

## IDENTIFIKASI KUALITAS DAYA LISTRIK GEDUNG UNIVERSITAS PGRI SEMARANG

Adhi Kusmanto<sup>1</sup> Agus Nuwolo<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Semarang  
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang

<sup>1</sup>Email : [adhitekNIK@gmail.com](mailto:adhitekNIK@gmail.com)

<sup>2</sup>Email : [agusnuwolo150461@gmail.com](mailto:agusnuwolo150461@gmail.com)

### Abstrak

*Sumber tenaga listrik pada gedung pusat (GP) Universitas PGRI Semarang diperoleh dari trafo distribusi dengan kapasitas 400 KVA, sedangkan pada gedung utama (GU) mempunyai kapasitas 160 KVA. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi besaran listrik yang meliputi arus, tegangan, faktor daya, daya listrik dan distorsi harmonisa (THD). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Populasi dalam penelitian ini adalah gedung pusat (GP) dan gedung utama (GU) Universitas PGRI Semarang. Teknik pengumpulan data menggunakan instrumen alat ukur power analyzer. Berdasarkan hasil penelitian terdapat beberapa masalah yaitu faktor daya yang masih rendah, ketidakseimbangan tegangan (unbalanced voltage) dan tegangan naik (over voltage), pembagian beban yang tidak seimbang, dan harmonisa dalam jaringan listrik cukup besar. Persentase total distorsi harmonisa (%THD) gedung pusat adalah 67,9 dan gedung utama 76,3. Dalam penelitian ini penyelesaian masalah ditekankan dalam masalah faktor daya dan harmonisa, sedangkan masalah over voltage dan unbalanced voltage diatasi dengan pengecekan tegangan pada trafo tenaga atau dengan memasang UPS pada panel LVMDP. Analisa menggunakan simulasi Power Simulator 9.2.1, dengan menaikkan faktor daya pada gedung pusat menjadi satu maka terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW dan kenaikan daya beban sebesar 16,28%. Untuk perbaikan faktor daya gedung utama menghasilkan penghematan pemakaian daya aktif sebesar 10,13 KW dan kenaikan daya beban sebesar 12,35%.*

**Kata Kunci :** Harmonisa, Beban Tidak Linier, Kualitas Daya Listrik

### 1. PENDAHULUAN

Penggunaan beban-beban listrik saat ini memang dirasakan jauh lebih banyak dan dengan permasalahan yang juga banyak jika dibandingkan dengan penggunaan beban listrik pada waktu dahulu. Jenis beban listrik yang digunakan pada saat sekarang dapat berupa beban linier dan beban tidak linier yang banyak digunakan baik dalam rumah tangga, perkantoran, dan industri. Akibat penggunaan berbagai macam beban berpengaruh terhadap jaringan sistem tenaga listrik terutama masalah kualitas daya listrik.

Monitoring kualitas daya listrik pada suatu gedung adalah memantau kualitas daya listrik melalui suatu proses pengambilan data tentang variabel atau besaran listrik yaitu tegangan, arus, faktor daya, daya nyata, daya semu, daya reaktif, dan harmonisa listrik. Dari data tersebut kemudian dilakukan proses analisa data dan mengambil kesimpulan hasil pengolahan data untuk memberikan informasi tentang semua variabel tersebut. Setelah kesimpulan telah diperoleh maka dapat diambil tindakan untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas daya tersebut. Tujuan dari monitoring kualitas daya listrik adalah

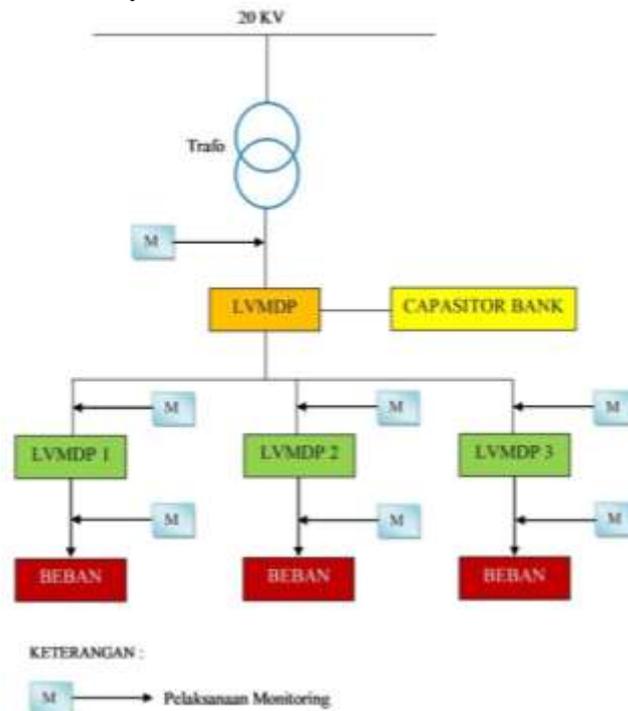
- Untuk mengetahui kinerja sistem tenaga listrik.
- Predictive maintenance*.
- Memberikan pelayanan kualitas daya listrik yang optimal.
- Memberikan informasi khusus.

Beberapa masalah kualitas daya listrik yang berhubungan dengan peralatan yang terpasang pada jaringan tenaga listrik yaitu

- Permasalahan yang bersifat umum, misalnya kegagalan peralatan, kesalahan fungsi dari sistem pengaturan dan peralatan yang digunakan.
- Karakteristik dari peralatan yang digunakan peka terhadap perubahan variabel sumber tenaga listrik.
- Munculnya masalah kegagalan operasi peralatan dalam waktu yang sama.
- Kondisi peralatan yang terpasang dalam jaringan tenaga listrik.

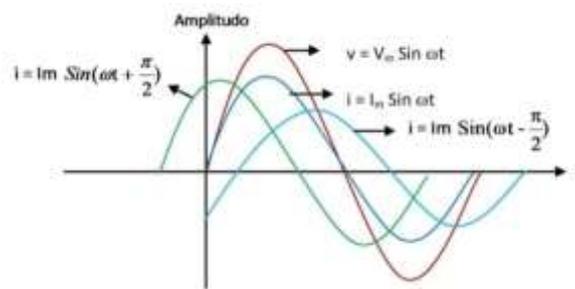
- e. Peralatan yang memberikan perubahan variabel kualitas daya listrik, misalnya starting motor listrik, switching kapasitor, inverter, soft starter, rectifier, dan peralatan yang menghasilkan busur api.

Hasil monitoring kualitas daya dapat memberikan informasi atau menggambarkan secara keseluruhan karakteristik sumber tenaga listrik yang diberikan kepada konsumen. Sebagai contoh monitoring yang dilakukan pada semua lokasi diperlihatkan pada gambar 1.1. Untuk mengambil data dapat dilakukan pada beberapa titik lokasi tertentu yang dianggap dapat mewakili semua sistem tenaga listrik (Kualitas Daya, USU).

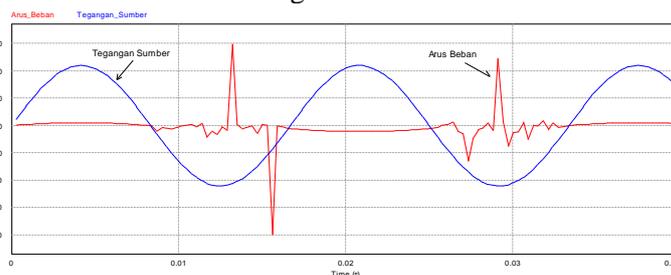


Gambar 1.1 Monitoring keseluruhan.

Dalam arus bolak-balik terdapat tiga jenis beban yaitu beban resistif, beban induktif, dan beban kapasitif. Pada beban resistif murni tegangan dan arus mempunyai fasa yang sama (sefasa), sedangkan pada beban induktif menyebabkan arus tertinggal terhadap tegangan dengan sudut  $90^\circ$ . Penggunaan beban kapasitif mengakibatkan arus mendahului tegangan sebesar  $90^\circ$ . (Tim Fakultas Teknik UNY, 2001).



Gambar 1.2 Tiga macam beban listrik



Gambar 1.3 Bentuk gelombang beban tidak linier

Bentuk gelombang beban tidak linier merupakan gabungan dari bentuk gelombang fundamental dan gelombang yang mengandung sejumlah komponen harmonisa. Harmonisa tegangan atau arus dapat dihitung menggunakan deret fourier dan biasanya dinyatakan dengan besarnya distorsi harmonisa THD (*Total Harmonic Distortion*) dengan persamaan di bawah ini (Harmonisa, USU) :

$$v(t) = V_0 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cos(n\omega t + \theta_n) \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

$$i(t) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(n\omega t + \theta_n) \quad \dots\dots\dots(1.2)$$

$V_0$  adalah komponen *dc* dari gelombang tegangan (V) dan  $I_0$  merupakan arus *dc* (A). Tegangan dan arus *rms* dari gelombang sinusoidal adalah nilai puncak gelombang dibagi  $\sqrt{2}$  sehingga deret *fourier* untuk tegangan dan arus yaitu

$$V_{rms} = V_0^2 + \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{V_n}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad \dots\dots\dots(1.3)$$

$$I_{rms} = I_0^2 + \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{I_n}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad \dots\dots\dots(1.4)$$

THD tegangan dan THD arus didefinisikan sebagai nilai rms harmonisa di atas frekuensi fundamental dibagi dengan nilai rms fundamentalnya dan tegangan *dc*-nya diabaikan. Persamaan THD tegangan dinyatakan dengan persamaan di bawah ini :

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (V_{rms})^2}}{V_{1rms}} \quad \dots\dots\dots(1.5)$$

Dengan mengabaikan tegangan *dc* ( $V_0$ ) dan nilai  $V_{rms}$  diganti dengan  $V_n/\sqrt{2}$  pada persamaan (1.5), sehingga THD tegangan dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{V_n}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{V_1}{\sqrt{2}}} \quad \dots\dots\dots(1.6)$$

Sedangkan persamaan untuk THD arus dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (I_{rms})^2}}{I_{1rms}} \quad \dots\dots\dots(1.7)$$

Dengan mengabaikan arus *dc*  $I_0$  dan nilai  $I_{rms}$  digantikan dengan  $I_n/\sqrt{2}$  pada Persamaan (1.7) sehingga THD arus dapat dinyatakan dalam persamaan di bawah ini :

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{I_n}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{I_1}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (I_n)^2}}{I_1} \quad \dots\dots\dots(1.8)$$

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif. Kebutuhan masyarakat akan pemakaian sumber tenaga listrik pada saat sekarang mengalami peningkatan, sehingga penelitian ini mengangkat suatu permasalahan sumber tenaga listrik khususnya tentang kualitas daya listrik.

### 2.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah gedung pusat (GP) dan gedung utama (GU) Universitas PGRI Semarang. Sampel pada gedung pusat diambil pada panel listrik lantai basement sampai dengan

lantai tujuh. Sedangkan sampel pada gedung Utama diambil pada panel listrik lantai dua sampai dengan lantai lima.

### 2.3 Metode Pengambilan Sampel

Karena sampel pada gedung pusat dan gedung utama jumlahnya tidak terlalu banyak maka pengambilan data sampel dilakukan dengan pengukuran pada semua panel listrik.

### 2.4 Instrumen Penelitian

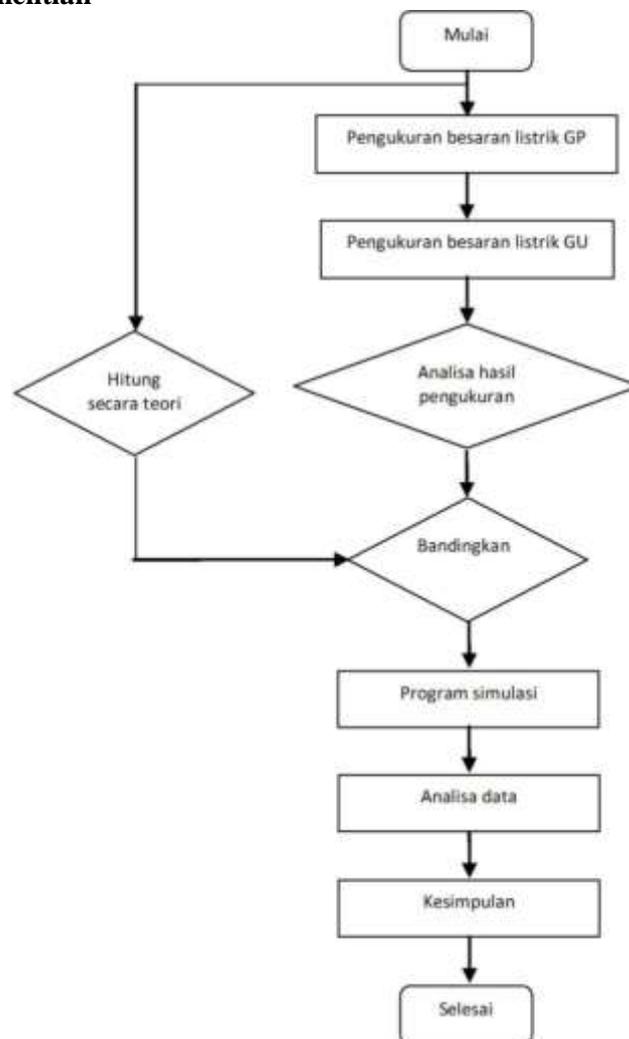
Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel atau besaran listrik yang meliputi :

- Amplitudo tegangan
- Keseimbangan tegangan dan arus antar fasa
- Faktor daya
- Harmonisa listrik
- Daya aktif, daya reaktif

### 2.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data menggunakan instrumen alat ukur power analyzer. Alat ukur tersebut dapat difungsikan sebagai volt meter, ampere meter, frekuensi meter, cos phi meter, watt meter, dan spektrum analyzer.

### 2.6 Rancangan Penelitian



Gambar 2.1. Algoritma penelitian

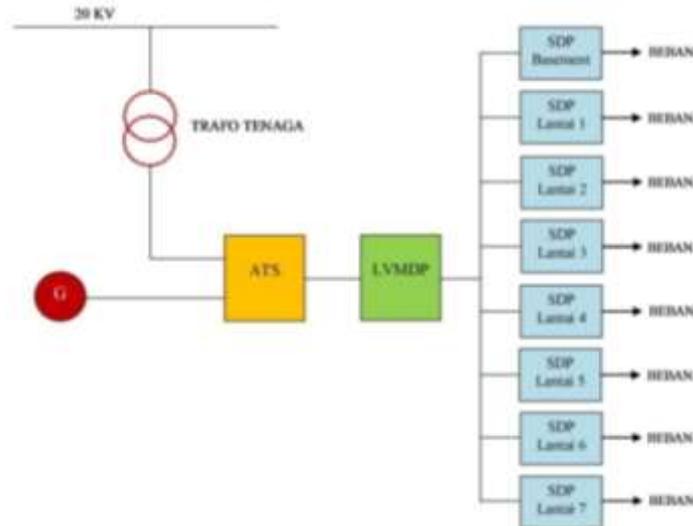
Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini dengan tahapan sebagai berikut :

- Tahap persiapan
- Tahap pelaksanaan
  - Pengambilan data awal dengan mengukur variabel besaran listrik pada gedung pusat dan gedung utama.
  - Analisa data pada gedung pusat.

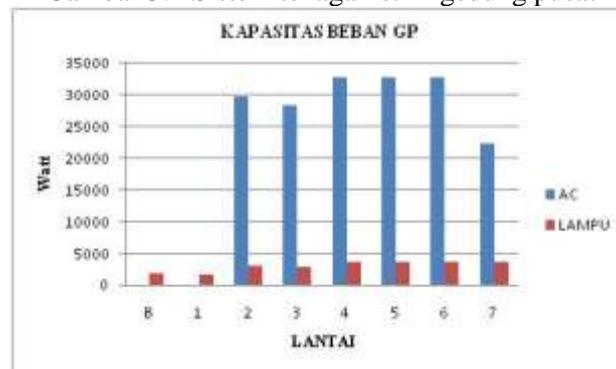
- Pengambilan data kedua dengan mengukur variabel besaran listrik pada gedung pusat dan gedung utama.
  - Analisa data pada gedung utama.
  - Analisa data dengan program simulasi Psim 9.1
- c. Tahap pembuatan laporan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

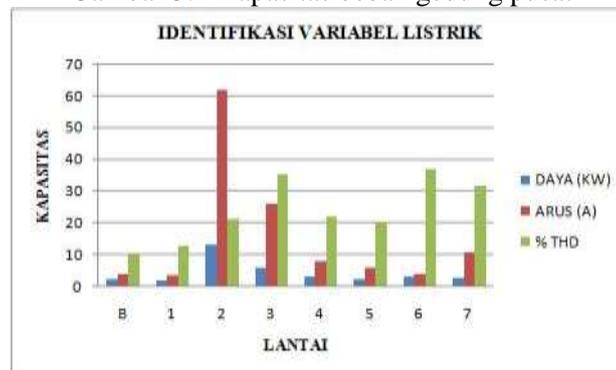
Sistem tenaga listrik gedung pusat Universitas PGRI Semarang berasal dari sumber PLN pada jaringan distribusi 20 KV yang diturunkan tegangannya oleh trafo tenaga menjadi 380/ 220 V dan generator kapasitas 500 KVA yang bekerjanya diatur oleh panel ATS. Sistem tenaga listrik pada gedung pusat Universitas PGRI Semarang belum menggunakan panel kapasitor bank yang berfungsi untuk memperbaiki faktor daya pada sumber listrik.



Gambar 3.1 Sistem tenaga listrik gedung pusat

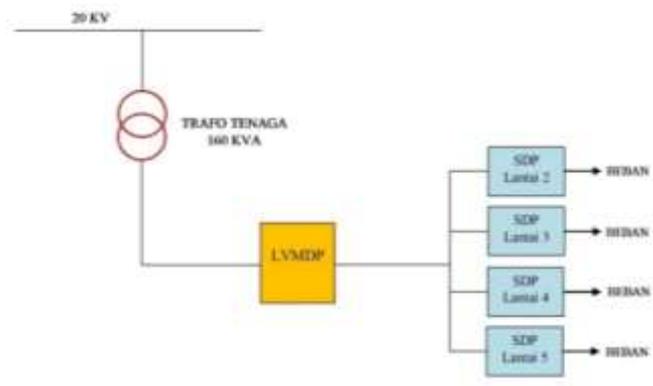


Gambar 3.2 Kapasitas beban gedung pusat

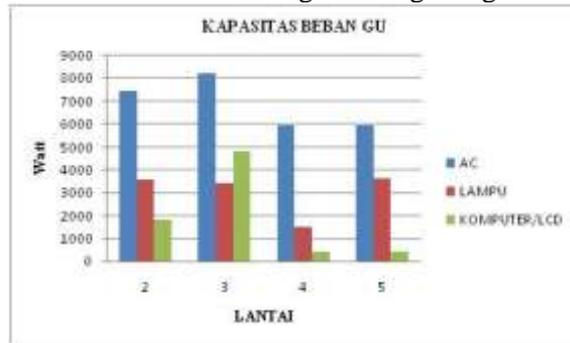


Gambar 3.3 Identifikasi gedung pusat

Sistem tenaga listrik gedung utama menggunakan trafo tenaga dengan kapasitas 160 KVA untuk menurunkan tegangan menjadi 380/ 220 V. Panel utama LVMDP berada di lantai 2 menggunakan MCCB sebagai pengaman arus lebih atau hubung singkat dengan kapasitas 225 A.



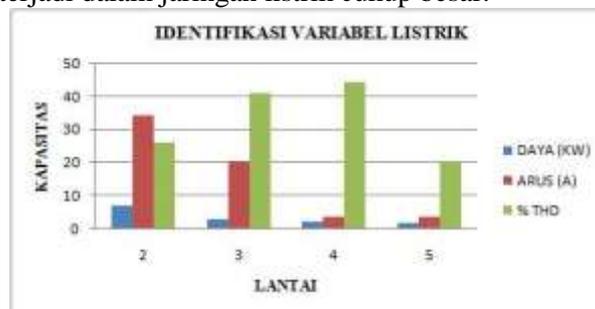
Gambar 3.4 Sistem tenaga listrik gedung utama



Gambar 3.5 Kapasitas beban gedung utama

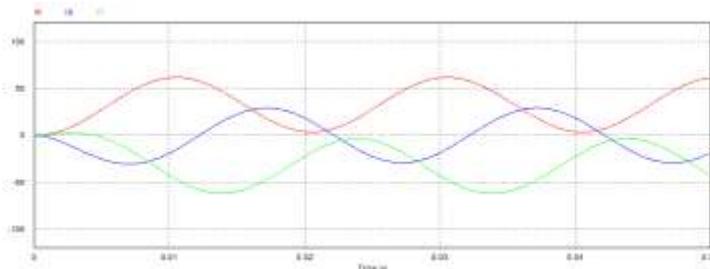
Berdasarkan hasil identifikasi variabel listrik yang dilakukan terdapat beberapa masalah yaitu :

- Faktor daya dalam jaringan listrik masih rendah.
- Ketidaseimbangan tegangan (*unbalanced voltage*) dan tegangan naik (*over voltage*).
- Pembagian beban yang tidak sama setiap fasanya sehingga arus beban tidak seimbang.
- Harmonisa yang terjadi dalam jaringan listrik cukup besar.

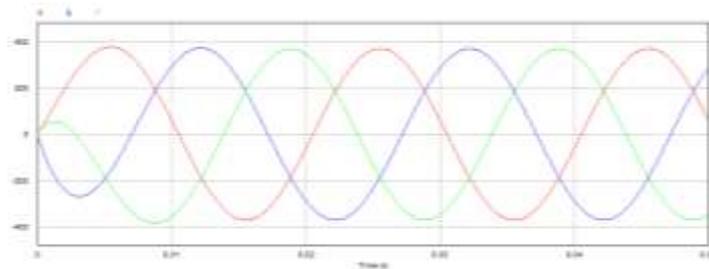


Gambar 3.6 Identifikasi gedung utama

Pada saat beban tidak seimbang menyebabkan faktor daya menjadi rendah. Dengan menaikkan faktor daya dapat menyebabkan tegangan beban menjadi stabil pada tegangan 380 V. Demikian juga arus beban juga tidak mengalami perubahan bentuk gelombang, walaupun beban yang digunakan adalah beban tidak linier.



Gambar 3.7 Arus pada faktor daya satu



Gambar 3.8 Tegangan pada faktor daya satu

Dengan menaikkan faktor daya pada gedung pusat menjadi satu maka terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 16,28%. Untuk perbaikan faktor daya gedung utama dari faktor daya 0,89 menjadi satu menghasilkan penghematan pemakaian daya aktif sebesar 10,13 KW dan terjadi kenaikan daya untuk beban sebesar 12,35%. Untuk mengatasi harmonisa digunakan *detuned reactor* yang berfungsi sebagai filter harmonisa yang biasanya terpasang di dalam panel kapasitor bank.

#### 4. KESIMPULAN

- Dari hasil penelitian terhadap variabel atau besaran listrik yang dilakukan di gedung pusat dan gedung utama Universitas PGRI Semarang terdapat beberapa masalah yaitu faktor daya yang masih rendah, ketidakseimbangan tegangan (*unbalanced voltage*) dan tegangan naik (*over voltage*), pembagian beban yang tidak sama setiap fasanya sehingga arus beban tidak seimbang, dan harmonisa yang terjadi dalam jaringan listrik cukup besar.
- Dari hasil rancangan simulasi memperlihatkan dengan menaikkan faktor daya, daya reaktif menjadi rendah, dan terjadi penghematan pemakaian daya aktif sebesar 48,3 KW (GP) dan 10,13 (GU). Selain itu bentuk gelombang arus dan tegangan beban tidak mengalami perubahan.
- Untuk mengatasi masalah *over voltage* dan *unbalanced voltage* diatasi dengan pengecekan tegangan pada trafo tenaga atau dengan memasang UPS pada panel LVMDP.
- Perawatan secara rutin panel listrik dan pengecekan kabel listrik seluruh gedung Universitas PGRI Semarang untuk menghindari terjadinya bahaya kebakaran akibat hubung singkat dan pemanasan lebih pada penghantar.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ansil, Kualitas Daya. Teknik Elektro FT UNP.  
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/34237/4/chapter%20II.pdf> (Kualitas Daya, USU).  
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/41975/4/Chapter%20II.pdf> (Harmonisa, USU).  
 Hayat, William H, Kemmerly, Jack E, Pantur Silaban PhD, Rangkaian Listrik jilid I, Erlangga, Jakarta 1982.  
 Hayat, William H, Kemmerly, Jack E, Pantur Silaban PhD, Rangkaian Listrik jilid II, Erlangga, Jakarta 1982.  
 J. Arrillaga, D. A. Bradley, P. S. Bodger, Power System Harmonics, John Wiley & Sons, 1985  
 Kadir, Abdul. Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta : 2000.  
 Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT.PLN, Teori Dasar Listrik, 2005.  
 Pusat Pendidikan dan Pelatihan PT.PLN, Teknik Listrik Terapan , 2005.  
 Roger C Dugan, M.F.Mc Granaghan, and H.W.Beaty, Electrical Power System Quality, New York : Mc.Graw-Hill, 1996.  
 Schneider Electric, Power Factor Corection, Panel Builder, 2011.  
 Standard IEEE 519-1995, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, International Electronic and Engineering, USA, 1995.  
 Tim Fakultas Teknik UNY, Rangkaian Arus Bolak-Balik, Departemen Pendidikan Nasional, 2001.  
 Theraja, Fundamental of Electrical Enginering and Electronics, S Chand & Co (PUT) LTD, New Delhi, 1976.  
 Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Edisi Kelima, Penerbit Gramedia, Jakarta, 1995.