

OPTIMASI PENYEIMBANGAN BEBAN PADA TRAFODISTRIBUSI TERHADAP SUSUT ENERGI (APLIKASI FEEDER SIKAKAP)

Oleh :
Antonov¹⁾, Doni Aprinaldo²⁾

- 1) *Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang*
2) *Staf Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang*
Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang
Telephone: (0751) 495823 / 08217799911. E-mail: aprinaldod86@gmail.com

Abstrak

Setiap peralatan pada jaringan menyebabkan timbulnya rugi – rugi daya pada jaringan. Hal ini bermanfaat pada teknik optimasi untuk menghasilkan sistem handal dan efisien, maka penulis menganalisa rugi – rugi daya dan susut energi yang terjadi pada jaringan tersebut. Penulis mengambil lokasi penelitian pada PT. PLN (Persero) Rayon Tua Pejat KP Sikakap yaitu pada jaringan Feeder. Feeder Sikakap mempunyai lima (5) buah trafo distribusi yang disuplai dari Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Dari beban tidak seimbang akan dilihat rugi – rugi daya dan susut energi yang terjadi, kemudian setelah diseimbangkan akan dilihat pengurangan rugi – rugi daya dan susut energi yang nantinya akan dihubungkan dengan pemakaian bahan bakar PLTD yaitu minyak solar. Data penelitian ini adalah data beban masing-masing trafo dan data kapasitas trafo. Dari data penulis menghitung rugi-rugi daya dan susut energi yang terjadi sebelum dan sesudah penyeimbangan beban trafo tersebut, dan menghitung besar biaya pemakaian minyak solar yang diselamatkan. Sebelum dilakukan penyeimbangan beban trafo didapatkan rugi biaya solar sebesar Rp. 61.170.340,- dan setelah dilakukan penyeimbangan beban pada trafo didapatkan rugi biaya solar sebesar Rp. 37.766.529,-. Hasil penyeimbangan beban trafo didapatkan pengurangan rugi biaya solar sebesar Rp. 23.403.811,-. Dengan penyeimbangan beban trafo ini dapat memelihara keandalan fungsi atau memperpanjang umur dari trafo tersebut dan juga menjaga trafo agar tidak cepat rusak.

Kata kunci : Pembangkit, Trafo, , Penyeimbangan Beban, Susut Energi

Abstract

Power loss can not be avoided due to any network equipment in causing loss - loss of power on the network. It is also important because it is useful in optimization techniques to produce a reliable and efficient system. Therefore, analyzing the losses - loss of power and energy losses that occur in the network. The author takes the location of research at PT. PLN (Persero) Rayon Old Pejat Sikakap KP is the feeder network Sikakap. Feeder Sikakap has five (5) pieces of distribution transformers supplied from Diesel Power (diesel). Of the unbalanced load will be loss - loss of power and energy losses occur, then after equilibrated will see a reduction in loss - loss of power and energy losses which will be connected with the use of diesel fuel is diesel oil. The data required for this study is the data load of each transformer and transformer capacity data. From these data the authors calculate the power loss and the energy losses that occur before and after the transformer load balancing. And also calculate the cost of diesel oil are saved. Prior to the loss of load balancing transformer obtained diesel costs Rp. 61.170.340, - and after balancing the load on the transformer losses obtained diesel costs Rp. 37,766,529, -. With the results of load balancing transformer loss reduction in the cost of diesel fuel obtained Rp. 23,403,811, -. With load balancing transformer can maintain the reliability function or extend the life of the transformer and also keep the transformer to prevent rapid deterioration.

Keywords: Generator, Transformer,, Load Balancing, Losses Energy

1. Pendahuluan

Penggunaan energi listrik memegang peranan penting dalam kehidupan modern, baik dikawasan industri maupun dikalangan masyarakat. Energi listrik di abad ini sangat penting dan merupakan salah satu kebutuhan

perekonomian yang berdasarkan atas tantangan yang dihadapi oleh umat manusia dalam meningkatkan derajat hidupnya.

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung

dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Biasanya sering kali terjadi beban tidak seimbang pada fase-fasenya (sistem distribusi merupakan sistem 3 fase) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian konsumen

Pada feeder / penyulang distribusi Sikakap di KP Sikakap Rayon Tua Pejat mempunyai 5 (lima) buah transformator dengan kondisi beban tidak seimbang. Feeder Sikakap ini di suplai dari pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Kita tahu bahwa PLTD merupakan pembangkit listrik menggunakan bahan bakar dari minyak solar. PT PLN (Persero) membeli minyak solar dari PT Pertamina dengan harga industry, jadi bisa dikatakan BBM non subsidi, sudah pasti harganya mahal. Oleh karena itu penting sekali bagaimana efisiensi pemakaian bahan bakar minyak solar.

Pemakaian minyak solar pada PLTD di kaitkan dengan Kwh produksinya. Dengan kata lain berapa banyak pemakaian minyak solar yang dibutuhkan untuk membangkitkan Kwh produksi. Maka dari itu penting sekali mengurangi losses dan susut energy untuk dapat menghemat pemakaian bahan bakar minyak solar pada PLTD Sikakap. Salah satu metode yang dipakai untuk mengurangi losses dan susut energy adalah penyeimbangan beban transformator pada kelima trafo distribusi feeder Sikakap.

2. Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi-elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Untuk mencari daya semu pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V_{peak} \cdot I \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

- S : Daya transformator (kVA)
- V_{peak} : Tegangan phasa-phaasa tertinggi pada transformator (V)
- I : Arus jala-jala (A)

Untuk mencari daya aktif maupun semu pada trafo harus diambil tegangan tertinggi

energi listrik. Keseimbangan beban antar fasa diperlukan untuk pemerataan beban dan juga mengurangi losses dan susut energi. Hal ini juga penting karena bermanfaat pada teknik optimasi untuk menghasilkan sistem yang handal dan efisien.

pada phasa-phasanya karena pada tegangan tertinggi itulah daya yang paling maksimal terpakai pada trafo tersebut.

Untuk mencari daya aktif pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \cdot V_{peak} \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan dimana:

- P : Daya aktif (kw)
- V_{peak} : Tegangan fhasa-fhasa (V)
- I : Arus (A)
- $\cos \phi$: Faktor daya

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan rumus:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

- I_{FL} : Arus beban penuh (A)
- S : Daya transformator (kVA)
- V : Tegangan sisi sekunder transformator (kV)

Sedangkan untuk mencari arus rata-rata pada transformator kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk mencari arus beban penuh yang dapat mengalir pada trafo dengan dibatasi kemampuan 90% dari kapasitas daya trafo sebagai berikut :

$$I_{max} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \times 90\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Pada trafo distribusi beban maksimal yang diperbolehkan dipakai adalah 90% dari kapasitas total trafo, ini berguna untuk mencegah trafo kelebihan beban (*over load*) dan menghindari dari kerusakan trafo yang bisa berakibat terjadinya trafo meledak.

Losses Akibat Arus Netral Pada Traformator

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan *losses*

(rugi-rugi). *Losses* pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

- P_N : *Losses* pada netral trafo (watt)
- I_N : Arus yang mengalir pada netral trafo (A)
- R_N : Tahanan pembumian netral trafo (Ω)

Untuk mendapatkan persentase pembebanan trafo dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Persentase\%} = (P_{out}/P_{in}) \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- Pin = Kapasitas trafo
- Pout = Daya yang terpakai

Untuk mencari energi yang di salurkan kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = \frac{V \cdot I \cdot \cos \phi \cdot t}{1000} \text{ satuan (Kwh)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana : w = energi listrik
t = waktu

Sedangkan mencari susut energi kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W = kwh \text{ produksi} - kwh \text{ terjual} \dots (2.9)$$

Untuk mencari persentase rugi – rugi (*losses*) kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rugi-rugi} = \frac{kwh \text{ produksi} - kwh \text{ terjual}}{kwh \text{ produksi}} \times 100\% \dots\dots (2.10)$$

Sistem Pembangkit PLTD

Dalam pengoperasian pembangkit listrik diperlukan suatu metode untuk menekan biaya operasi suatu pembangkit. PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) merupakan pembangkit listrik yang boros akan biaya operasi, karena menggunakan bahan bakar minyak solar. Untuk mencari biaya pemakaian minyak solar kita bisa menggunakan rumus:

$$\text{Biaya minyak solar} = \text{harga solar} \times \text{pemakaian solar perbulan} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana : harga solar = harga tarif industri (non subsidi)

Dan untuk mencari kerugian biaya pemakaian solar yang diakibatkan oleh susut energi kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kerugian biaya minyak solar} = \text{susut energi} \times \text{SFC} \times \text{harga solar} \dots\dots\dots (2.12)$$

Di dalam suatu pembangkit listrik tenaga diesel diperlukan SFC (specific fuel consumption) yaitu berapa banyak konsumsi

minyak solar untuk membangkitkan kwh produksi, sehingga PT.PLN (Persero) sebagai penyedia listrik menekan angka SFC ini sekecil mungkin untuk mendapatkan nilai yang lebih ekonomis dalam menggunakan bahan bakar minyak solar. Untuk mencari nilai SFC ini kita dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SFC = \frac{\text{pemakaian solar}}{kwh \text{ produksi}} \dots\dots (2.13)$$

Pengoperasian unit-unit pembangkit pada pemintaan daya tertentu dalam suatu stasiun dilakukan dengan mendistribusikan beban di antara unit-unit pembangkit dalam stasiun tersebut. Unit pembangkit dalam suatu stasiun mempunyai karakteristik dan SFC yang berbeda-beda, dimana setiap unit mempunyai

Tabel 4.4.1 Data kapasitas dan tahanan pembumian netral kelima trafo

No	TRAFO		LOKASI	Nilai Tahanan Trafo
	NOMOR GARDU	Kapasitas		
		KVA	Trafo	(Ohm)
1	G 01	50	Sikakap Timur	5,6
2	G 02	50	Sikakap Tengah	4,3
3	G 03	50	Masabuk	10,7
4	G 04	50	HVA	7,3
5	G 05	50	Muaro Tekako	13,8

nilai SFC yang tidak sama, sehingga diperlukan suatu penjadwalan pengoperasian setiap unit pembangkit untuk suatu pembebanan ekonomis tertentu pada sistem, dengan demikian dapat diperoleh suatu pengoperasian pembangkit yang optimal untuk menekan biaya operasi.

3. Hasil Pengujian

Adapun data yang dibutuhkan untuk proses pengujian adalah sebagai berikut:

- Beban kelima trafo distribusi feeder Sikakap bulan Desember 2012
- Data kapasitas dan data tahanan pembumian netral kelima trafo

- Kwh produksi feeder sikakap bulan Desember 2012 = 130.145 Kwh
- Kwh terjual feeder sikakap bulan Desember 2012 = 112.875 Kwh
- Jumlah pelanggan Sikakap bulan Desember sebanyak 781 pelanggan
- Pemakaian minyak solar pada bulan Desember 2012 = 40.058 liter
- Harga minyak solar dengan tarif industry 11500 per/liter
- SFC (specific fuel consumption) PLTD sikakap 0,308 ltr/kwh

Dari data diatas kita dapat menentukan susut energi dan persentase rugi-rugi pada feeder sikakap bulan Desember 2012 dimana :

$$\begin{aligned} \text{Susut energi} &= \text{kwh produksi} - \text{kwh terjual} \\ &= 130.145 - 112.875 \\ &= 17.270 \text{ kwh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rugi - rugi} &= \frac{\text{kwh produksi} - \text{kwh terjual}}{\text{Kwh produksi}} \times 100\% \\ &= \frac{130.145 - 112.875}{130.145} \times 100\% = 13,27\% \end{aligned}$$

Biaya total pemakaian minyak solar pada bulan desember 2012

$$\begin{aligned} \text{Biaya minyak solar} &= \text{harga solar} \times \text{pemakaian solar perbulan} \\ &= 11.500 \times 40.058 \\ &= \text{Rp } 460.667.000,- \end{aligned}$$

Kerugian yang diakibatkan oleh susut energi pada bulan desember 2012.

$$\begin{aligned} \text{Pada biaya minyak solar} &= \text{susut energi} \times \text{SFC} \times \text{harga solar} \\ &= 17.720 \times 0,308 \times 11.500 \\ &= \text{Rp } 61.170.340,- \end{aligned}$$

Maka dapat disimpulkan cukup besar biaya yang harus hilang karena susut energi pada PLTD Sikakap yaitu sebesar Rp 61.170.340,-

Table 4.4.2 Rugi-rugi daya pada kelima trafo distribusi sebelum dan sesudah penyeimbangan beban trafo.

No	TRAFO		Nilai Tahanan Trafo (Ohm)	Rugi rugi daya (Watt)		
	NOMOR GARDU	KVA Trafo		Sebelum	Sesudah	Pengurangan
			1			
2	G 02	50	4,3	4.682,7	967,5	3.715,2
3	G 03	50	10,7	4.280	1.294,7	2.985,3
4	G 04	50	7,3	6.570	3.533,2	3.036,8
5	G 05	50	13,8	4.981,8	3.105	1.876,8
TOTAL				30.868,9	12.982,8	17.886,1

Dari data diatas kita bisa menganalisa bahwa pada G 01 dengan tahanan pembumian netral trafo 5,6 ohm, didapatkan rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan beban trafo sebesar 10.354,4 watt dan rugi-rugi daya sesudah penyeimbangan trafo sebesar 4.082,4 watt dengan demikian terjadi pengurangan rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban trafo sebesar 6.272 watt.

Pada trafo G 02 dengan tahanan pembumian netral trafo 4,3 ohm, didapatkan rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan beban trafo sebesar 4.682,7 watt dan rugi-rugi daya sesudah penyeimbangan trafo sebesar 967,5 watt dengan demikian terjadi pengurangan rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban trafo sebesar 3.715,2 watt.

Pada trafo G 03 dengan tahanan pembumian netral trafo 10,7 ohm, didapatkan rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan beban trafo sebesar 4.280 watt dan rugi-rugi daya sesudah penyeimbangan trafo sebesar 1.294,7 watt dengan demikian terjadi pengurangan rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban trafo sebesar 2.985,3 watt.

Pada trafo G 04 dengan tahanan pembumian netral trafo 7,3 ohm, didapatkan rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan beban trafo sebesar 6.570 watt dan rugi-rugi daya sesudah penyeimbangan trafo sebesar 3.533,2 watt dengan demikian terjadi pengurangan rugi-

rugi daya setelah penyeimbangan beban trafo sebesar 3.036,8 watt.

Pada trafo G 05 dengan tahanan pembumian netral trafo 13,8 ohm, didapatkan rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan beban trafo sebesar 4.981,8 watt dan rugi-rugi daya sesudah penyeimbangan trafo sebesar 3.105 watt dengan demikian terjadi pengurangan rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban trafo sebesar 1.876,8 watt.

Maka dari data table 4.4.1 diatas didapatlah pengurangan rugi-rugi daya yang cukup signifikan setelah dilakukan penyeimbangan beban trafo, karena arus netral yang mengalir ke bumi lebih kecil, apalagi bila tahanan pembumian netral trafo dapat dikecilkan lagi nilai tahanannya, dengan cara menambah ground rod/elektroda pembumian akan semakin memperkecil rugi-rugi daya pada trafo

Dari perhitungan hasil penelitian diatas maka bisa kita buat berapa pelanggan yang dapat ditambahkan pada kelima trafo distribusi dari sisa beban yang dibatasi kemampuan kapasitas trafo yaitu 90%. Maksudnya kapasitas trafo dibatasi 90% dari kapasitas totalnya, karena apabila beban melebihi dari kapasitas 90% dari total kapasitas total trafo dapat mengakibatkan trafo overload/kelebihan beban.

Maka kita mendapatkan pengurangan rugi – rugi daya pada kelima trafo distribusi feeder Sikakap sebelum dan sesudah penyeimbangan beban trafo :

$$\begin{aligned} \text{Rugi –rugi daya} &= \text{sebelum} - \text{sesudah} \\ &= 30868,9 \text{ watt} - 12982,8 \text{ watt} \\ &= 17886,1 \text{ watt} / 17,89 \text{ kw} \end{aligned}$$

Dari data diatas kita dapat menentukan susut energi dan persentase rugi-rugi pada feeder sikakap bulan Januari 2013 dimana telah dicatat data – data sebagai berikut:

- Kwh produksi feeder sikakap bulan Januari 2013 = 115.980 Kwh
- Kwh terjual feeder sikakap bulan Januari 2013 = 106.118 Kwh
- Pemakaian minyak solar pada bulan Januari 2013 = 38.585 liter
- Harga minyak solar dengan tarif industry 11500 per/liter
- SFC (specific fuel consumption) PLTD sikakap bulan Januari 0,333 ltr/kwh
- Jumlah pelanggan Sikakap bulan Januari sebanyak 781 pelanggan

$$\begin{aligned} \text{Susut energi} &= \text{kwh produksi} - \text{kwh terjual} \\ &= 115.980 - 106.118 \end{aligned}$$

$$= 9.862 \text{ kwh}$$

$$\% \text{ rugi-rugi} = \frac{\text{kwh produksi} - \text{kwh terjual}}{100\%}$$

$$= \frac{115.980 - 106.118}{115.980} \times 100\% = 8,5\%$$

Biaya total pemakaian minyak solar pada bulan Januari 2013

Biaya minyak solar = harga solar x pemakaian solar perbulan

$$\begin{aligned} &= 11.500 \times 38.585 \\ &= \text{Rp } 443.727.500,- \end{aligned}$$

Kerugian yang diakibatkan oleh susut energy pada bulan Januari 2013

Pada biaya minyak solar = susut energy x SFC x harga solar

$$\begin{aligned} &= 9.862 \times 0,333 \times 11.500 \\ &= \text{Rp } 37.766.529,- \end{aligned}$$

Setelah melakukan penyeimbangan beban kelima trafo distribusi pada feeder Sikakap didapat penghematan biaya pemakaian minyak solar sebagai berikut :

Biaya minyak solar = sebelum penyeimbangan beban – sesudah penyeimbangan

$$\begin{aligned} &= 61.170.340 - 37.766.529 \\ &= \text{Rp } 23.403.811,- \end{aligned}$$

Maka didapatkan penghematan biaya pemakaian solar pada PLTD Sikakap dengan metode penyeimbangan beban lima buah trafo distribusi feeder Sikakap sebesar Rp 23.403.811,-. Dari angka tersebut cukup besar penghematan biaya pemakaian solar PLTD Sikakap yang terjadi karena penyeimbangan beban trafo distribusi untuk jangka waktu 1 (satu) bulan.

Table 4.4.3 Hasil penyeimbangan beban trafo distribusi

No	Hasil Penyeimbangan Beban Trafo			Persentase %	
	Uraian	Sebelum	Sesudah		Pengurangan
		1	2	3 = 1-2	

1	Rugi - rugi daya (watt)	30.868,9	12.982,8	17.886,1
2	Susut Energi (kwh)	17.270	9.862	7.408
3	Biaya Solar (Rp)	61.170.340	37.766.529	23.403.811

merupakan target kinerja bagi seluruh Cabang maupun Rayon di ruang lingkup PT.PLN (Persero). Dengan target demikianlah seluruh pegawai PT.PLN (Persero) bekerja keras untuk mencapai angka losses/rugi-rugi yang sangat kecil.

4. Kesimpulan

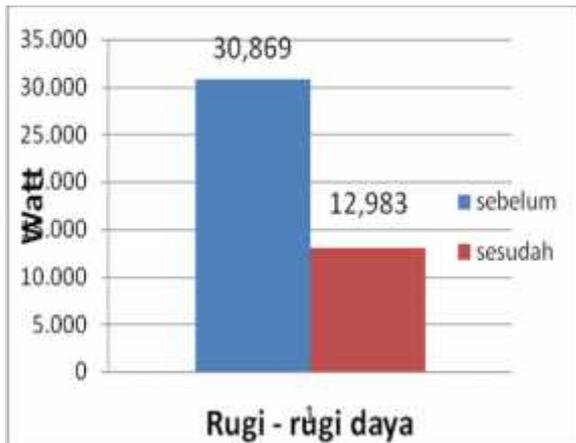
Secara keseluruhan dari tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sebelum dilakukan penyeimbangan beban trafo didapatkan hasil rugi-rugi daya sebesar 30.868,9 Watt dan setelah dilakukan penyeimbangan beban pada trafo didapatkan hasil rugi-rugi daya sebesar 12.982,8 Watt. Dengan hasil penyeimbangan beban trafo didapatkan pengurangan rugi-rugi daya sebesar 17.886,1 Watt.
2. Sebelum dilakukan penyeimbangan beban trafo didapatkan hasil energi yang hilang sebesar 17.270 kWh dan setelah dilakukan penyeimbangan beban pada trafo didapatkan hasil energi yang hilang sebesar 9.862 kWh. Dengan hasil penyeimbangan beban trafo didapatkan pengurangan energi yang hilang sebesar 7.408 kWh.
3. Sebelum dilakukan penyeimbangan beban trafo didapatkan rugi biaya solar sebesar Rp. 61.170.340,- dan setelah dilakukan penyeimbangan beban pada trafo didapatkan rugi biaya solar sebesar Rp. 37.766.529,-. Dengan hasil penyeimbangan beban trafo didapatkan pengurangan rugi biaya solar sebesar Rp. 23.403.811,-.
4. Untuk tetap menjaga keseimbangan beban trafo, pemasangan calon pelanggan baru pada trafo harus sesuai dengan pemetaan pelanggan di trafo tersebut, yang mana pemasangan harus berurutan tiap-tiap fasanya, sehingga menjaga beban trafo selalu seimbang.

5. Saran

Setelah pembahasan ini, adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Untuk melakukan penyambungan baru sebaiknya terorganisir dengan baik, dengan melihat data hasil pengukuran beban dan penyambungan dilakukannya pada fasa yang bebannya masih rendah.
2. Pada jaringan tegangan rendah, sebaiknya dilengkapi dengan



Gambar. 4.1. Grafik Hasil Penyeimbangan Beban Trafo

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa penyeimbangan beban trafo distribusi akan sangat berpengaruh terhadap biaya pemakaian bahan bakar minyak PLTD Sikakap, karena semakin besar rugi-rugi daya maka harga biaya minyak juga akan semakin besar, dan sebaliknya semakin kecil rugi-rugi daya maka akan semakin kecil pula biaya pemakaian minyak solar tersebut.

Rugi-rugi daya disebabkan karena tidak seimbangannya beban pada trafo distribusi, sehingga mengakibatkan arus mengalir pada netral besar. Nilai tahanan pembumian netral trafo juga berpengaruh terhadap besar rugi-rugi daya yang ditimbulkan. Pada trafo distribusi netral ditanahkan yang mengakibatkan arus terbuang sia – sia ke tanah dan tidak terpakai. Pada kwh meter produksi arus ini tetap diukur sehingga menjadi susut energi. Sedangkan biaya produksinya tetap dihitung oleh PT. PLN (Persero).

Susut energy dan rugi-rugi daya adalah musuh besar bagi PT.PLN (Persero) karena akan menyebabkan biaya produksi listrik lebih besar. Didalam PT.PLN (Persero) persentase Losses/rugi-rugi rata-rata sudah ditetapkan sebesar 8,5% dalam satu tahun. Angka ini

- identifikasi kabel. Apabila melakukan penjumlahan maka identifikasi (tanda fasa kabelnya) harus sama.
3. Dalam mempermudah pekerjaan pemindahan beban gardu sebaiknya buatlah dulu peta penyeimbangan beban (rayon card pelanggan), sehingga mempermudah dan mempercepat waktu dalam pemindahan beban pelanggan.
 4. Untuk optimasi penyeimbangan beban trafo distribusi selanjutnya, dapat juga menghitung rugi-rugi saluran tegangan menengah jarak antara trafo dengan PLTD.
- [3]. Chi Kong Tse (2002). "*Analisis Rangkaian Linear*" PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta.
 - [4]. Dani Surya Nazar (2009) telah melakukan penelitian tentang "*analisis keseimbangan beban untuk mengurangi losses pada jaringan distribusi tegangan rendah pada gardu G.05.T KDL (100kva) Pasar Basung*" PT. PLN (Persero) wilayah Sumatera barat cabang Padang ranting pariaman.
 - [5]. Ir.Erhaneli.MT,2011 "*Distribusi Tenaga Listrik*", Padang : Institut Teknologi Padang

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Buku Diktat PT.PLN (Persero). 2008 "*Pemeliharaan PLTD*" PT.PLN (Persero) Jakarta.
- [2]. Buku Diktat PT.PLN (Persero). 2008 "*Pemeliharaan Trafo Distribusi*" PT.PLN (Persero) Jakarta.
- [6]. Mohamad Ramdhani,ST,MT (2008). "*Rangkaian Listrik*" PT. Gelora Aksara Pratama, Jakarta.