



## Edu Elektrika Journal

<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/eduel>

# STUDI EKSPLORASI ARUS PADA KAWAT NETRAL AKIBAT KETIDAKSEIMBANGAN ARUS BEBAN PADA UNIT TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Saifur Risal , Muhammad Harlanu

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Agustus 2014  
Disetujui September 2014  
Dipublikasikan Oktober 2014

*Keywords:*

*Imbalance load current,  
neutral current, losses.*

### Abstrak

*Ketidakseimbangan arus beban pada suatu jaringan distribusi selalu terjadi, penyebabnya adalah pengaturan beban-beban satu phasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan arus beban tersebut, muncul arus pada kawat penghantar netral pembebanan sekunder. Arus netral tersebut menyebabkan rugi-rugi daya (losses) pada penghantar netral tersebut. Ketidakseimbangan arus beban juga terjadi di Universitas Negeri Semarang, hal tersebut terlihat dari instrumen-instrumen alat ukur amper meter yang terpasang pada panel-panel transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang. Untuk itu perlu dilakukan penelitian secara kuantitatif berapakah ketidakseimbangan arus beban dan rugi-rugi daya (losses) yang terjadi pada masing-masing unit transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai rujukan dalam pengembangan jaringan tegangan rendah yang akan dilakukan di gedung-gedung yang tersebar di kampus Universitas Negeri Semarang. Sampel yang diambil adalah beberapa transformator distribusi yang mewakili masing-masing fakultas yang meliputi: FMIPA, FBS, FIP, FIS, FH, FIK, dan FT (dua unit transformator). Penelitian dilakukan dengan cara melakukan pendataan arus per phasa dan netral sisi sekunder pada setiap unit transformator distribusi, kemudian data dianalisis sehingga didapatkan persentase arus pembebanan transformator, persentase ketidakseimbangan, rata-rata arus netral, dan rugi-rugi daya (losses) yang terjadi. Untuk transformator-transformator dengan ketidakseimbangan arus beban yang di atas 20% akan direkomendasikan untuk melakukan evaluasi terhadap pembebanan agar bisa memperkecil ketidakseimbangan arus beban yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase arus pembebanan, persentase ketidakseimbangan, serta arus netral pada setiap unit transformator mempunyai besaran yang bervariasi, sehingga menghasilkan losses yang bervariasi pula. Saran yang dapat peneliti berikan adalah semua pengembangan jaringan listrik di fakultas-fakultas harus melalui ijin dari pusat pelayanan dan perawatan listrik Universitas Negeri Semarang untuk mempermudah pengawasan keseimbangan beban antar phasa. Jika terjadi penambahan jaringan tegangan rendah harus merujuk pada data-data pembebanan yang sudah ada agar ketidakseimbangan arus beban bisa diperkecil.*

### Abstract

*Load current imbalance in the distribution network has always occurred, the cause is the setting of the phase loads on the low voltage network customers. Due to the imbalance of the load current, the flow appears at the neutral conductor wire secondary loading. The neutral currents cause power losses (losses) on the neutral conductor. Imbalance load current is also happening at the State University of Semarang, it is visible from instruments measuring instrument ampere meter mounted on panels of existing distribution transformers at Semarang State University. It is necessary to study quantitatively how much imbalance load current and power losses (losses) that occur in each of the existing distribution transformer units at Semarang State University. The results of the study can be used as a reference in the development of low-voltage network which will be carried out in buildings spread across campus State University of Semarang. The sample taken is some distribution transformers representing each faculty which includes: Faculty, FBS, FIP, FIS, FH, FIK, and FT (two transformer units). The study was conducted in a way to collect data on the current per phase and neutral on the secondary side of each transformer unit distribution, then the data were analyzed to obtain the percentage of load current transformers, unbalance percentage, average neutral current, and power losses (losses) that occur. For transformer-transformer with load current imbalance in the top 20% will be recommended to evaluate in order to minimize load imbalance load current occurs. The results showed that the percentage of load current, the percentage of imbalance, as well as the neutral current transformer on each unit has a varying magnitude, resulting in losses which vary as well. Suggestions are given all the development of the electricity network in the faculties must pass through consent of electrical maintenance service centers and the State University of Semarang to facilitate inter-phase load balance control. If the addition of a low-voltage network must refer to data loading an existing order imbalance load current can be minimized.*

© 2014 Universitas Negeri Semarang

Alamat korespondensi:

Gedung E6 Lantai 2 FT Unnes  
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229  
E-mail: saifurrisal@gmail.com

ISSN 2252-7095

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi listrik memegang peranan penting dalam kehidupan manusia saat ini, baik di kawasan industri maupun di kalangan masyarakat. Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang harus dipenuhi oleh umat manusia dalam meningkatkan taraf derajat hidupnya. Standar atau persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam pengadaan listrik juga mengalami perkembangan. Oleh sebab itu, pelayanan energi listrik pada konsumen diharapkan bisa berjalan dengan baik dalam arti dapat mencukupi energi listrik dengan kualitas yang memuaskan dan berkintinuitas, terutama untuk negara Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan negara berkembang, maka pengembangan di sektor tenaga listrik menjadi salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan. Oleh karena itu, pemakaian energi listrik di suatu negara dapat di anggap sebagai tolak ukur kemajuan suatu bangsa. Untuk mencapai sasaran ini banyak faktor yang harus diperhatikan, misalnya : sistem transmisi, sistem distribusi, tegangan dan frekuensi yang konstan maupun keseimbangan sistem. Pada sistem transmisi dan sistem distribusi, keseimbangan sistem merupakan hal yang sangat penting, karena sistem yang tidak seimbang akan menyebabkan dampak yang negatif pada sistem itu sendiri maupun beban, ataupun lingkungan di sekitar sistem.

Ketidakseimbangan sistem dapat disebabkan oleh impedansi phasa tidak seimbang dan beban yang tidak seimbang pula. Kondisi phasa yang tidak seimbang umumnya terjadi pada jaringan pedesaan yang cenderung dihubungkan dengan transformator serta jaringan distribusi satu phasa dan beban rumah tangga yang biasanya menggunakan sumber beban satu phasa. Selain itu, ketidakseimbangan pada daerah industri juga mungkin terjadi, hal ini dikarenakan pemasangan beban yang tidak terkontrol.

Ketidakseimbangan sistem dapat dibagi dua yaitu ketidakseimbangan sistem statis dan ketidakseimbangan sistem dinamis. Ketidakseimbangan sistem statis merupakan

ketidakseimbangan yang sifatnya tetap karena pengaturan instalasi suatu sistem dari awal kurang memperhatikan keseimbangan sistem itu sendiri, sedangkan ketidakseimbangan sistem dinamis merupakan ketidakseimbangan yang bervariasi terhadap waktu. Keadaan ini dapat berlangsung dalam beberapa menit, detik dan bahkan lebih kecil lagi. Ketidakseimbangan arus beban dinamis terjadi karena adanya beban non linier pada sistem. Beban non linier banyak digunakan dalam industri maupun rumah tangga. Motor induksi, pengaturan kecepatan motor listrik merupakan penyumbang beban non linier di industri. Sedangkan untuk rumah tangga adalah penggunaan computer, AC, lampu fluorescent, dan sebagainya. Pada beban non linier terdapat komponen semi konduktor, komponen tersebut dapat menimbulkan gelombang arus yang tidak sinusoidal. Hal ini akan berpengaruh terhadap pengukuran arus sekunder dan primer pada transformator.

Ketidakseimbangan arus beban dapat menimbulkan arus pada kawat netral pembebahan sekunder pada transformator distribusi yang akan mempengaruhi sistem distribusi, diantaranya berupa kesalahan pengukuran energi, rugi-rugi daya, dan penurunan kualitas peralatan distribusi PLN. Timbulnya arus netral yang tinggi pada pembebahan tidak seimbang ini terjadi akibat adanya perbedaan sudut arus dan tegangan. Untuk sistem transmisi di daerah Jawa Tengah, timbulnya arus netral sudah terjadi pada transformator 500KVA / 150 KVA IBT (*Interbus Transformator*) di Gardu induk Ungaran, khususnya di bagian sisi sekunder transformator. Hal tersebut terjadi karena untuk sistem penyaluran tenaga listrik di Jawa Tengah pada saluran 150 KVA sudah menggunakan sistem ABB tiga fasa empat kawat, oleh sebab itu untuk transformator 150KVA|20KVA dan 20 KVA|380V/220V ketidakseimbangan arus beban sudah terjadi pada sisi primer transformator, namun relatif kecil. Ketidakseimbangan arus beban juga terjadi di Universitas Negeri Semarang yang merupakan konsumen listrik 20 KVA (JTM).

Ketidakseimbangan sisi primer dapat terlihat pada kubical yang ada di Universitas Negeri Semarang, yaitu hanya sekitar 2,6%. Namun ketidakseimbangan pada sisi sekunder yang berhubungan langsung dengan beban sangat terlihat, Hal tersebut dapat dilihat dari instrumen-instrumen alat ukur ampere meter yang terdapat pada panel transformator distribusi 20KVA | 380V/220V disetiap fakultas. Sebagian besar transformator menunjukan ketidakseimbangan arus beban antar phasa yang cukup tinggi, hal itu akan berdampak pada timbulnya arus pada kawat netral. Arus pada kawat netral itu sendiri mengakibatkan rugi-rugi daya (*losses*) pada kawat penghantar netral tersebut.

## METODE

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif. Metode penelitian deskriptif sebagai kegiatan yang meliputi pengumpulan data dalam rangka menguji hipotesis atau menjawab pertanyaan yang menyangkut keadaan yang sedang berjalan dari pokok suatu penelitian. Penelitian deskriptif menentukan dan melaporkan keadaan sekarang. Metode Penelitian deskriptif ini melakukan analisis hanya sampai pada taraf deskripsi, yaitu menganalisis dan menyajikan fakta secara sistematis sehingga dapat lebih mudah untuk dipahami dan disimpulkan. Simpulan yang diberikan jelas atas dasar faktualnya sehingga semuanya dapat dikembalikan langsung pada data yang diperoleh. Populasi Transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang berjumlah 14 transformator, yang meliputi transformator pembebahan untuk gedung perkuliahan di fakultas-fakultas dan transformator pembebahan untuk kegiatan perkantoran, perpustakaan, kolam renang, serta asrama. Dalam penelitian ini menggunakan *purposive sample* yaitu sampel dari populasi transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang yang mewakili masing-masing fakultas di Universitas Negeri Semarang yang digunakan untuk pembebahan gedung perkuliahan yang berjumlah 8 transformator.

**Tabel 1.** Sampel unit transformator tempat penelitian

No	Fakultas	Pabrik	Daya (kVA)
1	MIPA	UNINDO	250
2	FBS	TRAFINDO	160
3	FIP	BAMBANG	100
		DJAJA	
4	FIS	UNINDO	100
5	FH	TRAFINDO	160
6	FIK	UNINDO	100
7	FT <sub>1</sub>	BAMBANG	100
		DJAJA	
8	FT <sub>2</sub>	SINTRA	100

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik observasi. Pengambilan data dilakukan tiga kali pada saat siang hari dan tiga kali pada malam hari pada masing-masing unit transformator distribusi di Universitas Negeri Semarang. Data dalam penelitian ini berupa arus tiap phasa, arus pada penghantar netral dan jenis penghantar yang digunakan pada penghantar netral.

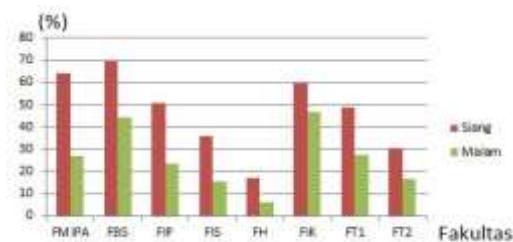
## HASIL

Berdasarkan analisis data hasil penelitian dapat dilihat bahwa masing-masing transformator di setiap fakultas mempunyai persentase arus pembebahan, persentase ketidakseimbangan, dan rugi-rugi daya (*losses*) yang bervariasi. Berikut data hasil analisis tiap fakultas:

1. Hasil analisis transformator distribusi FMIPA pada siang hari: Pembebanan 64,16%, Ketidakseimbangan 12,22%, Arus netral 44,53 A, dan *losses* 565,86 watt. Pada malam hari: Pembebanan 27,14%, Ketidakseimbangan 8,67%, Arus Netral 40,67 A, *losses* 472,02 watt.
2. Hasil analisis transformator distribusi FBS pada siang hari: Pembebanan 69,72%, Ketidakseimbangan 7,56%, Arus netral 32,07A, dan *losses* 358,94 watt. Pada malam hari: Pembebanan 44,15%, Ketidakseimbangan 14,22%, Arus Netral 31,47A, *losses* 345,64 watt.

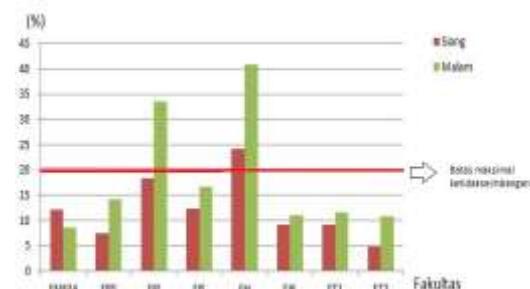
3. Hasil analisis transformator distribusi FIP pada siang hari: Pembebanan 50,53%, ketidakseimbangan 18,44%, Arus netral 17,10, dan *losses* 47,08 watt. Pada malam hari: Pembebanan 23,46%, Ketidakseimbangan 33,56%, Arus Netral 5,87A, *losses* 5,58 watt.
4. Hasil analisis transformator distribusi FIS pada siang hari: Pembebanan 36,04%, Ketidakseimbangan 12,45, Arus netral 8,23A, dan *losses* 9,89 watt. Pada malam hari: Pembebanan 15,51%, Ketidakseimbangan 16,67%, Arus Netral 3,27A, *losses* 1,56 watt.
5. Hasil analisis transformator distribusi FH pada siang hari: Pembebanan 16,88%, Ketidakseimbangan 24,22%, Arus netral 21,73A, dan *losses* 70,96 watt. Pada malam hari: Pembebanan 6,17%, Ketidakseimbangan 40,89%, Arus Netral 14,70A, *losses* 32,41 watt.
6. Hasil analisis transformator distribusi FIK pada siang hari: Pembebanan 59,65%, Ketidakseimbangan 9,22%, Arus netral 3,67A, dan *losses* 1,75 watt. Pada malam hari: Pembebanan 46,88%, Ketidakseimbangan 11,11%, Arus Netral 2,60A, *losses* 0,88 watt.
7. Hasil analisis transformator distribusi FT<sub>(1)</sub> pada siang hari: Pembebanan 48,74%, Ketidakseimbangan 21,56 %, Arus netral 13,53A, dan *losses* 29,29 watt. Pada malam hari: Pembebanan 27,55%, Ketidakseimbangan 11,56%, Arus Netral 7,83A, *losses* 9,81 watt.
8. Hasil analisis transformator distribusi FT<sub>(2)</sub> pada siang hari: Pembebanan 30,22%, Ketidakseimbangan 4,89%, Arus netral 12,47A, dan *losses* 37,78 watt. Pada malam hari: Pembebanan 16,49%, Ketidakseimbangan 10,78%, Arus Netral 10,3A, *losses* 25,78 watt.

## PEMBAHASAN



Gambar 1. Grafik persentase arus pembebanan di Universitas Negeri Semarang

Dari grafik persentase arus pembebanan dapat dilihat bahwa transformator dengan pembebanan tertinggi terdapat di fakultas bahasa dan seni. Sedangkan transformator dengan pembebanan terkecil terdapat di fakultas hukum. Untuk transformator-transformator dengan pembebanan yang masih rendah masih memungkinkan untuk penambahan beban jaringan listrik dengan skala yang besar sesuai dengan kapasitas transformator tanpa harus menambah transformator baru.



Gambar 2. Grafik Persentase ketidakseimbangan arus beban di Universitas Negeri Semarang

Dari grafik persentase ketidakseimbangan arus beban dapat diketahui bahwa ada beberapa transformator yang rata-rata persentase ketidakseimbangan arus beban di atas 20%, untuk itu perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut pada pembebanan transformator-transformator tersebut untuk memperkecil ketidakseimbangan. Evaluasi ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dari sistem tenaga listrik yang ada pada gedung-gedung yang membebani transformator tersebut.

**Evaluasi pembebanan di FIP****Tabel 2.** Evaluasi pembebanan di FIP

Waktu	Phasa		
	R	S	T
<b>Siang</b>	52,87	80,07	85,87
A	A	A	A
<b>Malam</b>	22,57	30,03	46,33
A	A	A	A

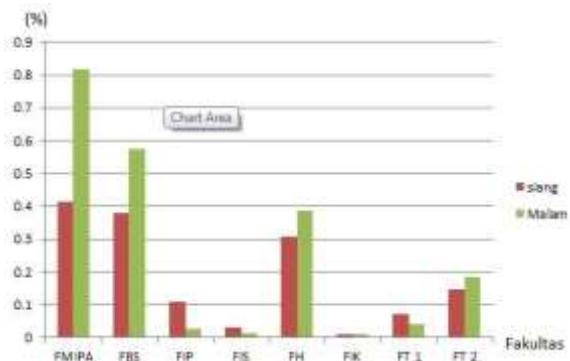
Dari data Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa pembebanan di phasa R terlalu kecil bila dibandingkan dengan phasa yang lain, untuk itu apa bila pada FIP akan melakukan pemasangan jaringan listrik baru diharapkan mengambil phasa R untuk memperkecil ketidakseimbangan arus beban yang terjadi pada transformator distribusi di FIP ini.

## Evaluasi pembebanan di FH

**Tabel 3.** Evaluasi pembebanan di FH

Waktu	Phasa		
	R	S	T
Siang	26,03 A	38,47 A	52,47 A
Malam	7,47 A	9,83 A	22,63 A

Dari data Tabel 3, dapat disimpulkan bahwa pembebanan di phasa R terlalu kecil bila dibandingkan dengan phasa yang lain, untuk itu apa bila pada FH akan melakukan pemasangan jaringan listrik baru diharapkan mengambil phasa R untuk memperkecil ketidakseimbangan arus beban yang terjadi pada transformator distribusi di FH ini. Karena pembebanan di FH ini masih di bawah 25% maka masih memungkinkan untuk penambahan beban dengan skala besar. Penambahan beban harus selalu memperhatikan data-data arus pembebanan antar phasa agar tercipta keseimbangan beban yang baik.

**Gambar 3.** Rugi-rugi daya pada penghantar netral transformator pembebanan sekunder

Grafik di atas menunjukkan Rugi-rugi daya (losses) yang terjadi pada masing-masing kawat penghantar netral pada transformator distribusi pembebanan sisi sekunder yang ada pada masing-masing fakultas yang ada di Universitas Negeri Semarang

**PENUTUP**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil simpulan dan saran sebagai berikut.

**Simpulan**

Simpulan yang dapat diuraikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian, rata-rata persentase arus pembebanan yang terjadi pada masing-masing unit transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut: Pada siang hari FMIPA (64,16%), FBS (69,72%), FIP (50,53%), FIS (36,04%), FH (16,88%), FIK (59,65%), FT<sub>(1)</sub> (48,74%), FT<sub>(2)</sub> (30,22%). Pada malam hari FMIPA (27,14%), FBS (44,15%), FIP (23,46%), FIS (15,51%), FH (6,17%), FIK (46,88%), FT<sub>(1)</sub> (27,55%), FT<sub>(2)</sub> (16,49%). Fakultas dengan pembebanan paling besar adalah Fakultas Bahasa dan Seni sedangkan Fakultas dengan pembebanan paling rendah adalah Fakultas Hukum.
2. Dari hasil penelitian, rata-rata persentase ketidakseimbangan arus beban yang terjadi pada masing-masing unit transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri

Semarang sebagai berikut: Pada siang hari FMIPA (12,22%), FBS (7,56%), %), FIP (18,44%), FIS (12,45%), FH (24,22%), FIK (9,22%), FT<sub>(1)</sub> (21,56%), FT<sub>(2)</sub> (4,89%). Pada malam hari FMIPA (8,67%), FBS (14,22%), FIP (33,56%), FIS (16,67%), FH (40,89%), FIK (11,11%), FT<sub>(1)</sub> (11,56%), FT<sub>(2)</sub> (10,78%). Terdapat dua fakultas dengan rata-rata ketidakseimbangan arus beban di atas 20% yaitu Fakultas Ilmu Pendidikan (FIP) dan Fakultas Hukum (FH).

3. Dari hasil penelitian, rata-rata arus netral yang terjadi pada masing-masing unit transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut: Pada siang hari FMIPA (44,53 A), FBS (32,07 A), FIP (17,10 A), FIS (8,23 A), FH (21,73 A), FIK (3,67 A), FT<sub>(1)</sub> (13,53 A), FT<sub>(2)</sub> (12,47 A). Pada malam hari FMIPA (40,67 A), FBS (31,47 A), FIP (5,87 A), FIS (3,27 A), FH (14,70 A), FIK (2,60 A), FT<sub>(1)</sub> (7,83 A), FT<sub>(2)</sub> (10,30 A). Fakultas dengan arus netral paling besar adalah Fakultas Matematika dan IPA sedangkan Fakultas dengan arus netral paling rendah adalah Fakultas Ilmu Keolahragaan
4. Dari hasil penelitian rugi-rugi daya (*losses*) pada penghantar netral yang terjadi akibat adanya arus netral yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan arus beban yang terjadi pada pembebanan sisi sekunder transformator distribusi yang ada di Universitas Negeri Semarang adalah sebagai berikut: Pada siang hari FMIPA (285,54 watt), FBS (354,83 watt), FIP (100,88 watt), FIS (23,37 watt), FH (381,76 watt), FIK (4,65 watt), FT<sub>(1)</sub> (63,16 watt), FT<sub>(2)</sub> (87,86

watt). Pada malam hari FMIPA (238,18 watt), FBS (341,67), FIP (11,89 watt), FIS (3,69 watt), FH (174,38 watt), FIK (2,33 watt), FT<sub>(1)</sub> (21,15 watt), FT<sub>(2)</sub> (59,94 watt). Fakultas dengan Rugi-rugi daya paling besar adalah Fakultas Bahasa dan Seni sedangkan Fakultas dengan Rugi-rugi daya paling rendah adalah Fakultas Ilmu Keolahragaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.N. Afandi.2010. Operasi Sistem Tenaga Listrik Berbasis EDSA, Yogyakarta: Gava Media.
- Arikunto, Suharsimi.2010. Prosedur Penelitian. Jakarta: PT Asdi Mahasatya.
- Bonggas L.Tobing.2003. Peralatan Tegangan Tinggi, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Indrakoesoma, Koes. dkk.2012. Pengaruh Ketidakseimbangan arus beban Transformator Kering BHT02 RSG GA SIWABESSY Terhadap Arus Netral dan Rugi-Rugi. PROSIDING SEMINAR PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR.ISSN 1410-8178
- J.B. Gupta.2002. Electrical Engineering. Nai Sarak Delhi: S.K. Kataria & Sons.
- Neidle, Michael.1999. Teknologi Instalasi Listrik. Jakarta: ERLANGGA.
- Rijono, Yon.1997. Dasar Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta: ANDI
- Setiadji, J.S. dkk. Pengaruh Ketidakseimbangan arus beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. Jurnal Teknik Elektro Vol.6, No.1, Maret 2006: 68-73
- Sugiyono.2010. Metode Penelitian Pendidikan. Bandung: CV. ALFABETA