 kW/ 220V
Hendro Buwono¹(C-62)

D. TELEKOMUNIKASI

1. MODEL PEMANTUAN ALIRAN AIR SUNGAI DAN CURAH HUJAN BERBASIS JARINGAN SENSOR NIRKABEL
Ihyauddin¹, Priyatmadi², Soesanti³(D-1)
2. KINERJA ORTHOGONAL SPACE TIME CODING (OSTBC) PADA SISTEM MUD CDMA DENGAN DETEKTOR MMSE (UPLINK)
Aries Pratiarso¹, Intan Perwita Sari², Yoedy Moegiharto³(D-6)
3. DESAIN DAN IMPLEMENTASI ANTENA MIKROSTRIP SEGITIGA FREKUENSI 1900 MHZ UNTUK APLIKASI MODEM *CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS* (CDMA)
Mochammad Taufik, Waluyo, Ira Ayu Martasari Muflihatin(D-11)
4. KINERJA KODE LDPC PADA SISTEM OSTBC-OFDM
Yoedy Moegiharto¹, Sofyan Dwi Prasetyo², M.Agus Zainuddin³(D-15)
5. GAME TEBAK WARNA MEMANFAATKAN KOMUNIKASI SERIAL UNTUK PENGIRIMAN PERINTAH
Akuwan Saleh¹, Reni Soelistijorini² (D-20)

E. TEKNIK SIPIL

1. PERHITUNGAN BIAYA PENGANGKUTAN SAMPAH DENGAN PROGRAM DINAMIS *POWERSIM*
Burhamtoro¹, Achmad Wicaksono², M. Bisri³, Soemarno⁴(E-1)

2. PERBAIKAN SIFAT-SIFAT FISIS DAN MEKANIS TANAH LEMPUNG DENGAN MENGGUNAKAN SEMEN PUZZOLAN-KAPUR
Yunaefi(E-7)
3. PERENCANAAN SIMPANG BERSINYAL KOMBINASI BUNARAN
Dwi Ratnaningsih(E-14)
4. PEMROGRAMAN INDEKS, KETERSEDIAAN, DAN KEBUTUHAN PARKIR DENGAN VISUAL BASIC
Agung Sedayu¹(E-20)
5. OPTIMASI BIAYA OPERASIONAL PERALATAN PADA PEKERJAAN PENGANGKUTAN OVERBURDEN PROYEK PERTAMBANGAN
Sitti Safiatus Riskijah(E-27)
6. OPTIMASI JUMLAH TURBIN PADA PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
Fauziah S. C. S. Maisarah(E-33)

F. TEKNIK MESIN

1. OPTIMASI PANAS INDUKSI UNTUK HEAT TREATMENT KAWAT BAJA
R Edy Purwanto¹, Gumono²(F-1)
2. ANALISIS TEGANGAN GESER HASIL LAS TITIK (*SPOT WELDING*) BAJA AISI 1005 FASA GANDA (*FERRITE-MARTENSITE*)
Lisa Agustriyana,ST,MT(F-7)
3. KARAKTERISTIK KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK BAJA KARBON RENDAH YANG DIBERI PERLAKUAN *PACK CARBURIZING* DAN FASA GANDA
Riyanto Heri Nugroho(F-14)
4. ANALISIS PERUBAHAN NILAI *HATE RATE* TURBIN UAP PLTU TANJUNG JATI B UNIT 1-2 UNTUK MENDETEKSI PERUBAHAN EFISIENSI KINERJA TURBIN UAP
M Denny Surindra¹(F-19)

5. ANALISIS HASIL UJI GAS BUANG PADA I.C.E MENGGUNAKAN KATALIS LOGAM KUNINGAN
Yuniarto Agus Winoko..... (F-24)
6. UJI GEOMETRIS MESIN BUBUT MAXIMAT SESUAI STANDAR ISO 1708 DI BENGKEL TEKNIK MESIN POLINEMA
Vinan Viyus..... (F-31)
7. PENGARUH POSISI KONSENTRASI TEGANGAN TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA KARBON
Vinan Viyus (F-35)
8. QUALITY BY DESAIN PADA KEKASARAN PERMUKAAN HASIL PROSES MILLING DENGAN KOMBINASI *FULL FACTORIAL DESIGN* DAN *RESPONSE SURFACE METHODOLOGY*
Moh. Hartono¹, Agus Dani², Rahbini³ (F-39)
9. PERBAIKAN SISTEM PERAKITAN POSISI TETAP KEDALAM SISTEM PERAKITAN DENGAN TYPE CALP (COMBINATION ASSEMBLY LINE PATTERN)
Nurchajat¹ (F-46)
10. KARAKTERISTIK PEMBAKARAN PREMIXED MINYAK KELAPA DENGAN VARIASI AIR FUEL OF RATIO (AFR)
Hadi Saroso¹, ING Wardana², Rudy Soenoko³, Nurkholis Hamidi⁴ (F-53)
11. ANALISIS UMUR DAN KEAUSAN PAHAT KARBIDA DENGAN METODA *VARIABLE SPEED MACHINING TEST*
Agus Sujatmiko¹, R Edy Purwanto² (F-60)
12. PENGARUH PUTARAN KIPAS TERHADAP REFRIGERAN CAMPURAN R 290 / R 22 PADA PERFORMANSI REFRIGERASI
Hanric Muharka (F-65)

13. PENGARUH TEKNIK MODIFIKASI MEKANIK TOTAL DAN PERMUKAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *WORK HARDENING* DAN *SMAT (SURFACE MECHANICAL ATRITION TREATMENT)* TERHADAP *MECHANICAL PROPERTIES* MATERIAL AISI 316L

Mirza Pramudia (F-75)

14. PEMBANGUNAN PARIWISATA BERKELANJUTAN KOTA BATU: PENDEKATAN SLFT (*SUSTAINABLE LIVELIHOOD FRAMEWORK FOR TOURISM*) (*SEBUAH KAJIAN AWAL*)

Aang Afandi¹, Candra Fajri Ananda², Ghozali Maski³, M. Khusaini³ (F-79)

15. KECEPATAN DAN LAJU RAMBAT API REFRIGERANT PROPANA 99% DALAM HELLE SHAW CELL PADA BERBAGAI FUEL AIR RATIO

Hadi Priya Sudarminto¹, I.N.G.Wardana², Nurkholis Hamidi³) (F-86)

G. TEKNIK KIMIA

1. ANALISIS MEMBRAN POLIMER DARI BAHAN LIMBAH CAIR

Imron Rosyidi (G-1)

2. METODE JAR TEST PADA OPTIMASI PENGGUNAAN FLOKULAN DAN KOAGULAN PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH PLTU PAITON UNIT 7 & 8

Windi Zamrudy (G-6)

3. EVALUASI KINERJA UNIT FINISH MILL INDUSTRI SEMEN DITINJAU TERHADAP KAPASITAS PRODUKSI SEMEN

Ariani¹, Abdul Chalim² (G-13)

4. PENGUKURAN LAJU KOROSI DENGAN INDIKASI PERUBAHAN PH

Ir. Hardjono, MT.¹, Drs. S. Sigit Udjiana, MSi.² (G-20)

5. ANALISIS JUMLAH STAGE PADA KONDISI TOTAL REFLUKS DISTILASI BATCH UNTUK PEMISAHAN ETANOL DARI SISTEM TERNER

Haris Puspito Buwono¹, Utsman Syah Amrullah² (G-24)

6. MODEL KINETIKA ENZIMATIS BIODIESEL RUTE REAKSI NON ALKOHOL
Achmad Chumaidi¹, Dwina Moentamaria²(G-31)

H. EKONOMI DAN BISNIS

1. PERANCANGAN SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PENENTUAN JURUSAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *LINIER* (STUDI KASUS: MAN 1 MEDAN)
Ramen Antonov Purba(H-1)
2. IMPLEMENTASI TEORI X/Y DI PERGURUAN TINGGI VOKASIONAL (Studi Kasus di Politeknik NSC Surabaya)
Siti Mahmudah(H-8)
3. BUSINESS PROCESS REENGINEERING FOR OPTIMAL PROCESSES: A CASE STUDY OF STUDENT ACADEMIC ADMINISTRATION PROCESS ENHANCEMENT IN UNIVERSITY OF SURABAYA
Jimmy(H-14)
4. PENGEMBANGAN MANAJEMEN PERAWATAN BERBASIS RISIKO DI SISTEM PERMESINAN PT.COCA-COLA AMATIL SEMARANG
Putu Fransisca Paristiawati, ST1, Hari Agung Yuniarto, ST., M.Sc., Ph.D 2.....(H-20)
5. KUALITAS PELAYANAN SEBAGAI ANTESEDEN KEPUASAN MAHASISWA POLITEKNIK NEGERI MALANG
Dra. Yunia Afiatin, MM(H-27)
6. PEWARIGAN SEBAGAI ALAT BANTU DALAM MEMILIH PARADIGMA PENELITIAN AKUNTANSI
Ni Ketut Sriwinarti(H-34)
7. PENERAPAN BALANCED SCORECARD DI KSU CP
Bambang Sugiyono Agus Purwono¹, Rahbini², Zahratul Jannah³(H-39)

8. ANALISIS & DESAIN KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM DI AMIKI SITUBONDO
Ahmad Fauzi¹, Moch. Sulhan²(H-44)
 9. PENGUKURAN KINERJA DENGAN E-GOVERNMENT SCORECARD PADA APLIKASI WEB PEMERINTAH DAERAH
Siti Amerieska¹(H-50)
 10. ANALISIS SERVQUAL SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN KUALITAS PELAYANAN KESEHATAN DI RUMAH SAKIT “X”
Etik Puspitasari¹(H-54)
 11. KAJIAN MODEL BISNIS e-METERAI
Agung Darono¹(H-62)
 12. KEMITRAAN STRATEGIS DALAM IMPLEMENTASI CSR (STUDI KASUS PADA PRODUK ‘KECAP BANGO’ PT UNILEVER INDONESIA, TBK)
Dr. Kartika Dewi Sri Susilowati, SE., MBA.(H-69)
- I. PENDIDIKAN**
1. PENYUSUNAN INFORMASI SPASIAL PENDUGAAN DAYA TAMPUNG SEKOLAH MENENGAH ATAS BERDASAR LULUSAN SEKOLAH MENENGAH PERTAMA
Agus Pribadi(I-1)
 2. SISTEM INFORMASI GROUPWARE
PENDAMPINGAN AKADEMIK UNTUK UNIVERSITAS
Sholeh Hadi Setyawan.....(I-7)
 3. PEMBUATAN APLIKASI PEMBELAJARAN INTERAKTIF SEBAGAI ALAT BANTU BELAJAR MEMASAK PADA ANAK-ANAK
Dhiani Tresna Absari¹, Andryanto²(I-13)

4. SISTEM PENGUKURAN ANTENA DENGAN TEKNIK MEDAN DEKAT:
RANCANG BANGUN PENGENDALI POSISI PROBE (*PROBE POSITIONER*)
Zulfi¹, Junarto Halomoan² (I-19)

5. PENDIDIKAN VOKASI UNTUK MEMBANGUN SDM BERKARAKTER
MENGHADAPI PERSAINGAN DI DUNIA USAHA & DUNIA KERJA (STUDY
KASUS POLITEKNIK NSC SURABAYA)
Dyah Widowati..... (I-24)

6. SURVEY METODE PART OF SPEECH TAGGING BAHASA INDONESIA
Sigit Priyanta¹, Edi Winarko² (I-30)

7. PERANCANGAN MULTIMEDIA PEMBELAJARAN UNTUK BAHAN AJAR
PEMROGRAMAN VISUAL
Yuniansyah¹, Primastuti Dewi Rakhmawati² (I-36)

8. PEMANFAATAN E-LEARNING BERBASIS WEB BASED LEARNING
DALAM PROSES PEMBELAJARAN BIDANG ENERGI DAN MANUFAKTUR
PADA POLITEKNIK
Joko Setiono, S.T., M.MT¹, Agus Suhardono, ST., MT² (I-43)

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM KELISTRIKAN DI PT. TAKSI BLUE BIRD INDONESIA MENGGUNAKAN ETAP

Amirullah¹ dan Mahendra Setiawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
¹am9520012003@yahoo.com dan ²setiawan_brothers@yahoo.co.id

Abstrak

PT. Taksi Blue Bird merupakan salah satu perusahaan angkutan terbesar di Indonesia. Kebutuhan listrik PT Taksi Blue Bird Indonesia utama disuplai dari PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN). Untuk menjaga keandalan pasokan tenaga listrik di industri ini diperlukan evaluasi terhadap setting arus dan waktu rele arus lebih. Evaluasi ini diperlukan untuk menyelidiki apakah setting arus lebih yang ada sekarang sudah sesuai dengan kondisi daya sekarang dan perkembangan kebutuhan daya di masa mendatang. Metode penelitian adalah menggunakan analisis hubung singkat pada setiap bus daya di PT. Taksi Blue Bird Indonesia. Nilai arus hubung singkat ini dipakai untuk menentukan setting arus dan waktu kerja rele arus lebih. Setting rele arus lebih ini selanjutnya akan divalidasi dengan nilai setting arus lebih yang dipakai dilapangan atau eksisiting dan dipakai sebagai evaluasi untuk perbaikan nilai setting arus lebih pada masa mendatang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada perhitungan manual arus gangguan terbesar dialami oleh arus hubung singkat dua fasa ke tanah sebesar 2.735 kA dan menggunakan ETAP sebesar 3.920 kA. Sedangkan pada perhitungan manual arus gangguan terkecil dialami oleh arus hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 2.167 kA dan jika menggunakan ETAP dialami oleh gangguan tiga fasa sebesar 3.202 kA. Waktu kerja terlama rele arus lebih dialami oleh gangguan dua fasa ke tanah yaitu 0.3026 detik untuk perhitungan manual dan 0.3203 detik jika menggunakan ETAP. Sedangkan waktu kerja rele tercepat dialami oleh gangguan satu fasa ke tanah untuk perhitungan manual yaitu 0.2912 detik dan 0.3103 detik jika menggunakan ETAP. Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak atau *software* ETAP versi 4.0.

Kata Kunci: Rele arus lebih, Hubung singkat, Setting arus, TMS, Waktu kerja rele, ETAP.

1. Pendahuluan

Gangguan pada sistem kelistrikan tidak dapat diprediksi waktunya dan dapat terjadi kapan dan dimana saja, Gangguan pada sistem kelistrikan tersebut dapat mengganggu aktivitas pekerjaan. Untuk mengantisipasi gangguan diperlukan peralatan pengamanan yang sesuai agar peralatan listrik terhindar dari kerusakan sehingga tidak mengganggu aktifitas pekerjaan. Perhitungan arus gangguan hubung singkat dan penentuan setting rele pengamanan membutuhkan perhitungan dan analisa yang tepat. Pada umumnya perhitungan dilakukan secara manual dengan menggunakan analisis hubung singkat. Kelemahannya adalah perhitungan manual menghasilkan hasil analisis yang kurang akurat dan membutuhkan waktu yang relatif lama. Seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, dan sains (Ipteks), saat ini telah dibuat suatu perangkat lunak (*software*) simulasi sistem tenaga listrik ETAP. Perangkat ini mempunyai banyak fungsi untuk menyelesaikan permasalahan pada sistem tenaga listrik, antara lain dapat membantu mempermudah menyelesaikan perhitungan arus hubung singkat secara cepat dan tepat, sehingga

dapat menentukan setting arus dan waktu rele pengamanan lebih akurat.

Penggunaan rele arus lebih pada saluran distribusi dapat menimbulkan harmonisa. K. Burak Dalci, et. al., telah melakukan penelitian mengenai dampak gangguan harmonisa akibat penggunaan rele arus lebih elektromekanis. Tumiran et, al., juga membahas dampak beban harmonisa pada rele arus lebih terhadap proteksi sistem distribusi.

PT. Taksi Blue Bird merupakan salah satu perusahaan angkutan terbesar di Indonesia. Kebutuhan listrik PT Taksi Blue Bird Indonesia utama disuplai dari PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN). Untuk menjaga keandalan pasokan tenaga listrik di industri ini diperlukan evaluasi terhadap setting arus arus dan waktu rele arus lebih. Evaluasi ini diperlukan untuk menyelidiki apakah setting arus lebih yang ada sekarang sudah sesuai dengan kondisi daya sekarang dan perkembangan kebutuhan daya di masa mendatang. Metode penelitian adalah menggunakan analisis hubung singkat pada setiap bus di PT. Taksi Blue Bird Indonesia. Nilai arus hubung singkat ini dipakai untuk menentukan setting arus dan waktu kerja rele arus lebih. Setting rele arus lebih ini selanjutnya akan divalidasi dengan nilai setting arus lebih yang dipakai dilapangan atau

eksisting dan dipakai sebagai evaluasi untuk perbaikan nilai setting arus lebih pada masa mendatang. Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak atau *software* ETAP versi 4.0.

2. Kajian Pustaka

2.1. Besaran Per Unit

Dalam sistem tenaga listrik, ada empat besaran dasar yang dipakai sebagai parameter dalam perhitungan suatu sistem, yaitu :

- a. Arus (Ampere)
- b. Tegangan (Volt)
- c. Daya (Volt Ampere)
- d. Impedansi (Ohm)

Seringkali keempat besaran diatas dinyatakan sebagai suatu persen atau per-satuan pada suatu dasar yang dipilih untuk masing-masing besaran tersebut. Nilai per-satuan dalam sistem tenaga listrik lebih dikenal dengan sebutan p.u (per-unit). Besaran per unit didefinisikan sebagai perbandingan besaran yang sebenarnya terhadap nilai dasar (*base value*) dan dinyatakan dalam bentuk suatu desimal, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut (Stevenson, 1982):

$$\text{Besaran per unit} = \frac{\text{Besaran sebenarnya}}{\text{Besaran dasar}} \quad (1)$$

Berikut rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan arus dasar dan impedansi dasar adalah (Stevenson, 1982):

- a. Untuk data satu fasa

$$I_b = \frac{KVA \text{ dasar } 1\phi}{KV \text{ dasar } LN} \quad (2)$$

$$Z_b = \frac{(KV \text{ dasar } LN)^2}{MVA \text{ dasar } 1\phi}$$

- b. Untuk data tiga fasa

$$I_b = \frac{KVA \text{ dasar } 3\phi}{KV \text{ dasar } LL\sqrt{3}} \quad (3)$$

$$Z_b = \frac{(KV \text{ dasar } LL)^2}{MVA \text{ dasar } 3\phi}$$

Karena semua impedansi dalam setiap bagian suatu sistem harus dinyatakan pada dasar impedansi yang sama dalam perhitungan, maka perlu mengubah impedansi per satuan dari suatu dasar ke dasar yang lain (dasar baru) dengan persamaan:

$$Z_{(pu)baru} = Z_{(pu)lama} \left[\frac{KV_{lama}}{KV_{baru}} \right] \left[\frac{KV_{lama}}{KV_{baru}} \right]^2 \quad (4)$$

2.2. Komponen Simetri

Menurut Theorema CL.Fortecue, tiga phasor tidak seimbang dari suatu sistem dapat diuraikan menjadi phasor seimbang. Himpunan seimbang dari komponen-komponen itu adalah:

- a. Komponen Urutan Fasa Positif
- b. Komponen Urutan Fasa Negatif
- c. Komponen Urutan Nol

Persamaan-persamaan untuk setiap himpunan phasor-phasor yang berhubungan untuk setiap arus-arus yang berhubungan sebagai ganti dari tegangan-tegangan adalah sebagai berikut (Stevenson, 1982):

$$I_{a0} = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) \quad (5)$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3}(I_a + a \cdot I_b + a^2 \cdot I_c)$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3}(I_a + a^2 \cdot I_b + a \cdot I_c)$$

Keterangan:

- I_{a0} = Komponen arus urutan Nol
- I_{a1} = Komponen arus urutan Positif
- I_{a2} = Komponen arus urutan Negatif

2.3. Gangguan Hubung Singkat

Metode Fortesque maka digunakan untuk menentukan analisis gangguan hubung singkat. Gangguan hubung singkat terdiri dari gangguan hubung singkat simetris dan gangguan hubung singkat asimetris. Gangguan hubung singkat tiga fasa merupakan gangguan hubung singkat simetris, sedangkan gangguan hubung singkat asimetris adalah gangguan hubung singkat satu fasa ketanah, dua fasa atau antar fasa, dan gangguan hubung singkat dua fasa ketanah. Tabel 1 menunjukkan rumusan masing-masing jenis gangguan tersebut.

Tabel 1. Nilai arus hubung singkat pada masing-masing gangguan

No.	Gangguan Hubung Singkat	Arus Hubung Singkat
1	Hubung Singkat Tiga Fasa	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$
2	Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$
3	Hubung Singkat Dua (Antar) Fasa	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_2}$
4	Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \left[\frac{Z_2 \cdot Z_2}{Z_2 + Z_2} \right]}$

Keterangan:

- I_{a1} = Arus Hubung Singkat atau Arus Urutan Positif
- V_f = Tegangan Pragangguan
- Z_1 = Impedansi Urutan Positif
- Z_2 = Impedansi Urutan Negatif
- Z_0 = Impedansi Urutan Nol

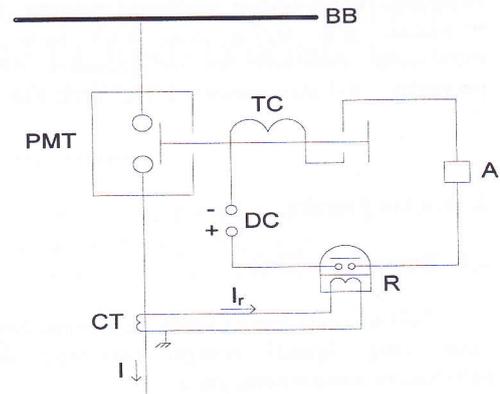
2.4. Rele Pengaman

Rele pengaman adalah peralatan yang mampu merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran arus, tegangan, daya dan frekuensi dan lain sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan. Rele akan mengambil keputusan seketika atau dengan perlambatan waktu, dan selanjutnya memerintahkan pemutus tenaga atau CB untuk membuka. Berdasarkan uraian diatas maka rele pengaman pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk (Titarenko, M et. al, 2006):

- a. Merasakan, mengukur, dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi secara normal. Rele juga berfungsi mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- b. Mengurangi pengaruh gangguan terhadap sistem lain yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut, serta mencegah meluasnya gangguan.

2.5. Prinsip Kerja Rele Pengaman

Rele pengaman harus bekerja dalam selang waktu yang cepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan ataupun jika terjadi kerusakan pada peralatan secara dini telah diketahui, sehingga meskipun terjadi gangguan, tidak akan menimbulkan pemadaman energi listrik menuju beban. Sistem rele pengaman dapat dipilih dari kombinasi rele-rele yang sama atau berbeda tipenya, yang perlu diperhatikan adalah bahwa sistem pengaman mencakup *circuit breaker* (CB) dan rele pengaman. Kedua peralatan ini harus berfungsi sebagai satu kesatuan karena tanpa CB, rele pengaman tidak ada artinya, begitu juga rele pengaman tanpa CB tidak akan berfungsi. Sistem pengaman tidak perlu bekerja selama sistem tersebut masih bekerja secara normal namun harus secepat mungkin bekerja apabila mengetahui atau mendeteksi adanya gangguan pada suatu sistem dengan cara melokalisir gangguan tersebut sebelum menimbulkan gangguan yang cukup luas pada peralatan lain yang tidak terganggu.



Gambar 1. Rangkaian Rele Arus Lebih

2.6. Rele Arus Lebih

Rele pengaman arus lebih atau *over current rele* adalah peralatan yang mampu mengukur dan merasakan arus tidak normal pada suatu peralatan dan bagian sistem tenaga listrik dan secara otomatis memberi perintah membuka CB, supaya memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan memberi isyarat berupa sinyal lampu atau alarm. Rele arus lebih bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi suatu nilai pengaman tertentu, dan dalam jangka waktu tertentu, rele arus lebih akan bekerja bila besarnya arus input melebihi nilai arus kerja, arus kerja tertentu merupakan kerja *pick-up* yang dinyatakan menurut kumparan sekunder transformator arus (*CT*). Rele arus lebih akan bekerja men-*trip*-kan pemutus tenaga atau CB, pemutus tenaga dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi, dsb. Fungsi pemutus tenaga adalah memisahkan suatu sistem sedemikian rupa, sehingga jika terjadi gangguan sistem lainnya dapat beroperasi secara normal.

2.7. Karakteristik Rele Arus Lebih

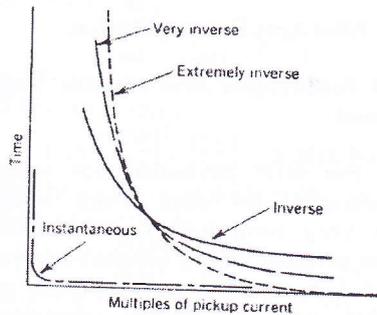
Karakteristik rele arus lebih tergantung pada besar kecilnya arus gangguan yang mengalir pada jaringan distribusi tegangan menengah tersebut. Besar kecilnya arus gangguan yang terjadi pada jaringan ini tergantung pada sistem pertanahan netral. Untuk arus gangguan yang tidak tergantung pada titik gangguan dipakai rele tipe independent time delay, sedangkan untuk area gangguan yang tergantung pada titik gangguan dipakai rele dengan tipe inverse time delay. Rele pengaman arus lebih dengan waktu seketika adalah rele yang jangka waktu kerjanya dari *pick-up* sampai selesai diperpanjang dengan nilai tertentu dan operasinya tidak dipengaruhi oleh besarnya arus gangguan yang lewat pada rele tersebut.

Rele arus lebih dengan waktu arus berbanding terbalik adalah rele yang mempunyai waktu operasi semakin singkat untuk arus gangguan

yang semakin lama. Berdasarkan karakteristik kelengkungan kurva nya, maka rele ini dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

- Rele Arus Lebih Waktu Seketika atau *Instantaneous*.
- Rele Arus Lebih Waktu Tertentu.
- Rele Arus Lebih Waktu Terbalik.
- Rele Arus Lebih *Invers Definite Mean Time (IDMT)*.
- Rele Arus Lebih Kombinasi antara waktu seketika dengan karakteristik lain.

Kurva karakteristik rele arus lebih dengan waktu arus berbanding terbalik ditunjukkan pada Gambar 2 (Titarenko M. et. at, 2006).



Gambar 2. Kurva karakteristik rele arus lebih dengan waktu arus berbanding terbalik.

2.8. Penyetelan Rele Arus Lebih

Rele arus lebih berguna untuk membebaskan gangguan yang terjadi pada saluran dan peralatan yang terhubung dengan sistem. Pada penyetelan dan koordinasi rele pengaman hal-hal yang perlu diperhatikan yaitu arus gangguan yang mengalir pada masing-masing bagian dari jaringan dapat diperhitungkan. Data yang perlu diperhatikan dalam penyetelan rele pengaman adalah sebagai berikut:

- Data impedansi transformator, generator dan saluran.
- Arus hubung singkat maksimum dan minimum yang mengalir melalui peralatan.
- Arus beban maksimum yang mengalir melalui peralatan pengaman.
- Kurva karakteristik.

3. Hasil Dan Pembahasan

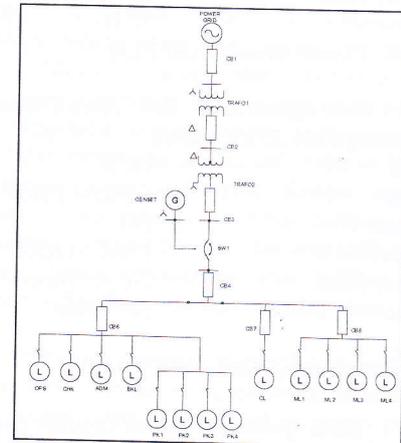
3.1. Diagram Segaris Sistem Kelistrikan pada Gedung PT. Taksi Blue Bird

Gedung PT Taksi Blue Bird Indonesia mendapat pasokan listrik utama dari PLN. Pasokan kedua adalah berasal dari generator set yang dipararel dengan transformator dari PLN. Diagram segaris atau *single line diagram* pada gedung Taksi Blue Bird antara lain terdiri dari tranformator, generator, peralatan pengaman, dan beban. PT. Taksi Blue Bird Indonesia mempunyai dua

transformator daya masing-masing bertegangan 2,4/20 kV dan 0,6/2,4 kV. Tranformator pertama menurunkan tegangan jala-jala PLN dari 20 kV ke 2,4 kV. Transformator kedua menurunkan tegangan jala-jala PLN dari 2,4 kV ke 0,6 kV. Pada bus-bar 0,6 kV atau MDP, suplai listrik dibagi lagi menjadi tiga, yaitu SDP I (untuk Bagian Operasi, Administrasi umum, Cheking, Bengkel dan Area Parkir Lantai 1 s/d 4, SDP II (Untuk Gedung Mess Pengemudi, Ruang pertemuan, Kantin dan Klinik), dan SDP III (khusus untuk peralatan 3 fasa yang berbeban tinggi).

SDP I dibagi ke 5 panel yaitu OPS, CHK, ADM, BKL dan PKA1. Sedangkan PKA 1 dibagi lagi ke 4 panel yaitu PK1, PK2, PK3 dan PK4. SDP II dibagi ke 4 panel yaitu ML1, ML2, ML3 dan ML4. Untuk SDP III dikhususkan untuk peralatan 3 fasa yaitu panel CL. Peralatan listrik pada setiap panel adalah; (1) Berbagai jenis lampu TL, SL maupu lampu sorot, (2) AC dan mesin listrik, dan (3) Stop kontak.

Diagram segaris sistem kelistrikan pada gedung PT. Taksi Blue Bird Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram segaris sistem kelistrikan pada gedung PT. Taksi Blue Bird Indonesia

3.2. Data Peralatan

3.2.1. Data transformator

PT. Taksi Blue Bird Indonesia mempunyai dua transformator daya masing-masing bertegangan 2,4/20 kV dan 0,6/2,4 kV. Spesifikasi teknis setiap transformator tersebut adalah:

Transformator 1

Merk	: Westhinghouse
Tegangan	: 2.4 kV / 20 kV
Tenaga	: 1,6 MVA
Frekuensi	: 50 Hz
Impedansi	: 6 %
Hubungan Belitan	: Y - Δ

Transformator 2

Merk	: STARLITE
Tegangan	: 0.4 kV / 2.4 kV
Tenaga	: 160 kVA
Arus	: 4.61 A / 230.9 A
X''	: 4 %
Frekuensi	: 50 Hz
Hubungan Belitan	: $\Delta - Y$

3.2.2. Generator Set

Data spesifikasi generator set adalah:

Merk	: LEROY SOMER
Tegangan	: 0.38 kV
Daya	: 80 kVA
Frekuensi	: 50 Hz
Hubungan Belitan	: Y

3.2.3. Commutator Changeover Switch

Data spesifikasi commutator changeover switch adalah :

Merk	: SOCOMEC
Tegangan	: 415 Volt
Rating Arus	: 23 – 250 A
Frekuensi	: 50 Hz

3.2.4. Circuit Breaker sisi PLN

Data spesifikasi dari circuit breaker sisi incoming PLN 20 kV adalah :

Jenis	: OCR
Merk	: General Electric
Type	: IAC
Model	: 12AC51A805A
Invers Time	: 2/6 Amperes
Time	: 50 cycles

3.2.5. Circuit Breaker sisi 2,4 KV

Data spesifikasi circuit breaker pada sisi 2,4 kV adalah :

Jenis	: OCR
Merk	: General Electric
Type	: IAC
Model	: 12AC51A805A
Invers Time	: 2/6 Amperes
Time	: 50 cycles

3.2.6. Circuit Breaker Transformator sisi 0,4 kV

Data spesifikasi circuit breaker pada transformator sisi 0,4 kV adalah :

Merk	: MERLIN GERIN
Model	: COMPACT
Type	: NS 250 N
Tegangan kerja	: 380 / 415 Volt
Kapasitas pemutus	: 36 kA

3.2.7. Circuit Breaker pada Panel

Data spesifikasi circuit breaker yang digunakan pada MDP dalam adalah :

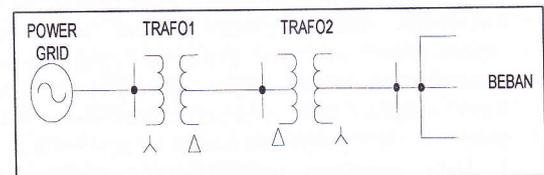
1. Merk	: MITSUBISHI
Model	: ECONOMY
Type	: NF 250 CW
Tegangan	: 380 / 415 Volt
Kapasitas pemutus	: 18 kA
2. Merk	: MITSUBISHI
Model	: ECONOMY
Type	: NF 125 CW
Tegangan	: 380 / 415 Volt
Kapasitas pemutus	: 10 kA

3.3. Nilai Arus Hubung Singkat

3.3.1 Perhitungan Arus Hubung Singkat Secara Manual

Bus MDP merupakan bus pertemuan antar transformator dan beban dimana terjadi perbedaan daya yang berubah-ubah yang disebabkan oleh beban peralatan listrik. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dan perhitungan arus hubung singkat untuk menentukan selektifitas peralatan pengaman yang digunakan agar terhindar dari akibat hubung singkat yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang ada.

Gambar 4 menunjukkan diagram segaris yang digunakan untuk menentukan arus hubung singkat yang terjadi pada Transformator 2.



Gambar 4 . Diagram satu garis untuk menentukan besar arus hubung singkat pada transformator 2

Adapun data-data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan hubung singkat adalah:

- a. Power Grid
 - S : 160 MVA
 - V : 20 kV
 - X'' : 10%
- b. Transformator 1
 - S : 1.6 MVA
 - V : 2.4kV / 20 kV
 - X'' : 6%
- c. Transformator 2
 - S : 160 kVA
 - V : 2.4 kV / 0.38 kV
 - X'' : 4%
- d. Beban Total
 - S : 156.6 kVA
 - V : 0.38 kV
 - X'' : 5%

Berdasarkan Gambar 4 maka besarnya arus hubung singkat pada transformator 4 dapat ditentukan sebagai berikut:

Perhitungan dasar diambil dari transformator 2

Daya dasar : 0.16 MVA

Tegangan dasar : 0.38 kV

$$\text{Arus dasar} = \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \times \text{kV}} = \frac{0.16}{\sqrt{3} \times 0.38} = 0.2431 \text{ kA}$$

$$\text{Impedansi Dasar (Z}_n) = \frac{(\text{kV})^2}{\text{MVA}} = \frac{(0.38)^2}{0.16} = 0.9025 \text{ pu}$$

Berdasarkan Persamaan (4) nilai reaktansi baru dari masing-masing komponen adalah:

Reaktansi *power grid* dari data XG'' = 10%

Maka, XG₁=XG₂=XG₀

$$= j0.1 \times \left[\frac{230}{20} \right]^2 \times \left[\frac{1.6}{1.60} \right] = j0.1 \text{ pu}$$

Reaktansi Trafo 1 dari data XT1'' = 6%

Maka, XT₁=XT₂=XT₁₀

$$= j0.06 \times \left[\frac{230}{24} \right]^2 \times \left[\frac{1.6}{1.60} \right] = j0.0416 \text{ Pu}$$

Reaktansi Trafo 2 dari data XT2'' = 4%

Maka, XT₂=XT₂=XT₂₀

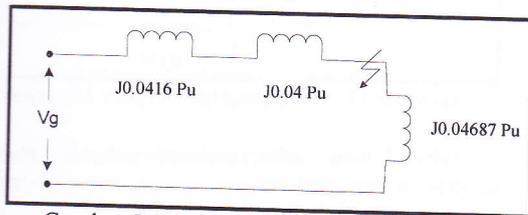
$$= j0.04 \times \left[\frac{0.38}{0.38} \right]^2 \times \left[\frac{0.16}{0.16} \right] = j0.04 \text{ Pu}$$

Reaktansi beban total dari data XB'' = 5%

Maka, XB₁=XB₂=XB₀

$$= j0.05 \times \left[\frac{0.38}{0.38} \right]^2 \times \left[\frac{0.16}{0.16} \right] = j0.04687 \text{ Pu}$$

Karena semua besaran sudah dinyatakan dalam satuan sama maka besarnya impedansi dari sistem tenaga listrik dinyatakan dengan diagram reaktansi. Dalam hal ini dengan mengabaikan semua beban statis, resistansi, arus magnet masing-masing trafo dan kapasitansi saluran transmisi, maka Z = X.



Gambar 5. Diagram reaktansi dari rangkaian

Maka besar impedansi totalnya adalah :

$$Z_1 = jXT_{21} + jXB_{11}$$

$$= j0.04 + j0.04687$$

$$= j0.08687 \text{ Pu}$$

$$Z_2 = Z_1$$

$$Z_0 = 3.R_n + XT_2$$

$$= 3.j0.03 + j0.04 = j0.13 \text{ Pu}$$

Dengan ditemukannya impedansi total Z₁, Z₂ dan Z₀, maka besarnya arus hubung singkat pada transformator 2 dapat ditentukan.

Berdasarkan Tabel 1 dapat ditentukan bahwa nilai arus hubung singkat tiga fasa adalah

$$I = \frac{V}{Z} \text{ atau } I_{z1} = \frac{V_f}{Z_1}$$

Keterangan :

I = Arus Gangguan 3 Fasa

V_f = Tegangan fasa netral sistem

$$= 0.38 \text{ kV} = V_f = \frac{1.60}{\sqrt{3}}$$

Z = Impedansi urutan positif

$$Z_{1 \text{ total}} = j0.08687$$

Sehingga arus gangguan hubung singkat tiga fasa dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{3\phi} = \frac{V_f}{Z_{1 \text{ total}}} = \frac{\frac{1.60}{\sqrt{3}}}{0.08687} = 2.525 \text{ kA}$$

Dengan cara yang sama nilai arus hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa, dan dua fasa ketanah ditunjukkan hasilnya pada Tabel 2.

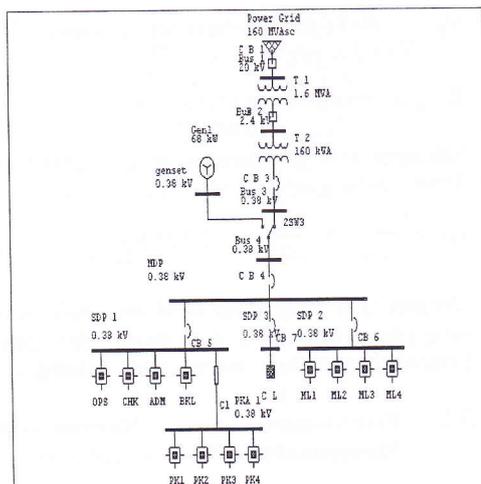
3.3.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat Menggunakan ETAP

Metode komponen simetri dipakai untuk menganalisis gangguan tidak seimbang pada sistem tenaga listrik. Metode ini digunakan pada semua jaringan baik sistem radial atau mesh (jaring), sampai dengan 230 kV dan pada frekuensi 50/60 Hz. Standart IEC berdasarkan pada Teori Thevenin, dengan cara menghitung persamaan sumber tegangan di lokasi terjadinya gangguan dan kemudian menentukan arus hubung singkat yang sesuai. Mesin sinkron dan asinkron dalam perhitungan digantikan dengan rangkaian pengganti yaitu rangkaian urutan positif, rangkaian urutan negatif dan rangkaian urutan nol. Saluran kapasitas dan beban statis diabaikan. Sistem impedansi dianggap sistem seimbang. Arus hubung singkat maksimum menentukan karakteristik rating peralatan listrik, sedangkan arus hubung singkat minimum dibutuhkan sebagai setting rele proteksi arus lebih.

Prosedur operasi perangkat lunak ETAP hampir sama dengan pengoperasian sistem tenaga listrik secara nyata. Data lengkap setiap peralatan listrik dibutuhkan untuk proses pemasukkan data. Pada editor program sudah ada struktur data yang telah disesuaikan dengan berbagai jenis analisis dan design sistem sehingga dapat mempercepat proses pemasukkan data. Berikut ini adalah beberapa tahap dalam menjalankan analisa dengan menggunakan ETAP *Power Station 4.0*.

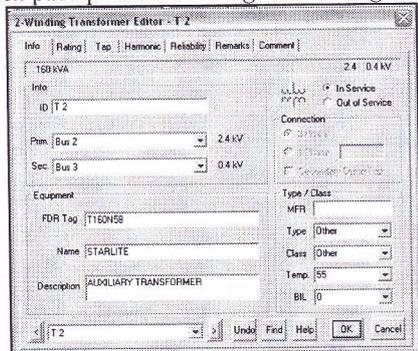
1. Menggambar *Single Line Diagram*

Langkah 1 adalah langkah pertama dalam analisis arus hubung singkat.



Gambar 6. Single Line Diagram ETAP Power Station 4.0

2. Editing Data pada Menu Editor
 Pada tahap input data yang diperoleh dari setiap peralatan listrik dalam suatu sistem yang akan dianalisis dilakukan dengan cara men-double click pada peralatan di Single Line Diagram .



Gambar 7. Menu Editor pada peralatan listrik Transformer.

3. Menjalankan Analisa Hubung Singkat pada menu Toolbar.
 Setelah semua data telah dimasukkan sesuai data pada peralatan listrik di editor menu, maka selanjutnya dilakukan analisa dengan menekan menu analisa toolbar.



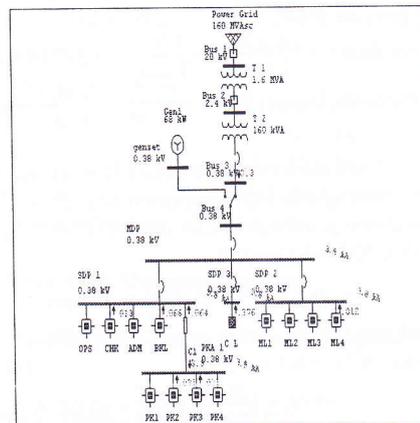
Gambar 8. Tampilan menu Toolbar

Kemudian memilih menu IEC Toolbar Editor dengan mengklik jenis analisa 3 phasa, 2 phasa, 2 phasa ketanah dan satu phasa ke tanah.



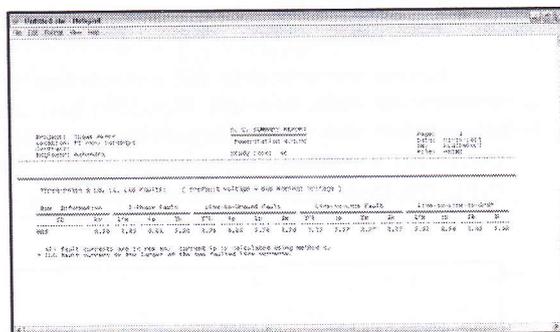
Gambar 9. Tampilan menu IEC Toolbar Editor

Setelah semua data telah dimasukkan maka langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi short circuit analysis pada study case toolbar. Hasil running dari single line diagram bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Running dari Single Line Diagram

Gambar 11 menunjukkan hasil Report Manager dari analisa hubung singkat pada rangkaian diatas.



Gambar 11. Tampilan Hasil Report Manager

Tabel 2 menunjukan perbandingan arus hubung singkat antara perhitungan secara manual dengan menggunakan ETAP.

Tabel 2. Nilai perbandingan arus hubung singkat

Jenis Gangguan	Perhitungan Manual (kA)	Perhitungan ETAP (kA)
3 Phasa	2,525	3,202
2 Phasa	2,187	3,374
2 Phasa ketanah	2,735	3,920
1 Phasa ketanah	2,167	3,782

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada perhitungan manual arus gangguan terbesar dialami oleh arus hubung singkat dua phasa ke tanah sebesar 2.735 kA dan menggunakan ETAP sebesar 3.920 kA. Sedangkan pada perhitungan manual arus gangguan terkecil dialami oleh arus hubung singkat satu phasa ke tanah sebesar 2.167 kA dan tiga phasa sebesar 3.202 kA jika menggunakan ETAP.

3.4. Perhitungan Koordinasi Rele Arus Lebih

Hasil perhitungan arus hubung singkat, pada tahap selanjutnya dipergunakan untuk menentukan nilai setting rele arus lebih yaitu setelan TMS (*Time Multiple Setting*) rele arus lebih. Sedangkan untuk setting arus lebih dihitung berdasarkan arus beban yang mengalir pada transformator 2. Rele arus lebih biasanya diset sebesar 1,05 s/d 1.1 kali arus beban penuh. Persyaratan lain yang harus dipenuhi adalah bahwa penyetelan waktu minimum dari rele arus lebih (terutama di penyulang) tidak boleh lebih dari 0.3 detik.

3.5. Perhitungan Setelan Rele Arus Lebih

Seperti telah diketahui sebelumnya bahwa arus beban transformator adalah sebesar 5,46 kA dan rasio dari trafo arusnya adalah 8000/5 serta rele arus lebih yang digunakan adalah jenis normal (standart) invers. Maka nilai-nilai setelan arus lebih dapat dihitung sebagai berikut:

3.5.1. Setting Arus

$$\begin{aligned} I_{set (primer)} &= 1.1 \times I_{beban} \\ &= 1.1 \times 5460 \\ &= 6000 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Nilai tersebut adalah nilai primer. Untuk menentukan nilai sekunder yang dapat disetkan pada rele arus lebih, maka harus dihitung dengan menggunakan data rasio trafo arus yang terpasang pada penyulang tersebut maka nilai setelan arusnya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{set (sekunder)} &= I_{set (primer)} \times \frac{I}{Rasio CT} \\ &= 6000 \times \frac{5}{8000} \\ &= 3.75 \text{ Ampere.} \end{aligned}$$

3.5.2. Setting Waktu (TMS)

Setting waktu rele arus lebih standart invers dapat dihitung dengan menggunakan rumus kurva waktu dan arus. Rumus ini bermacam-macam sesuai dengan desain pabrik pembuat rele. Dalam kasus inihal rumus kurva waktu dan arus rele yang dipilih adalah Standart British dan waktu kerja rele arus lebih di penyulang (sesuai dengan keterangan waktu tercepat) diambil selama 0.3 detik, sehingga nilai TMS yang disetting pada rele arus lebih adalah:

$$TMS = \frac{0.3 \times \left(\frac{I_{hubung}}{I_{set}} \right)^{0.02} - 1}{0.14}$$

Nilai setting yang didapat dengan TMS harus dihitung dan diuji dengan arus hubung singkat yang terjadi di transformator, maka setelan arus untuk arus gangguan hubung singkat di

transformator adalah untuk gangguan hubung singkat tiga fasa adalah:

$$\begin{aligned} TMS &= \frac{0.3 \times \left(\frac{3243}{3.75} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \\ &= 0.3103 \text{ detik.} \end{aligned}$$

Nilai TMS untuk gangguan hubung singkat dua fasa, dua fasa ke tanah, dan satu fasa ke tanah menggunakan selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Sebagai bahan perbandingan, maka juga dilakukan perhitungan TMS menggunakan hasil perhitungan manual untuk gangguan hubung singkat tiga fasa adalah:

$$\begin{aligned} TMS &= \frac{0.3 \times \left(\frac{2823}{3.75} \right)^{0.02} - 1}{0.14} \\ &= 0.2987 \text{ detik.} \end{aligned}$$

Nilai TMS untuk gangguan hubung singkat dua fasa, dua fasa ke tanah, dan satu fasa ke tanah pada perhitungan manual selanjutnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Waktu kerja rele untuk berbagai jenis arus gangguan.

Jenis Gangguan	Arus Gangguan Manual (kA)	Arus Gangguan ETAP (kA)	TMS Manual (s)	TMS ETAP (s)
3 Fasa	2.525	3.202	0.2987	0.3103
2 Fasa	2.187	3.374	0.2917	0.3129
2 Fasa ketanah	2.735	3.920	0.3026	0.3203
1 Fasa ketanah	2.167	3.782	0.2912	0.3185

Dari data Tabel 5 dapat diketahui bahwa waktu kerja terlama rele arus lebih dialami oleh gangguan dua fasa ke tanah yaitu 0.3026 detik untuk perhitungan manual dan 0.3203 detik jika menggunakan ETAP. Sedangkan waktu kerja rele tercepat dialami oleh gangguan satu fasa ke tanah untuk perhitungan manual yaitu 0.2912 detik dan tiga fasa sebesar 0.3103 detik jika menggunakan ETAP.

4. Kesimpulan Dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Fungsi rele arus lebih yang digunakan untuk mengamankan peralatan listrik dari kondisi abnormal yang disebabkan oleh gangguan hubung singkat yaitu arus hubung singkat tiga fasa, dua fasa, dua fasa ke tanah dan satu fasa ke tanah.
2. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada perhitungan manual arus gangguan terbesar dialami oleh arus hubung singkat dua fasa ke tanah sebesar 2.735 kA dan menggunakan ETAP sebesar 3.920 kA. Sedangkan pada perhitungan manual arus gangguan terkecil

dialami oleh arus hubung singkat satu fasa ke tanah sebesar 2.167 kA dan jika menggunakan ETAP dialami oleh gangguan tiga fasa sebesar 3.202 kA.

3. Waktu kerja terlama rele arus lebih dialami oleh gangguan dua fasa ke tanah yaitu 0.3026 detik untuk perhitungan manual dan 0.3203 detik jika menggunakan ETAP. Sedangkan waktu kerja rele tercepat dialami oleh gangguan satu fasa ke tanah untuk perhitungan manual yaitu 0.2912 detik dan gangguan tiga fasa sebesar 0.3103 detik jika menggunakan ETAP.

4.2. Saran

Penggunaan perangkat lunak ETAP membuat analisis perhitungan arus hubung singkat jadi lebih mudah dan cepat. Dampaknya adalah penentuan kapasitas pengaman pada sistem kelistrikan bisa lebih cepat, mudah, dan tepat sesuai dengan nilai kapasitas arus hubung singkat peralatan.

Daftar Pustaka:

- Gonen, Turan. (1988): *Electric Power Transmission System Engineering: Analisis and Design*. New York: Wiley-Interscience Publication.
- Hutauaruk, T.S. (1985): *Transmisi Daya Listrik*, Jakarta : Erlangga.
- K. Burak Dalci, Recep Yumurtaci, Altu Bozkurt. (2005): *Harmonic Effect on Electromechanical Overcurrent Relays*. Yildiz Technical University, Electrical Engineering Department. Dou Universitesi Dergisi 6 (2), 202-209.
- Marsudi, Djiteng. (2006): *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Garaha Ilmu.
- Moelyono, Nono. (1999): *Pengantar Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Surabaya.
- Stevenson Jr, W.D. (1982): *Analisa Sistem Tenaga* Malang: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya Malang.
- Tumiran, T. Haryono, and Zulkarnaini. (2007): *Effect Of Harmonic Loads On Over Current Relay To Distribution System Protection*, Proceedings of the International Conference on Electrical Engineering and Informatics Institut Teknologi Bandung. Indonesia. June 17-19.
- Titarenko, M and Noskov-Dulkesky. (2006): *Protektive Relaying in Electric Power System*. Moskow: Peace Publisher.
- Plackburn J. Lewis, (1987): *Protectif Relaying*. New York: Marcel Dekker, inc.
- Westinghouse Electrical Corporation, (1986) : *Elctrical Transmission and Distribution. Reference Book*: New York.



SERTIFIKAT

SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI INFORMASI DAN APLIKASINYA

SENTIA 2013

No. 3802/PL2/KP/2013

DIBERIKAN KEPADA :

Amirullah, S.T., M.T

atas partisipasinya sebagai:

PEMAKALAH



Direktur,

Ir. Tundung Subali Patma, MT
NIP. 19590424 198803 1 002

Ketua Pelaksana,

Dr.Eng. Anggit Murdani, ST., M.Eng.
NIP. 19710915 199903 1 001

POLITEKNIK NEGERI MALANG

30 MEI 2013