



# JURNAL TEKNIK

TEKNIK INFORMATIKA - TEKNIK MESIN - TEKNIK SIPIL - TEKNIK ELEKTRO - TEKNIK INDUSTRI

**PENGGUNAAN METODE POQ (PERIODE ORDER QUANTITY) DALAM UPAYA PENGENDALIAN TINGKAT PERSEDIAAN BAHAN BAKU (HDN) (STUDI KASUS PADA PERUSAHAAN FRAGRANCE DI TANGERANG)**  
Diah Septiyana

**OPTIMASI PENGENDALIAN BANJIR DI KOTA TANGERANG DENGAN METODE GOAL PROGRAMMING DAN AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS)**  
Shiddiq Waluyo & Saiful Haq

**ANALISA TATA LETAK MATERIAL DI GUDANG PT GGS DALAM MENINGKATKAN EFEKTIFITAS KERJA**  
Ellysa Kusuma Laksanawati & Rahman Ridho

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGUJIAN KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAKURASIAN DIMENSI PADA PROSES DRY MACHINING BAJA AISI 01**  
Riki Candra Putra

**ANALISA TINGKAT PENERIMAAN PELANGGAN SELULAR TERHADAP LAYANAN SELULAR BERBASIS 3G PADA PELAJAR SMP DI KABUPATEN TANGERANG**  
Triyono

**ANALISIS KELAYAKAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIKRO (PLTM) MENGGUNAKAN SOFTWARE RETCSREEN (STUDI KASUS PADA PLTM SIMALUNGUN, SUMATERA UTARA)**  
Ria Rossaty

**KAPASITAS MOMEN DAN GESER PADA STRUKTUR BALOK DI BANGUNAN TINGGI WILAYAH RAWAN GEMPA**  
Almufid

**MODEL LAYANAN INFORMASI LOKASI MASJID DI WILAYAH KOTA TANGERANG MENGGUNAKAN PERANGKAT BERGERAK (MOBILE DEVICE)**  
Angga Aditya Permana

**ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0 PADA PT X**  
Badaruddin & Mochamad Isnan Arsyad

**ANALISIS STRATEGI PEMASARAN OBAT BATUK PROSPAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE SWOT PADA PT. SOHO GLOBAL HEALTH**  
Hermanto & Ahmad Rizki K.

**MEMBANGUN VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) MENGGUNAKAN SOFTWARE ASTERISK**  
Bambang Adi Mulyani

Diterbitkan Oleh:

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang  
Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33, Cikokol Tangerang - Tlp. 021 - 51374916

	Jurnal Teknik	Vol. 5	No. 1	Hlm. 1-94	FT. UMT Mei 2016	ISSN 2302-8734
---	---------------	--------	-------	-----------	---------------------	-------------------

# JURNAL TEKNIK

Teknik Informatika ~ Teknik Mesin ~ Teknik Sipil  
Teknik Elektro ~ Teknik Industri



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH TANGERANG**

## **Pelindung:**

Dr. H. Achmad Badawi, S.Pd., SE., MM.  
(Rektor Universitas Muhammadiyah Tangerang)

## **Penanggung Jawab:**

Ir. Saiful Haq, M.Si.  
(Dekan Fakultas Teknik)

## **Pembina Redaksi:**

Rohmat Taufik, ST., M.Kom.  
Drs. H. Syamsul Bahri, MSi.  
Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

## **Pimpinan Redaksi:**

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

## **Redaktur Pelaksana:**

Yafid Efendi, ST, MT.

## **Editor Jurnal Teknik UMT:**

Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.

## **Dewan Redaksi:**

Hendra Harsanta, SPd., MT.  
Tri Widodo, ST., MT.  
Bambang Suhardi W, ST., MT.  
Almufid, ST., MT.  
Siti Abadiyah, ST., MT.  
M. Jonni, SKom., MKom.  
Elfa Fitria, SKom, MKom.  
Lenni, ST., MT.

## **Kasubag:**

Ferry Hermawan, MM.

## **Kuangan:**

Elya Kumalasari, S.Ikom.

## **Setting & Lay Out:**

Muhlis, S.E.  
Saiful Alam, SE..

## **Mitra Bestari:**

Prof. Dr. Aris Gumilar  
Ir. Doddy Hermiyono, DEA.  
Ir. Bayu Purnomo  
Dr. Ir. Budiyanto, MT.

## **JURNAL TEKNIK**

### **Diterbitkan Oleh:**

Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang

### **Alamat Redaksi:**

Jl. Perintis Kemerdekaan I No. 33, Cikokol Tangerang  
Tlp. (021) 51374916

Jurnal Teknik	Vol.	No.	Hlm.	UMT	ISSN
	5	1	1-94	Mei 2016	2302-8734

## DAFTAR ISI

- **PENGUNAAN METODE POQ (PERIODE ORDER QUANTITY) DALAM UPAYA PENGENDALIAN TINGKAT PERSEDIAAN BAHAN BAKU (HDN) (STUDI KASUS PADA PERUSAHAAN FRAGRANCE DI TANGERANG) – 1**  
*Diah Septiyana*
- **OPTIMASI PENGENDALIAN BANJIR DI KOTA TANGERANG DENGAN METODE GOAL PROGRAMMING DAN AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS) – 6**  
*Shiddiq Wahyu & Saiful Haq*
- **ANALISA TATA LETAK MATERIAL DI GUDANG PT GGS DALAM MENINGKATKAN EFEKTIFITAS KERJA – 12**  
*Ellysa Kusuma Laksanawati & Rahman Ridho*
- **STUDI EKSPERIMENTAL PENGUJIAN KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAKURASIAN DIMENSI PADA PROSES DRY MACHINING BAJA AISI 01 – 17**  
*RIKI CANDRA PUTRA*
- **ANALISA TINGKAT PENERIMAAN PELANGGAN SELULAR TERHADAP LAYANAN SELULAR BERBASIS 3G PADA PELAJAR SMP DI KABUPATEN TANGERANG – 25**  
*Triyono*
- **ANALISIS KELAYAKAN PROYEK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MINIHIKRO (PLTM) MENGGUNAKAN SOFTWARE RETCSREEN (STUDI KASUS PADA PLTM SIMALUNGUN, SUMATERA UTARA) – 34**  
*Ria Rossaty*
- **KAPASITAS MOMEN DAN GESER PADA STRUKTUR BALOK DI BANGUNAN TINGGI WILAYAH RAWAN GEMPA – 41**  
*Almufid*
- **MODEL LAYANAN INFORMASI LOKASI MASJID DI WILAYAH KOTA TANGERANG MENGGUNAKAN PERANGKAT BERGERAK (MOBILE DEVICE) – 49**  
*Angga Aditya Permana*
- **ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0 PADA PT X – 60**  
*Badaruddin & Mochamad Isnan Arsyad*
- **ANALISIS STRATEGI PEMASARAN OBAT BATUK PROSPAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE SWOT PADA PT. SOHO GLOBAL HEALTH – 69**  
*Hermanto & Ahmad Rizki K.*
- **MEMBANGUN VOICE OVER INTERNET PROTOCOL (VOIP) MENGGUNAKAN SOFTWARE ASTERISK – 84**  
*Bambang Adi Mulyani*



**Sambutan Dekan  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tangerang**

Puji Syukur kehadiran Allah Swt. karena berkat karunia dan ijin-Nyalah Tim penyusun Jurnal Teknik Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Tangerang dapat menyelesaikan tugasnya tepat sesuai dengan waktu ditetapkan.

Saya menyambut baik diterbitkannya Jurnal Teknik Vol. 5 No. 1, Mei 2016, terbitnya jurnal ini, merupakan respon atas terbitnya Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi; Surat Dirjen Dikti Nomor 2050/E/T/2011 tentang kebijakan unggah karya ilmiah dan jurnal; Surat Edaran Dirjen Dikti Nomor 152/E/T/2012 tertanggal 27 Januari 2012 perihal publikasi karya ilmiah yang antara lain menyebutkan untuk lulusan program sarjana terhitung mulai kelulusan setelah 2012 harus menghasilkan makalah yang terbit pada jurnal ilmiah.

Terbitnya Jurnal ini juga diharapkan dapat mendukung komitmen dalam menunjang peningkatan kemampuan para dosen dan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah yang dilandasi oleh kejujuran dan etika akademik. Perhatian sangat tinggi yang telah diberikan rektor Universitas Muhammadiyah Tangerang khususnya mengenai *plagiarism* dan cara menghindarinya, diharapkan mampu memacu semangat dan motivasi para pengelola jurnal, para dosen dan mahasiswa dalam menyusun karya ilmiah yang semakin berkualitas.

Saya mengucapkan banyak terimakasih kepada para penulis, para pembahas yang memungkinkan jurnal ini dapat diterbitkan, dengan harapan dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin dalam peningkatan kualitas karya ilmiah.

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tangerang,

**Ir. Saiful Haq, M.Si.**



**Pengantar Redaksi**  
**Jurnal Teknik**  
Universitas Muhammadiyah Tangerang

Puji dan Syukur Alhamdulillah kami panjatkan kehadapan Allah Swt. atas karunia dan lindungan-Nya sehingga Jurnal Teknik Vol. 5 No. 1 Bulan September 2016 dapat diterbitkan.

Menghasilkan karya ilmiah merupakan sebuah tuntutan perguruan tinggi di seluruh dunia. Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu darma pendidikan, darma penelitian, dan darma pengabdian kepada masyarakat mendorong lahirnya dinamika intelektual diantaranya menghasilkan karya-karya ilmiah. Penerbitan Jurnal Teknik ini dimaksudkan sebagai media dokumentasi dan informasi ilmiah yang sekiranya dapat membantu para dosen, staf dan mahasiswa dalam menginformasikan atau mempublikasikan hasil penelitian, opini, tulisan dan kajian ilmiah lainnya kepada berbagai komunitas ilmiah.

Buku Jurnal yang sedang Anda pegang ini menerbitkan 11 artikel yang mencakup bidang teknik sebagaimana yang tertulis dalam daftar isi dan terdokumentasi nama dan judul-judul artikel dalam kulit cover Jurnal Teknik Vol. 5 No. 1 bulan Mei 2016 dengan jumlah halaman 1-94 halaman.

Jurnal Teknik ini tentu masih banyak kekurangan dan masih jauh dari harapan, namun demikian tim redaksi berusaha untuk ke depannya menjadi lebih baik dengan dukungan kontribusi dari semua pihak. Harapan Jurnal Teknik akan berkembang menjadi media komunikasi intelektual yang berkualitas, aktual dan faktual sesuai dengan dinamika di lingkungan Universitas Muhammadiyah Tangerang.

Tak lupa pada kesempatan ini kami mengundang pembaca untuk mengirimkan naskah ringkasan penelitiannya ke redaksi kami. Kami sangat berterimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan Jurnal Teknik ini semoga buku yang sedang Anda baca ini dapat bermanfaat.

Pimpinan Redaksi Jurnal Teknik  
Universitas Muhammadiyah Tangerang,

**Drs. Ir. Sumardi Sadi, MT.**

# ANALISA GANGGUAN HUBUNG SINGKAT DENGAN MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0 PADA PT X

**Badaruddin <sup>1)</sup> dan Mochamad Isnan Arsyad <sup>2)</sup>**

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: <sup>1)</sup> bsulle@gmail.com; <sup>2)</sup> isnan@outlook.com

## ABSTRACT

*Construction of coal handling facility PT X demanding the need for an analysis of the equipment rating circuit breaker (Circuit Breaker), so that the Circuit Breaker (CB) can secure the power system against harmful interference, especially interference symmetrical short-circuit three-phase. For it was done a study of short circuit in the electric power system. Calculation of the symmetrical short-circuit fault current is based on software simulation ETAP 12.6. The conclusion is that the biggest fault current. The results obtained for symmetrical three-phase disorders, the greatest disruption occurs in LV MCC bus (400V) with initial symmetrical fault current ( $I''_k$ ) amounted to 62.170 kA, the maximum short circuit current ( $I_p$ ) of 130.450 kA.*

**Keywords:** *power system analysis, 3-phase short circuit, ETAP.*

## ABSTRAK

Pembangunan fasilitas penanganan batubara PT X menuntut perlunya analisa terhadap rating peralatan pemutus tenaga (Circuit Breaker), supaya Circuit Breaker (CB) dapat mengamankan sistem tenaga listrik terhadap bahaya gangguan terutama gangguan hubung singkat simetris tiga fasa. Untuk hal itu dilakukan studi hubung singkat pada sistem tenaga listrik tersebut. Perhitungan arus gangguan hubung singkat simetris ini berdasarkan simulasi pada software ETAP 12.6. Kesimpulan yang diperoleh adalah arus gangguan yang terbesar. Adapun hasil yang diperoleh untuk gangguan simetris tiga fasa, gangguan terbesar terjadi pada bus LV MCC (400V) dengan arus gangguan inisial simetris ( $I''_k$ ) sebesar 62,170 kA, arus hubung singkat maksimum ( $I_p$ ) sebesar 130,450 kA.

**Kata Kunci:** *analisa sistem tenaga, hubung singkat 3 fasa, ETAP.*

## 1. PENDAHULUAN

PT X. berencana untuk membangun fasilitas penanganan batu bara tahap-4 di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. Proyek ini membangun konveyor untuk membawa batu bara dari tambang menuju tempat penampungan (*stockpile*).

Konveyor ini digerakkan oleh motor-motor induksi dengan kapasitas yang berbeda-beda mulai dari 55kW sampai dengan 315kW pada tegangan 380V tegangan rendah. Sumber tenaga listrik yang digunakan pada sistem konveyor ini berasal dari jaringan 20kV tegangan menengah milik PT X. sendiri yang

diturunkan menjadi tegangan rendah 380V melalui trafo distribusi yang ada pada masing-masing *substation*.

Untuk memastikan peralatan listrik yang digunakan dan sistem listrik yang dibangun pada proyek ini handal perlu dilakukan studi/analisa terhadap gangguan yang akan terjadi. Banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan sistem tenaga listrik diantaranya adalah gangguan pada sistem saluran beban dan saluran distribusi tegangan menengah baik gangguan tiga fasa, antar fasa maupun gangguan fasa ke tanah. Penyebabnya bermacam-macam antara lain kelebihan beban, jaringan yang terganggu, dan lain-lain. Untuk menghindari kerusakan peralatan listrik perlu dipilih dan digunakan peralatan yang sesuai untuk bertahan terhadap gangguan tersebut agar tidak terjadi kerusakan pada peralatan listrik.

Maka dari itu pada penelitian ini akan membahas analisa hubung singkat pada 20kV Switchgear dan 380V *Motor Control Center* (MCC) dengan menggunakan program ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) 12.6.0. ETAP ini merupakan program yang menampilkan secara GUI (*graphical User Interface*) dengan jumlah bus unlimited dan salah satu kegunaan *software* ini adalah untuk melakukan analisa perhitungan aliran daya dan arus hubung singkat.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui cara menganalisis hubung singkat 3 fasa simetris pada sistem distribusi standar IEC 60909 menggunakan software ETAP 12.6. dan mengetahui arus gangguan dan kapasitas pemangaman arus hubung singkat yang sesuai pada sistem distribusi.

## 2. LANDASAN TEORI

Gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fasa atau hubung singkat fasa ke tanah. Istilah gangguan identik dengan hubung singkat.

Tujuan menganalisis gangguan pada jaringan distribusi adalah:

1. Untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubung singkat tiga fasa;
2. Untuk menentukan arus gangguan tak simetris bagi gangguan satu dan dua line ke tanah, gangguan *line ke line*, dan rangkaian terbuka;
3. Penyelidikan operasi rele-rele proteksi;
4. Untuk menentukan kapasitas pemutus dari *circuit breaker*; dan
5. Untuk menentukan distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan busbar selama gangguan.

Gangguan distribusi terjadi pada satu fasa, dua fasa atau ketiga fasanya. Gangguan-gangguan tersebut menyebabkan terjadinya:

1. Menginterupsi kontinuitas pelayanan daya kepada para konsumen apabila gangguan itu sampai menyebabkan terputusnya suatu rangkaian (*circuit*) atau menyebabkan keluarnya satu unit pembangkit;
2. Penurunan tegangan yang cukup besar menyebabkan rendahnya kualitas tenaga listrik dan merintanginya kerja normal pada peralatan konsumen;
3. Pengurangan stabilitas sistem dan menyebabkan jatuhnya generator; dan
4. Merusak peralatan pada daerah terjadinya gangguan itu.

Gangguan berdasarkan kesimetrisannya adalah:

1. Gangguan Asimetris, merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa, dan gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah; dan
2. Gangguan Simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Gangguan ini terdiri dari gangguan hubung

singkat tiga fasa, dan gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah.

Gangguan biasanya diakibatkan oleh kegagalan isolasi di antara penghantar fasa atau antara penghantar fasa dengan tanah. Secara nyata kegagalan isolasi dapat menghasilkan beberapa efek pada sistem yaitu menghasilkan arus yang cukup besar, atau mengakibatkan adanya impedansi diantara konduktor fasa atau antara penghantar fasa dan tanah

Penyebab terjadinya gangguan pada jaringan distribusi disebabkan karena:

1. Kesalahan mekanis;
2. Kesalahan termis;
3. Karena tegangan berlebih;
4. Karena material yang cacat atau rusak;
5. Gangguan hubung singkat; dan
6. Konduktor putus.

Akibat yang paling serius dari gangguan adalah kebakaran yang tidak hanya akan merusak peralatan dimana gangguan terjadi tetapi bisa berkembang ke sistem dan akan mengakibatkan kegagalan total dari sistem.

Berikut ini akibat-akibat yang disebabkan oleh gangguan:

- a. Penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem daya sehingga dapat merugikan pelanggan atau mengganggu kerja peralatan listrik;
- b. Bahaya kerusakan pada peralatan yang diakibatkan oleh *arcing* (busur api listrik);
- c. Bahaya kerusakan pada peralatan akibat *overheating* (pemanasan berlebih) dan akibat tekanan mekanis (alat pecah dan sebagainya);
- d. Terganggunanya stabilitas sistem dan ini dapat menimbulkan pemadaman menyeluruh pada sistem tenaga listrik; dan
- e. Menyebabkan penurunan tegangan sehingga koil tegangan relai gagal bertahan.

## 2.1 Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat menurut IEC 60909 adalah kejadian yang menyebabkan beda potensial antara dua penghantar atau lebih menjadi sama dengan atau mendekati nol. Sementara arus

hubung singkat adalah arus lebih akibat hubung singkat karena gangguan atau kesalahan koneksi.

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun yang berasal dari luar (akibat sambaran petir). Gangguan hubung singkat adalah suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah.

Gangguan yang mengakibatkan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang jauh lebih besar dari pada arus normal. Bila gangguan hubung singkat dibiarkan berlangsung dengan agak lama pada suatu sistem daya, akan banyak pengaruh-pengaruh yang tidak diinginkan yang akan terjadi.

Berikut ini akibat yang ditimbulkan gangguan hubung singkat antara lain:

- a. Berkurangnya batas-batas kestabilan untuk sistem daya;
- b. Rusaknya perlengkapan-perengkapan yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan oleh arus-arus tak seimbang, atau tegangan rendah yang ditimbulkan oleh hubung singkat;
- c. Ledakan-ledakan yang mungkin terjadi pada peralatan yang mengandung minyak isolasi sewaktu terjadinya suatu hubung singkat, dan yang mungkin menimbulkan kebakaran sehingga dapat membahayakan orang yang menanganinya dan merusak peralatan- peralatan yang lain; dan
- d. Terpecah-pecahnya keseluruhan daerah pelayanan sistem daya itu oleh suatu rentetan tindakan pengamanan yang diambil oleh sistem-sistem pengamanan yang berbeda-beda; kejadian ini di kenal sebagai "*cascading*".

Analisa gangguan hubung singkat diperlukan untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik waktu perencanaan maupun setelah ber-

operasi kelak. Analisa hubung singkat digunakan untuk menentukan *setting* relai proteksi yang digunakan untuk melindungi sistem tersebut dari kemungkinan adanya gangguan tersebut.

Kegunaan dari analisis gangguan hubung singkat antara lain adalah:

- Untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubung singkat tiga-fasa;
- Untuk menentukan arus gangguan;
- Penyelidikan operasi relai-relai proteksi;
- Untuk menentukan kapasitas pemutus daya; dan
- Untuk menentukan distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan busbar selama gangguan.

### 3. METODELOGI PENELITIAN

Saat ini ada beberapa metode perhitungan arus hubung singkat yang berbeda. Umumnya peningkatan telah dilakukan, dampak kerusakan mesin AC dan DC diperhitungkan.

Pada IEC 60909-0 seluruh impedansi dari mesin adalah tetap. Konstanta impedansi untuk mesin sinkron dihitung dengan menggunakan impedansi sub-transient dan disesuaikan dengan faktor koreksi impedansi. Ketika menghitung konstanta impedansi untuk mesin sinkron, nilai impedansi rotor terkunci diperlukan.

#### 3.1 Arus Hubung Singkat Maksimum

Ketika menentukan rating peralatan elektrikal dan ketahanannya, kriteria utama adalah arus hubung singkat maksimum. Hal ini akan membatasi peralatan berapa banyak efek panas dan elektromagnet (mekanis) yang dapat ditahan tanpa merusak peralatan tersebut.

Ketika menghitung arus hubung singkat dengan IEC 60909-0 kondisi yang berbeda diperkenalkan:

- Sebuah faktor tegangan  $c_{max}$  akan diterapkan untuk perhitungan maksimum.
- Konfigurasi yang memberikan kontribusi maksimum dari *power plant* dan jaringan penyulang, yang membawa arus hubung singkat yang besar harus digunakan.

- Ketika jaringan eksternal direpresentasikan dengan impedansi ekuivalen, impedansi ekuivalen minimum digunakan yang mana berhubungan dengan kontribusi arus hubung singkat maksimum dari penyulang.
- Pada sebagian kasus, motor dimasukkan pada kalkulasi. Resistant dari semua jalur pada sistem pada temperature 20°C.

#### 3.2 Arus Hubung Singkat Minimum

Arus hubung singkat minimum diperlukan ketika menentukan sistem proteksi dan setting relay untuk memastikan operasi relay yang akurat dan terkoordinasi. Seperti arus hubung singkat maksimum, perhitungan detail untuk arus hubung singkat minimum juga harus dilakukan.

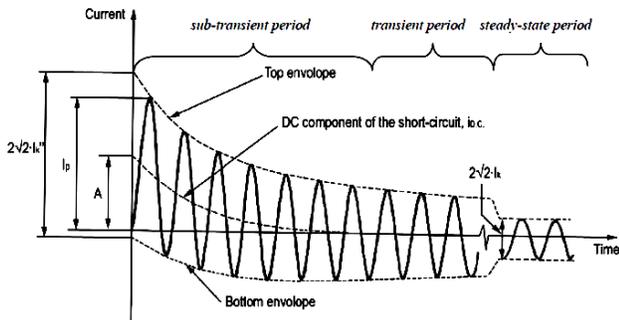
Ketika melakukan perhitungan arus hubung singkat minimum dengan IEC 60909-0 ada beberapa kondisi yang berbeda:

- Faktor tegangan  $c_{min}$  diterapkan untuk perhitungan minimum.
- Konfigurasi sistem yang membawa arus hubung singkat minimum pada lokasi gangguan telah ditentukan.
- Seluruh motor dapat diabaikan.
- Seluruh jalur menggunakan temperature yang lebih tinggi.

#### 3.3 Gangguan hubung singkat 3 fasa

Gangguan simetris atau seimbang terjadi saat seluruh tiga fasa terhubung, atau terhubung ke tanah. Durasi dari gangguan dapat dibagi menjadi tiga area:

- Periode *sub-transient* yang terjadi langsung pada lokasi gangguan. Hal ini berlangsung hanya dua *cycle*.
- Periode *transient* berlangsung sepuluh *cycle*.
- Periode *steady-state* berlangsung lebih lama, misalkan sampai terjadi kegagalan jalur atau circuit breaker terbuka.



**Gambar 1.** Arus hubung singkat dengan kerusakan komponen AC dan perbedaan keadaan selama hubung singkat.

### 3.4 Faktor Tegangan c

Faktor tegangan ini adalah nilai yang digunakan untuk menyesuaikan sumber tegangan ekuivalen untuk arus maksimum dan minimum sesuai dengan tabel berikut:

**Tabel 1.** Faktor tegangan c

Tegangan nominal Un	Faktor tegangan c	
	Untuk perhitungan arus hubung singkat maksimum	Untuk perhitungan arus hubung singkat minimum
	Cmax	Cmin
<1001 V	1.1	0.95
Tegangan menengah: >1kV ~ 35kV	1.10	1.00
Tegangan tinggi: >35kV ~ 230kV	1.10	1.00

### 3.5 Arus hubung singkat permulaan (I''k)

Arus hubung singkat permulaan adalah nilai *root mean square* (rms) dari arus hubung singkat pada komponen AC. I'' k ini digunakan untuk menghitung arus hubung singkat maksimum. Untuk arus hubung singkat tiga fasa rumusnya adalah:

$$I_k'' = (c \cdot U_n) / (\sqrt{3} \cdot Z_k) \tag{1}$$

### 3.6 Arus hubung singkat puncak (Ip)

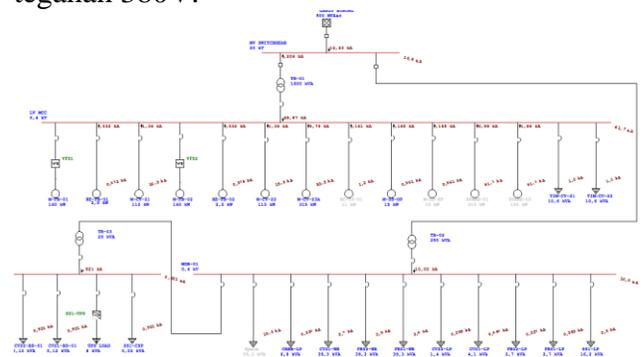
Arus puncak adalah nilai momentari tertinggi dari arus hubung singkat. Untuk gangguan tiga fasa seimbang rumusnya adalah:

$$I_p = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_k'' \tag{2}$$

### 3.7 Model Sistem

Substation-1 merupakan sebuah nama untuk sebuah jaringan elektrikal pada proyek Fasilitas Penanganan Batubara Tahap 4, yang mensuplai kebutuhan listrik untuk beberapa motor induksi, *tramp iron magnet*, *belt scale*, panel sistem kontrol, panel pembagi daya, dan panel penerangan.

Substation-1 terbagi menjadi 3 bagian pada 2 tegangan kerja yang berbeda. Panel MV-SWITCHGEAR merupakan panel dengan tegangan kerja 20kV, panel MCC bekerja pada tegangan 380V, dan panel MDB bekerja pada tegangan 380V.



**Gambar 2** Single Line Diagram Substation-1

MCC adalah sebuah grup dari kombinasi starter dalam satu paket. Kombinasi starter adalah sebuah lemari berisi motor starter, fuse, atau *circuit breaker*, dan peralatan untuk memutus daya. Peralatan yang lain yang berhubungan dengan motor memungkinkan dimasukkan seperti *pushbutton* dan lampu indikasi.

Panel ini mensuplai daya untuk motor induksi dan panel-panel peralatan paket unit. Motor-motor induksi tersebut adalah motor Feeder Breaker FB-01 dan FB-02, motor konveyor CV-21, CV-22, CV-23A, motor pompa Dust Suppression SS1-DSOP dan SS1-DSSP, panel Tramp Iron Magnet CV-21 (TIM-CV-21) dan CV-22 (TIM-CV-22).

Tabel 2 Data Beban SS1-MCC

Peralatan	Beban Terserap (Kw)	Rating Peralatan (Kw)	Effisiensi (Pada Penggunaan)	Faktor Daya (Pada Penggunaan)
M-FB-1	150	160	0,949	0,87
M-FB-2	150	160	0,949	0,87
M-CV-21	64,21	110	0,94	0,74
M-CV-22	68,89	110	0,94	0,74
TIM-CV-21	9	9	0,9	0,85
TIM-CV-22	9	9	0,9	0,85
M-CV-23A	260	315	0,957	0,87
SS1-DSOP	12	15	0,9	0,85
SS1-DSSP	12	15	0,9	0,85
HC-TS01	8,8	11	0,9	0,85

Panel MDB merupakan panel pembagi daya yang menerima suplai daya dari trafo step down TR-02 20kV/0,4kV dengan rating 250kVA. Panel ini akan memberikan daya untuk panel-panel penerangan dan panel pengelasan yang ada di sekitar Substation-1. Selain itu panel ini juga mensuplai daya untuk trafo isolasi TR-03 yang akan memberikan daya ke panel MDB-02.

Tabel 3. Data Beban SS1-MDB01

Peralatan	Rating Peralatan (Kw)	Effisiensi (Pada Penggunaan)	Faktor Daya (Pada Penggunaan)
SS1-LP	13,8	0,9	0,85
FB01-LP	2,3	0,9	0,85
FB02-LP	2,3	0,9	0,85
CV21-LP	3,45	0,9	0,85
CV22-LP	1,15	0,9	0,85
FB01-WB	33,4	0,9	0,85
FB02-WB	33,4	0,9	0,85
CV21-WB	33,4	0,9	0,85
SS1-TR03	21,25	0,9	0,85
CRBB-LP	5,75	0,9	0,85

Panel MDB-02 merupakan panel pembagi daya khusus untuk sistem kontrol yang menerima suplai daya dari trafo isolasi TR-03 0,4kV/0,4kV dengan rating 25kVA. Panel ini akan memberikan daya untuk panel UPS, panel sistem kontrol, dan *panel belt scale*.

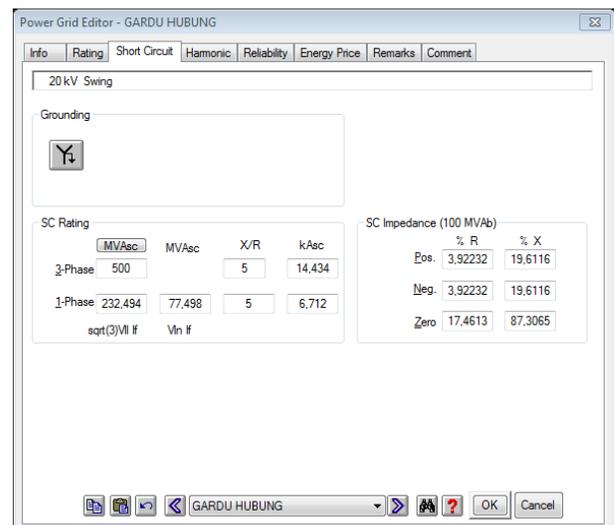
Tabel 4. Data Beban SS1-MDB02

Peralatan	Beban Terserap (Kw)	Rating Peralatan (Kw)
SS1-CSP	0,02	0,02
SS1-UPS	6,832	8,5
CV21-BS-01	0,08	0,1
CV22-BS-01	0,08	0,1

#### 4. HASIL ANALISA

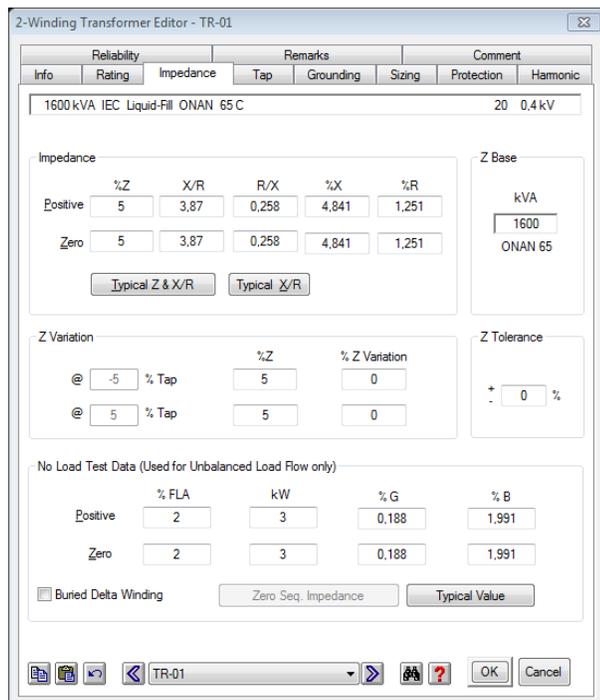
##### 4.1 Analisa Data

Data *power grid* yang penulis terima adalah sebagai berikut:



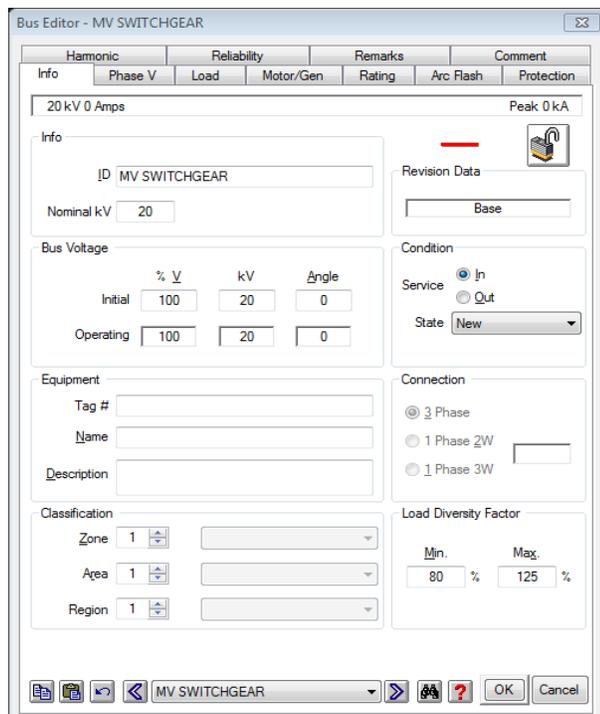
Gambar 3. Inputan data Short Circuit Power Grid ETAP

Data transformer yang penulis terima adalah sebagai berikut:



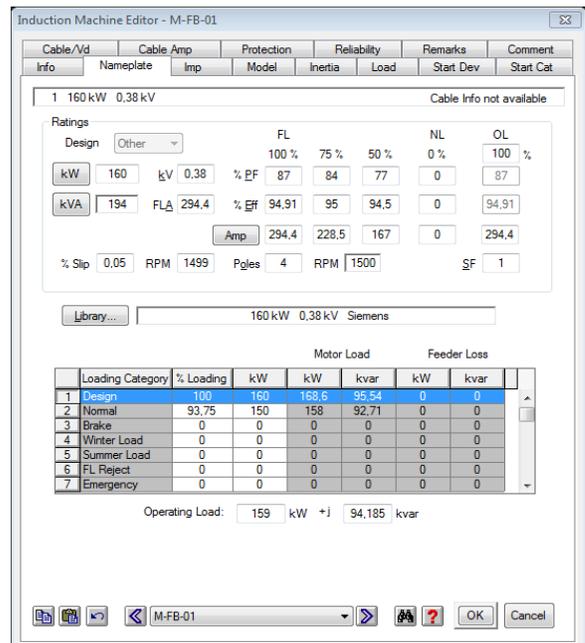
Gambar 4. Inputan data rating Trafo TR-01.

Data bus yang penulis terima adalah sebagai berikut:



Gambar 5 Inputan data bus info pada ETAP

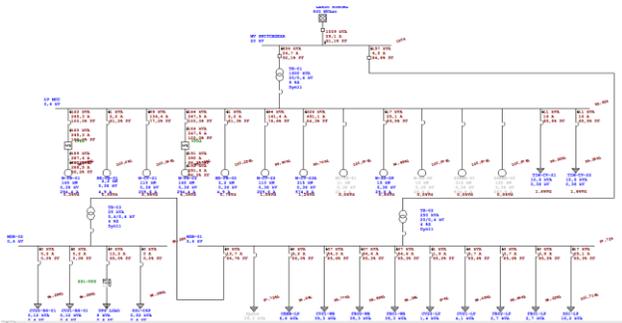
Contoh masukan data motor pada ETAP 12.6 adalah sebagai berikut:



Gambar 6 Inputan data nameplate motor induksi pada ETAP

#### 4.2 Hasil Analisa Aliran Daya (Load Flow Analysis)

Sebelum memasuki simulasi analisa hubung singkat (*Short Circuit Analysis*), ada baiknya kita mengetahui analisis aliran dayanya (*Load Flow Analysis*) terlebih dahulu, Analisa aliran daya (*Load Flow Analysis*) merupakan analisa yang digunakan untuk mengetahui total kebutuhan beban yang harus disupply dalam kondisi pembebanan normal maupun kondisi pembebanan puncak (*peak load*) serta mengetahui kapasitas energi listrik yang dibutuhkan. Selain itu *load flow analysis* digunakan untuk mengetahui drop tegangan yang terjadi pada tiap-tiap bus baik dalam kondisi normal maupun *peak load*.



Gambar 7. Running load flow analysis pada ETAP.

Dari gambar terlihat beberapa data seperti daya, arus, dan faktor daya yang mengalir dari gardu hubung, masuk ke bus MV Switchgear, kemudian mengalir ke trafo dan terus berlanjut sampai ke beban. Dari hasil simulasi analisa aliran daya ditemukan *drop* tegangan di beberapa bus, namun hal ini masih dalam batas toleransi.

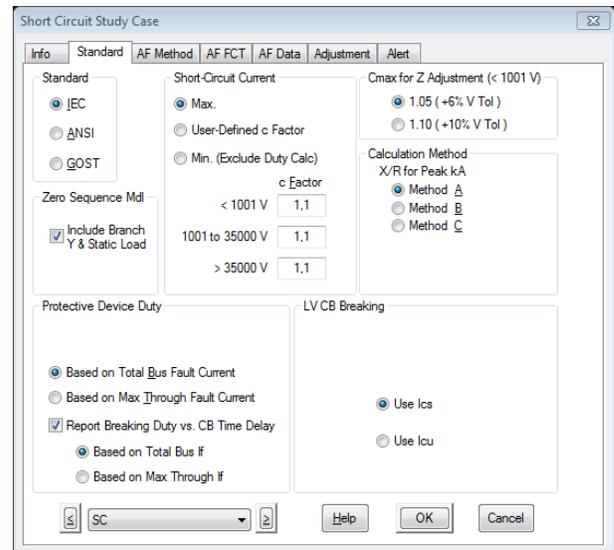
Tabel 4 Drop voltage pada bus

Bus ID	Nominal kV	Voltage %
LV MCC	0,4	95,92
MDB-01	0,4	97,72
MDB-02	0,4	96,28
MV SWITCHGEAR	20	100

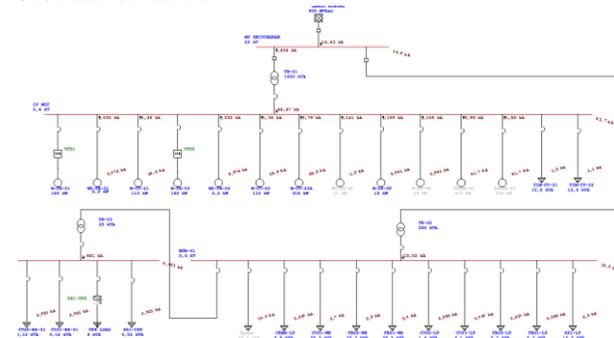
### 4.3 Hasil Analisa arus hubung singkat (Short Circuit Analysis)

Simulasi arus hubung singkat dilakukan pada bus MV-Switchgear, bus LV MCC, bus MDB-01 dan MDB-02. Pada ketiga bus ini akan diketahui besar gangguan tiga fasa simetris ( $I''_k$ ) dan arus gangguan puncak ( $I_p$ ).

Untuk melakukan analisa hubung singkat dengan menggunakan standar IEC maka harus diatur terlebih dahulu pada Short Circuit Study Case. Kemudian setelah dilakukan *running* maka arus hubung singkat akan muncul pada masing-masing bus.



Gambar 8. Pemilihan standard perhitungan pada Study Case Editor ETAP.



Gambar 9. Running short circuit analysis pada ETAP

Pada *single line diagram* (gambar 9) terlihat arus hubung singkat kontribusi dari masing-masing jalur dari power grid ke bus MV-Switchgear, dari transformer TR-01 ke bus MV-Switchgear dan ke bus LV MCC, kemudian dari masing-masing motor induksi dan beban statis ke bus LV MCC.

Tabel 5. Hasil simulasi short circuit analysis

Bus ID	Bus	kV	Short Circuit Current (kA)		
			$I''_k$	$I_p$	$I_k$
LV MCC	0,4	61,7	128,8	48,869	
MDB-01	0,4	10,018	16,372	10,016	
MDB-02	0,4	0,921	1,438	0,921	
MV SWITCHGEAR	20	14,646	32,245	14,434	

Setelah meninjau hasil simulasi pada Gambar 9 dan tabel 5 diatas, dapat diketahui bahwa pada bus LV MCC arus hubung singkat 3 fasa simetrisnya ( $I''_k$ ) adalah 61,7 kA dan

arus hubung singkat puncaknya ( $I_p$ ) adalah 128,8 kA. Untuk bus MDB-01 arus hubung singkat 3 fasa simetrisnya ( $I''_k$ ) adalah 10,018 kA dan arus hubung singkat maksimumnya ( $I_p$ ) adalah 16,372 kA. Untuk MDB-02 arus hubung singkat 3 fasa simetrisnya ( $I''_k$ ) adalah 0,921 kA dan arus hubung singkat maksimumnya ( $I_p$ ) adalah 1,438 kA. Sementara untuk MV-Switchgear arus hubung singkat simetrisnya ( $I''_k$ ) adalah 14,646 kA dan arus hubung singkat puncaknya ( $I_p$ ) adalah 32,242 kA.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari simulasi yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Terjadi *drop* tegangan pada bus MV-Switchgear, LV MCC, dan MDB. Namun *drop* tegangan ini masih dalam batas toleransi dimana masih kurang dari 5%.
2. Kapasitas trafo yang digunakan masih mencukupi dimana seluruh trafo hanya dibebani oleh < 80 % dari kapasitasnya.
3. Pada LV MCC arus hubung singkat simetris ( $I''_k$ ) adalah 61,7 kA. Maka peralatan pengaman yang digunakan harus memiliki *rating* > 61,7 kA, dan yang paling mendekati *rating* ini adalah 65 kA.
4. Pada MV Switchgear arus hubung singkat simetris ( $I''_k$ ) adalah 14,646 kA. Maka peralatan pengaman yang digunakan harus memiliki *rating* > 14, 646 kA, dan yang paling mendekati *rating* ini adalah 16 kA.

## DAFTAR PUSTAKA

Damayanti, Rinna. 2013. *Analisa Pcnaruh Motor Starting Terhadap Kestabilan Generator Menggunakan Program ETAP 7.0*. Penelitian: Universitas Mercu Buana.

International Electrotechnical Commission. 2001. IEC 60909 Short-circuits currents in three-phase a.c. systems. Geneva: IEC.

Mets-Noblat, B. et al. 2005. *Calculation of short-circuit currents*. France: Schneider Electric.

Nilsson, Mikael, 2010. *Short-circuit analysis of the onsite electric power system at Ringhals unit 4*. Master of Science Thesis in the Master Degree Programme Electric Power Engineering. Sweden: Chalmers University Of Technology.

Schlabbach, J. *Short-Circuit Currents*. London: The Institution of Engineering and Technology.