

# PENGARUH OPTIMASI TRANSFORMATOR DAYA TERHADAP PERKEMBANGAN BEBAN FEEDER UNTUK MEMINIMALISASI GANGGUAN DAN DEFISIT BEBAN LISTRIK DI WILAYAH SORONG-PROVINSI PAPUA BARAT

**M. Dwiyanto, ST.,MT**

Jurusan Teknik Elektro

Program Studi Diploma IV Teknik Elektro

Politeknik Katolik Saint Paul Sorong

Email: [dwiyanto@poltekstpaul.ac.id](mailto:dwiyanto@poltekstpaul.ac.id)

## Abstrak

*Efisiensi suatu transformator antara lain ditentukan oleh besarnya beban yang meningkat baik dari bulan ke bulan maupun dari tahun ke tahun. Beban tersebut memberikan masukan kepada gardu induk sehubungan dengan kapasitasnya, sehingga akan dapat ditentukan apakah gardu induk tersebut masih mampu menanggung beban yang meningkat tersebut. Oleh karena itu diperlukan suatu penelitian mengenai optimalisasi efisiensi transformator yang ada di gardu induk Sorong, sehingga hasil dari penelitian ini dapat menentukan efisiensi transformator yang optimal sesuai dengan perkembangan beban yang akan datang. Dengan cara mengestimasi beban yang akan datang yang berupa arus (Ampere) di sisi sekunder, maka arus (Ampere) di sisi primer dapat diketahui, sehingga daya masukan (Watt) di sisi primer dan daya keluaran (Watt) di sisi sekunder dapat ditentukan. Jadi rugi-rugi transformator dapat diketahui. Dengan diketahui daya masukan, daya keluaran, rugi-rugi transformator, maka efisiensi transformator dapat ditentukan. Dari hasil estimasi beban diperoleh juga beberapa efisiensi, sehingga dapat ditentukan kapan optimal efisiensi tersebut akan terjadi terhadap perkembangan beban yang akan datang.*

**Kata kunci :** *Transformator, Efisiensi Transformator, dan Estimasi beban*

## 1. Pendahuluan

Pembangunan yang pesat di segala bidang dewasa ini khususnya kebutuhan akan tenaga listrik baik untuk industri, perumahan maupun untuk komersial merupakan salah satu kebutuhan yang utama. Kota Sorong dengan masyarakat yang terus berkembang menyebabkan beban yang harus dipenuhi P.T. PLN (Persero) Cabang Sorong meningkat pula. Antisipasi yang dilakukan dengan menambah jaringan distribusi dengan tetap menjaga kualitas dan kuantitas pelayanan kepada konsumen dalam arti aman, handal dan seekonomis mungkin. Kebutuhan energi listrik pada Kota dan Kabupaten Sorong semakin lama semakin berkembang seiring dengan perkembangan penduduk dan industri. Ini dapat dilihat dari tingkat pertumbuhan dari berbagai macam jenis kebutuhan untuk konsumen antara lain yaitu untuk konsumen rumah tangga, industri, komersial (pusat perbelanjaan, pusat hiburan, layanan jasa) institusi pendidikan dan perkantoran. Perkembangan kebutuhan energi listrik yang cukup meningkat ini seharusnya dibarengi dengan kemampuan sistem tenaga listrik yang

ada. Namun yang terjadi di Kota dan Kabupaten Sorong adalah masih jauh dari harapan, dimana hampir setiap hari dilakukan pemadaman bergilir agar sistem tenaga listrik yang ada dapat mengcover beban listrik pelanggan. Untuk itu diperlukan suatu penjaminan baik sisi kualitas maupun kuantitas pada sistem tenaga listrik yang terpasang. Sistem tenaga listrik meliputi antara lain suplai sumber energi listrik, sistem transmisi serta distribusi. Transformator daya yang ada di Gardu Induk Sorong merupakan salah satu komponen dalam sistem transmisi yang perlu ditingkatkan kinerjanya mengingat peranan pentingnya dalam hal penyaluran energi listrik ke konsumen. Salah satu peningkatan kinerja yang perlu dilakukan adalah peningkatan efisiensi transformator yang ditanggung pada beban feeder. Nilai efisiensi suatu transformator pada umumnya ditentukan oleh faktor besarnya beban, Dengan demikian peningkatan beban dari tahun ke tahun turut mempengaruhi efisiensi ini. Perubahan beban puncak maupun rata – rata yang terjadi tidak diikuti dengan perkembangan Gardu Induk akan menimbulkan ketidakseimbangan. Oleh karena itu perubahan beban harus

senantiasa dipantau untuk mengetahui apakah trafo – trafo pada gardu Induk masih cukup mampu menanggung beban yang ada. Berdasarkan alasan diatas, maka penelitian ini dilakukan guna menganalisa seberapa besar tingkat optimal penggunaan trafo terhadap beban yang ada di Gardu Induk, dengan harapan dari analisa ini dapat ditentukan penjaminan kualitas dan kuantitas untuk antisipasi perkembangan beban-beban pada masa yang akan datang. Transformator daya sebagai salah satu komponen penting dalam hal transmisi tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik ke konsumen memiliki faktor yang mempengaruhinya yaitu :

1. Beban listrik baik beban puncak maupun rata-rata yang ditanggung Gardu Induk khususnya Transformator setiap tahunnya meningkat.
2. Terjadi ketidakseimbangan antara kemampuan efisiensi transformator dengan beban listrik yang ada.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan dasar peramalan beban feeder pada masa yang akan datang berdasarkan data yang ada di gardu induk Sorong dan dari kecenderungan beban serta kapasitas trafo yang ada akan dapat direncanakan kapasitas serta efisiensi transformator di Gardu Induk Sorong secara optimal

## 2. Metode Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari data primer dan sekunder, baik data kualitatif maupun data kuantitatif. Data primer diperoleh dari hasil pengambilan data langsung pada sistem yang telah dibuat baik di perusahaan maupun dilapangan saat penerapan sistem tersebut. Analisa para pakar berdasarkan pengalaman dibidang teknologi. Pakar dipilih dari kalangan akademisi/dosen rekan sejawat dan teknisi di gardu induk yang telah ditunjuk. Data pustaka diperoleh dari studi pustaka di Politeknik Katolik Saint Paul Sorong dan berbagai referensi dari internet. Sebelum melakukan pengambilan data peneliti memilih transformator dengan transformator yang diamati adalah yang penggunaan untuk beban puncaknya mendekati kapasitas dayanya, dan peneliti memilih transformator II kapasitas 20 MVA dengan tingkat pembebanan yang paling tinggi diantara kedua transformator lainnya yaitu sebesar

87,002%. Adapun berikut langkah – langkah penelitian yang peneliti lakukan adalah:

### 1. Pengambilan data

Data – data yang diambil adalah :

- a. Arus beban puncak sisi sekunder (Is).
- b. Daya aktif beban (MW).
- c. Daya reaktif beban (MVAR).
- d. Arus setting beban total outgoing transformator II yang masuk ke feeder.
- e. Tegangan aktual primer dan sekunder transformator II pada pukul 10.00 dan 19.00 dengan nilai rata – rata sebesar :
  - a. Tegangan aktual primer (Vp) pukul 10.00 dan 19.00 = 150 KV.
  - b. Tegangan aktual sekunder (Vs) pukul 10.00 = 20,1 KV dan pada pukul 19.00 = 20,45 KV.
- f. Data harga nominal transformator II yang ada meliputi :
  1. Tegangan sisi primer.
  2. Tegangan sisi sekunder.
  3. Arus nominal sisi primer.
  4. Arus nominal sisi sekunder.
  5. Impedansi.

### 2. Optimasi Data

#### a. Estimasi atau peramalan

Estimasi ini dilakukan menggunakan dasar metode statistika yaitu analisa regresi linear atas dasar data arus beban puncak pada sisi sekunder transformator selama dua tahun terakhir dengan bantuan software SPSS 13.0 dan Ms. Office Excel. Adapun langkah – langkah estimasi data :

1. Mengestimasi data arus beban puncak pada sisi sekunder transformator untuk lima tahun ke depan dengan parameter berikut yaitu:
  - a. Transformator yang telah ditentukan (Transformator II).
  - b. Siang hari.
  - c. Malam hari.
2. Mengestimasi data monitoring beban puncak, faktor daya, daya reaktif per trafo G.I. dan feeder sebagai referensi untuk analisa optimalisasi efisiensi transformator daya terpasang.

#### b. Perhitungan

1. Analisa perhitungan dilakukan dari data spesifikasi transformator II untuk memperoleh :
  - a. Impedansi sisi tegangan tinggi.
  - b. Impedansi sisi tegangan rendah.

- c. Tegangan induksi (Emf) pada sisi sekunder.
  - d. Nilai transformasi trafo terpasang (K).
2. Perhitungan dengan nilai transformasi untuk optimasi transformator II yang ada diperoleh :
    - a. Arus sisi primer ( $I_p = K \cdot I_s$ ) dimana  $I_s$  didapat dari hasil estimasi parameter – parameter berikut yaitu Transformator II, siang hari, dan malam hari.
    - b. Nilai daya input di sisi primer.
    - c. Nilai daya output di sisi sekunder.
    - d. Nilai rugi – rugi total.
    - e. Nilai efisiensi.
  3. Menghitung nilai efisiensi transformator II pada keadaan nominal.

**c. Analisa**

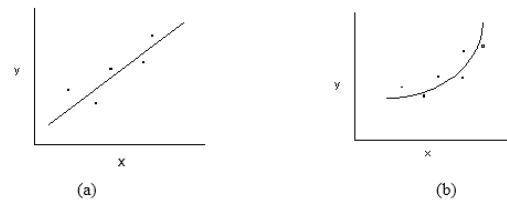
1. Menganalisa hasil nilai efisiensi transformator II pada keadaan nominal dan hasil estimasi dalam rangka optimalisasi transformator gardu induk untuk perkembangan beban feeder mendatang.
2. Menentukan kapan saat efisiensi transformator II mencapai nilai paling optimal berdasarkan hasil perhitungan diatas.
3. Dengan diketahui kapan terjadinya nilai paling optimal dapat ditentukan aliran daya pada keadaan optimal.

**3. Analisa Hasil**

**A. Peramalan Beban Puncak**

Dari data beban puncak pada pukul 10.00 (siang) dan 19.00 (malam) yang berupa arus dengan satuan ampere dengan menggunakan dasar metode statistika yaitu analisa regresi linear atas dasar data arus beban puncak pada sisi sekunder transformator selama dua tahun terakhir dengan bantuan software SPSS 13.0 dan Ms. Office Excel tersebut diolah untuk memperoleh peramalan beban puncak yang akan datang. Persamaan matematik untuk menentukan perkiraan beban didapat dengan mengolah data masa lampau yaitu data per hari selama dua tahun terakhir yang menunjukkan hubungan antara dua variabel, variabel ini adalah  $x_1$  dan  $y_1$ ,  $x_2$  dan  $y_2, \dots, x_n$  dan  $y_n$ . Dalam hal ini variabel  $x$  adalah arus sisi sekunder siang maupun malam hari dengan satuan ampere ( $I_s$ ), dan faktor-faktor lainnya sebagai referensi untuk optimasi

transformator antara lain yaitu daya aktif siang maupun malam hari dengan satuan MW (P aktif) dan daya reaktif siang maupun malam hari dengan satuan MVAR (P reaktif) sedangkan variabel  $y$  adalah variabel waktu berupa hari ke  $n$ . Titik-titik penyebaran  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  digambarkan pada sebuah salib sumbu. Dari titik-titik penyebaran ini dibuat suatu kurva pendekatan seperti pada gambar 24 di bawah



Gambar 1. Titik-titik penyebaran dan kurva pendekatan untuk (a) Linier dan (b) Eksponensial.

Dengan digambarkannya kurva pendekatan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan persamaan grafik atau kurva tersebut. Persamaan kurva regresi yang sering dipergunakan dalam perkiraan beban sistem tenaga listrik untuk evaluasi kapasitas adalah:

1.  $y = a + bx$  (linier).
2.  $y = aebx$  (eksponensial).

Bila kurva pendekatan sudah diketahui, maka dapat dicari konstanta-konstanta persamaan. Garis regresi  $y = a + bx$  dipergunakan untuk memperkirakan harga  $y$  bila harga  $x$  sudah diketahui. Nilai  $x$  adalah nilai yang sudah terjadi, yaitu variabel hari, hubungan antara  $x$  dan  $y$  yang sebenarnya adalah :

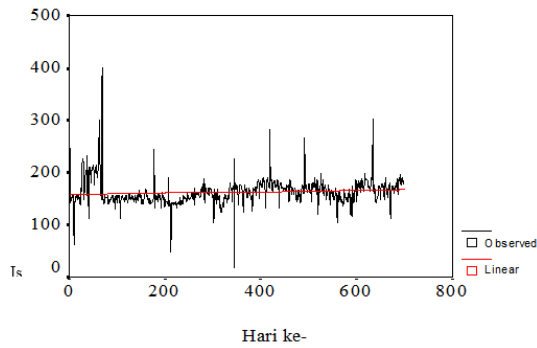
$$y = A + Bx + E$$

dengan:  $A$  adalah suatu konstanta yang merupakan  $Y$  bila  $X = 0$  dan  $E = 0$ .  $B$  adalah koefisien regresi sebenarnya yang sering disebut koefisien arah. Jika  $x$  naik satu unit, maka  $y$  naik  $B$  kali.  $E$  adalah kesalahan pengganggu (disturbance error) yang sering juga dilambangkan.  $A$  dan  $B$  disebut parameter yang tidak pernah diketahui nilai sebenarnya, tetapi dapat diperkirakan.

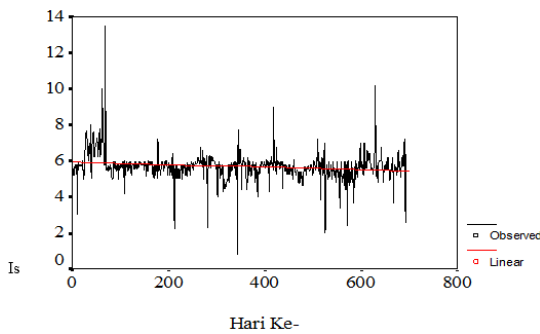
Dari perhitungan menggunakan SPSS dan Excel didapatkan gambar grafik-grafik linieritas dari data dua tahun terakhir beserta persamaan garis regresi, hasilnya adalah :

1. Garis regresi linear arus sekunder siang dan waktu ;  $y = 158,008 + 0,00143x$ .
2. Garis regresi linear daya aktif siang dan waktu ;  $y = 5,9272 - 0,0007x$ .

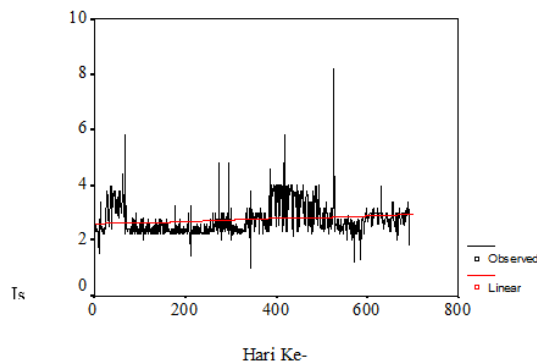
3. Garis regresi linear daya reaktif siang dan waktu ;  $y = 2,5896 + 0,0005x$ .
4. Garis regresi linear arus sekunder malam dan waktu ;  $y = 391,1925 - 0,0576x$ .
5. Garis regresi linear daya aktif malam dan waktu ;  $y = 12,0497 - 0,0008x$ .
6. Garis regresi linear daya reaktif malam dan waktu ;  $y = 5,5085 + 0,0002x$ .



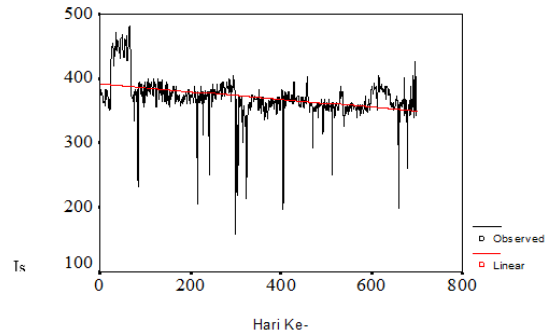
Gambar 2. Grafik Linieritas Arus Sekunder Siang dan Waktu.



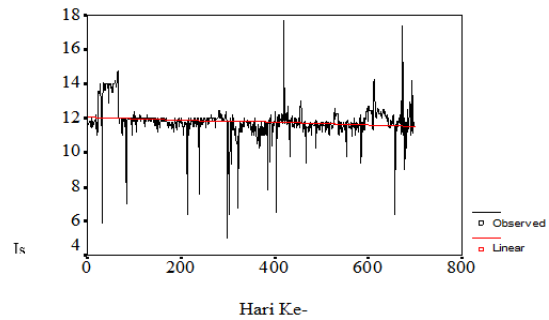
Gambar 3. Grafik Linieritas Daya Aktif Siang dan Waktu



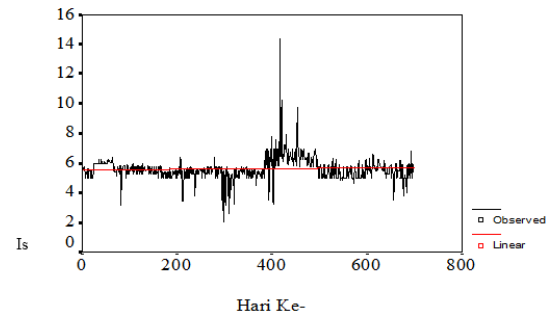
Gambar 4. Grafik Linieritas Daya Reaktif Siang dan Waktu.



Gambar 5. Grafik Linieritas Arus Sekunder Malam dan Waktu.

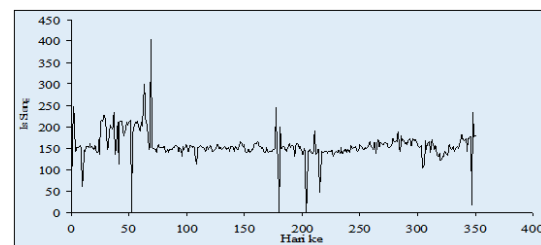


Gambar 6. Grafik Linieritas Daya Aktif Malam dan Waktu.



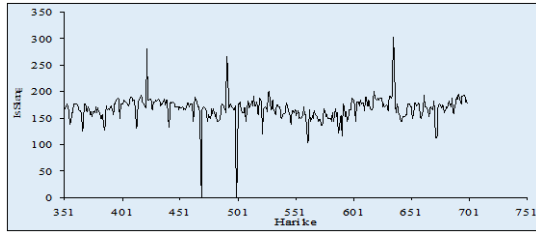
Gambar 7. Grafik Linieritas Daya Reaktif Malam dan Waktu.

Berikut diberikan grafik-grafik data beban pada tahun pertama dan tahun kedua dimana tahun pertama adalah tahun 2016 dan tahun kedua adalah tahun 2017.



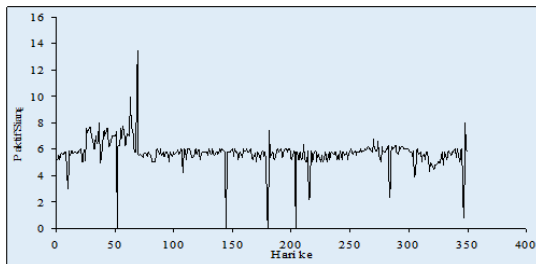
Gambar 8. Grafik linieritas arus sekunder siang tahun pertama

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan arus sekunder siang yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 69 sebesar 403 ampere sedangkan arus sekunder nol atau beban nol terjadi pada hari ke 52,180 dan 204.



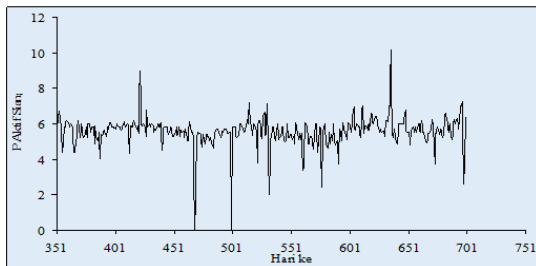
Gambar 9. Grafik linieritas arus sekunder siang tahun kedua

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan arus sekunder yang cukup signifikan terjadi tiga kali yaitu hari ke 422, 492 dan 636 sebesar 282 ampere, 268 ampere dan 304 ampere sedangkan arus sekunder nol atau beban nol terjadi pada hari ke 469 dan 500.



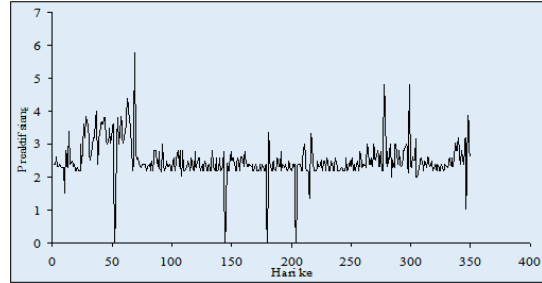
Gambar 10. Grafik linieritas daya aktif siang tahun pertama

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan daya aktif siang yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 69 sebesar 13,5 MW sedangkan daya aktif nol terjadi pada hari ke 52,145,180 dan 204.



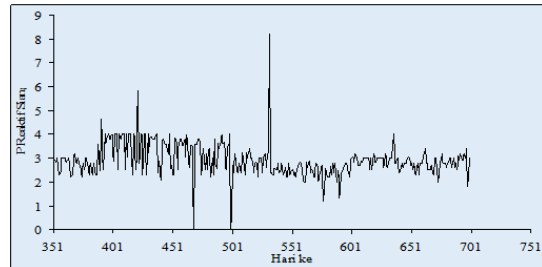
Gambar 11. Grafik linieritas daya aktif siang tahun kedua

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan daya aktif siang yang cukup signifikan terjadi dua kali yaitu pada hari ke 422 dan 636 sebesar 9 MW dan 10,2 MW sedangkan daya aktif nol terjadi pada hari ke 469 dan 500.



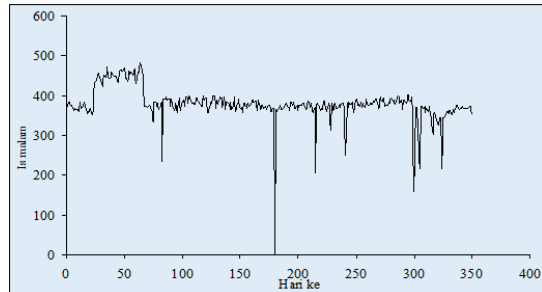
Gambar 12. Grafik linieritas daya reaktif siang tahun pertama

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan daya reaktif siang yang cukup signifikan terjadi tiga kali yaitu pada hari ke 69, 278 dan 299 sebesar 5,8 MVAR, dan 4,8 MVAR sedangkan daya reaktif nol terjadi pada hari ke 52, 145, 180 dan 204.



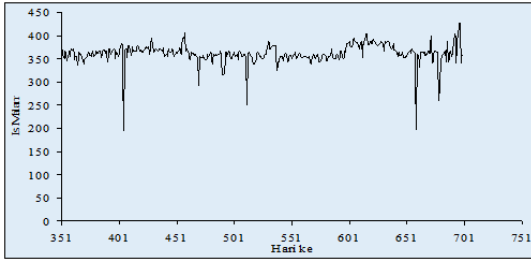
Gambar 13. Grafik linieritas daya reaktif siang tahun kedua

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan daya reaktif siang yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 532 sebesar 8,2 MVAR sedangkan daya reaktif nol terjadi pada hari ke 469 dan 500.



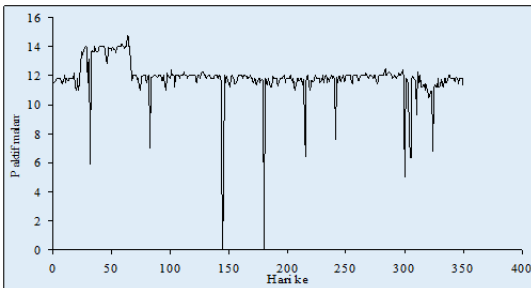
Gambar 14. Grafik linieritas arus sekunder malam tahun pertama

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penurunan arus sekunder malam yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 83, 215, dan 300 sebesar 232 ampere, 204 ampere, dan 158 ampere sedang arus sekunder nol terjadi pada hari ke 180.



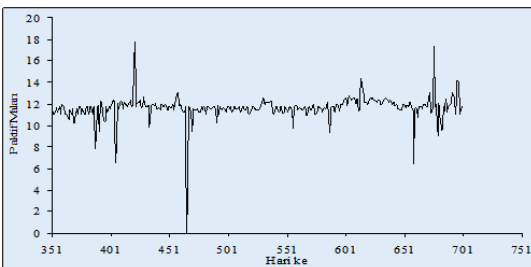
Gambar 15. Grafik linieritas arus sekunder malam tahun kedua

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penurunan arus sekunder yang cukup signifikan terjadi dua kali yaitu hari ke 405, dan 659 sebesar 196 ampere, dan 198 ampere.



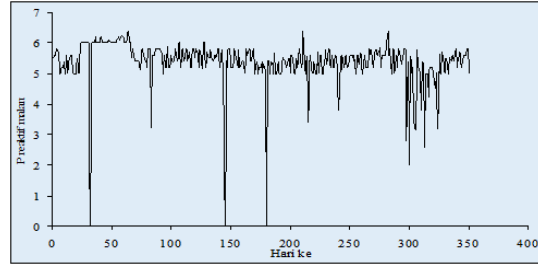
Gambar 16. Grafik linieritas daya aktif malam tahun pertama

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penurunan daya aktif malam yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 32, 83, 215 dan 300 sebesar 5,9 MW, 7MW, 6,4 MW dan 5 MW sedangkan daya aktif nol terjadi pada hari ke 145 dan 180.



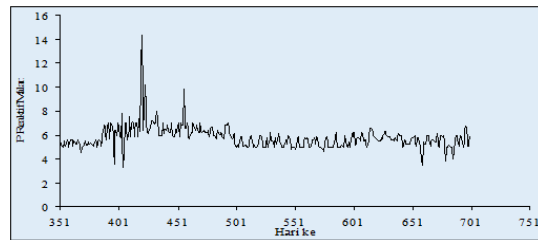
Gambar 17. Grafik linieritas daya aktif malam tahun kedua

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan daya aktif siang yang cukup signifikan terjadi dua kali yaitu pada hari ke 421 dan 676 sebesar 17,7 MW dan 17,4 MW dan penurunan yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 405 dan 659 sebesar 6,5 MW dan 6,4 MW sedangkan daya aktif nol terjadi pada hari ke 466.



Gambar 18. Grafik linieritas daya reaktif malam tahun pertama.

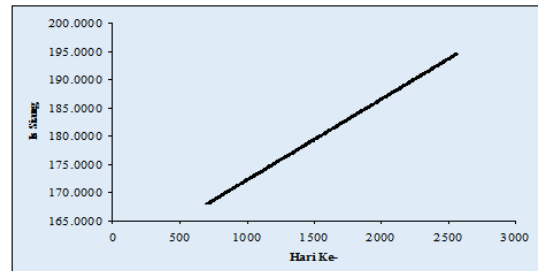
Dari grafik diatas menunjukkan bahwa penurunan daya reaktif siang yang cukup signifikan terjadi empat kali yaitu pada hari ke 83, 300, 313 dan 324 sebesar 3,2 MVAR, 2 MVAR, 2,6 MVAR dan 3,2 MVAR sedangkan daya reaktif nol terjadi pada hari ke 32, 145 dan 180.



Gambar 19. Grafik linieritas daya reaktif malam tahun kedua.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa kenaikan daya reaktif siang yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 420, 423 dan 456 sebesar 14,4 MVAR, 10,2 MVAR, dan 9,8 MVAR sedangkan penurunan daya reaktif yang cukup signifikan terjadi pada hari ke 397 dan 405 yaitu 3,5 MVAR dan 3,2 MVAR.

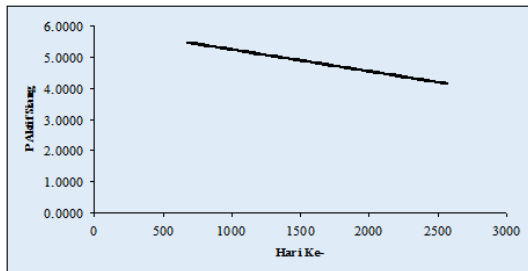
Adapun dari persamaan garis regresi didapatkan estimasi atau peramalan untuk lima tahun ke depan., hasilnya adalah :



Gambar 20. Grafik estimasi arus sekunder.

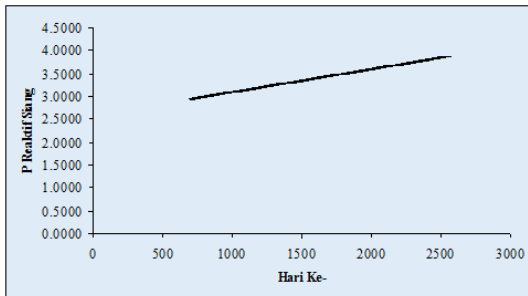
Dari data arus sekunder siang hari untuk lima tahun kedepan didapatkan nilai yang semakin naik dengan nilai minimum adalah 167,9443

ampere dan nilai maksimumnya 194,4708 ampere.



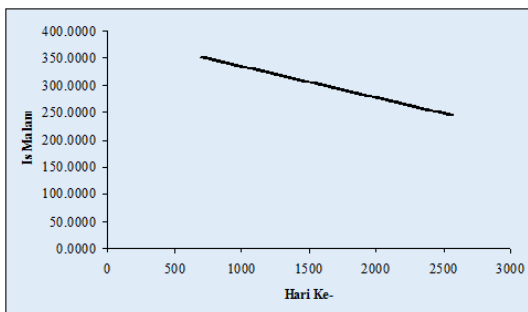
Gambar 21. Grafik estimasi daya aktif siang.

Dari data daya aktif siang untuk lima tahun kedepan didapatkan nilai yang semakin turun dengan nilai minimum adalah 4,1422 MW dan nilai maksimumnya 5,4407 MW.



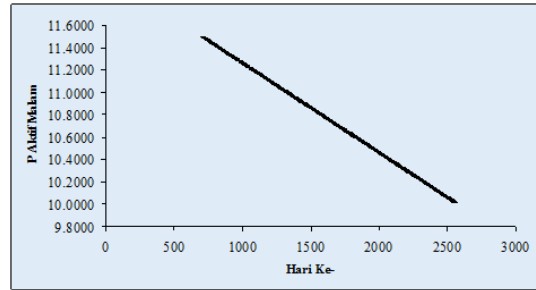
Gambar 22. Grafik estimasi daya reaktif siang.

Dari data daya reaktif siang untuk lima tahun kedepan didapatkan nilai yang semakin naik dengan nilai minimum adalah 2,9371 MVAR dan nilai maksimumnya 3,8646 MVAR.



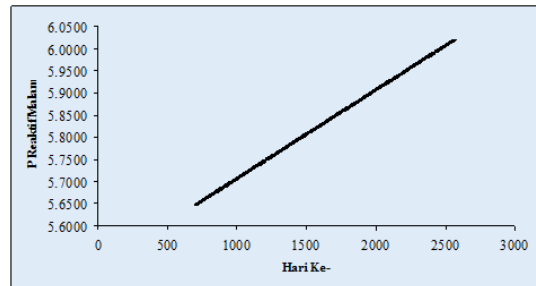
Gambar 23. Grafik estimasi arus sekunder malam.

Dari data arus sekunder malam untuk lima tahun kedepan didapatkan angka yang semakin turun dengan nilai minimum adalah 244,3125 ampere dan angka maksimumnya 351,1605 ampere.



Gambar 24. Grafik estimasi daya aktif malam.

Dari data daya aktif malam untuk lima tahun kedepan didapatkan angka yang semakin turun dengan angka minimum adalah 10,0097 MW dan angka maksimumnya 11,4937 MW.



Gambar 25. Grafik estimasi daya reaktif malam.

Dari data daya reaktif malam untuk lima tahun kedepan didapatkan nilai yang semakin naik dengan nilai minimum adalah 5,6475 MVAR dan nilai maksimumnya 6,0185 MVAR.

### B. Hasil Perhitungan Arus Listrik di Sisi Primer

Untuk siang hari dimana arus sekunder ( $I_s$ ) sama dengan 167,9443 ampere, maka arus primer ( $I_p$ ) sebesar :

$$I_p = K \times I_s$$

$$I_p = 0,1501 \times 167,9443 \text{ amp}$$

$$= 25,20843943 \text{ ampere.}$$

Untuk malam hari dimana arus sekunder ( $I_s$ ) sama dengan 351,1605 ampere, maka arus primer ( $I_p$ ) sebesar :

$$I_p = K \times I_s$$

$$I_p = 0,1501 \times 351,1605 \text{ amp}$$

$$= 52,70919105 \text{ ampere.}$$

### C. Hasil Perhitungan Daya Masukan Transformator di Sisi Primer dengan Tegangan 150 KV

Untuk transformator 20 MVA pada siang hari ialah :

$$P_{\text{input}} = \sqrt{3} V_1 \times I_1 \times \cos \phi \text{ (watt)}$$

$$P_{\text{input}} = \sqrt{3} \times 150 \text{ KV} \times 25,20843943 \text{ amp} \times 0,8 = 5239,475744 \text{ kilo watt}$$

Sedangkan untuk malam hari ialah :

$$P_{\text{input}} = \sqrt{3} V_1 \times I_1 \times \cos \phi \text{ (watt)}$$

$$P_{\text{input}} = \sqrt{3} \times 150 \text{ KV} \times 52,70919105 \text{ amp} \times 0,8 = 10955,39963 \text{ kilo watt}$$

#### D. Hasil Perhitungan Daya Keluaran Transformator di Sisi Sekunder dengan Tegangan 20 KV

Untuk transformator 20 MVA pada siang hari ialah :

$$P_{\text{output}} = \sqrt{3} V_2 \times I_2 \times \cos \phi \text{ (watt)}$$

$$P_{\text{output}} = \sqrt{3} \times 20 \text{ KV} \times 167,9443 \text{ amp} \times 0,8 = 4654,208967 \text{ kilo watt}$$

Sedangkan untuk malam hari ialah :

$$P_{\text{output}} = \sqrt{3} V_2 \times I_2 \times \cos \phi \text{ (watt)}$$

$$P_{\text{output}} = \sqrt{3} \times 20 \text{ KV} \times 351,1605 \text{ amp} \times 0,8 = 9731,645241 \text{ kilo watt}$$

#### E. Hasil Perhitungan Rugi-Rugi Total Transformator

Untuk transformator 20 MVA, dari perhitungan di atas pada siang hari diperoleh :

$$\text{Daya masukan (Pinput)} = 5239,475744 \text{ kilo watt}$$

$$\text{Daya keluaran (Poutput)} = 4654,208967 \text{ kilo watt}$$

$$\text{jadi :Rugi-rugi total} = \text{daya input (Pinput)} - \text{daya keluaran (Poutput)}$$

$$\text{Rugi-rugi total} = 5239,475744 - 4654,208967 = 585,2667776 \text{ kilo watt}$$

Sedangkan untuk transformator 20 MVA pada malam hari diperoleh :

$$\text{Daya masukan (Pinput)} = 10955,39963 \text{ kilo watt}$$

$$\text{Daya keluaran (Poutput)} = 9731,645241 \text{ kilo watt}$$

$$\text{jadi :Rugi-rugi total} = \text{daya input (Pinput)} - \text{daya keluaran (Poutput)}$$

$$\text{Rugi-rugi total} = 10955,39963 - 9731,645241 = 1223,754389 \text{ kilo watt}$$

#### F. Hasil Perhitungan Effisiensi Transformator 20 MVA terhadap Perkembangan Beban Puncak di Gardu Induk Sorong

Sedangkan untuk transformator 20 MVA pada malam hari adalah :

$$\text{Daya keluaran} = 9731,6 \text{ kilo watt}$$

$$\text{Rugi-rugi total} = 1223,8 \text{ kilo watt}$$

$$\text{Effisiensi} = 88,82925315 \%$$

#### G. Hasil Perhitungan Effisiensi Transformator 20 MVA pada Keadaan Nominal di Gardu Induk Sorong

$$\text{Effisiensi} = \frac{\text{Keluaran}}{\text{Keluaran} + \text{Rugi -Rugi Total}} \times 100 \%$$

$$= \frac{15990,29306}{15990,29306 + 13,8564} \times 100 \%$$

$$= \frac{15990,29306}{16004,14946} \times 100 \%$$

$$= 99,91341995 \%$$

#### H. Hasil Perhitungan Aliran Daya pada saat Effisiensi Optimal

Dari analisa perhitungan estimasi dapat diketahui keadaan optimal effisiensi transformator berkapasitas 20 MVA, yaitu :

1. Untuk siang hari optimal pada saat effisiensi sebesar 88,83340979 %.
2. Untuk malam hari optimal pada saat effisiensi sebesar 88,83400525 %.

Jika pernyataan fasor untuk tegangan dan arus diketahui, perhitungan daya nyata dan reaktif dapat diselesaikan dalam bentuk kompleks sehingga dari keadaan optimal effisiensi dapat dihitung besarnya aliran daya pada keadaan optimal, yaitu :

$$S_{\text{out}} = V_s \times I_s^* = P_{\text{out}} + j Q_{\text{out}}$$

Untuk transformator 20 MVA pada siang hari :  $S_{\text{out}} = 6,293313079 \text{ MVA}$ , sedangkan untuk transformator 20 MVA pada malam hari :  $S_{\text{out}} = 9,171572756 \text{ MVA}$ .

Meskipun dalam kenyataannya transformator masih dapat dibebani lebih dari kapasitasnya akan tetapi lebih baik dioperasikan pada keadaan optimal effisiensinya, dimana keadaan optimal tersebut aliran daya bebannya di transformator pada saat siang hari adalah 6,293313079 MVA dan pada malam hari adalah 9,171572756 MVA, sehingga pada keadaan ini dapat diharapkan transformator II di gardu induk Sorong dengan kapasitas 20 MVA optimal efesiensi transformatornya dipertahankan pada nilai 88,83340979 % pada siang hari dan 88,83400525 % pada malam hari untuk keadaan normalnya sehingga masa pakai transformator tersebut dapat lebih terjamin.



#### 4. Kesimpulan

Estimasi arus beban puncak sisi sekunder dua tahun ke terakhir dilakukan dengan analisa regresi linear untuk mencari formula garis regresi untuk kemudian digunakan untuk estimasi lima tahun ke depan, dengan hasil estimasi sebagai berikut :

a. Fluktuasi beban atau perubahan hasil peramalan (estimasi) beban menunjukkan perubahan naik dan turun secara linier dari hari ke hari baik sisi sekunder maupun primernya, untuk sisi sekunder pada siang hari naik dari 167,9443 ampere sampai 194,4708 ampere, untuk sisi sekunder pada malam hari turun dari 351,1605 ampere sampai 244,3125 ampere, untuk sisi primer pada siang hari naik dari 25,20843943 ampere sampai 29,19006708 ampere dan untuk sisi primer pada malam hari turun dari 52,70919105 ampere sampai 36,67130625 ampere.

b. Begitupun juga hasil peramalan (estimasi) untuk daya aktif dan reaktif baik siang hari dan malam hari menunjukkan perubahan naik dan turun secara linier dari hari ke hari. Untuk daya aktif siang hari turun dari 5,4407 MW sampai 4,1422 MW, untuk daya reaktif siang hari naik dari 2,9371 MVAR sampai 3,8646 MVAR, untuk daya aktif malam hari turun dari 11,4937 MW sampai 10,0097 MW dan untuk daya reaktif malam hari naik dari 5,6475 MVAR sampai 6,0185 MVAR.

c. Dari keadaan fluktuasi diatas menyebabkan perubahan daya yang dikeluarkan transformator 20 MVA ( $P_{\text{output}}$ ) maupun daya masukannya ( $P_{\text{input}}$ ) mengalami perubahan naik dan turun secara linier dari hari ke hari. Untuk  $P_{\text{output}}$  pada siang hari naik dari 4654,2089668804 KW sampai 5389,3328988027 KW, untuk  $P_{\text{input}}$  pada siang hari naik dari 5239,4757444656 KW sampai 6067,0415108272 KW, untuk  $P_{\text{output}}$  pada malam hari turun dari 9731,6452413937 KW sampai 6770,5866065175 KW, dan untuk  $P_{\text{input}}$  untuk malam hari turun dari 10955,3996304989 KW sampai 7621,9878722871 KW.

d. Begitupun juga hasil peramalan (estimasi) untuk rugi-rugi total transformator 20 MVA menunjukkan perubahan naik dan turun secara linier dari hari ke hari. Untuk rugi-rugi total siang hari naik dari 585,2667775852 KW sampai 677,7086120244 KW dan untuk rugi-rugi total malam hari turun dari 1223,7543891053 KW sampai 851,4012657696 KW.

Nilai optimal prediksi efisiensi lima tahun ke depan untuk transformator 20 MVA adalah 88,83340979 % untuk siang hari dan 88,83400525 % pada malam hari. Dengan menggunakan metode tak langsung, besarnya nilai efisiensi transformator 20 MVA tersebut ternyata lebih kecil dari nilai efisiensi nominalnya yaitu sebesar 99,91341995 %.

#### 5. Daftar Pustaka

- Arismunandar, A dan Kuwahara, S. 1997. Teknik Tenaga Listrik jilid III : Gardu Induk. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Gonen, T. 1986. Electric Power Distribution System Engineering. United States of America : McGraw-Hill series in electrical engineering.
- Halliday, D., Resnick, R., Silaban, P., dan Sucipto, E. Fisika Jilid II edisi ketiga. Jakarta : Erlangga.
- Fitzgerald, A.E., Kingsley Jr, C., Umans, S.D., dan Djoko, A. 1997. Mesin-mesin listrik. Jakarta: Erlangga.
- Kadir, A. 1998. Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta : Universitas Indonesia Pers.
- Kadir, A. 1981. Transformator. Jakarta : Pradnya Pramita.
- Marappung, M. 1998. Teori-Soal-Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik. Bandung : Armico.
- Marsudi, D. 2003. Pembangkitan Energi Listrik. Jakarta : STT YPLN.
- Neidle, M. 1982. Teknologi Instalasi Listrik edisi III. Jakarta : Erlangga.
- Pabla, AS dan Hadi, A. 1994. Sistem Distribusi Daya Listrik. Jakarta : Erlangga.
- Theraja, BL. 1997. Fundamental of Electrical Engineering and Electronics. Ram Nagar, New Delhi : S. Chanel and Company Ltd.
- Zuhail. 1988. Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya. Jakarta : Gramedia.