

**ANALISA PENGARUH BEBAN TIDAK SEIMBANG  
TERHADAP RUGI DAYA LISTRIK PADA  
JARINGAN DISTRIBUSI SEKUNDER**

**HASBULAH**

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik

Politeknik Negeri Sriwijaya

Email: [hasbulahhasan@gmail.com](mailto:hasbulahhasan@gmail.com)

**Abstrak**

Ketidakseimbangan beban merupakan hal yang pasti terjadi pada distribusi tenaga listrik. Terutama pada sisi jaringan tegangan rendah. Semakin tingginya ketidakseimbangan beban maka akan semakin tinggi pula arus yang timbul pada penghantar netral. Arus yang mengalir pada penghantar netral akan menjadi rugi daya listrik pada jaringan. Oleh karena itu dalam pendistribusian tenaga listrik ketidakseimbangan beban harus di minimalisir demi mencapai efisiensi penyaluran yang optimal. Penelitian ini dilakukan pada area kerja PT.PLN Rayon Kenten, dengan mengambil sampel 3 gardu distribusi. Pengambilan data dilakukan pada dua waktu yakni pada waktu beban puncak dan diluar waktu beban puncak. Dari hasil perhitungan data yang didapat terlihat besarnya rugi daya listrik akibat ketidakseimbangan beban pada ketiga gardu yakni berkisar antara 0,05% ~ 4,38%.

*Kata kunci : Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Rugi Daya, Jaringan Distribusi Sekunder*

**Abstract**

Unbalance load is inevitable in power distribution. Especially in the low voltage network. The higher unbalance load will be equal to currents arising in the neutral conductor. The current flowing in the neutral conductor will become loss of electrical power on the network. Therefore, in electrical power distribution the unbalance load should be minimized in order to achieve optimal efficiency. This research was done at PT.PLN Rayon Kenten, by taking samples of 3 distribution substations. Data were collected at two time, at the time of peak load and beyond peak load. From the calculation of data obtained, we can see that the loss of electrical power due to load unbalance on the three samples is around 0.05% ~ 4.38%.

*Keywords : Unbalanced Load, Neutral Current, Electrical Losses, Secondary Distribution Network*

## PENDAHULUAN

Saluran distribusi tenaga listrik merupakan salah satu komponen yang mendistribusikan energi listrik dari gardu induk ke pusat beban atau konsumen. Dalam pendistribusian tenaga listrik harus diusahakan sebaik dan seefisien mungkin. Untuk mencapai hal tersebut maka segala hal yang dapat menimbulkan kerugian harus diminimalisir, baik berupa teknis dan non-teknis.

Salah satu yang menjadi kerugian non teknis adalah tidak meratanya pembebanan pada fasa Transformator Distribusi. Ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T) inilah yang menyebabkan terjadinya rugi daya. Laporan akhir ini membahas mengenai pengaruh beban tidak seimbang terhadap rugi daya listrik pada jaringan distribusi sekunder. Analisa dilakukan dengan menggunakan 3 buah sampel gardu di area kerja PT.PLN Rayon Kenten

## TEORI TRANSFORMATOR

Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan 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.

Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan.

## KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana :

- a. Ketiga vektor/tegangan sama besar
- b. Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat

keadaan tidak seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 macam, yaitu :

- a. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain
- b. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain

Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.

### ARUS NETRAL

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini muncul jika :

- a. Kondisi beban tidak seimbang
- b. Karena adanya arus harmonisa akibat beban non-linear.

Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris.

Akibat pembebanan di tiap fasa yang tidak seimbang, maka akan mengalir arus pada penghantar netral. Jika di hantaran pentanahan netral terdapat nilai tahanan dan dialiri arus, maka kawat netral akan bertegangan yang menyebabkan tegangan pada trafo tidak seimbang. Arus yang mengalir di sepanjang kawat netral, akan

menyebabkan rugi daya di sepanjang kawat netral sebesar :

$$P_N = I_N R_N$$

Dimana :

$P_N$  = Losses yang timbul pada penghantar netral (watt)

$I_N$  = Arus yang mengalir melalui kawat netral (Ampere)

$R_N$  = Tahanan pada kawat netral (Ohm)

### PENGUMPULAN DATA

Hasil Pengukuran pada Gardu I.110

Fasa	Arus (A)	
	LWBP	WBP
R	140	167
S	150	226
T	132	280
N	34	95

Hasil Pengukuran pada Gardu I.395

Fasa	Arus (A)	
	LWBP	WBP
R	150	364
S	95	260
T	157	344
N	55	107

Hasil Pengukuran pada Gardu I.533

Fasa	Arus (A)	
	LWBP	WBP
R	167	443
S	150	340
T	141	460
N	52	111

## PERSENTASE

### KETIDAKSEIMBANGAN

Menurut standard IEC ketidakseimbangan beban yang diijinkan adalah 5% (Sulistyowati, 2012) dengan tingginya ketidakseimbangan beban berpengaruh terhadap besarnya arus netral, dimana arus netral yang besar mengakibatkan losses bertambah dan kualitas tenaga yang rendah sehingga berpengaruh terhadap kualitas sistem penyaluran tenaga listrik. Berdasarkan hal tersebut maka perlu untuk melakukan perhitungan besarnya persentase ketidakseimbangan pada masing-masing gardu yang dijadikan sampel.

Dari hasil perhitungan didapat nilai sebagai berikut

I.110	I.395	I.533
4.42%	19.40%	5.09%
17.04%	12.95%	11.96%

\*warna hitam untuk LWBP

\*warna merah untuk WBP

### RUGI DAYA

Setelah menghitung arus netral pada masing-masing trafo, maka bisa ditentukan besarnya rugi daya akibat ketidakseimbangan beban. Besarnya rugi daya muncul karena adanya arus pada

penghantar netral disisi jaringan distribusi sekunder.

Dari perhitungan didapatkan hasil seperti pada tabel dibawah ini:

	I.110	
	LWBP (W)	WBP (W)
PERHITUNGAN	109,26	4.291,12
PENGUKURAN	517,67	4.041,48

I.395		I.533	
LWBP (W)	WBP (W)	LWBP (W)	WBP (W)
2.625,09	6.933,87	620,74	14.887,22
2.295,98	8.689,79	3.209,1	14.622,56

## PEMBAHASAN

Dari perhitungan yang telah dilakukan maka ketidakseimbangan terlihat bahwa dari data sampel 3 buah gardu didapat rata-rata ketidakseimbangan pada LWBP sebesar 9,6% dan pada WBP sebesar 13,98%. Dimana nilai ini telah melampaui nilai batas ketidakseimbangan yang ditetapkan IEC yakni sebesar 5%.

Dari besarnya ketidakseimbangan tersebut maka menyebabkan timbulnya arus yang mengalir pada penghantar netral. Dari perhitungan yang dilakukan dari ketiga arus fasa didapat hasil bahwa besarnya arus netral pada masing-masing gardu mendekati hasil pengukuran yang dilakukan. Dimana dari 6 sampel

pengukuran, terdapat 4 pengukuran yang mendekati hasil perhitungan, sedangkan 2 perhitungan memiliki selisih yang cukup besar, yakni pada pengukuran saat LWBP di gardu I.110 dan I.395. Hal ini dapat disebabkan karena adanya harmonisa dikarenakan beban non linier. Dimana jika terjadi harmonisa maka arus harmonisa urutan nol pada masing-masing fasa saling menjumlah di netral trafo (Tabrani M., PLN Disjatim).

Besarnya rugi daya pada masing-masing gardu. Dari ketiga gardu yang dijadikan sampel didapat interval rugi daya akibat ketidakseimbangan beban yakni 0,05% ~ 4,38% dan rata-rata rugi daya sebesar 1,85% untuk perhitungan (arus netral dari penjumlahan vektor tiap fasa) dan 2,09% untuk pengukuran (arus netral dari pengukuran langsung).

Hal ini berarti besarnya arus netral berbanding lurus dengan meningkatnya rugi daya akibat ketidakseimbangan beban. Namun tidak berarti gardu yang memiliki persentase ketidakseimbangan yang tinggi menghasilkan rugi daya yang lebih tinggi dibanding gardu lain yang memiliki ketidakseimbangan yang lebih rendah, hal tersebut diakibatkan berbedanya kapasitas trafo dan besarnya beban yang ditanggung

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari beberapa gardu yang dijadikan sampel dapat diambil kesimpulan :

1. Persentase ketidakseimbangan beban yang terjadi pada ketiga gardu distribusi berkisar antara 4,42% - 19,4%.
2. Besarnya arus netral dari hasil perhitungan pada ketiga gardu distribusi berkisar 15,62 – 112,46 A. Pada beberapa gardu terdapat perbedaan yang cukup tinggi antara nilai perhitungan dan pengukuran arus netral, hal ini dapat disebabkan adanya faktor lain yang mempengaruhi munculnya arus netral selain karena tidak meratanya beban.
3. Rata-rata rugi daya yang timbul akibat ketidakseimbangan beban pada ketiga gardu distribusi sebesar 5,24 kW

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]Badaruddin. 2012. *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi Proyek Rusunami Gading Icon*. Jakarta: Universitas Mecubuana.
- [2]Chapman,Stephen.J. 1985. *Electric Machinery Fundamental*. McGaw-Hill Book Company.
- [3]Kadir, Abdul. 2000. *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta : UI – Press.

- [4]Kadir, Abdul. 1989. *Transformator*. Jakarta : PT. Elex Media Komputindo.
- [5]Suhadi,dkk. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- [6]Sumardjati, Prih. 2008. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional.
- [7]Suswanto,Daman. 2009. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Universitas Negeri Padang.
- [8]Zuhal. 1995. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Penerbit Gramedia. Jakarta.