

UPAYA PENINGKATAN KUALITAS DAYA DAN PENURUNAN HARMONISA PERALATAN LISTRIK DI WOKSHOP / LABORATORIUM

I Made Aryasa Wiryawan ¹⁾, Djoko Suhantono ²⁾, I Gusti Ketut Abasana ³⁾ dan Kasiani ⁴⁾

¹⁾Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

²⁾Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

³⁾Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali

⁴⁾Administrasi Niaga, Politeknik Negeri Bali

E-mail: made_aryasawiryawan@yahoo.co.id

Abstract

The quality of electricity supply is very important in every power grid, especially for electricity customers. About the quality of this power, many questions are asked by customers, among others, whether the equipment used for 6 months has decreased its power quality, washing machines, refrigerators, electric drills, and others experience waste and increase costs after being used for a long time. The technicians have not can provide certainty because they only can repair electrical equipment. As a researcher, I strive to help technicians with studies of power quality and cost as a guide/guide if at any time there are questions from customers. Through the measurement method with the Power Quality Analyzer tool and the calculation of 5 (five) pieces of equipment before being filtered, the power factor value of the fan is 0.879, the electric drill is 0.76. The results of the Total Harmonic Distortion (THD) currents are that the fan is 8.77%, the grinder is 10.56% and the electric drill is 27.37%. In connection with these three categories of tools that are not qualified according to IEEE standards, the efforts made are to install filters. The results obtained by the power factor of the fan and electric drill become 0.9. Furthermore, the Total Harmonic Distortion Fan decreased to 4.58%, Electric Drill decreased to 4.95% and the Grinder decreased to 3.52%. The result of operating costs and energy fan equipment operating costs decreased by Rp. 0.0006075,- and its energy decreased by 12.38%, Gerinda's operating cost decreased by Rp. 0.00054 and the last 11.37% energy reduction Electric drill equipment decreased operating costs by Rp. 0.000495,- and its energy is down 19.29%.

Keywords: *Effort, Power Quality, Harmonics, Filter*

PENDAHULUAN

Daya dikatakan berkualitas baik jika *supply* listrik yang diterima konstan dan stabil pada nilai tegangan dan frekuensinya serta memiliki bentuk gelombang sinusoidal murni. Namun dalam prakteknya, perbedaan kebutuhan listrik, peralatan tertentu dan gangguan menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik sehingga menyimpang dari karakteristik normal (Daniel O. Johnson, 2018). Beberapa peralatan pelanggan seperti motor listrik juga mengotori sistem *supply* karena menarik arus non-sinusoidal dan berperilaku sebagai beban nonlinier.

Daya motor listrik digunakan sebagai proses industri, baik terus menerus, bolak balik dan dikenal sebagai pembangkit energi kinetik. Tujuan penggerak adalah untuk menyesuaikan parameter keluaran motor seperti: kecepatan melalui variasi tegangan dan frekwensi (Artvin-Darien Gonzalez-Abreu, 2022).

Penelitian ini, tidak mengkaji adanya kualitas daya yang buruk pada sistem jaringan listrik maupun sistem pemodelan untuk memperoleh kualitas daya yang baik, karena telah banyak dikaji oleh para peneliti terdahulu .

Urgensi dari penelitian ini yaitu upaya untuk memperoleh hasil kualitas daya dan harmonisa yang baik atau mendekati nilai *IEEE STANDART* pada peralatan listrik dengan memasang *Bank Capacitor* berfungsi untuk memperbaiki factor daya dan harmonisa. Hal ini dilakukan, karena para pelanggan listrik negara sering menanyakan hal kualitas daya serta apakah peralatan listrik yang terpakai setiap hari akan terjadi pemborosan energi atau biaya energinya bertambah?. Pada kesempatan lain peneliti melakukan surve melalui whatSapp menyatakan bahwa para tehniisi belum memahami tentang kualitas daya, pengaruh harmonic dan biaya operasional. Data yang masuk dari 20 Responden dan 15 menjawab, dimana 100% pernah melakukan perbaikan, 86,6% tidak memahami Kualitas Daya dan 93,3% belum paham tentang pengaruh *harmonic*,

Pada sistem tenaga listrik yang rumit berpotensi timbul *variative* tegangan, arus dan frekuensi. Menjaga kualitas daya sangat penting ketika disalurkan ke pelanggan. Daya listrik baik jika pasokannya konstan dan memenuhi persyaratan pelanggan dan dikatakan buruk jika pasokannya tidak konstan serta pasokan tegangan melebihi atau kurang dari tingkat yang diterima, kemudian frekuensi berfluktuasi dan gelombang sinusoidalnya terditorsi (Vusumuzi Maphosa1, 2020) . Parameter kualitas daya adalah ukuran berbagai parameter seperti tegangan arus dan frekuensi dalam rentang yang telah ditentukan. Jika ada penyimpangan yang dihasilkan berbagai masalah seperti voltage sag, voltage swell, transient, flicker, harmonics dll. yang dapat menyebabkan kualitas daya yang buruk (I.G Ariana1, 2017)

Selanjutnya dalam hal harmonisa sebagian besar para peneliti lain menganalisis pengaruh kualitas daya pada jaringan distribusi baik jaringan rendah maupun jaringan tegangan menengah. Pada penelitian ini, akan memanfaatkan sumber tegangan rendah sebagai obyek penelitian.

Harmonisa yang terjadi pada sistem tenaga menyebabkan perangkat tidak bekerja dengan benar atau tidak bekerja sama sekali, transformator dan motor terlalu panas, gangguan pada jalur komunikasi, pengukuran yang salah, mengurangi masa pakai perangkat listrik dan meningkatkan rugi-rugi daya penerima dan sistem (Faqih Rofii, 2019). Harmonisa yang terjadi akan berpengaruh juga pada peralatan listrik yang dipergunakan sebagai alat kerja dan terjadi rugi-rugi daya. Efek pada belitan trafo dan belitan motor ada dua yaitu harmonic arus menyebabkan peningkatan rugi-rugi tembaga dan kerugian fluksi, kemudian tujuan tegangan harmonik akan tumbuh rugi-rugi besi. Adapun rujukan tersebut sebagai hasil dari masing-masing tegangan dan arus harmonik adalah struktur frekwensi, rugi-rugi meningkat seiring meningkatnya frekwensi yang menyebabkan peraltan menjadi panas. (Janakrani Wadhawan, 2020).

Harapan dari penelitian ini upaya pemasangan *Bank Capacitor* diperoleh THDv dan THDi menurun dari sebelum di pasang Bank Capacitor agar sesuai dengan ketentuan IEEE dan Perusahaan Listrik Negara. Permasalahan yang ada pada peralatan listrik yang sering dipergunakan di Workshop / Laboratorium yaitu seberapa besar peningkatan kualitas daya dan penurunan harmonic (THDv dan THDi) pada peralatan listrik di Workshop/Laboratorium setelah dipasang Filter, kemudian seberapa besar penurunan biaya operasi jika dibandingkan dengan sebelum dipasang Filter

Perhitungan filter ini cukup sekali dilakukan karena orde yang akan diredam sama yaitu pada orde ganjil. Hal pertama yang harus dilakukan adalah mengkompensasi daya reaktif.[Mehmet Cinar, 2019]

$$Q_C = Q_2 - Q_1 \quad (1)$$

Keterangan:

Q_C = daya reaktif dari kapasitor bank yang dibutuhkan.

Q_1 = daya reaktif sebelumnya.

Q_2 = daya reaktif yang ingin dicapai.

Perhitungan nilai parameter R, L, dan C dapat ditentukan sebagai berikut:

Untuk perhitungan nilai L maka:

$$n = \sqrt{\frac{X_L}{X_C}} \quad (2)$$

n = orde harmonisa , X_L = Reaktansi induktif dan X_C = Reaktansi kapasitif

Untuk menentukan R dapat dirumuskan:

$$Q = \frac{X_C}{n \times R} = \frac{n \times X_L}{R} \quad (3)$$

Q = Daya reaktif (VAR), n = orde harmonisa, X = reaktansi induktif (Ω), X_C = reaktansi kapasitif (Ω) dan R = Tahanan (Ω)

Nilai kapasitor C dapat ditentukan dengan:

$$Q_C = \frac{n \times V^2}{X_C(n-1)} \quad (4)$$

Q_C = Daya Reaktif (VAR), V = tegangan pada beban (V), X_C = reaktansi kapasitif (Ω), n = orde harmonisa

Sehingga didapat besar C:

$$C = \frac{1}{2 \times \pi \times f} \quad (5)$$

Individual Harmonic Distortion (IHD) adalah rasio antara nilai RMS dari harmonisa individual dan nilai RMS dari fundamental. *Total Harmonic Distortion* (THD) adalah rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental (V. S. JAPE, 2019)

$$I_{sc} = \frac{S(kVA)}{\% Zx\sqrt{3}kV} \quad (6)$$

THD tegangan dan arus :

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_{n1}} \quad (7)$$

V_n = Tegangan Harmonik Orde ke-n, V_1 = Tegangan Fundamental (V_{rms}) dan n = 2 sampai dengan ∞

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_{i1}} \quad (8)$$

I_n = Arus Harmonik Orde ke-n, I_1 = Arus Fundamenta (I_{rms}) dan n = 2 sampai ∞

Banyaknya daya yang digunakan pada suatu peralatan seperti motor listrik sebagai beban, serta lama waktu penggunaan, dapat diketahui perkiraan tarif/biaya listrik

dengan mencari besar energi listrik total yang digunakan setiap jam dan perhitungan energi menggunakan rumusan dengan persamaan: (Parelmuter, 2017).

$$W = \frac{Pxt}{1000} \text{ kWh} \quad (9)$$

W = Energi listrik (kWh), P = Daya Aktif (Watt) dan t = waktu (jam)

Biaya yang harus dikeluarkan konsumen untuk konsumsi energi listrik (kilo Watt) selama satu bulan dengan tarif dasar listrik TDL sebesar Rp. 1350,- / kWh yaitu: (Benriwati, 2018).

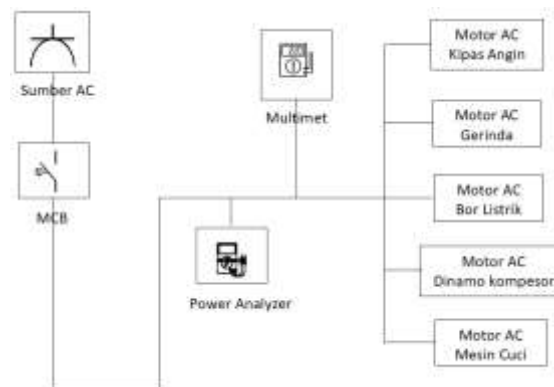
$$\text{Biaya} = \frac{W}{60} \times \frac{1}{1000} \times \text{Tarif dasar} \quad (10)$$

Keterangan: Tarif yang digunakan adalah tarif dasar non subsidi. Selanjutnya perhitungan persentase dari energi dengan persamaan:

$$\% = \frac{\text{Energi sebelum} - \text{Energi sesudah}}{\text{Energi Sebelum}} \times 100\% \quad (11)$$

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan ada beberapa metode untuk mendapatkan data yang dilakukan dengan berurutan atau sistematis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut: 1). Tempat penelitian yang dipilih yaitu dua tempat workshop instalasi dan Laboratorium, 2). Penelitian dilakukan untuk menentukan kualitas daya listrik yang disebabkan oleh beberapa peralatan Workshop dan Laboratorium yang seringkali digunakan. 3). Melakukan pengukuran: tegangan, arus , factor daya (cos phi), THDi dan THDv dengan *power quality analyzer* sebelum dan sesudah dipasang kapasitor *bank*, seperti gambar 1 rancangan uji coba.



Gambar 1. Rancangan uji coba Pasang Filter Motor AC

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran besaran tegangan, arus, frekwensi, faktor daya, daya dan energi peralatan pada motor Kipas angin, Gerinda, Bor listrik, Kompresor kulkas dan Mesin cuci selama 1(satu) menit menunjukkan kondisi peralatan normal namun terdapat nilai faktor daya yang masih belum memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh *IEEE standard* dan Perusahaan Listrik Negara. Perhitungan THDi peralatan kipas angin pada orde 5(lima) memiliki nilai individual harmonic mendekati minimum, maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (8). Dari hasil Pengukuran terdapat 3 (tiga) peralatan yang memiliki THDi melebihi ketentuan IEEE 519-2014 yaitu peralatan Kipas angin pada orde 5 (lima), Gerinda orde 3 (tiga) dan Bor listrik orde 3(tiga), hal ini perlu adanya perbaikan yaitu dengan memasang Filter.

Upaya yang dilakukan agar kualitas daya meningkat maka perlu perbaikan *Total Harmonic Distortion* yaitu menggunakan filter yang terdiri dari komponen Tahanan (R), Coil (L) dan Kapasitor (C) menggunakan persamaan (2),(3) dan (4). Nilai ketiga komponen ini dibutuhkan perhitungan dengan rumusan persamaan (1), yaitu: kipas angin: $R = 955,04 \Omega$, $L = 2$ Henry, $C = 2$ Farad ; Gerinda: $R = 279.82 \Omega$, $L = 4,7$ H, $C = 2,37$ Farad; Bor listrik: $R = 0,13 \Omega$, $L = 5$ mH dan $C = 2,19$ Farad.

Hasil pengukuran setelah pemasangan filter maka factor daya (cos phi) ketiga peralatan menjadi naik: Kipas angin cos phi : 0,96, Gerinda cos phi : 0,94, Bor listrik cos phi : 0,91 dan mengakibatkan putaran lebih kencang. Biaya operasi dari penurunan energi masing-masing peralatan dihitung hanya sebatas pada peralatan yang telah dipasang filter dan waktu terukur dalam menit dikonversi menjadi jam dimana perhitungan dan hasilnya menggunakan persamaan (9) dan (10).

Tabel 1
Hasil Penurunan Biaya operasi Peralatan

Peralatan	Energi (kWh)	Biaya Operasi (Rp)	Penurunan energi (%)
Kipas Angin	0.027	0,0006075	12,38
Gerinda	0,024	0,00054	11,37
Bor Listrik	0,022	0,000495	19,29

Tabel 2
Hasil Distorsi Harmonik dengan Filter

Peralatan	THDi (%)	THDv (%)
Kipas angin	4,58	1,6
Gerinda	3,52	1,76
Bor Listrik	4,95	2,7

Hasil pengukuran *individual harmonic* pada tabel 10 dimana THDi serta THDv setelah pemasangan filter terjadi perubahan nilai dari ketiga peralatan dan sesuai dengan standar IEEE 519-2014.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan serta analisa, maka dapat disimpulkan bahwa :1). Ditemukan besar nilai resistor (R) kipas angin sebesar 955,04 Ω , nilai inductor (L) sebesar 2 H dan nilai kapasitor untuk orde 5 sebesar 2 μ F. Pada motor Gerinda ditemukan R sebesar 279,82 Ω , nilai inductor (L) sebesar 4,7 H dan nilai kapasitor 2,37 μ F. Sedangkan pada motor Bor Listrik ditemukan tahanan R sebesar 0,13 Ω , nilai inductor L sebesar 5 mH dan nilai kapasitor 2,19 μ F dan bentuk filternya adalah seri. 2). Hasil biaya operasi dan energinya peralatan kipas angin biaya operasi turun Rp. 0,0006075,- dan energinya turun 12,38%, Gerinda biaya operasi turun Rp. 0,00054 dan penurunan energi 11,37% terakhir peralatan Bor listrik penurunan biaya operasi sebesar Rp. 0,000495,- dan energinya turun 19,29%.

DAFTAR PUSTAKA

- Artvin, D. G. , Roque, A. O, Arturo, Y. J.C. , Miguel, D. P. , Jose, A. A. , Daviu & Athanasios, K. (2022). Advances in Power Quality Analysis Techniques for Electrical Machines and Drives: A Review, *Energies* 2022, 15, 1909. <https://doi.org/10.3390/en15051909> <https://www.mdpi.com/journal/energies>.
- Benriwati, M. , Toriq, K. & Ermawati. (2018). *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, Vol. 2 No. 2, Juni 2018, pp. 37 – 43 ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 online
- Daniel, Johnson, Kabiru & Hassan.(2018). Issues of Power Quality in Electrical Systems. *International Journal of Energy and Power Engineering*. Vol. 5, No. 4, pp. 148-154. doi: 10.11648/j.ijepe.20160504.12.
- Faqih, R. , Agus, N. , Hari, A. D. & Fachrudin, H. (2019). *International Conference on Applied Sciences, Information and Technology*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 846 (2020) 012050, doi:10.1088/1757-899X/846/1/012050
- Ariana1, I. G. , Rinas, I. W. & Arjana, I. G. D. (2017) , Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi-Rugi Daya (Losses) Pada Transformator di Penyulang Sedap Malam, *Teknologi Elektro*, Vol. 16, No1, Januari-April.
- Janakrani, W. , Updesh, P. , Mala, Y. & Amit, K. K. .(2020). A Review on Power Quality Problems and Improvement Techniques, *International Journal of*

Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Published by, www.ijert.org ENCADEMS - Conference Proceedings.

MEHMET, C. (2019). EFFECTS OF HARMONICS IN ELECTRIC POWER SYSTEMS AND SOLUTION METHODS, INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIONS IN ENGINEERING RESEARCH AND TECHNOLOGY [IJIERT]ISSN: 2394-3696VOLUME 6, ISSUE 12, Dec.

Parelmutter & Viktor M. (2017). Electrotechnical System Simulation with Simulink and SimPowerSystem, Taylor & Francis Group, September 13, 2017 by CRC Press
450 Pages 399 B/W Illustrations.

JAPE, BANKAR, KULKARNI & BORKAR. (2019). EFFECTS OF HARMONICS ON MAJOR EQUIPMENTS IN POWER DISTRIBUTION NETWORK, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH VOLUME 8, ISSUE 10, OCTOBER

Vusumuzi, M. , Bekithemba, D. & Thuthukile, J. (2020). Evaluation of WhatsApp as a Tool for Lecture Delivery During the COVID-19 Lockdown at a Zimbabwean University, International Journal of Higher Education Vol. 9, No. 5; page 84 – 93