

## **ANALISIS GANGGUAN KUALITAS DAYA SISTEM TENAGA LISTRIK DI UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

**Adi Sutopo, Mustamam, Marwan Affandi**

*Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan*

*E-mail : adisutopo64@gmail.com*

### **ABSTRAK**

Pemakaian energi listrik di FT Unimed cukup besar dengan menggunakan sistem 3 fasa. Penyebaran pemakaian energi listrik dikontrol dan diamankan setiap kelompok gedung menggunakan PHB. Permasalahan yang sering muncul dalam sistem tenaga listrik di FT Unimed adalah ketidak stabilan tegangan dan seringnya rusak utilitas listrik yang terpasang. Berdasarkan hal ini perlu dicari akar permasalahannya. Hasil pengukuran dengan menggunakan Three Fase Quality Analyzer di 7 PHB yang tersedia di FT Unimed ditemukan permasalahan sebagai berikut: 1) pembagian beban pada ke 3 fasa di semua PHB tidak merata (beban tidak seimbang); 2) beberapa PHB menunjukkan faktor daya di bawah standar PUIL (0,8), sehingga mengurangi efisiensi penggunaan energi listrik; 3) beberapa PHB tidak memiliki sistem grounding; dan 4) pada kawat netral terdapat arus listrik, sehingga menyebabkan kerugian daya listrik. Empat permasalahan tersebut dapat menyebabkan drop tegangan pada masing-masing fasa, sehingga tegangan listrik yang ada tidak dapat mencukupi kebutuhan tegangan kerja utilitas, selain itu apabila terjadi beban puncak maka drop tegangan listrik yang terjadi semakin tinggi.

***Key word: Analisis, Gangguan Kualitas Daya, Sistem Tenaga Listrik***

### **PENDAHULUAN**

Energi listrik menjadi kebutuhan pokok dalam semua lini kegiatan manusia saat ini, hingga lebih dari 75% menggantungkan pada ketersediaan energi listrik. Ketergantungan manusia yang besar terhadap energi listrik ini menyebabkan kegiatan dapat berhenti apabila terjadi pemutusan aliran daya listrik. Demikian halnya dengan Unimed sebagai salah satu PTN dengan 7 Fakultas dan Pascasarjana dengan jumlah lebih dari 25.000 mahasiswa S1, S2 dan S3 tidak terlepas dari kebutuhan energi listrik untuk kebutuhan dalam proses belajar mengajar maupun untuk sarana penunjang lainnya. Berhentinya pasokan listrik yang dapat disebabkan pemadaman dari pihak PLN maupun karena permasalahan dalam sistem jaringan di internal Unimed dapat menyebabkan gangguan yang serius dalam proses belajar mengajar maupun kegiatan non akademik.

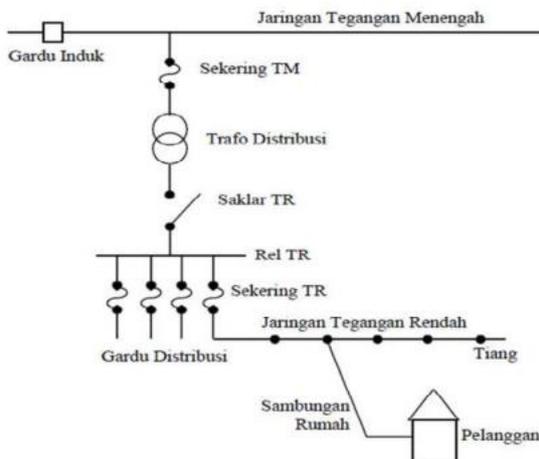
Permasalahan yang banyak dikeluhkan oleh pimpinan, dosen, pegawai dan mahasiswa adalah seringnya listrik di lingkungan Unimed mengalami pemadaman (se Unimed atau lokal unit), meredup dan matinya lampu penerangan, AC karena turunnya tegangan tiba-tiba. Demikian halnya dengan proses belajar mengajar akan terganggu baik di lokal kelas maupun di laboratorium karena dosennya mengandalkan energi listrik untuk praktek atau presentasi kuliah (diskusi, presentasi).

Permasalahan energi listrik tersebut di atas harus segera diurai agar tidak mengganggu atau menghambat kegiatan belajar mengajar dan menurunkan kinerja perangkat listrik yang lain. Luas area penyaluran energi listrik dan penyebaran gedung-gedung di lingkungan Unimed (luas kampus Unimed Jl Pancing ±50 Ha) sangat luas dan kompleks, sehingga memerlukan analisis dari berbagai sudut dan mendalam untuk dapat mengurai permasalahan yang

ada. Tahapan analisis dapat dilakukan mulai dari mapping jaringan, kebutuhan dan pembebanan setiap sub bagian (Fakultas, Unit), analisis parameter listrik yang terpasang, simulasi pengaturan beban, simulasi sistem jaringan, analisis efisiensi dan efektifitas beban dan pembebanan dan faktor-faktor kelistrikan yang lainnya. Penyelesaian tahapan dalam analisis ini membutuhkan waktu yang cukup panjang.

**KAJIAN PUSTAKA**

Sistem distribusi tenaga listrik dari pusat pembangkit sampai pada konsumen melalui beberapa jaringan listrik yaitu: a) jaringan transmisi tegangan tinggi, b) jaringan distribusi tegangan menengah, dan c) jaringan tegangan rendah. Jaringan transmisi tegangan tinggi merupakan sistem penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit ke gardu-gardu induk dengan tegangan tinggi atau ekstra tinggi menuju sub gardu induk. Jaringan distribusi sebagai penyalur energi listrik dengan tegangan menengah dari sub gardu induk yang akan diturunkan tegangannya sesuai kebutuhan konsumen melalui trafo distribusi. Perihal keadaan pelayanan dan regulasi tegangan, distribusi sekunder yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Jaringan ini sering jaringan tegangan rendah (Abdul Kadir, 2006). Pelanggan umum akan mendapatkan saluran tegangan rendah melalui gardu portal, sementara bagi pelanggan dengan beban besar seperti industri dan instansi pada umumnya mendapatkan layanan transformator distribusi tersendiri.



Gambar 1 Hubungan Jaringan Listrik Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah dan Konsumen

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut system tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik berdasarkan standar EEI (*Edison Electric Institut*) dan NEMA (*National Electrical Manufactures Association*).

Pemasangan hantaran jaringan system instalasi listrik, terdapat dua tipe yaitu jaringan hantaran udara dan jaringan hantaran bawah tanah. Jaringan hantaran udara menyalurkan daya listrik melalui kawat terbuka atau kabel yang digantung pada tiang – tiang dengan peralatan isolator. Penghantar untuk jaringan distribusi primer yang biasa digunakan adalah tembaga atau aluminium. Tiang – tiang primer ataupun sekunder dapat berupa besi atau beton, tetapi biasanya untuk tiap jaringan distribusi yang paling banyak digunakan adalah tiang besi.

Jaringan hantaran bawah tanah yang mana jaringan kabel yang dipasang dibawah tanah dengan beberapa ketentuan pengamanan seperti batas kedalaman dan persyaratan material kabel. Jaringan ini biasanya dipasang pada daerah kerapatan beban tinggi, seperti pusat kota ataupun pusat industry, pemasangan jaringan hantaran udara akan mengganggu, baik ditinjau dari keindahan maupun dari segi keamanan

Perangkat hubung bagi menurut definisi PUIL, adalah suatu perlengkapan untuk mengendalikan dan membagi tenaga listrik dan atau mengendalikan dan melindungi sirkit dan pemanfaat tenaga listrik yang berbentuk box atau panel, atau lemari. Perangkat hubung bagi berfungsi membagi beban listrik pada bagian-bagian peralatan listrik seperti motor-motor, katup solenoid, pemanas, lampu-lampu penerangan, AC dan sebagainya. Ada empat

katagori yang dapat dipakai sebagai kriteria dalam pemilihan yaitu : a) Arus yang berhubungan dengan kapasitas PHB dalam melayani sejumlah beban yang sudah diperhitungkan sebelumnya, b) Proteksi dan Instalasi yaitu kriteria pengaman dan pemasangannya dalam hal tingkat pengamanan, metode instalasinya, jumlah muka operasinya, peralatan ukur untuk proteksi, dan bahan selungkupnya, c) metode pemasangan komponen PHB yaitu pemasangan tetap (non-withdrawable), pemasangan yang dapat dipindah-pindah (removable) dan pemasangan sisttem laci (withdrawable), dan d) penggunaannya yaitu penerangan dan daya, unit konsumen, distribusi sistem saluran penghantar, perbaikan faktor daya, distribusi di Industri, distribusi motor-motor, utama, distribusi, sub distribusi dan sistem control

Konstruksi Panel Hubung Bagi (PHB) diantaranya adalah sebagai berikut konstruksi terbuka, konstruksi semi-tertutup konstruksi lemari konstruksi kotak (box). Pemilihan jneis konstruksi Panel Hubung Bagi (PHB) didasarkan pada fungsi dan kebutuhannya dalam melayani beban listrik. Selain itu pemilihan PHB didasarkan dari data-data teknis dan keterangan yang lengkap dari buku katalog pabrik pembuat komponen PHB yaitu: kemampuan menahan arus hubung singkat, tingkat pengamanan, pemasangan selungkup dari jenis bahan penyekat yang korosi dan tegangan sentuh, sifat mekanik permukaan selungkup logam, cara pemasangannya dan jumlah pembagian beban listrik di panel bagi agar pembagian beban dilakukan secara merata pada setiap phasanya baik beban induktif maupun beban resistif.

**METODOLOGI PENELITIAN**

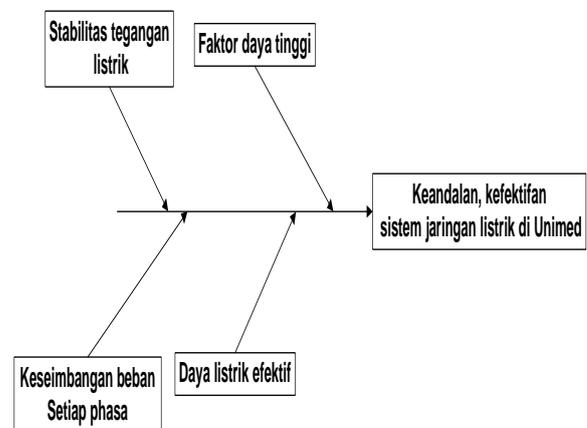
Penelitian ini dilaksanakan di PHB yang ada di Fakultas Teknik Unimed. Penelitian ini merupakan penelitian teknologi terapan dalam bentuk penelitian survey. Data-data penelitian diperoleh dengan melakukan survey pengukuran pada setiap PHB yang ada di Fakultas Teknik Unimed. Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah daya listrik aktif, daya listrik semu dan daya listrik reaktif. Adapun parameter

penelitian yaitu tegangan listrik, arus listrik, dan faktor daya.

Penelitian ini merupakan penelitian terapan teknologi yaitu menganalisis sebab-sebab gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik yang ada di Fakultas Teknik Unimed. Penelitian diawali dengan kegiatan survey pemetaan instalasi pada setiap panel hubung bagi di setiap gedung di lingkungan Fakultas Teknik Unimed dan dilanjutkan dengan pengukuran besaran-besaran listrik yaitu Tegangan fasa, arus fasa, arus netral, faktor daya, daya aktif, daya reaktif, daya semu dalam periode waktu yang telah ditentukan.

Instrumen penelitian untuk pengumpulan data dengan menggunakan “Three Fase Quality Analyzer” model MEAS 32-FLUKE 430-II (COMB).fpqo dan lembar catatan. Alat bantu penelitian yang diperlukan adalah alat-alat keselamatan kerja (K3) yaitu sarung tangan (savety) 20 kV, sepatu safety dan helm pengaman.

Kegiatan penelitian seperti di gambarkan dalam fish bone berikut:



Gambar 2. Fish Bone Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Hasil Penelitian**

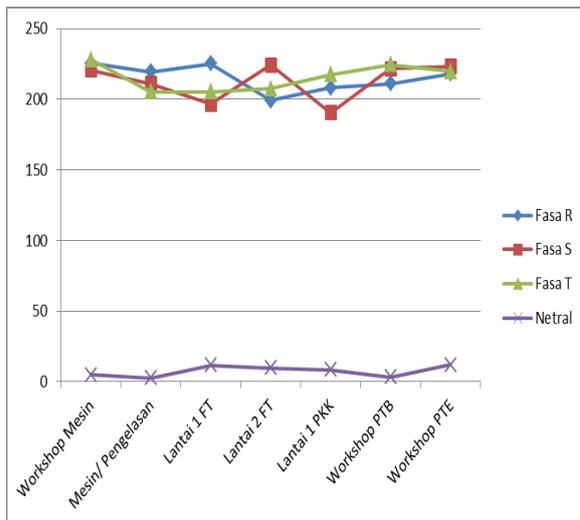
Penelitian dilakukan di panel bagi di gedung-gedung Fakultas Teknik Universitas Negeri yaitu: PHB Work shop Mesin, PHB Work shop Mesin Las, PHB Lantai 1 Fakultas Teknik, PHB Lantai 2Fakultas Teknik, PHB Lantai 1 PKK, PHB Tata Rias/PTB dan PHB Work shop Elektro. Hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur

Fluke Analyser model MEAS 32-FLUKE 430-II (COMB).fpqo pada sampel hasil pengukuran faktor daya berdasarkan interval waktu untuk setiap PHB seperti pada tabel 1. digambarkan dalam grafik sebagai berikut:

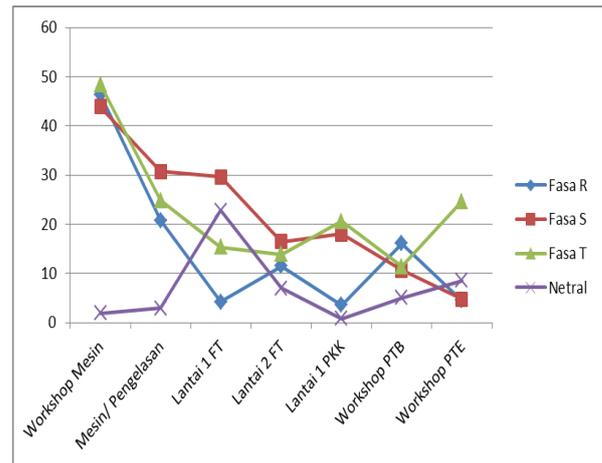
Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengukuran Besaran-besaran listrik

No	PHB	Faktor Daya		
		Line 1	Line 2	Line 3
1	PHB Work shop Mesin	0,32	0,25	0,29
2	PHB Work shop Mesin/ Pengelasan	0,01	0,29	0,55
3	PHB Lantai 1 Fakultas Teknik	0,67	0,99	0,99
4	PHB Lantai 2 Fakultas Teknik	0,89	0,98	0,99
5	PHB Lantai 1 Prodi PKK	0,72	0,66	0,57
6	PHB Tata Rias/ Workshop PTB	0,66	0,99	0,96
7	PHB Workshop Teknik Elektro	0,93	0,92	0,98

Sementara itu besarnya fluktuasi tegangan dan arus setiap fasa pada masing-masing PHB seperti digambarkan pada gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Grafik Tegangan Phase dan netral di PHB di gedung-gedung Fakultas Teknik Unimed



Gambar 4. Grafik Arus Phase dan netral di PHB di gedung-gedung Fakultas Teknik Unimed

## 2. Pembahasan Penelitian

Berdasarkan hasil pengukuran di semua PHB di lingkungan Fakultas teknik Unimed menunjukkan bahwa semua beban untuk setiap fasa (R, S, T) di PHB tidak ada yang seimbang seperti di tunjukan pada tabel 1 sampai tabel 7. Lebih jelas lagi ditunjukkan gambar grafik 4.9. Menurut standard IEC ketidakseimbangan beban yang diijinkan adalah 5% (Sulistyowati, 2012).

Perhitungan ketidak seimbangan beban secara teoritis dapat diketahui dengan melihat besarnya perbandingan antara arus rata-rata dengan arus setiap fasa, yaitu  $I_{rata-rata} = \frac{I_{fasa}}{3}$ . Apabila hasil perbandingan kurang dari 1 atau lebih dari 1 menunjukkan ketidak seimbangan beban.  $I_{rata-rata} = \frac{I_{total}}{3}$ .

Apabila arus setiap fasa tidak sama (beban tidak seimbang) maka akan ada arus yang mengalir pada kawat netral. Hal ini sesuai dengan hukum khirchoff arus bahwa:

$0 = -(I_R + I_S + I_T)$ . Jika ada arus yang mengalir pada kawat netral atau ground maka akan timbul kerugian pada kawat netral tersebut, karena kawat netral juga memiliki tahanan (resistansi).

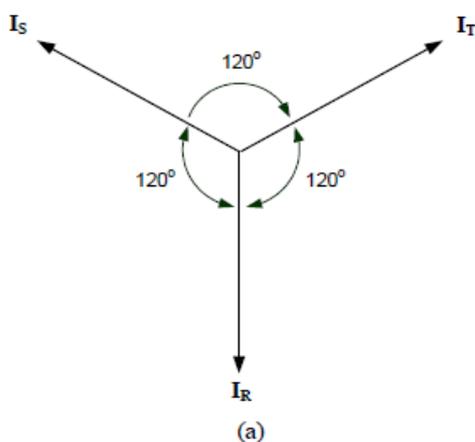
Sebagai salah satu contoh perhitungan untuk melihat ketidak seimbangan beban yaitu pada PHB workshop Mesin dengan data sebagai berikut:

Arus fasa R = 46,4 A; Fasa S = 43,9 A dan Fasa T = 48,4 A. Berdasarkan data tersebut maka arus rata ( $I_{rata-rata}$  adalah =

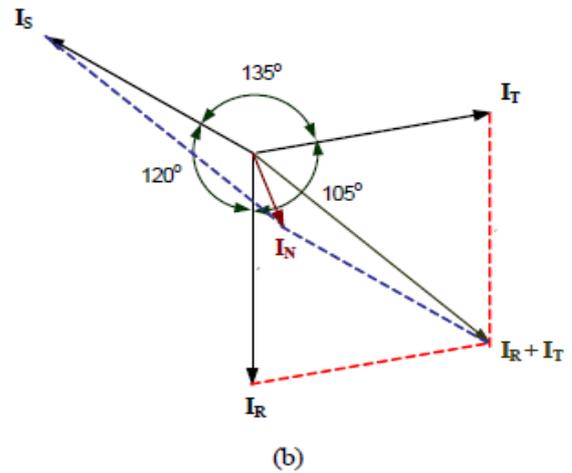
$(46,4 \text{ A} + 43,9 \text{ A} + 48,4 \text{ A})/3 = 46,23 \text{ A}$ , sehingga perbandingan untuk masing-masing fasa adalah:  $a = \frac{46,4}{46,23} = 1,004$ ;  $b = \frac{43,9}{46,23} = 0,95$ ;  $c = \frac{48,4}{46,23} = 1,05$ . Berdasarkan dari perhitungan tersebut nampak bahwa beban pada PHB tersebut mendekati seimbang, walaupun nilainya kecil.

Beban tidak seimbang pada sistem tenaga listrik 3 fasa disebabkan dari masing-masing fasa pembeban tidak dilakukan secara merata atau relatif sama. Berdasarkan standart PUIL beban setiap fasa seharusnya dibuat sama atau relatif sama (maksimum 5%). Beban listrik/peralatan listrik tidak semuanya menggunakan tegangan 3 fasa melainkan 1 fasa. Beban yang ering menggunakan beban 3 fasa biasanya berupa beban-beban yang menggunakan motor listrik dengan daya di atas 1,5 HP, sementara beban lampu penerangan, AC split, pemanas banyak menggunakan sistem 1 fasa. Berdasarkan hal ini perencanaan pembagian beban listrik harus dilakukan secara selektif untuk ruang-ruang yang menggunakan satu sistem PHB.

Bentuk vektor arus beban seimbang gambar diagram 4.10. Berdasarkan gambar vektor pada beban seimbang besarnya arus sama besar, demikian juga sudut fasanya, sehingga pada kawat N tidak ada arus yang mengalir (resultannya = 0). Beban tidak seimbang seperti pada gambar vektor 4.11, berdasarkan gambar vektor tersebut maka resultante  $I_R$ ,  $I_S$  dan  $I_T$  tidak sama dengan 0 dan berarti pada kawat N mengalir arus.



Gambar 5 Vektor arus pada beban seimbang



Gambar 6 Vektor Arus setiap fasa pada beban tidak seimbang

Hasil pengukuran di semua PHB yang ada di lingkungan Fakultas Teknik Unimed menunjukkan beban tidak seimbang, hal ini dapat dilihat pada arus setiap fasa dan di semua kawat netral ada arus mengalir. Selain itu drop tegangan pada fasa juga terjadi pada semua PHB yang ada digedung-gedung Fakultas Teknik Unimed. Arus netral terbesar terjadi pada PHB lantai I Fakultas Teknik dan drop tegangan terbesar terjadi pada PHB lantai 1 PKK. Drop tegangan pada masing-masing fasa menyebabkan tegangan fasa menjadi lebih rendah dari yang ditetapkan. berdasarkan peraturan yang ada besarnya dropm tegangan tidak boleh lebih dari 5% atau jika tegangan jaringan 225 V maka jatuh tegangan maksimum 5 Volt atau tegangan pada beban 220 V. Berdasarkan hasil pengukuran tegangan fasa pada PHB di gedung-gedung teknik adalah antara 190 V dan 225,48 V. Apabila tegangan listrik tidak diperbaiki, maka akan dapat merusak peralatan atau beban, karena tidak bekerja pada tegangan listrik sesuai yang dipersyaratkan, atau beban/ alat tidak dapat beroperasi.

Beban tidak seimbang pada setiap fasa juga mengakibatkan kerugian daya. Rugi daya disebabkan ada arus yang mengalir pada kawat netral dan kawat netral juga memiliki tahanan (resistansi). Hal ini sesuai dengan persamaan  $P = I^2R$  atau  $P = I \cdot V$ . Sebagai contoh pada PHB Teknik Elektro dengan data sebagai berikut: Arus netral = 8,6 A dan tegangan 11,83 V, maka

besarnya rugi daya=  $8,6A \times 11,83 V = 101,74 \text{ Watt}$

Parameter lain yang menjadi perhatian dalam pengukuran adalah besarnya faktor daya yang timbul. Besarnya ukuran faktor daya adalah 0-1. Faktor daya ini diakibatkan oleh beban-beban listrik yang sifatnya induktif kapasitif. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa ada PHB yang memiliki faktor daya (PF) kurang dari 0,8 (batas standart PUIL) yaitu pada mesin las PF setiap fasanya (0,01; 0,29 dan 0,55); PHB lantai 1 FT dengan PF (0,67; 0,99 dan 0,99); PHB lantai 1 PKK dengan PF (0,72; 0,66 dan 0,5) dan PHB Tata Rias/PTB dengan PF (0,66; 0,99 dan 0,96). Faktor daya yang kurang dari 0,8 akan menyebabkan daya reaktifnya menjadi besar dan daya aktif menjadi kecil hal ini sesuai dengan persamaan daya untuk arus bolak-balik;  $P = V \times I \times \cos \theta$ .

Faktor daya yang rendah perlu diperbaiki untuk meningkatkan efisiensi pemakaian daya listrik. Perbaikan faktor daya dilakukan dengan beberapa cara yaitu memilih peralatan/ beban yang memiliki faktor daya tinggi dan meningkatkan nilai kapasitansi beban dengan jalan memasang kapasitor pada beban. Besarnya penambahan kapasitor sesuai seberapa besar daya reaktif yang ada pada beban. Semakin besar daya reaktif semakin besar nilai kapasitan yang harus dipasang.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: (1) Beban listrik yang terpasang di gedung-gedung FT Unimed (7 PHB) sebagian besar menunjukkan tidak seimbang dalam pembagian beban setiap phasanya, (2) Pembagian beban listrik setiap phasa tidak seimbang menyebabkan drop tegangan pada tegangan phasa dan sudah melebihi dari standar yang diijinkan (5%), ada arus pada kawat netral, kerugian daya listrik, (3) Belum semua PHB memiliki arder (sistem grounding), sehingga mengurangi kinerja sistem tenaga listrik dan berkurangnya faktor keamanan sistem tenaga listrik, (4) Faktor daya beban listrik masih

ada yang di bawah standar (standar PUIL minimal 0,8), faktor daya rendah menyebabkan efisiensi daya menjadi rendah, daya reaktif menjadi besar sehingga tegangan harmonik menjadi besar.

Beberapa saran yang perlu diperhatikan antara lain: (1) Perencanaan ulang pembagian beban pada setiap phasa pada setiap PHB yang ada di gedung FT UNIMED, untuk pemerataan pembagian beban listrik setiap phasanya pada masing-masing PHB yang ada, dan (2) Pemasangan grounding pada setiap PHB yang ada di gedung-gedung FT Unimed, (3) Perbaikan faktor daya pada phasa yang memiliki faktor daya kurang dari 0,8 dengan cara memasang kapasitor (bank kapasitor)

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir.2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik* .Jakarta: UIP
- Cisca, Lee Cherff, Muslimin Marapung. 1983. *Rangkaian Listrik*. Armico. Bandung
- Edminister, A.Joseph. 1984. *Rangkain listrik*. Erlangga. Jakarta
- Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, Yanuar Isnanto. 2006. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi. *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 6, No. 1, Maret 2006: 68 - 73
- PLN buku II. 2010. *Standar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan
- Tejo Sukmadi, Bambang Winardi . 2009. Perhitungan Dan Analisis Keseimbangan Beban Pada Sistem Distribusi 20 Kv Terhadap Rugi-Rugi Daya (Studi Kasus Pada Pt. Pln Upj Slawi). *Transmisi, Jurnal Teknik Elektro, Jilid 11, Nomor 1, Maret 2009, hlm. 47-52*
- Yoakim Simamora, Panusur S.M.L. Tobing. 2014. Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah. *Singuda Ensikom . VOL. 7 NO. 3/ Juni 2014*