

MITIGASI HARMONISA MENGGUNAKAN FILTER PASIF AKIBAT VSD (VARIABLE SPEED DRIVE) DI PT FREYABADI INDOTAMA

Nugraha Giusti, Abraham Lomi, Ni Putu Agustini
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia
Email : nugrahagiusti@gmail.com

Abstrak—Mitigasi Harmonisa dengan filter pasif akibat Variable Speed Drive bertujuan untuk mengurangi resiko harmonisa yang timbul akibat pemakaian Variable Speed Drive. Kualitas daya yang harus diperhatikan karena dapat merugikan pabrik. Pada PT.Freyabadi Indotama Pasuruan pemasangan filter pasif sudah sesuai yang diinginkan karena sudah bisa meredam harmonisa yang timbul akibat Variable Speed Drive yaitu pada Panel (MCCBALL) (THD_I) sebelum pemasangan filter sebesar 26,9973% sedangkan setelah pemasangan filter turun menjadi 0,148133% dan pada Total Harmonic Distortion tegangan (THD_V) sebelum pemasangan filter sebesar 2,2147% namun setelah pemasangan filter pasif THD_V dapat direduksi menjadi 0,0941187%

Kata Kunci — Harmonisa, Variable Speed Drive (VSD), Mitigasi Harmonisa Filter Pasif, Simulasi.

I. PENDAHULUAN

Pemakaian beban pemakaian beban-beban yang bersifat *non-linier* berupa beban induktif, kapasitif dan komponen-komponen elektronika daya seperti IGBT (*insulated gate bipolar transistor*), *thyristor diode* dan meningkatnya penggunaan beban nonlinier di sektor komersial, perumahan dan industri telah mendistorsi arus dan gelombang tegangan jaringan listrik. distorsi ini dikenal sebagai distorsi harmonik, dan kehadirannya dapat menyebabkan masalah serius untuk peralatan terkait dengan sumber tercemar. VSD (*variable speed drive*) merupakan peralatan listrik berupa rangkaian *rectifier* dan *inverter* yang menggunakan komponen elektronika daya yang termasuk beban *non-linier* yang menyumbang harmonisa. Harmonisa yang tinggi akan menyebabkan beberapa pengaruh seperti pemanasan berlebihan (*overheating*) pada peralatan listrik yang dialiri arus harmonisa seperti *generator*, motor, *transformator*, dan penghantar; menyebabkan kegagalan operasi pada *relay* kontaktor, *relay* proteksi, dan *circuit breaker*; dan dapat menyebabkan pembacaan yang tidak akurat pada alat ukur.

PT. Freyabadi Indotama – Pasuruan bergerak dalam usaha pembuatan olahan coklat. Yang terletak pada kawasan Industri Pier Rembang Pasuruan. Pabrik bersumber pada PLN 20 kV yang dimana banyak dipakai beban beban terutama motor induksi 3 fasa dan banyaknya pemakaian VSD VSD (Variable Speed Drive) untuk mengontrol kecepatan motor tersebut. Sehingga sering muncul masalah tentang harmonisa akibat VSD (Variable Speed Drive).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang yang terdistorsi secara periodik yang terjadi pada gelombang tegangan, arus, atau daya terdiri dari gelombang-gelombang sinus yang frekuensinya merupakan kelipatan bulat frekuensi sumber / fundamental, sehingga bentuknya tidak sinusoidal. Hubungan antara frekuensi harmonisa dan fundamental dapat ditulis sebagai berikut :

$$f_h = n f_i$$

Keterangan :

f_h = frekuensi harmonisa

f_i = frekuensi fundamental

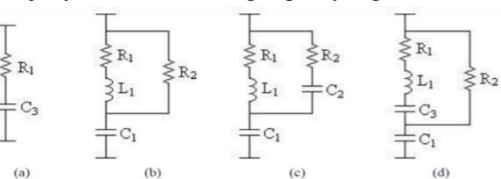
n = kelipatan gelombang

Gelombang harmonisa ini akan menumpang pada gelombang fundamental sehingga akan terbentuk gelombang yang terdistorsi. Ini dikarenakan efek penjumlahan dari gelombang harmonisa dengan gelombang fundamentalnya.

B. Variable Speed Drive

Variable Speed Drive lebih dikenal dengan inverter. Prinsip kerjanya adalah dari tegangan yang masuk dari jala jala 50V AC, dan kemudian diolah menjadi tegangan DC, dan kemudian diolah kembali menjadi tegangan AC yang frekuensinya dapat diatur. Prinsip kerjanya adalah dari tegangan yang masuk dari jala jala 50V AC, dan kemudian diolah menjadi tegangan DC, dan kemudian diolah kembali menjadi tegangan AC yang frekuensinya dapat diatur.

Cara K



Tegangan DC kemudian dipindahkan ke dalam sirkuit Variable Speed Drive untuk diubah menjadi tegangan AC kembali dengan frekuensi sesuai yang dibutuhkan. Jadi dari tegangan DC ke tegangan AC yang komponen utamanya adalah semiconductor aktif seperti IGBT (insulated gate bipolar transistor). Dengan menggunakan frekuensi carrier/pembawa (bisa sampai 20 kHz), tegangan DC dicacah dan dimodulasi sehingga keluar tegangan dan frekuensi yang diinginkan. Frekuensi keluaran ini dihasilkan melalui potensiometer pengatur kecepatan yang ada pada panel pengatur.

C. Metode untuk Mitigasi Harmonic

Mayoritas listrik yang besar (biasanya tiga fasa) peralatan nonlinear listrik sering memerlukan peralatan mitigasi untuk menipiskan arus harmonik dan distorsi tegangan terkait untuk dalam batas-batas yang diperlukan. Tergantung pada jenis solusi yang diinginkan, mitigasi yang mungkin diberikan sebagai bagian integral dari peralatan nonlinear (misalnya, reaktor garis AC atau garis harmonik filter AC PWM drive) atau sebagai item diskrit peralatan mitigasi (misalnya, aktif atau filter pasif yang terhubung ke switchboard). Ada banyak cara untuk mengurangi harmonisa, mulai dari desain frekuensi variabel drive untuk penambahan peralatan bantu. Penggunaan beban non linier dalam peralatan kontrol dapat menyebabkan munculnya distorsi harmonisa. Sumber harmonisa pada PT. Freyabadi Indotama kebanyakan berasal dari penggunaan *variable speed drive* (VSD) untuk mengontrol kecepatan motor induksi. *Variable speed drive* (VSD) merupakan sumber harmonisa arus yang dapat mengirim harmonisa arus pada sistem dan meningkatkan *losses* pada motor induksi. Orde harmonisa yang dominan pada *variable speed drive* (VSD) ini adalah orde 5th, 7th dan 11th (*Converter 6 pulsa*). Dan untuk mitigasi harmonisa tersebut maka memasang filter pasif.

III. Filter Pasif

Filter Pasif menjadi solusi untuk meredam harmonisa yang timbul akibat Variable Speed Drive (VSD). Filter ini banyak dipilih dikarenakan secara ekonomi lebih murah dibandingkan filter yang lain. Tapi meskipun murah filter pasif juga memiliki kelemahan dan kerugian karena filter ini bisa saling berinteraksi dengan sistem. Pada filter pasif akan lebih baik jika dipasang dekat dengan sumber harmonisa. Bentuk filter pasif berupa rangkaian seri sebuah induktansi dan kapasitansi.

Pemasangan filter pasif juga bisa memperbaiki faktor daya karena filter pasif juga menghasilkan kompensasi daya reaktif tetapi sesuai dengan batas besar Volt-Ampere pada kapasitor bank.

Gambar 1. Filter Harmonisa

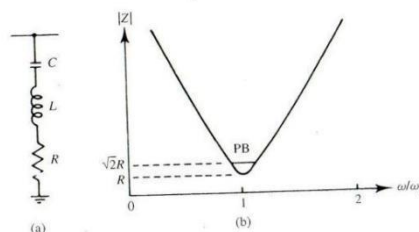
Keterangan :

- a. Filter Single Tune
- b. Filter Orde Dua
- c. Filter Orde tiga
- d. Filter type C

Di dalam skripsi ini saya memakai filter pasif single tune :

Filter Pasif (single tuned)

Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, induktor dan resistor (RLC). Berikut ini gambar rangkaian single tuned filter dan kurva impedansi:



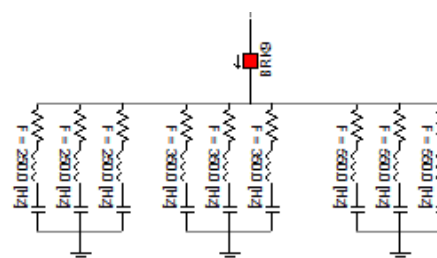
Gambar 2. Filter Pasif Single Tune

(a) Rangkaian *Single Tuned Filter*

(b) Kurva impedansi terhadap frekuensi

1) Desain Filter

Dalam desain filter ini orde mana yang terlihat tinggi akibat dari harmonisa adalah orde 5,7,11 sehingga mempunyai desain sebagai berikut:



Gambar 3. Desain Filter Pasif

2) Perhitungan Filter

Perhitungan nilai parameter R, L dan C:
Untuk perhitungan nilai L

$$n = \frac{f_n}{f_1} = \sqrt{\frac{X_L}{X_C}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

- n = orde harmonisa
- f_n = frekuensi ordo harmonisa (Hz)

f_1 = Frekuensi awal (Hz)
 X_L = reaktansi inductor (H)
 X_C = reaktansi kapasitor (F)
 Sehingga didapat

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \dots\dots\dots(2.14)$$

Perhitungan nilai R

$$Q = \frac{nX_L}{R} = \frac{X_C}{nR} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

Q = Daya reaktif (Mvar)
 n = ordo harmonisa
 X_L = reaktansi induktif (H)
 X_C = reaktansi kapasitif (F)

Perhitungan Nilai C

$$Q_C = \frac{v^2}{X_C} \frac{n^2}{(n^2-1)} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

Q_C = Kompenasi Daya Reaktif (Mvar)
 v = tegangan pada beban (V)
 X_C = reaktansi kapasitif (C)
 n = ordoharmonisa

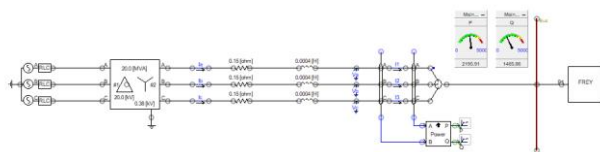
Sehingga didapat

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} \dots\dots\dots(2.27)$$

IV. Simulasi

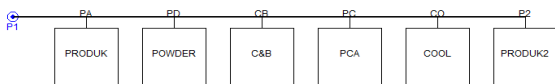
Input data pada *software* PSCAD:

Single Line Diagram utama kelistrikan PT.Freyabadi Indotama pada *Software* PSCAD :



Gambar 4. Single line PT Freyabadi Indotama

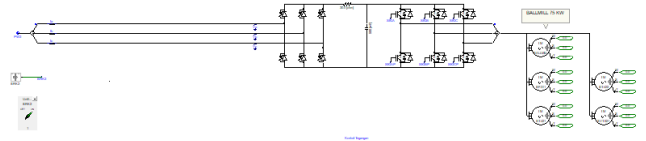
Pada Pembagian Panel pada PT.Freyabadi Indotama Pasuruan sebagai berikut :



Gambar 5. Pembagian Panel pada LVMDB

Di dalam Panel ini yang memakai VSD :

a. Single Line beban motor yang menggunakan Variable Speed Drive pada *software* PSCAD

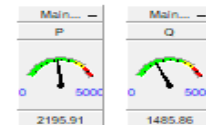


Gambar 6. Single Line beban motor yang menggunakan VSD tanpa filter pasif

1) Pemasangan Filter Pasif

Panel-panel yang akan dipasang Filter Pasif adalah panel-panel yang timbul harmonisa yaitu seperti pada panel panel Produksi 1(MCC BALL), Powder (PPW2),Produksi 2 (P21 dan PLC).

A. Perhitungan nilai parameter komponen pada filter pasif:



Gambar 7. Daya Aktif (P) dan Daya Reaktif (Q) pada *software* PSCAD PT. Freyabadi Indotama

Berdasarkan persamaan rumus (2.1) maka:

$$P_{awal} = 2195,91 \text{ W}$$

$$Q_{awal} = 1485,86 \text{ VAR}$$

Kompensasi Daya Reaktif

Berdasarkan persamaan rumus (2.3) maka:

$$\Delta Q = 2195 (0.82 - 0.9)$$

$$\Delta Q = 1756 \text{ VAR}$$

Nilai Parameter R, L dan C

Berdasarkan persamaan rumus (2.17)

- Untuk ordo 5

$$1485 = \frac{380^2}{X_C} \frac{25}{24}$$

$$X_C = 101 \Omega$$

Sehingga:

$$C = \frac{1}{(314 \times 101)} = 0.000031 \text{ F} = 31 \mu\text{F}$$

- Untuk ordo 7

$$1485 = \frac{380^2}{X_C} \frac{49}{48}$$

$$X_C = 99 \Omega$$

Sehingga:

$$C = \frac{1}{(314 \times 99)} = 0.000032 F = 32 \mu F$$

- Untuk ordo 11

$$1485 = \frac{380^2}{X_C} \frac{121}{120}$$

$$X_C = 98 \Omega$$

Sehingga:

$$C = \frac{1}{(314 \times 98)} = 0.000032 F = 32 \mu F$$

Berdasarkan persamaan rumus 2.16

$$5^2 = \frac{101}{X_L}$$

$$25 = \frac{101}{X_L}$$

$$X_L = 4,04 \Omega$$

Sehingga:

$$L = \frac{4,04}{314} = 0.012 H$$

Berdasarkan persamaan rumus 2.18

$$R = \frac{101}{(3 \times nQ)}$$

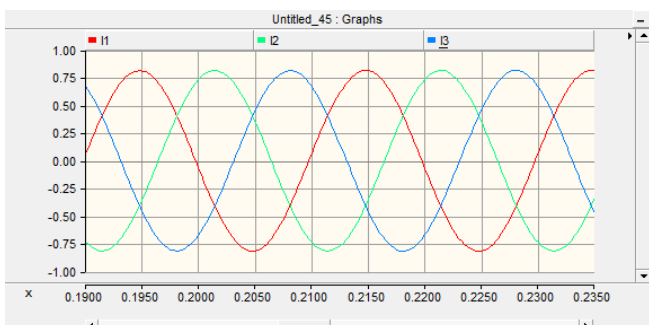
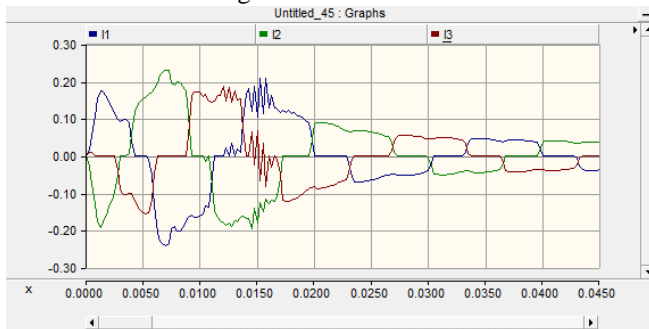
$$R = \frac{101}{(3 \times 1756)} = 0,011 \Omega$$

A. Simulasi dan Hasil Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Pasif pada PT. Freyabadi Indotama-Pasuruan

Berikut ini merupakan hasil dari simulasi yang menunjukkan gelombang tegangan, gelombang arus, nilai harmonisa tegangan, dan nilai harmonisa arus sebelum pemasangan filter pasif.

1) Pada Panel Produksi1 (MCCBALL)

a. Gelombang arus dan nilai harmonisa arus:

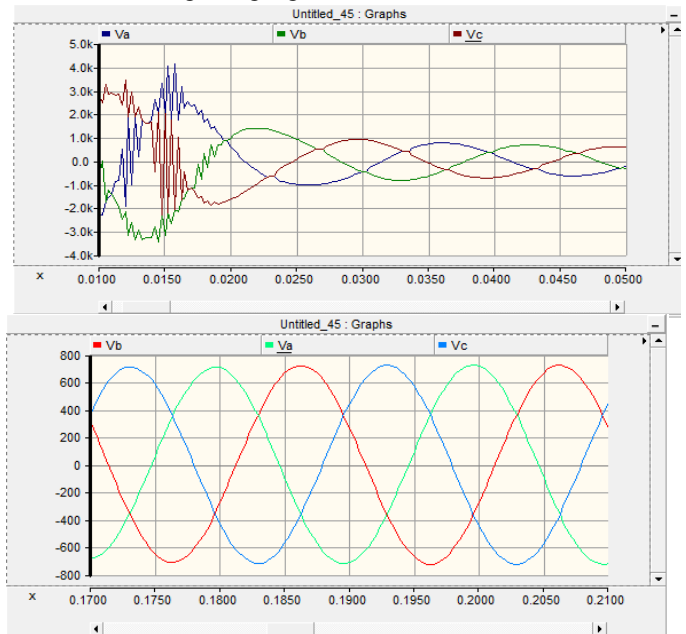


Gambar 8. Gelombang Arus pada Panel Produksi1 (MCCBALL)sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif

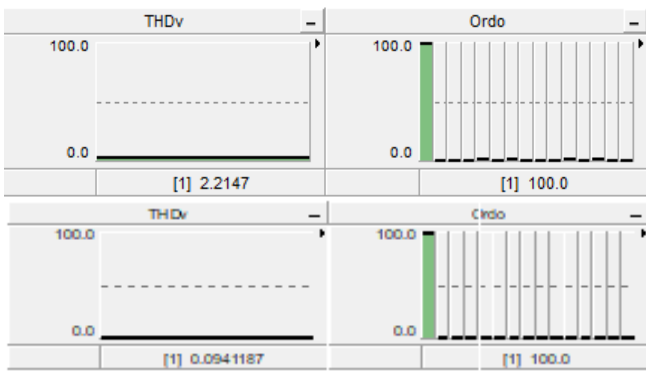


Gambar 9. Harmonisa Arus pada Panel Produksi1 (MCCBALL)sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif

b. Gelombang tegangan dan Nilai harmonisa



Gambar 10. Gelombang Tegangan pada Panel Produksi1 (MCCBALL)sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif



Gambar 11. Hamonisa Tegangan pada Panel Produksi1 (MCCBALL)sebelum pemasangan filter pasif.

Tabel 1. Hasil Sebelum dan Sesudah Pemasangan Filter Harmonisa

Panel	THD _v (%)		THD _i (%)	
	sebelum	sesudah	sebelum	sesudah
PRODUKSI 1 (MCCBALL)	2,2147	0,0941187	26,9973	0,148133
POWDER (PPW2)			27,508	0.084159
PRODUKSI 2 (P21)			27,958	0.157505
PRODUKSI 2 (PLC)			26.9692	0.16769

V. KESIMPULAN DAN SARAN

B. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Metode Mitigasi menggunakan filter pasif telah sesuai dengan hasil yang diinginkan sehingga simulasi di PT. Freyabadi Indotama dengan software PSCAD pada Panel Produksi 1 (MCCBALL) (THD_i) sebelum pemasangan filter sebesar 26,9973% sedangkan setelah pemasangan filter turun menjadi 0,148133%. Pada Panel Powder (THD_i) sebelum pemasangan filter sebesar 27,508% sedangkan setelah pemasangan filter turun menjadi 0.084159%. Pada Panel Produksi 2 (P21) (THD_i) sebelum pemasangan filter sebesar 27,958% sedangkan setelah pemasangan filter turun menjadi 0,157505%. Pada Panel Produksi 2 (THD_i) sebelum pemasangan filter sebesar 26,9692% sedangkan setelah pemasangan filter turun menjadi 0,16769% dengan hasil ini berarti sudah sesuai dengan standart *IEEE* 519-1992 ≤15%. Dan pada *Total Harmonic Distortion* tegangan (THD_v) sebelum pemasangan filter

sebesar 2,2147% namun setelah pemasangan filter pasif THD_v dapat direduksi menjadi 0,0941187% yang berarti sudah sesuai dengan standart *IEEE* 519-1992 ≤5%.

C. Saran

Pada penggunaan Kontrol Variable Speed Drive harus diperhatikan efek dari Variable Speed drive itu sendiri yaitu timbulnya harmonisa dan saran untuk mengurangi harmonisa tersebut adalah dengan pemasangan filter pasif sehingga harmonisa tersebut bisa di redam dan tidak mengganggu jalannya operasional di pabrik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Paulo F. Riberio, *Mitigation of harmonic distortion with passive filters* IEEE Fellow Member, Federal University of Itajuba, UNIFEI Itajuba, Brazil
- [2] Lukas Motta, Nicolás Faúndes, *Active / Passive Harmonic Filters: Applications, Challenges & Trends*, Power Quality Solutions (PQS) department, Aluminum & Film Capacitors Business Group EPCOS AG (A TDK Group Company) Munich, Germany
- [3] Damian, Gonzales, *Design of Filter to Reduce Harmonic Distortion in Industrial Power System*, IEEE Transaction on Industry Applications Vol. 1A. No.3. 1987
- [4] Tomáš Hrubý, *Using Broadband Passive Harmonic Filters for Harmonic Mitigation in AC Drives*, Department of Electrical Engineering VŠB–Technical University of Ostrava Ostrava–Poruba.
- [5] Nikunj Shah, *Harmonics in power systems Causes, effects and control*, Siemens Industry, Inc. 100 Technology Drive Alpharetta.
- [6] Nurul, Hamdi Muhammad, *Implementasi Transformator Zigzag untuk Mereduksi Harmonisa akibat VSD pada PT. Sumber Abadi Bersam*.Teknik Energi Listrik Institut Teknologi Nasional Malang, September 2018.
- [7] Mohammad Aris Darmawan, Muhammad Amir Fauzi Yoga Fitrah Anurrahman, Faris Sina Prinara. *Pengaruh Harmonisa Pada Sistem tenaga listrik*. Mahasiswa Teknik Tenaga Listrik Institut Teknologi Bandung.