



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaannya dalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak balik antara rangkaian.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

- 1.Transformator daya
- 2.Transformator distribusi
- 3.Transformator pengukuran: yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.¹

2.2 Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (reluctance) rendah.

¹ Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*, Bandung, Penerbit ITB, Cetakan Kedua, 1977, Hal 15-16



apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (self-induction) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutualinduction) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

$$\frac{d\Phi}{dt} e = (-) N \text{ (Volt)} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana: e = gaya gerak listrik (Volt)

N = jumlah lilitan

$\frac{d\Phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet (weber/sec)

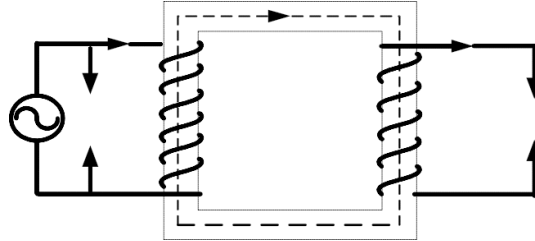
Perlu diingat bahwa hanya tegangan listrik arus bolak-balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator, sedangkan dalam bidang elektronika, transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Tujuan utama menggunakan inti pada transformator adalah untuk mengurangi reluktansi (tahanan magnetis) dari rangkaian magnetis (common magnetic circuit).²

2.2.1 Keadaan Transformator Tanpa Beban

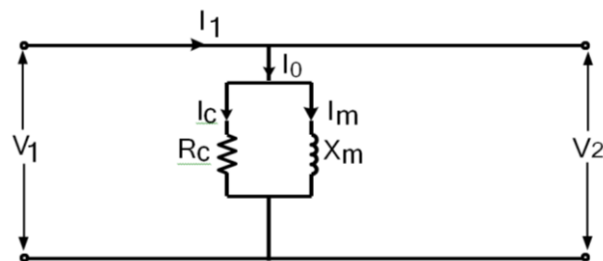
Bila kumparan primer suatu transformator dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 yang sinusoidal, akan mengalirkan arus primer I_o yang juga sinusoidal dan dengan menganggap belitan N_1 reaktif murni. I_o akan tertinggal 90° dari V_1 . Arus primer I_o menimbulkan fluks (Φ) yang sefasa dan juga berbentuk sinusoidal.³

² <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20976/3/Chapter%20II.pdf>, Selasa, jam 21.10, tanggal 17 Maret 2015.

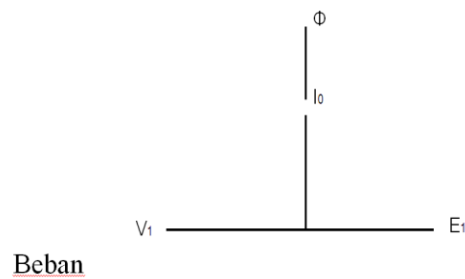
³ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta, Gramedia Pustaka



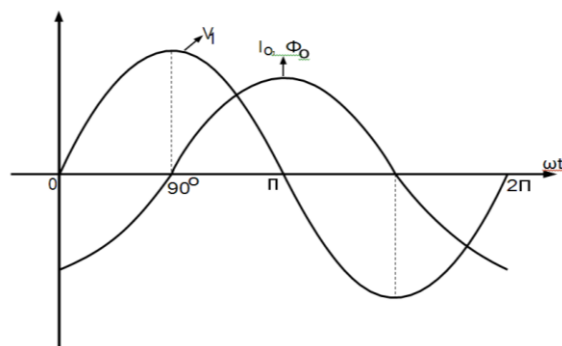
Gambar 2.1 Transformator dalam keadaan tanpa beban



Gambar 2.2 Rangkaian ekivalen transformator dalam keadaan tanpa beban



Gambar 2.3 Vektor transformator dalam keadaan tanpa beban

Gambar 2.4 Gelombang I_0 tertinggal 90° dari V_1



$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t \text{ (weber) } \dots\dots\dots (2.2)$$

Fluks yang sinusoid ini akan menghasilkan tegangan induksi e_1 (Hukum Faraday)

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$e_1 = -N_1 = \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$e_1 = -N_1 \omega \Phi_{\max} \cos \omega t \text{ (volt)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$e_1 = N_1 \omega \Phi_{\max} \sin (\omega t - 90^\circ) \text{ (tertinggal } 90^\circ \text{ dari } \Phi) \dots\dots\dots (2.6)$$

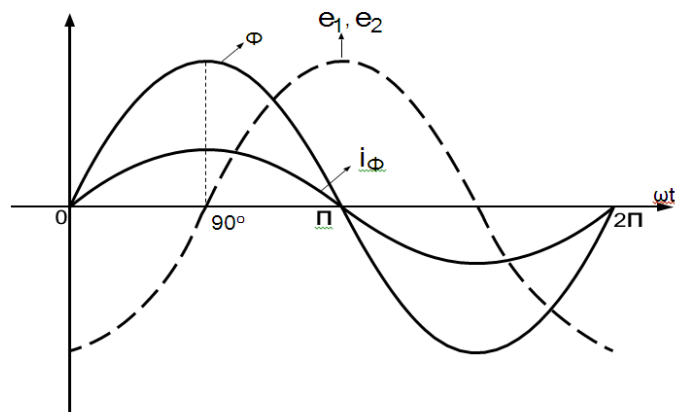
Dimana :

e_1 = gaya gerak listrik (Volt)

N_1 = jumlah belitan di sisi primer (turn)

ω = kecepatan sudut putar (rad/sec)

Φ = fluks magnetik (weber)



Gambar 2.5 Gambar gelombang e_1 tertinggal 90° dari Φ

Harga Efektif :

$$e_1 = \frac{N2\pi f \Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$e_1 = \frac{N2\pi f \Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.8)$$



$$e_1 = \frac{N_1 2\pi 3,14 f \Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$e_1 = \frac{N_1 6,28 f \Phi_{\max}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$e_1 = 4,44 N_1 f \Phi_{\max} \text{ (Volt)} \dots\dots\dots (2.11)$$

Pada rangkaian sekunder, fluks (Φ) bersama tadi juga menimbulkan :

$$e_2 = - N_2 \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.12)$$

Harga efektifnya :

$$e_2 = 4,44 N_2 f \Phi_{\max} \text{ (Volt)} \dots\dots\dots (2.13)$$

Sehingga perbandingan antara rangkaian primer dan sekunder adalah :

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

e_1 = ggl induksi di sisi primer (Volt)

e_2 = ggl induksi di sisi sekunder (Volt)

N_1 = jumlah belitan sisi primer

N_2 = jumlah belitan sisi sekunder

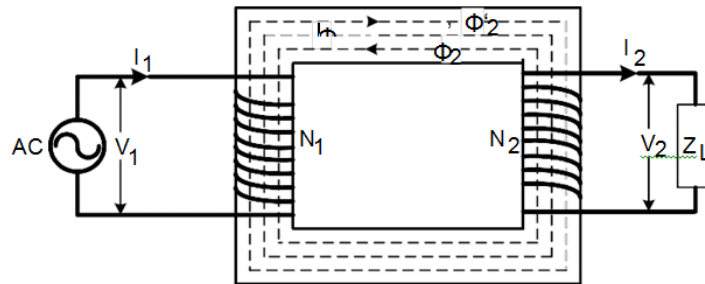
a = faktor transformasi⁴

⁴ <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20976/3/Chapter%20II.pdf>, Selasa, jam 22.00, tanggal 17 Maret 2015.

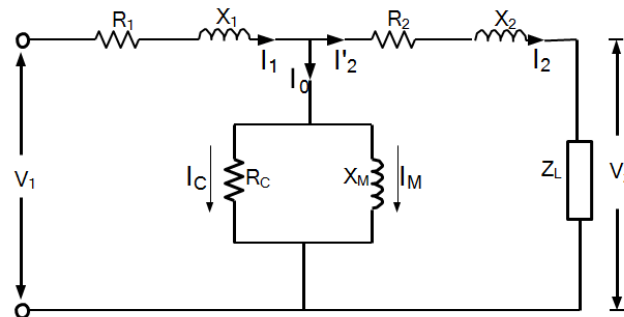


2.2.2 Keadaan Transformator Berbeban

Apabila kumparan sekunder dihubungkan dengan beban Z_L , I_2 mengalir pada kumparan sekunder, dimana $I_2 = \frac{V_2}{Z_L}$ dengan Φ_2 = faktor kerja beban.



Gambar 2.6 Transformator dalam keadaan berbeban



Gambar 2.7 Rangkaian ekivalen transformator dalam keadaan berbeban

Arus beban I_2 ini akan menimbulkan gaya gerak magnet (ggm) $N_2 I_2$ yang cenderung menentang fluks (Φ) bersama yang telah ada akibat arus pemagnetan. Agar fluks bersama itu tidak berubah nilainya, pada kumparan primer harus mengalir arus I_2' , yang menentang fluks yang dibangkitkan oleh arus beban I_2 , hingga keseluruhan arus yang mengalir pada kumparan primer menjadi:

$$I_1 = I_0 + I_2' \text{ (Ampere) } \dots\dots\dots (2.15)$$

Bila komponen arus rugi inti (I_c) diabaikan, maka $I_0 = I_M$, sehingga :

$$I_1 = I_M + I_2' \text{ (Ampere) } \dots\dots\dots (2.16)$$



Dimana:

I_1 = Arus pada sisi primer (*Ampere*)

I'_2 = Arus yg menghasilkan Φ'_2 (*Ampere*)

I_0 = Arus penguat (*Ampere*)

I_M = Arus pemagnetan (*Ampere*)

I_c = Arus rugi-rugi inti (*Ampere*)

Untuk menjaga agar fluks tetap tidak berubah sebesar ggm yang dihasilkan oleh arus pemagnetan I_M , maka berlaku hubungan :

$$N_1 I_M = N_1 I_1 - N_2 I_2 \dots\dots\dots (2.17)$$

$$N_1 I_M = N_1 (I_M + I'_2) - N_2 I_2 \dots\dots\dots (2.18)$$

$$N_1 I'_2 = N_2 I_2 \dots\dots\dots (2.19)$$

Karena I_M dianggap kecil, maka $I'_2 = I_1$, Sehingga :

$$N_1 I_1 = N_2 I_2 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\frac{N_2}{N_1} + \frac{I_1}{I_2} = \dots\dots\dots (2.21)^5$$

2.3 Menentukan Parameter Transformator

Rumus-Rumus Dasar Elektrikal (Daya)

Daya Listrik dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut :

1. Daya Nyata (P)
2. Daya Semu (S)
3. Daya Reaktif (Q)

Berikut penjelasan singkat dan rumus-rumus daya listrik :

⁵ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama, Cetakan kelima, 1988, Hal 46 - 47.



2.3.1 Daya Nyata (P)

Daya nyata merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya.

$$\text{Line to netral / 1 fasa } P_{\phi} = V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\text{Line to line/ 3 fasa } P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \dots\dots\dots (2.23)$$

Ket :

P = Daya Nyata (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Amper)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

2.3.2 Daya Semu (S)

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

$$\text{Line to netral/ 1 fasa } S_{\phi} = V \times I \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\text{Line to line/ 3 fasa } S_{3\phi} = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots (2.25)$$

Ket :

S = Daya semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir pada penghantar (Ampere)

2.3.3 Daya Reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.



Line to netral/ 1 fasa

$$Q_{\emptyset} = V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots (2.26)$$

Line to line/ 3 fasa

$$Q_{3\emptyset} = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \emptyset \dots\dots\dots (2.27)$$

Ket :

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

$\sin \emptyset$ = Faktor Daya⁶

Parameter transformator yang terdapat pada model rangkaian (rangkaian ekivalen) R_c , X_m , R_{ek} , dan X_{ek} , dapat ditentukan besarnya dengan dua macam pengukuran (test) yaitu pengukuran beban nol dan pengukuran hubungan singkat.

2.3.4 Pengukuran Beban Nol

Dalam keadaan tanpa beban bila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan V_1 ,seperti telah diterangkan terdahulu maka hanya I_0 yang mengalir .

Dari pengukuran daya yang masuk (P_1), arus I_0 dan tegangan V_1 akan diperoleh harga

$$R_c = V_1^2 / P_1 \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Z_0 = V_1/I_0 = jX_m R_c / R_c + jX_m \dots\dots\dots (2.29)$$

Dengan demikian ,dari pengukuran beban nol dapat diketahui harga R_c , dan X_M

2.3.5 Pengukuran Hubungan Singkat

Hubungan singkat berarti impedansi beban Z_L diperkecil menjadi nol, sehingga hanya impedansi $Z_{ek} = R_{ek} + jX_{ek}$ yang membatasi arus. Karena harga R_{ek} dan X_{ek} ini relatif kecil, harus dijaga agar tegangan yang masuk (V_{hs}) cukup kecil sehingga arus yang dihasilkan tidak melebihi arus nominal, sehingga pada pengukuran ini dapat diabaikan.

⁶ <http://ghojer.blogspot.com/2013/09/pengertian-dan-rumus-rumus-daya-listrik.html> Selasa, jam 22.00,tanggal 17 Maret 2015.



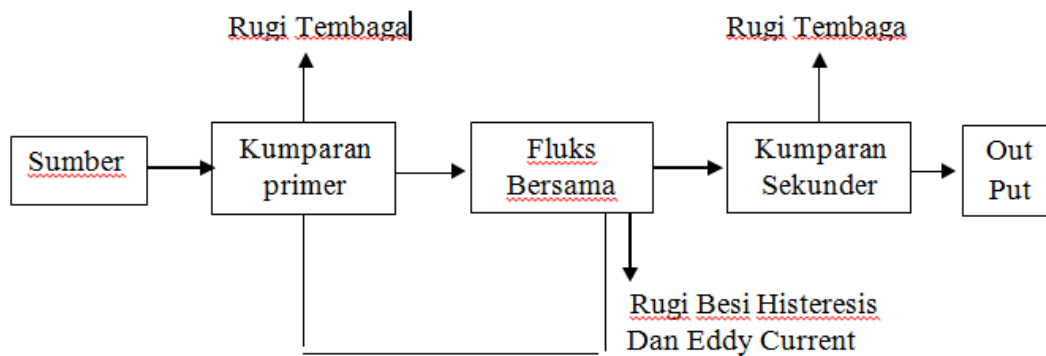
Dengan mengukur tegangan V_{hs} , arus I_{hs} , dan daya P_{hs} akan dapat dihitung parameter:

$$R_{ek} = \frac{P_{hs}}{(I_{hs})^2} \dots\dots\dots (2.30)$$

$$Z_{ek} = \frac{V_{hs}}{(I_{hs})^2} = R_{ek} + jX_{ek} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$(X_{ek})^2 = (Z_{ek})^2 - (R_{ek})^2 \dots\dots\dots (2.32)^7$$

2.4 Rugi-Rugi dan Efisiensi pada Transformator



Gambar 2.8 Blok Diagram Rugi – Rugi Pada Transformator

2.4.1 Rugi Tembaga (P_{cu})

Rugi yang disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga yang terjadi pada kumparan sekunder dapat ditulis sebagai berikut :

$$P_{cu} = I^2 R \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2.33)$$

Formula ini merupakan perhitungan untuk pendekatan. Karena arus beban berubah– ubah, rugi tembaga juga tidak konstan bergantung pada beban. Dan perlu diperhatikan pula resistansi disini merupakan resistansi AC.

⁷ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama, Cetakan kelima, 1988, Hal 49-50.



2.4.2 Rugi Besi (P_i)

Rugi besi terdiri atas :

- a) Rugi histerisis (P_h), yaitu rugi yang disebabkan fluks bolak – balik pada inti besi yang dinyatakan sebagai :

$$P_h = K_h f B_{\max} \quad (\text{watt}) \dots\dots\dots (2.34)$$

K_h = konstanta

$B_{\max}$ = Fluks maksimum (weber)

- b) Rugi arus eddy (P_e) , yaitu rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi.

Dirumuskan sebagai :

$$P_e = K_e f^2 B_{\max}^2 \quad (\text{Watt}) \dots\dots\dots (2.35)$$

K_e = konstanta

$B_{\max}$ = Fluks maksimum (weber)

Jadi, rugi besi (rugi inti) adalah :

$$P_i = P_h + P_e \quad (\text{Watt}) \dots\dots\dots (2.36)$$

2.4.3 Efisiensi (η)

Efisiensi dinyatakan sebagai :

$$\eta = \frac{\text{Daya Keluar}}{\text{Daya Masuk}} = \frac{\text{Daya Keluar}}{\text{Daya Masuk} + \sum \text{rugi}} = 1 - \frac{\sum \text{rugi}}{\text{Daya Masuk}} \quad (2.37)$$

$$\text{dimana } \sum \text{rugi} = P_{cu} + P_i \dots\dots\dots (2.38)$$

1. Perubahan Efisiensi terhadap Beban

Perubahan efisiensi terhadap beban dinyatakan sebagai :

$$\eta = \frac{V_2 \cos \emptyset}{(V_2 \cos \emptyset + I_2 R_{2ek} + (P_i / I_2))} \dots\dots\dots (2.39)$$

Agar η maksimum , maka :



$$d / dI_2 (I_2 R_{2ek} + (P_i / I_2)) = 0 \dots\dots\dots (2.40)$$

jadi ,

$$R_{2ek} = \frac{P_i}{I_2^2} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$P_i = I_2^2 R_{2ek} = P_{cu} \dots\dots\dots (2.36)$$

Artinya : Untuk beban tertentu, efisiensi maksimum terjadi ketika rugi tembaga = rugi inti.

2. Perubahan efisiensi terhadap Faktor Kerja (Cos Ø) Beban

Perubahan efisiensi terhadap factor kerja (Cos Ø) beban dapat dinyatakan sebagai:

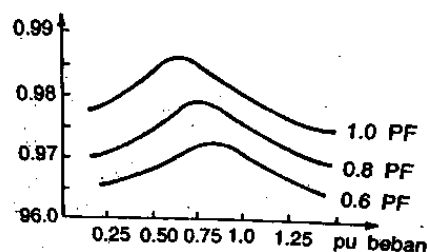
$$\eta = 1 - \frac{\sum \text{rugi}}{V_2 I_2 \cos \emptyset + \sum \text{rugi}} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\eta = 1 - \frac{\sum \text{rugi} / V_2 I_2}{\cos \emptyset + \sum \text{rugi} / V_2 I_2} \dots\dots\dots (2.42)$$

bila $\sum \text{rugi} / V_1 I_2 = X = \text{konstan}$, maka

$$\eta = 1 - \frac{X}{\cos \emptyset + X} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$\eta = 1 - \frac{X / \cos \emptyset}{1 + X / \cos \emptyset} \dots\dots\dots (2.44)$$



Gambar 2.9 Hubungan antara efisiensi dengan beban pada cos yang berbeda beda.⁸

⁸ Zuhail, *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, Jakarta, Gramedia Pustaka Utama, Cetakan kelima, 1988, Hal 54-55.



2.5 Definisi ETAP (Electric Transient and Analysis Program)

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. ETAP ini awalnya dibuat dan dikembangkan untuk meningkatkan kualitas keamananan fasilitas nuklir di Amerika Serikat yang selanjutnya dikembangkan menjadi sistem monitor manajemen energi secara real time, simulasi, kontrol, dan optimasi sistem tenaga listrik, (Awaluddin, 2007). ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (one line diagram) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubungan singkat, starting motor, transient stability, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Proyek sistem tenaga listrik memiliki masing-masing elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis dan atau jalur sistem pentanahan. Untuk kemudahan hasil perhitungan analisis dapat ditampilkan pada diagram satu garis.

Etap Power Station memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama :

2.5.1 Virtual Reality Operasi

Sistem operational yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika Anda membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi de-energized pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

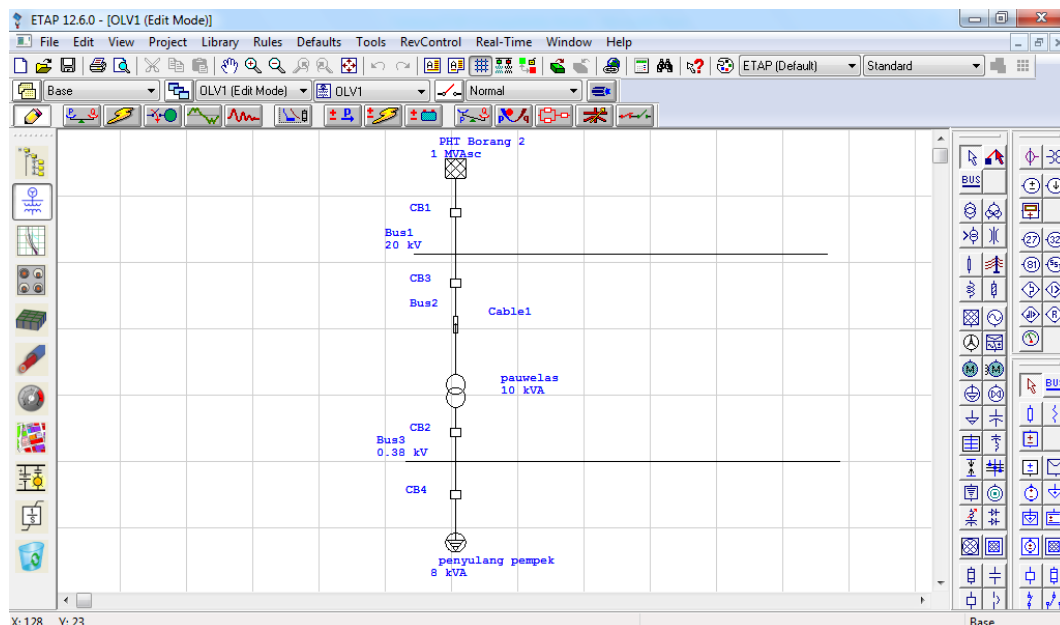


2.5.2 Total Integration Data

ETAP Power Station menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen subuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisik nya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang di lewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian, data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (load flow analysis) dan analisa hubung singkat (short-circuit analysis) -yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi- serta perhitungan ampacity derating suatu kabel -yang memerlukan data fisik routing.

2.5.3 Simplicity in Data Entry

ETAP Power Station memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah di masukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain.



Gambar 2.10 Gambar kerja editor pada ETAP 12.6



ETAP PowerStation dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni Load Flow (aliran daya), Short Circuit (hubung singkat), motor starting, harmonisa, transient stability, protective device coordination, dan cable derating.

ETAP PowerStation juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP PowerStation adalah :

1. One Line Diagram, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
2. Library, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
3. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
4. Study Case, berisikan parameter – parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

2.6 Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik pada ETAP

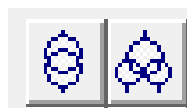
Komponen elemen ac pada software power station ETAP dalam bentuk diagram satu garis ditunjukkan pada Gambar, kecuali elemen-elemen IDs, penghubung bus dan status. Semua data elemen ac dimasukkan dalam editor yang telah dipertimbangkan oleh para ahli teknik. Daftar seluruh elemen ac pada software power station ETAP ada pada AC toolbar.



Gambar 2.11 Elemen elemen yang ada di ETAP 12.6

1. Transformator

Transformator 2 kawat sistem distribusi dimasukkan dalam editor power station software transformator 2 kawat pada power station software ETAP ditunjukkan Gambar Simbol transformator 2 kawat.



Gambar 2.12 Simbol transformator di ETAP

2. Generator

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang



ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada power station software ETAP ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 2.13 Simbol generator di ETAP

3. Load

Beban listrik sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station ETAP berupa rated kV dan MVA yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor load. Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis. Simbol generator sinkron pada power station software ETAP ditunjukkan pada Gambar.



Gambar 2.14. Simbol beban statis dan dinamis di ETAP

4. Pemutus Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek.



Gambar 2.15 Simbol pemutus rangkaian di ETAP



5. Bus

Bus AC atau node sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor power station software ETAP. Editor bus sangat membantu untuk pemodelan berbagai tipe bus dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor dan beban statik adalah elemen yang dapat dihubungkan dengan beberapa bus yang diinginkan.



Gambar 2.16 Simbol bus di ETAP

2.7 Elemen-elemen di ETAP

Suatu sistem tenaga terdiri atas sub-sub bagian, salah satunya adalah aliran daya dan hubung singkat. Untuk membuat simulasi aliran daya dan hubung singkat, maka data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan program simulasi antara lain:

1. Data Generator
2. Data Transformator
3. Data Kawat Penghantar
4. Data Beban
5. Data Bus

Program analisis aliran daya pada software ETAP dapat menghitung tegangan pada tiap-tiap cabang, aliran arus pada sistem tenaga listrik, dan aliran daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik. Metode perhitungan aliran daya dapat dipilih untuk efisiensi perhitungan yang lebih baik. Metode perhitungan aliran daya pada software ETAP ada tiga, yaitu: Newton Raphson, Fast-Decouple



dan Gauss Seidel seperti yang telah diuraikan sebelumnya.⁹

1. Generator

Generator adalah yang diambil oleh system sebagai sumber tegangan yang tersedia sebagai back up jika ada gangguan dari PLN dengan inputan data sebagai berikut :

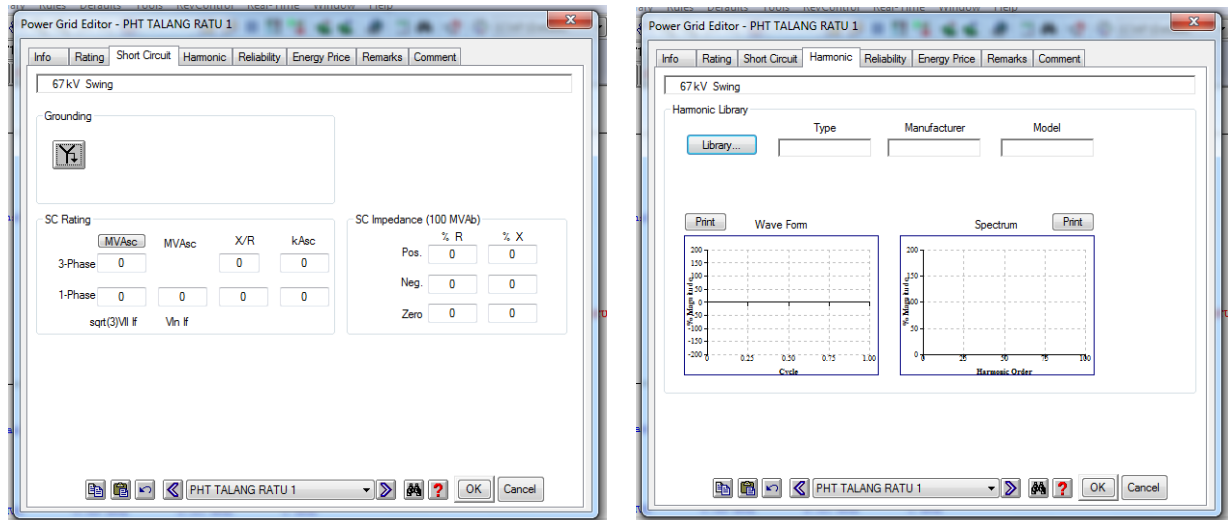
- a. Kapasitas daya dalam MVA
- b. Nominal kV
- c. % Power Factor
- d. Nilai X_d , X_o dan X/R
- e. Nilai X_2 untuk studi harmonisa
- f. Hubungan grounding pada generator

The left screenshot shows the 'Info' tab of the 'Power Grid Editor - PHT TALANG RATU 1' window. It contains fields for 'ID' (PHT TALANG RATU 1), 'Bus' (Busbar1), 'Connection' (3 Phase), 'Equipment' (Tag #, Name, Description), and 'Configuration' (Mode: Swing, Voltage Control, Mvar Control, PF Control).

The right screenshot shows the 'Rating' tab of the same window. It displays a table of generator data with columns: Gen. Cat., %V, Vangle, MW, Mvar, %PF, Qmax, Qmin. The table lists 10 categories, including Design, Normal, Shutdown, Emergency, Standby, Startup, Accident, Summer Load, Winter Load, and Gen Cat 10. Below the table, the 'Operating' section shows values for %V (100), Vangle (0), MW (4.03), and Mvar (1.233).

Gambar 2.17 Data yang diperlukan untuk Generator pada ETAP 12.6

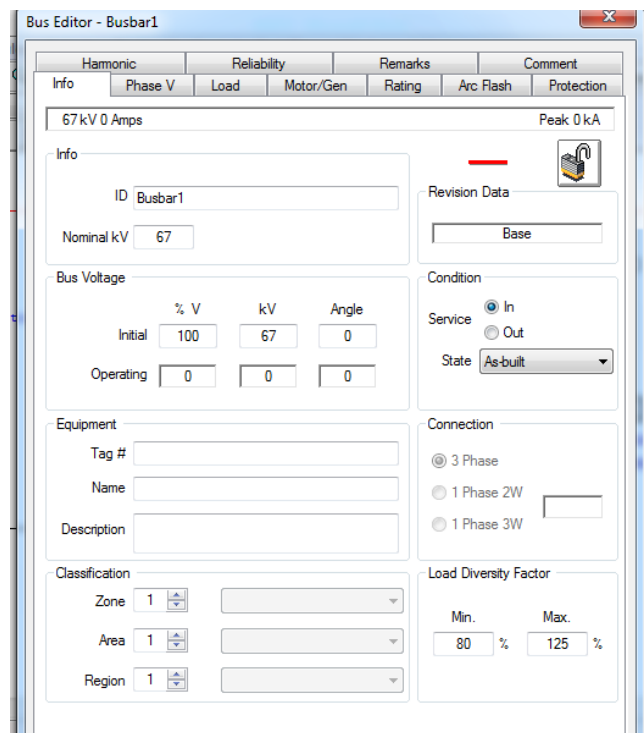
⁹ <http://energi08pnup.blogspot.com/2012/08/tentang-etap-electric-transient-and.html> , Rabu jam 09.00 , tanggal 18 Maret 2015



Gambar 2.17 Data yang diperlukan untuk Generator pada ETAP 12.6

2. Bus

- a. ID Bus berupa nomor atau nama bus dari system
- b. Nominal kV adalah tegangan nominal pada bus



Gambar 2.18 Data Busbar pada ETAP 12.6



3. Transformator

Data yang diperlukan untuk sebagai berikut :

- ID yaitu identitas transformator
- Rating kVA/MVA , max KVA/MVA
- Rating kV primer serta kV sekunder
- % Z dan X/R
- Hubungan belitan

The figure displays four screenshots of the ETAP 12.6 software interface, specifically the '2-Winding Transformer Editor - Transformator PAUWELS' window. The screenshots show different tabs for entering transformer data:

- Info Tab:** Shows basic information including ID (Transformator PAUWELS), Primary Voltage (67 kV), Secondary Voltage (20 kV), Standard (ANSI), Condition (In), Service (In), State (As-built), Connection (3-Phase Shell), and Equipment details (Tag #, Name, Description).
- Rating Tab:** Shows Voltage Rating (67 kV Prim, 20 kV Sec), Power Rating (30 MVA Rated, 21.514 MVA Derated), and Installation details (Altitude 1000 m, Ambient Temp 52 °C).
- Impedance Tab:** Shows Impedance data for Positive and Zero sequence, including %Z, X/R, R/X, %X, and %R. It also includes Z Variation and Z Tolerance settings.
- Grounding Tab:** Shows Grounding settings for Primary and Secondary windings, including Grounding type (Solid) and Grounding element (Y).

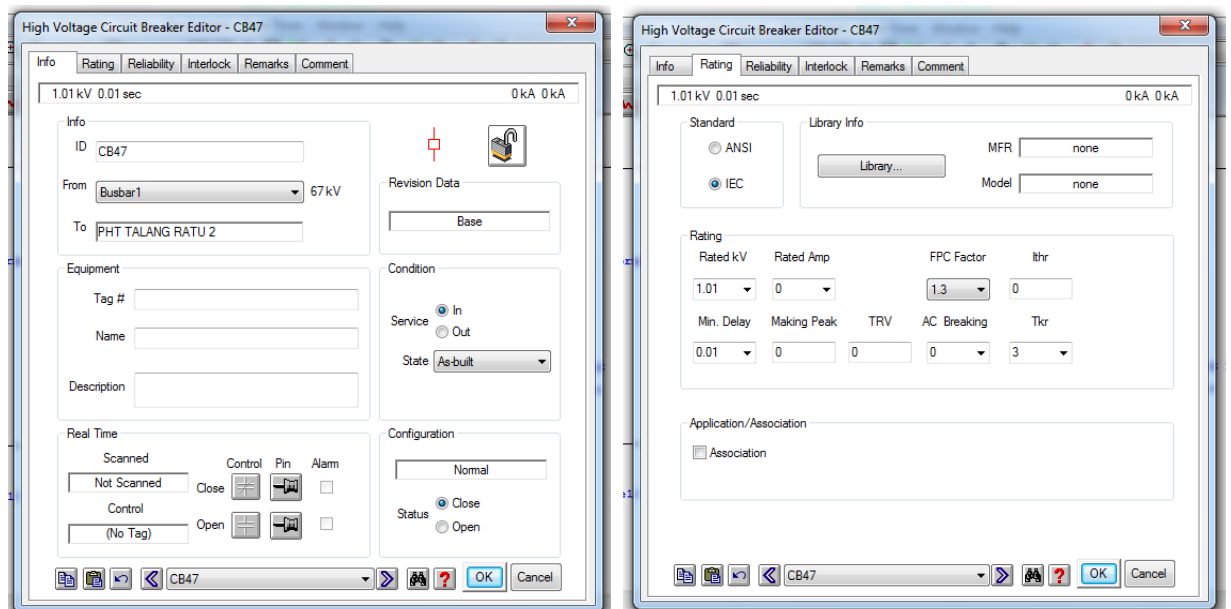
Gambar 2.19 Data Transformator yang diperlukan pada ETAP 12.6



4. Circuit Breaker

Data yang diperlukan meliputi :

- ID yaitu identitas circuit breaker
- Standard yang digunakan ANSI atau IEC
- Nilai dari CB dari Library
- Rating kVA/MVA , max kVA/MVA sesuai Library atau diberi nilai sendiri.

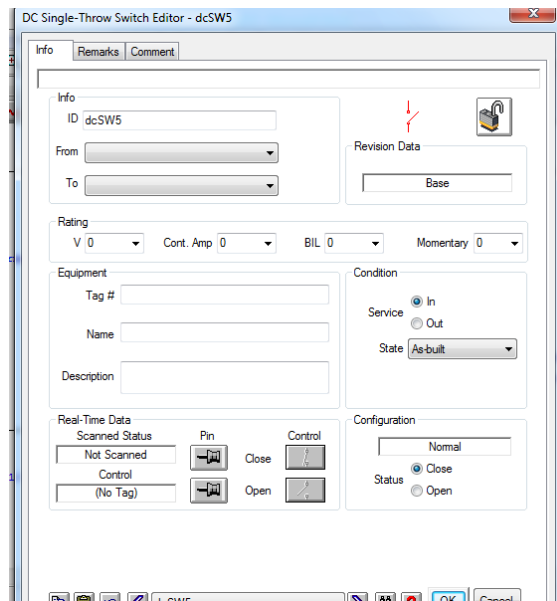


Gambar 2.20 Data circuit breaker pada ETAP 12.6

5. Disconnect Switch

Data yang diperlukan meliputi :

- ID yaitu identitas disconnect switch

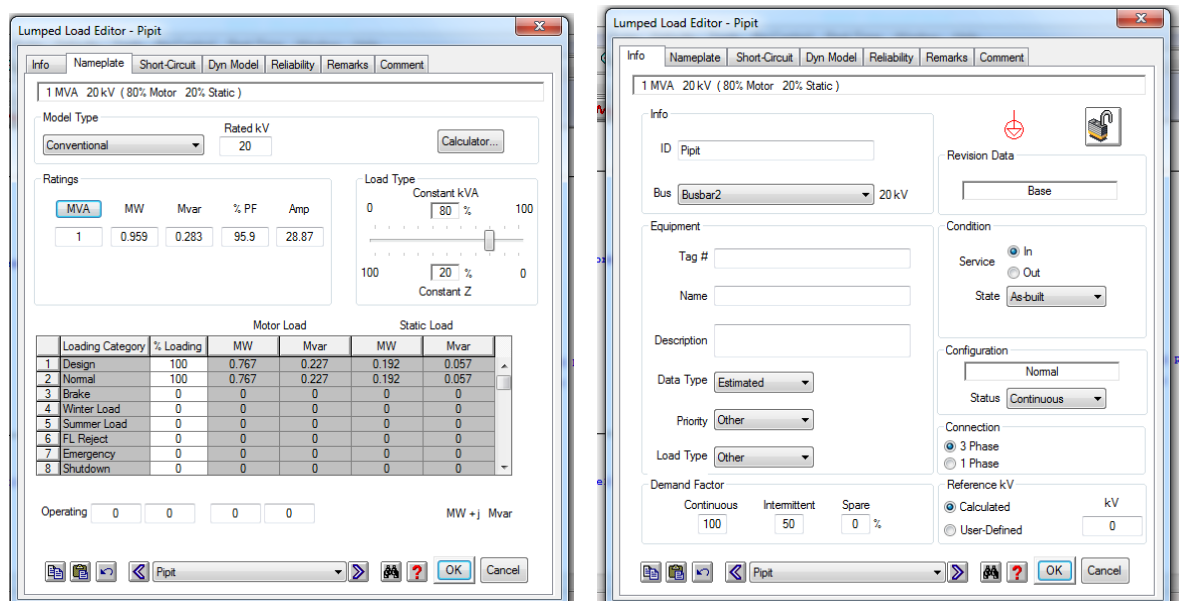


Gambar 2.21 Data Disconnect switch pada ETAP 12.6

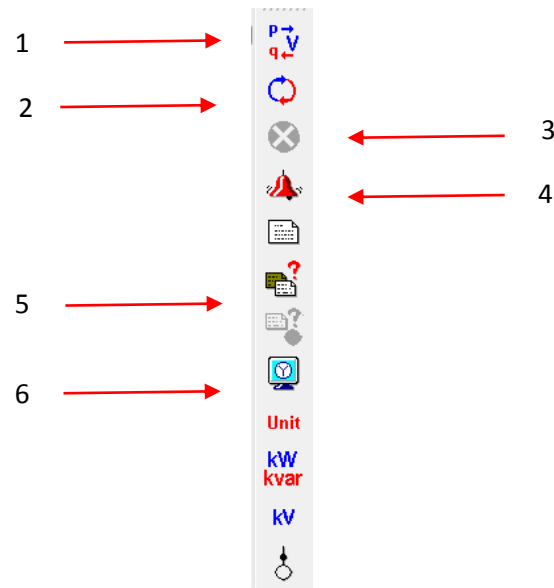
6. Lumped Load

Adalah motor atau beban yang berlumped ,data yang diperlukan meliputi :

- ID yaitu identitas lumped load
- Rating kVA dan kV
- Power Factor
- % loading yaitu persen pembebanan pada motor



Gambar 2.22 Data Lumped Load pada ETAP 12.6



Gambar 2.23 Toolbar load flow di ETAP 12.6

Gambar dari atas ke bawah menunjukkan tool dan toolbar aliran daya, yaitu:

1. Run Load Flow adalah untuk menjalankan (running) program setelah SLD dan data seluruh peralatan telah dimasukkan.
2. Update Cable Load Current adalah icon toolbar untuk merubah kapasitas arus pada kabel sebelum load flow di running.
3. Halt Current Calculation adalah untuk menghentikan proses running load flow.
4. Alert adalah icon untuk menampilkan batas kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya sistem distribusi tenaga listrik.
5. Report Manager adalah icon untuk menampilkan hasil aliran daya dalam bentuk report yang dapat dicetak.
6. Load Flow Display Option adalah bagian tombol untuk menampilkan hasil aliran daya.