

Bidang: Teknik Elektro, Lisrik dan Otomasi

Topik: Teknologi Transmisi Distribusi dan Proteksi
Listrik

Pengurangan Rugi-Rugi Daya Listrik Akibat Beban Tak Linier Menggunakan Tapis Di Kampus Politeknik ATK Yogyakarta

Suharyanto
Politeknik ATK Yogyakarta
Haryantoatk674@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pengurangan rugi-rugi daya listrik akibat beban tak linier menggunakan tapis di KAMPUS POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA, untuk menganalisa rugi daya listrik akibat harmonik dan bagaimana cara mereduksi rugi-rugi akibat harmonik tersebut. Penelitian dilakukan dengan cara pengambilan data jaringan dan data-data peralatan listrik yang dimiliki oleh kampus, kemudian dilakukan simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak ETAP 4.0 dan selanjutnya mendisain filter untuk mereduksi rugi-rugi akibat harmonik tersebut. Hasil penelitian meunjukkan bahwa pemasangan filter bypass untuk harmonik ke-11 dan ke-13 pada Bus Panel Utama beban tanpa menggunakan kapasitor bank terbukti dapat mengurangi THD (Total Harmonic Distortion), untuk tegangan dari 23,36 % menjadi 4,66 % dengan persentase penurunan 18,70 % dan untuk arus dari 15,21 % menjadi 6,00 % dengan persen penurunan 9,21 %. Komponen-komponen filter bypass yang dibutuhkan untuk mereduksi nilai harmonik pada jaringan distribusi di Kampus Politeknik ATK Yogyakarta adalah sebesar $X_c = 10,86 \Omega$; $X_{L11} = 0,089 \Omega$; $X_{L13} = 0,064 \Omega$; $R = 2,070 \Omega$ sedangkan Pemasangan filter bypass disamping mengurangi THD juga menyumbang KVAR dalam frekuensi dasar, sehingga dapat memperbaiki faktor daya beban tak linier dan kualitas daya yang disalurkan akan lebih baik.

Kata Kunci : rugi daya listrik, harmonik, filter harmonik, faktor daya.

ABSTRACT

A study has been conducted on the reduction of electrical power losses due to nonlinear loads using filters at CAMPUS OF THE ATK POLYTECHNIC YOGYAKARTA, to analyze electrical power losses due to harmonics and how to reduce losses due to harmonics. The research was carried out by collecting network data and electrical equipment data owned by the Head of Police, then simulations were carried out using the help of ETAP 4.0 software and then designing filters to reduce losses due to the harmonics. The results of the study showed that the installation of bypass filters for the 11th and 13th harmonics on the Main Panel Bus load without the use of bank capacitors was proven to reduce THD (Total Harmonic Distortion), for voltage from 23.36% to 4.66% with a percentage decrease of 18.70% and for current from 15.21% to 6.00% with a percent decrease of 9.21%. The bypass filter components needed to reduce the harmonic value in the distribution network at Campus of the ATK Yogyakarta Polytechnic are $X_c = 10.86 \Omega$; $X_{L11} = 0.089 \Omega$; $X_{L13} = 0.064 \Omega$; $R = 2.070 \Omega$ while the installation of a bypass filter in addition to reducing THD also contributes to the KVAR in the basic frequency, so that it can improve the non-linear load power factor and the quality of the power distributed will be better.

Keywords: electrical power loss, harmonics, harmonic filters, power factors

PENDAHULUAN

Sumber daya listrik yang handal merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan oleh suatu perusahaan atau Lembaga. Daya listrik digunakan untuk mengoperasikan berbagai macam peralatan listrik yang terdapat di suatu perusahaan / Lembaga tersebut. Politeknik ATK Yogyakarta adalah sebuah Lembaga Perguruan tinggi

dibawah kementerian Perindustrian yang menyelenggarakan pendidikan Vokasi dengan Program Studi Teknologi Pengolahan kulit, Penyamakan Kulit dan Teknonologi Pengolahan Karet dan Plastik. Berbagai mesin dengan skala industri yang ada di laboratorium dan Workshop menjadi masalah utama kehandalan sistem tenaga listrik. Terutama karena semua beban listrik yang ada pada permesinan adalah beban tak linier sehingga menimbulkan rugi daya karena harmonik yang cukup tinggi. Harmonik adalah komponen bentuk gelombang yang berada dalam kelipatan frekuensi fundamental, ini terutama dihasilkan karena sifat non-linier dari perangkat switching yang digunakan [1]. Drop tegangan dapat dikompensasi menggunakan kapasitor bank dengan daya yang tepat. Selain itu, distorsi tegangan dapat dikontrol sesuai pedoman IEEE Std. 519 menggunakan filter harmonik pasif yang sesuai dengan harmonik karakteristik beban penggerak motor[2] . Filter harmonik pasif dapat memberikan solusi ekonomis dengan mengurangi distorsi harmonik dengan catu daya reaktif yang tepat [3].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang aplikasi filter harmonik serta memverifikasi rugi rugi daya listrik yang terjadi di kampus Politeknik ATK Yogyakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian evaluatif dengan menggunakan metode penelitian *operation research*, dan eksperimen dengan penjelasan berupa deskriptif. Peneliti akan mengambil data yang ada dilapangan baik pengukuran maupun kalkulasi analisis simulasi pada program ETAP 4.0.0. Program akan memberikan hasil perhitungan terkait dengan aliran daya sehingga peneliti dengan mudah mengetahui berapa besar rugi rugi daya listrik akibat arus harmonik, desain filter apa yang cocok untuk menekan rugi -rugi daya tersebut serta berapa besar masing masing komponen dalam filter tersebut. Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 bertempat di Kampus Politeknik ATK Yogyakarta.

Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Observasi
Observasi dilakukan di kampus Politeknik ATK Yogyakarta. Dalam observasi ini diperoleh data generator, data transformator, data bus, data sistem pengamanan, data beban, dan data motor listrik yang terdapat di Kampus Politeknik ATK Yogyakarta.
2. Studi pustaka
Studi pustaka yaitu informasi yang diperoleh dengan cara membaca, mencatat sistematis yang berkaitan dengan perhitungan aliran daya yang diperoleh dari beberapa jurnal.
3. Eksperimen
Eksperimen ini menggunakan perangkat lunak (*software*) ETAP powerstation 4.0.0 dalam menganalisis aliran daya. Data masukan diperoleh dari hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti.
4. Analisis
Menganalisis dan membahas data-data yang di dapat dari hasil penelitian. Analisis data dilakukan dengan metode perhitungan aliran daya yang terdapat dalam *software* ETAP powerstation 4.0.0.

Untuk metode analisis aliran daya, data-data yang telah diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan *software* ETAP power station 4.0.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Klasifikasi Jaringan

Berikut ini adalah klasifikasi jaringan kelistrikan di Kampus Politeknik ATK Yogyakarta yaitu :

1. Menggunakan satu sumber tenaga listrik utama yaitu dari PLN, sedangkan Gen.set sebagai sumber tenaga listrik cadangan dan hanya digunakan jika terjadi pemadaman listrik dari PLN.
2. Mempunyai dua *swing bus* (bus referensi)
3. Mempunyai empat *load bus* (bus beban)
4. Beban yang digunakan ada dua jenis yaitu beban statis (*static load*) dan beban dinamis atau motor (*dynamic load*).

B. Hasil Analisis Aliran Daya Menggunakan *Software* ETAP Power Station 4.0 adalah sebagai berikut :

1. Tanpa filter, tanpa pemasangan kapasitor bank

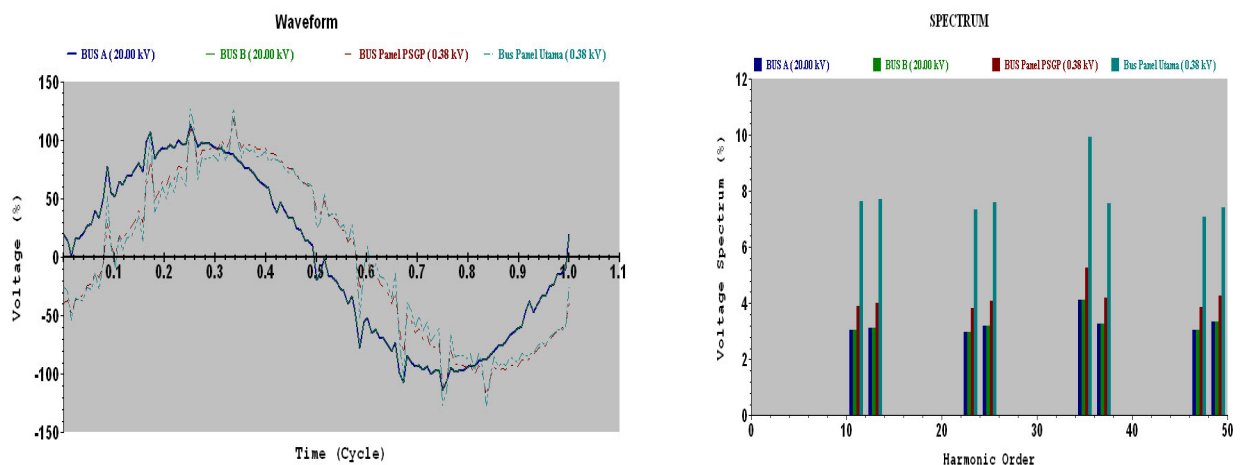
Tabel 1. Total Data Daya, Tegangan, Arus dan Faktor Daya keseluruhan sebelum filter tanpa pemasangan

Kapasitor Bank

Bus	Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Aliran Daya Total			Faktor Daya Total (%)
			(Kw)	(Kva)	(Kvar)	
Bus A PLN	20.000	4	112	130	66,6	85,90
Bus B PLN	20.000	4	112	130	66,6	85,90
Bus Panel PSGP	380	198	112	130	66,5	86,00
Bus Kapasitor Bank	380	198	112	130	66,5	86,00
Bus Panel Utama	380	198	107	123	60,9	86,90
Panel Daya Mekanikal	380	183	100	115	56,7	87,00
Panel Utility Building	380	14	7,67	9	4,7	85,20

Table 2. Total Harmonic Distortion Voltage (THD_V) dan Total Harmonic Distortion Current (THD_I) pada masing-masing Bus sebelum filter tanpa pemasangan Kapasitor Bank

Bus	THD _V (%)	THD _I (%)
Bus A PLN	9,29	18,00
Bus B PLN	9,29	17,13
Bus Panel PSGP	11,93	14,95
Bus Kapasitor Bank	11,93	14,95
Bus Panel Utama	23,36	15,21
Panel Daya Mekanikal	23,36	15,21
Panel Utility Building	23,36	15,21



Gambar 1. Gelombang dan spektrum harmonik pada Bus A PLN, Bus B PLN, Bus Panel PSGP dan Bus Panel Utama beban sebelum filter tanpa pemasangan Kapasitor Bank

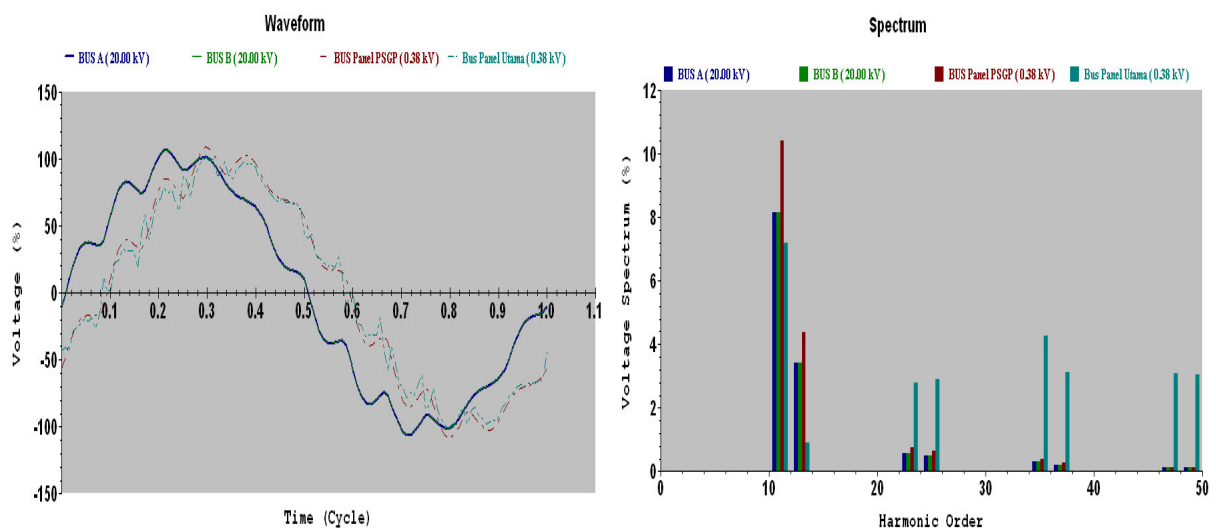
2. Setelah pemasangan kapasitor bank

Tabel 3. Data Daya, Tegangan, Arus dan Faktor Daya keseluruhan sebelum filter dengan pemasangan Kapasitor Bank

Bus	Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Aliran Daya Total			Faktor daya Total (%)
			(Kw)	(Kva)	(Kvar)	
Bus A PLN	20.000	3	112	114	22,1	98,10
Bus B PLN	20.000	3	112	114	22,1	98,10
Bus Panel PSGP	380	174,03	112	114	21,5	98,20
Bus Kapasitor Bank	380	198,60	112	130	66,3	86,00
Bus Panel Utama	380	198,56	107	124	63,3	86,00
Panel Daya Mekanikal	380	184,43	100	115	56,7	87,00
Panel Utility Bulding	380	14	7,67	9	4,7	85,20

Tabel 4. Total Harmonic Distortion Voltage (THD_V) dan Total Harmonic Distortion Current (THD_I) pada masing-masing Bus sebelum filter dengan pemasangan Kapasitor Bank

Bus	THD _V (%)	THD _I (%)
Bus A PLN	8,86	35,02
Bus B PLN	8,86	35,02
Bus Panel PSGP	11,34	35,02
Bus Kapasitor Bank	11,34	15,18
Bus Panel Utama	11,29	15,18
Panel Daya Mekanikal	11,29	15,18
Panel Utility Building	11,29	15,18



Gambar 3. Gelombang dan spektrum harmonik pada Bus A PLN, Bus B PLN, Bus Panel PSGP dan Bus Panel Utama Beban sebelum filter dengan pemasangan Kapasitor Bank

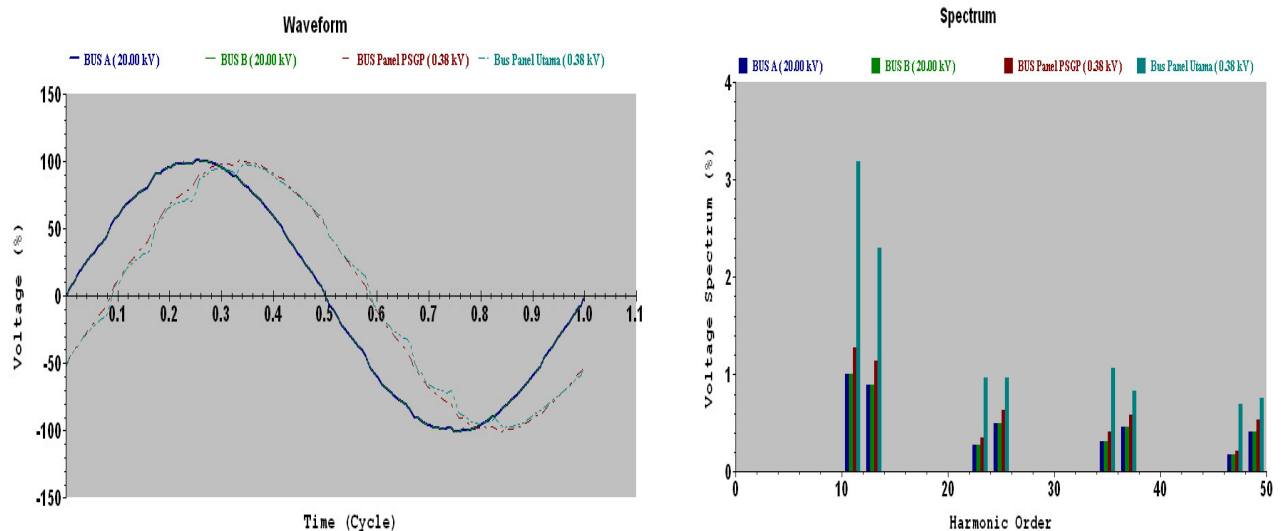
3. Setelah pemasangan filter bypass tanpa kapasitor bank.

Tabel 5. Total data daya, taegangan, arus dan faktor daya keseluruhan setelah pemasangan filter *bypass* tanpa kapasitor bank

Bus	THD _V (%)	THD _I (%)
Bus A PLN	1,62	4,63
Bus B PLN	1,62	4,63
Bus Panel PSGP	2,08	6,00
Bus Kapasitor Bank	2,08	6,00
Bus Panel Utama	4,66	6,00
Panel Daya	4,66	6,00
Mekanikal		
Panel Utility Building	4,66	6,00

Tabel 6. Total Harmonic Distortion Voltage (THD_V) dan Total Harmonic Distortion Current (THD_I) pada masing-masing Bus setelah pemasangan filter *bypass* tanpa Kapasitor Bank

Bus	Tegangan V (volt)	Arus I (Ampere)	Aliran Daya Total			Faktor daya Total (%)
			(Kw)	(Kva)	(Kvar)	
Bus A PLN	20.000	3	124	125	15,8	99,2
Bus B PLN	20.000	3	124	125	15,8	99,2
Bus Panel PSGP	380	190	124	125	15,8	99,2
Bus Kapasitor Bank	380	190	124	125	15,8	99,2
Bus Panel Utama	380	214	140	141	17,8	99,2
Panel Daya						
Mekanikal	380	186	103	118	58,2	87,0
Panel Utility Building	380	14	7,67	9	4,7	85,2



Gambar 5. Gelombang dan spektrum harmonik pada Bus A PLN, Bus B PLN, Bus Panel PSGP dan Bus Panel Utama Beban setelah pemasangan filter *bypass* tanpa kapasitor bank

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan sebelumnya mengenai reduksi nilai harmonik pada jaringan distribusi listrik di Kampus Politeknik ATK Yogyakarta, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pemasangan filter *bypass* untuk harmonik ke-11 dan ke-13 pada Bus Panel Utama beban tanpa menggunakan kapasitor bank terbukti dapat mengurangi THD (*Total Harmonic Distortion*), untuk tegangan dari 23,36 % menjadi 4,66 % dengan persentase penurunan 18,70 % dan untuk arus dari 15,21 % menjadi 6,00 % dengan persen penurunan 9,21 %. Komponen-komponen filter *bypass* yang dibutuhkan untuk mereduksi nilai harmonik pada jaringan distribusi Listrik Kampus Politeknik AYK Yogyakarta masing masing nilainya adalah $Q_c = 39,9 \text{ KVAR}$, $X_c = 10,86 \Omega$, $X_{L11} = 0,089 \Omega$, $X_{L13} = 0,064 \Omega$, $R = 2,070 \Omega$. Pemasangan filter *bypass* disamping mengurangi THD juga menyumbang KVAR dalam frekuensi dasar, sehingga dapat memperbaiki faktor daya beban tak linier dan kualitas daya yang disalurkan akan semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. S. Sanjan *et al.*, "Enhancement of power quality in domestic loads using harmonic filters," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 197730–197744, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3034734.
- [2] M. Kashif *et al.*, "A Fast Time-Domain Current Harmonic Extraction Algorithm for Power Quality Improvement Using Three-Phase Active Power Filter," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 103539–103549, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2999088.
- [3] B. Park, J. Lee, H. Yoo, and G. Jang, "Harmonic mitigation using passive harmonic filters: Case study in a steel mill power system," *Energies*, vol. 14, no. 8, 2021, doi: 10.3390/en14082278.
- [4] Arrillaga, J, D.A Bradley & P.S Bodger. "Power System Harmonics ", John Wiley & Sons, Interscience Publication, ISBN 0-471-90640-9
- [5] Grady, Prof. Mack, 2006, "Understanding Power System Harmonics" Department. Of Electrical & Computer Engineering, www.ece.utexas.edu/~grady University of Texas at Austin, USA.
- [6] "Harmonic Analysis and Power Factor Correction Evaluation" www.electrotek.com, Electrotek Concepts, Inc. Knoxville, TN