

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

*By Amirullah Amirullah*

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

Amirullah<sup>1</sup> dan Mahendra Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya  
<sup>1</sup>)am9520012003@yahoo.com dan <sup>2</sup>)setiawan\_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 setting 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 pengaman yang sesuai agar peralatan listrik terhindar dari kerusakan sehingga tidak mengganggu aktifitas pekerjaan. Perhitungan arus gangguan hubung singkat dan penentuan setting rele pengaman 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 pengaman 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 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):

$$Besaran\ per\ unit = \frac{Besaran\ sebenarnya}{Besaran\ dasar} \tag{1}$$

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

a. Untuk data satu phasa

$$I_b = \frac{KVA\ dasar\ 1\phi}{KV\ dasar\ LN} \tag{2}$$

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

b. Untuk data tiga phasa

$$I_b = \frac{KVA\ dasar\ 3\phi}{KV\ dasar\ LL\sqrt{3}} \tag{3}$$

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

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:

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

**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 Phasa Positif
- b. Komponen Urutan Phasa 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):

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

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

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

**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 Fortescue 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 phasa merupakan gangguan hubung singkat simetris, sedangkan gangguan hubung singkat asimetris adalah gangguan hubung singkat satu phasa ketanah, dua phasa atau antar phasa, dan gangguan hubung singkat dua phasa 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 Phasa	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$
2	Hubung Singkat Satu Phasa ke Tanah	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$
3	Hubung Singkat Dua (Antar) Phasa	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$
4	Hubung Singkat Dua Phasa ke Tanah	$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \left[ \frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0} \right]}$

**Keterangan:**

$I_{a1}$  = Arus Hubung Singkat atau Arus Urutan Positif

$V_f$  = Gangguan Pragangguan

$Z_1$  = Impedansi Urutan Positif

$Z_2$  = Impedansi Urutan Negatif

$Z_0$  = Impedansi Urutan Nol

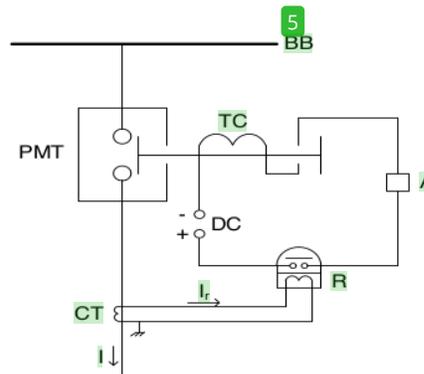
**2.4. Rele Pengaman**

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 (Tienko, 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. Waktu kerja tertentu merupakan kerja *pick-up* yang dinyatakan menurut kumparan sekunder transformator arus (CT). Rele arus lebih akan memutus 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**

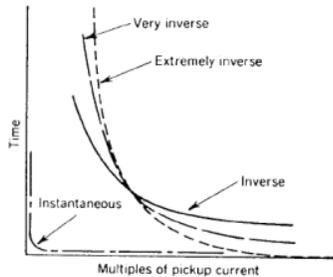
Karakteristik rele arus lebih tergantung pada besar kecilnya arus gangguan yang mengalir pada jaringan distribusi tegangan menengah tersebut. Besar kecilnya arus gangguan yang terjadi pada jaringan tergantung pada sistem pertanahan netral. Untuk arus gangguan yang tidak tergantung pada titik gangguan 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 dijangkau 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 16 a, maka rele ini dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

- a. Rele Arus Lebih Waktu Seketika atau *Instantaneous*.
- b. Rele Arus Lebih Waktu Tertentu.
- c. Rele Arus Lebih Waktu Terbalik.
- d. Rele Arus Lebih *Invers Definite Mean Time (IDMT)*.
- e. 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).



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

**2.8. Penyetelan Rele Arus Lebih**

7 Rele arus lebih berguna untuk membebaskan gangguan yang terjadi pada saluran dan peralatan yang terhubung dengan sistem. Pada penyetelan dan koordinasi rele 12 gaman 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 pengamanan adalah sebagai berikut:

1. Data impedansi transformator, generator dan saluran.
2. Arus hubung singkat maksimum dan minimum yang mengalir melalui peralatan.
3. Arus beban maksimum yang mengalir melalui peralatan pengamanan.
4. Kurva karakteristik.

**3. Hasil dan Pembahasan**

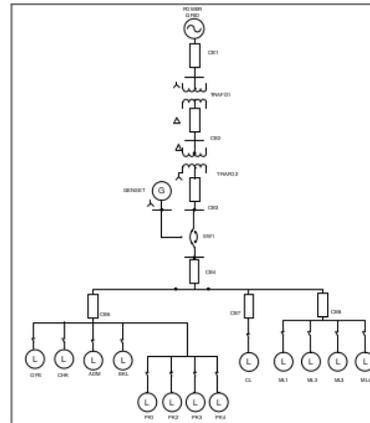
**3.1. Diagram Segaris Sistem Kelistrikan pada Gedung PT. Taksi Blue Bird**

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

masing-masing bertegangan 13 20 kV dan 0,6/2,4 kV. Tranformator pertama menurunkan tegangan jala-jala LN dari 20 kV ke 2,4 kV. Tranformator 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.



11 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	: Δ – 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

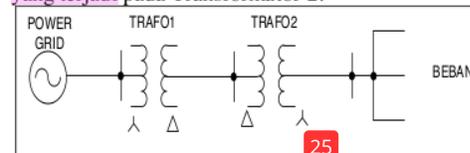
17

**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 2 ngaman yang digunakan agar terhindar dari akibat hubung singkat yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang ada.

2 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

20

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

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

$$\text{Impedansi Dasar } (Z_n) = \frac{(kV)^2}{MVA \ 3\phi} = \frac{(0.38)^2}{0.16} = 0.9025 \text{ pu}$$

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

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

Maka, XG<sub>1</sub>=XG<sub>2</sub>=XG<sub>0</sub>

$$= j0.1 \times \left[\frac{20}{20}\right]^2 \times \left[\frac{160}{160}\right] = j0.1 \text{ pu}$$

Reaktansi Trafo 1 dari data XT1'' = 6%

Maka, XT<sub>1</sub>=XT<sub>1</sub>=XT<sub>10</sub>

$$= j0.06 \times \left[\frac{20}{2.4}\right]^2 \times \left[\frac{1.6}{160}\right] = j0.0416 \text{ Pu}$$

Reaktansi Trafo 2 dari data XT2'' = 4%

Maka, XT<sub>2</sub>=XT<sub>2</sub>=XT<sub>20</sub>

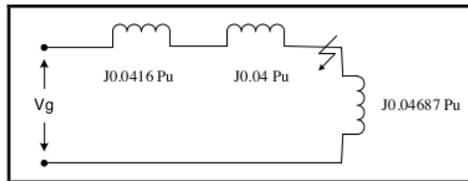
$$= j0.04 \times \left[\frac{0.38}{0.38}\right]^2 \times \left[\frac{0.16}{0.16}\right] = j0.04 \text{ Pu}$$

Reaktansi beban total dari data XB'' = 5%

Maka, XB<sub>1</sub>=XB<sub>2</sub>=XB<sub>0</sub>

$$= j0.05 \times \left[\frac{0.38}{0.38}\right]^2 \times \left[\frac{0.1566}{0.16}\right] = j0.04687 \text{ Pu}$$

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 :

$$\begin{aligned} Z_1 &= jXT21 + jXB11 \\ &= j0.04 + j0.04687 \\ &= j0.08687 \text{ Pu} \end{aligned}$$

$$Z_2 = Z_1$$

$$\begin{aligned} Z_0 &= 3 \cdot R_n + XT2 \\ &= 3 \cdot j0.03 + j0.04 = j0.13 \text{ Pu} \end{aligned}$$

Dengan ditemukannya impedansi total Z<sub>1</sub>, Z<sub>2</sub> dan Z<sub>0</sub>, maka besarnya arus hubung singkat pada transformator 2 dapat ditentukan.

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

$$I = \frac{V}{Z} \text{ atau } I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1}$$

4 terangan :

$$I = \text{Arus Gangguan 3 Fasa}$$

$$V_f = \text{Tegangan fasa netral sistem}$$

$$= 0.38 \text{ kV} = V_f = \frac{380}{\sqrt{3}}$$

$$Z = \text{Impedansi urutan positif}$$

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

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

$$I_{3\phi} = \frac{V_f}{Z_{1 \text{ tot}}} = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{0.08687} = 2.525 \text{ kA}$$

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

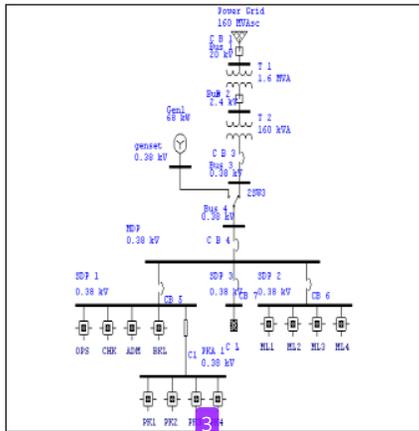
### 3.3.2. Perhitungan Arus Hubung Singkat Menggunakan ETAP

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.

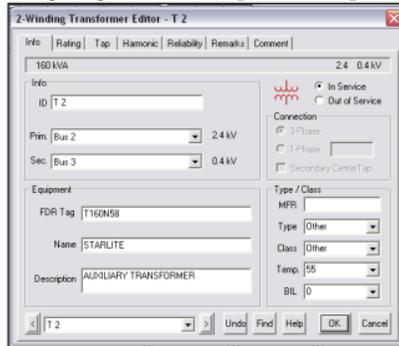
#### 1. Menggambar Single Line Diagram

Langkah 1 adalah langkah pertama dalam analisis arus hubung singkat.



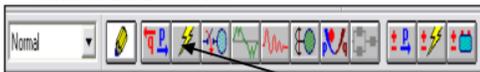
Gambar 6. Single Line Diagram ETAP Power Station 4.0

- 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

- 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.

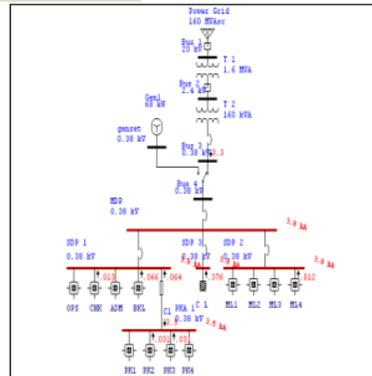


Gambar 8. Tampilan menu Toolbar  
 Kemudian memilih menu IE3 Toolbar Editor dengan mengklik jenis analisa 3 fasa, 2 fasa, 2 fasa ketanah dan satu fasa ke tanah.



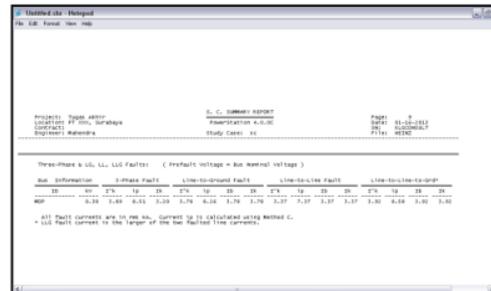
Gambar 9. Tampilan menu IEC Toolbar Editor

Setelah semua data telah dimasukkan maka langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi short circuit analysis pada study case terdapat. 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 menunjukkan 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 Fasa	2,525	3,202
2 Fasa	2,187	3,374
2 Fasa ketanah	2,735	3,920
1 Fasa ketanah	2,167	3,782

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 tiga fasa sebesar 3.202 kA jika menggunakan ETAP.



- 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. *Elektrik Power Transmission System Engineering: Analisis and Desing*. New York: Wiley-Interscience Publication, 1988.
- Hutauaruk, T.S. *Transmisi Daya Listrik*, Jakarta : Erlangga, 1985.
- K. Burak Dalci, Recep Yumurtaci, Altu Bozkurt. 2005. *Harmonic Effect on Electromechanical Overcurrent Relays*. Yıldız Technical University, Electrical Engineering Department. *Dou Universitesi Dergisi* 6 (2) 2005, 202-209.
- Marsudi, Djiteng., *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Garaha Ilmu, 2006.
- Moelyono, Nono. *Pengantar Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Surabaya: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Surabaya, 1999.
- Stevenson Jr, W.D. *Analisa Sistem Tenaga Malang*: Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya Malang, 1982.
- 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, 2007.
- Titarenko, M and Noskov-Dulkesky, *Protektive Relaying in Elektrik Power System*. Moskow: Peace Publisher, 2006.
- Plackburn J. Lewis, *Protectif Relaying*. New York: Marcel Dekker, inc., 1987.
- Westhinghouse Electrical Corporation, *Elctrical Transmission and Distribution Reference Book*: New York, 1986.

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

---

ORIGINALITY REPORT

---

# 25%

SIMILARITY INDEX

---

## PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet	170 words — 4%
2	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet	146 words — 3%
3	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet	126 words — 3%
4	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet	125 words — 3%
5	<a href="http://eprints.polsri.ac.id">eprints.polsri.ac.id</a> Internet	71 words — 2%
6	<a href="http://repository.ub.ac.id">repository.ub.ac.id</a> Internet	54 words — 1%
7	<a href="http://adoc.pub">adoc.pub</a> Internet	48 words — 1%
8	<a href="http://ee.unud.ac.id">ee.unud.ac.id</a> Internet	48 words — 1%
9	<a href="http://docslide.us">docslide.us</a> Internet	45 words — 1%

---

10	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet	31 words — 1%
11	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Internet	27 words — 1%
12	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Internet	21 words — < 1%
13	<a href="http://www.univ-tridinanti.ac.id">www.univ-tridinanti.ac.id</a> Internet	20 words — < 1%
14	<a href="http://sinta.unud.ac.id">sinta.unud.ac.id</a> Internet	19 words — < 1%
15	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Internet	18 words — < 1%
16	<a href="http://journal.unilak.ac.id">journal.unilak.ac.id</a> Internet	17 words — < 1%
17	<a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Internet	12 words — < 1%
18	<a href="http://repository.unimus.ac.id">repository.unimus.ac.id</a> Internet	12 words — < 1%
19	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Internet	10 words — < 1%
20	<a href="http://elektro.studentjournal.ub.ac.id">elektro.studentjournal.ub.ac.id</a> Internet	9 words — < 1%
21	<a href="http://garuda.ristekbrin.go.id">garuda.ristekbrin.go.id</a> Internet	9 words — < 1%

---

---

22	<a href="http://jurnal.umsb.ac.id">jurnal.umsb.ac.id</a> Internet	9 words — < 1%
23	<a href="http://eprints.ums.ac.id">eprints.ums.ac.id</a> Internet	8 words — < 1%
24	<a href="http://juniorarik1.blogspot.com">juniorarik1.blogspot.com</a> Internet	8 words — < 1%
25	<a href="http://jurnal.poliupg.ac.id">jurnal.poliupg.ac.id</a> Internet	7 words — < 1%
26	<a href="http://docobook.com">docobook.com</a> Internet	6 words — < 1%
27	<a href="http://modifikasimotor10.blogspot.com">modifikasimotor10.blogspot.com</a> Internet	6 words — < 1%

---

EXCLUDE QUOTES OFF

EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES OFF

EXCLUDE MATCHES OFF