

PENGUKURAN HARMONIK PADA PENYEARAH TIGA FASA DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK

Rifdian I.S, Hartono, Slamet Hariyadi

Program Studi Teknik Listrik Bandara

Politeknik Penerbangan Surabaya

Email: rifdian.anto@gmail.com

Abstrak

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmoniknya. Sehingga bentuk gelombang tegangan dan arus tidak sinusoidal murni lagi. Beban-beban non linier adalah sebagai penyumbang harmonisa yang terjadi antara lain: *static power converter (rectifiers atau inverters)*, pengisi baterai (*bateray chargers*), *electronic ballast*, *variable frequency*, *electric arc furnace*, *thyristor ac power controllers*, *thyristor-controlled reactor (TCR)*, *silicon controlled rectifier (SCR)*, dan *adjustable speed drive (ASD)*. Akibat dari harmonik yang terjadi adalah komponen-komponen peralatan dalam sistem akan mengalami penurunan kinerja dan bahkan akan mengalami kerusakan. Salah satu dampak yang umum dari gangguan harmonisa adalah panas lebih pada kawat netral, menimbulkan rugi-rugi pada sistem dan transformator serta dapat menghasilkan arus netral yang lebih tinggi dari arus phase. Pada penelitian ini akan dilaksanakan pengukuran harmonik pada penyearah tiga fasa dengan menggunakan Matlab Simulink. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh bahwa penyearah tiga fasa menimbulkan harmonik pada arus sumber sebesar 46,27%.

Kata Kunci: harmonik, penyearah tiga fasa, arus listrik, tegangan listrik, rugi daya

Abstract

Harmonics are disturbances that occur in the electric power distribution system due to distortion of current and voltage waves. This distortion of current and voltage waves is due to the formation of waves with an integer multiple of the fundamental frequency. These waves then ride on the original wave to form a flawed wave which is the sum of the pure instantaneous wave and the hormonal wave. So that the voltage and current waveforms are no longer pure sinusoidal. Non-linear loads are contributing to harmonics, including: static power converters (rectifiers or inverters), battery chargers, electronic ballasts, variable frequency, electric arc furnaces, thyristor ac power controllers, thyristor-controlled reactors (TCR), silicon controlled rectifier (SCR), and adjustable speed drive (ASD). As a result of the harmonics that occur, the equipment components in the system will experience a decrease in performance and will even suffer damage. One of the

common effects of harmonic disturbances is overheating of the neutral wire, causing losses to the system and transformer and can produce a neutral current that is higher than the phase current. In this research, harmonic measurements will be carried out in a three-phase rectifier using Matlab Simulink. Based on the simulation results, it is found that the three-phase rectifier causes harmonics at the source current of 46.27%.

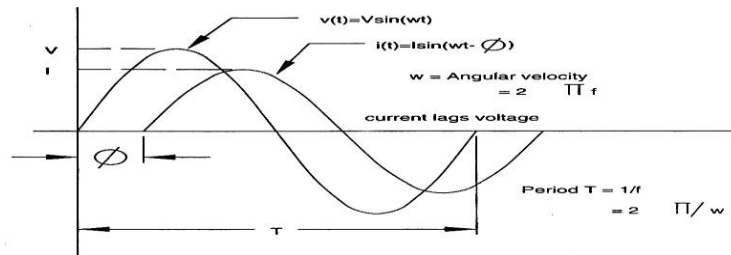
Keywords: *harmonics, three-phase rectifier, electric current, mains voltage, power loss*

PENDAHULUAN

Bentuk gelombang tegangan yang disalurkan ke peralatan konsumen dan bentuk gelombang arus yang dihasilkan dalam sistem tenaga listrik yang ideal adalah gelombang sinus murni. Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya.

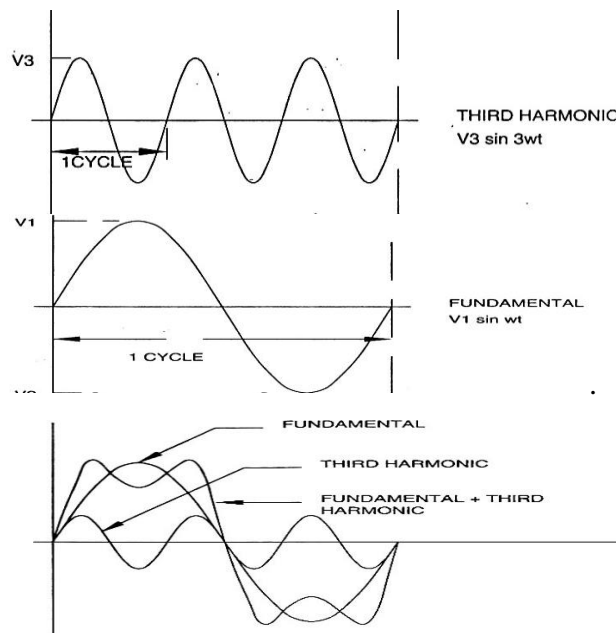
Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban-beban non linier yang terhubung ke sistem distribusi. Beban non linier ini umumnya adalah peralatan elektronik yang di dalamnya banyak terdapat komponen semi konduktor, yang dalam proses kerjanya berlaku sebagai saklar yang bekerja pada setiap siklus gelombang dari sumber tegangan. Beberapa contoh beban non linier adalah berupa aplikasi elektronika daya antara lain: *static power converter (rectifiers atau inverters)*, pengisi baterai (*bateray chargers*), *electronic ballast*, *variable frequency*, *electric arc furnace*, *thyristor ac power controllers*, *thyristor-controlled reactor (TCR)*, *silicon controlled rectifier (SCR)*, dan *adjustable speed drive (ASD)*, yang ini semuanya merupakan penyumbang harmonik.

Distorsi harmonisa diterjemahkan melalui suatu distorsi dari gelombang arus dan tegangan di jaringan yang tidak lagi sinusoidal, hal tersebut akan menyebabkan timbulnya arus, tegangan dan daya harmonik di dalam jaringan yang mengandung beban-beban non linier. Distorsi harmonisa, yang membentuk suatu bentuk distorsi mutu dari pada arus, tegangan, daya jaringan adalah besaran variabel yang berubah-ubah, besaran distorsi tersebut dapat dinyatakan dengan *total harmonic distortion (THD)*. Beban non linier antara lain: *variable speed drive*, komputer, printer, lampu *fluorescent* yang menggunakan elektronik ballast.



Gambar 1. Gelombang Sinus Arus dan Tegangan

Gelombang non sinusoidal dapat terbentuk dengan menjumlahkan gelombang-gelombang sinusoidal, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Gelombang Fundamental, Harmonik Ketiga dan Hasil Penjumlahannya.

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. Hubungan antara THD dengan IHD dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$\text{THD} = \left(\text{IHD}_2^2 + \text{IHD}_3^2 + \text{IHD}_4^2 + \dots + \text{IHD}_n^2 \right)^{1/2}$$

Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yaitu batasan untuk harmonisa arus, dan batasan untuk harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio I_{sc}/I_L . I_{sc} adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*), sedangkan I_L adalah arus beban fundamental nominal. Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai. Standar distorsi harmonisa tegangan dan arus berdasarkan standar IEEE dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Standar Distorsi Harmonisa Tegangan Berdasarkan Standar IEEE

| Distorsi Tegangan Harmonik Dalam % Nilai Fundamental | | | |
|--|---------|-------------|---------|
| Sistem Tegangan | < 69 kv | 69 – 138 kv | >138 kv |
| T H D | 5.0 | 2.5 | 1.5 |

Tabel 2. Standar Distorsi Harmonisa Arus berdasarkan Standar IEEE

| Distorsi Arus Harmonik Maksimum Dalam % Nilai Fundamental | |
|---|------------|
| I_{sc}/I_L | THD |
| <20 | 5.0 |
| 20 - 50 | 8.0 |
| 50 – 100 | 12.0 |
| 100 – 1000 | 15.0 |
| >1000 | 20.0 |

T H D = total harmonic distorstion
 I_{sc} = arus hubung singkat maksimum
 I_L arus beban maksimum

Akibat yang ditimbulkan oleh harmonik

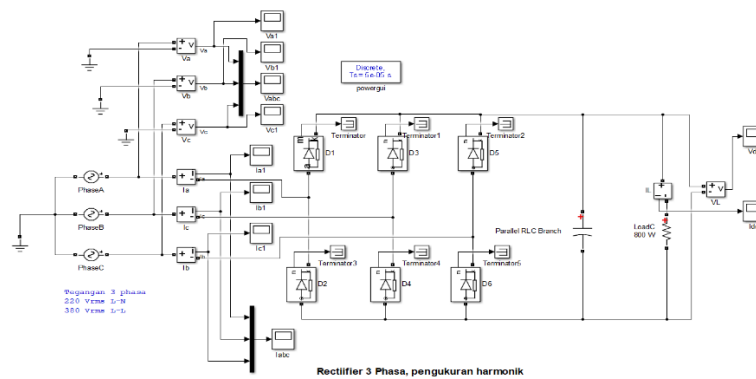
Pengaruh dari adanya harmonik yaitu rusaknya peralatan transformator, mesin-mesin listrik, switchgear, fuse dan rele proteksi. Transformator, motor listrik dan peralatan pemutus (switchgear) akan mengalami naiknya rugi-rugi dan pemanasan lebih. Motor induksi akan mengalami kegagalan start dan berputar pada kecepatan subsinkron (*subsynchronous speeds*). Pemutus tenaga akan mengalami kesalahan pemutusan arus. Umur kapasitas akan lebih pendek disebabkan panas dan stress dari dielektriknya. Karakteristik arus waktu dari fuse dapat berubah, dan rele proteksikan mengalami perilaku yang tak menentu.

Akibat lain yang dapat ditimbulkan oleh adanya hamonisa antara lain adalah: 1) Timbulnya getaran mekanis pada panel listrik yang merupakan getaran resonansi mekanis akibat harmonik arus frekwensi tinggi. Harmonisa dapat menimbulkan tambahan torsi pada kWh meter jenis elektromekanis yang menggunakan piringan induksi berputar. Sebagai akibatnya terjadi kesalahan penunjukkan kWh meter karena piringan induksi tersebut dirancang hanya untuk beroperasi pada frekwensi dasar, 2) Interferensi frekwensi pada sistem telekomunikasi karena biasanya kabel untuk keperluan telekomunikasi ditempatkan

berdekatan dengan kawat netral. Triplen harmonisa pada kawat netral dapat memberikan induksi harmonik yang mengganggu sistem telekomunikasi, 3) Pemutus beban dapat bekerja di bawah arus pengenalnya atau mungkin tidak bekerja pada arus pengenal, dan 4) Kerusakan pada sistem komputer.

METODE

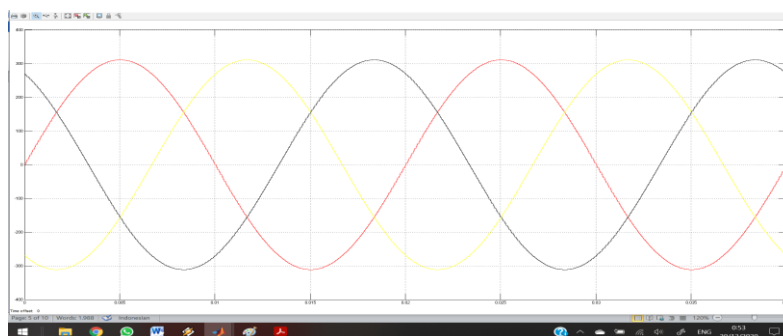
Kandungan harmonisa arus dan tegangan listrik pada penelitian ini, dapat diketahui dengan melakukan pengukuran menggunakan simulasi *Matlab Simulink*. Rangkaian yang diukur adalah penyearah tiga fasa dengan beban resistif murni. Pengukuran harmonik ini menggunakan blok *Powergui* pada *Library Simscape Power System*. Sinyal yg diukur adalah pada sumber, yang meliputi tegangan dan arus sumber. Tegangan dan arus sumber disensor dengan *voltage* dan *current sensor* untuk diinputkan ke *scope*. Rangkaian keseluruhan dapat ditunjukkan pada gambar 3 di bawah.



Gambar 3. Rangkaian pengukuran harmonik pada rectifier 3 fasa

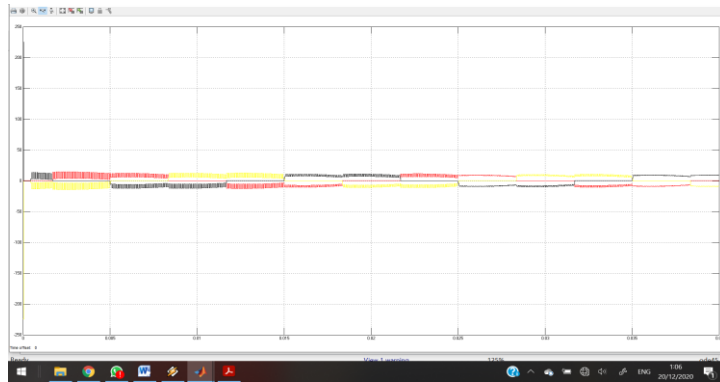
HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui penggunaan *Powergui*, *current sensor*, *voltage sensor* dan *scope* dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada masing-masing fasa R, S dan T dengan *Matlab Simulink*



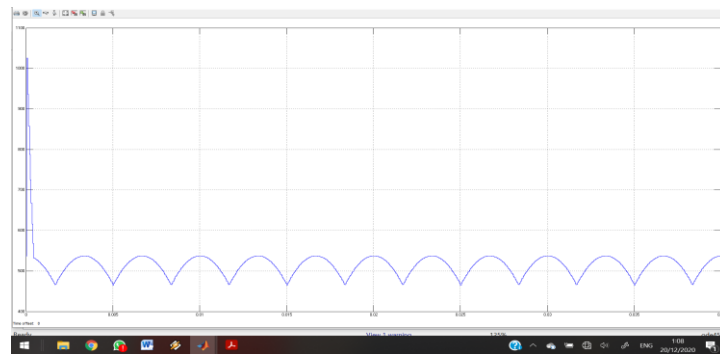
Gambar 4. Tegangan sumber fasa R-S-T

Berdasarkan gambar 4, tegangan sumber tiga fasa digambarkan dengan urutan fasa R dengan warna merah, fasa S dengan warna kuning dan fasa T dengan warna hitam. Nilai tegangan line adalah 380 V dan nilai tegangan fasa adalah 220V.



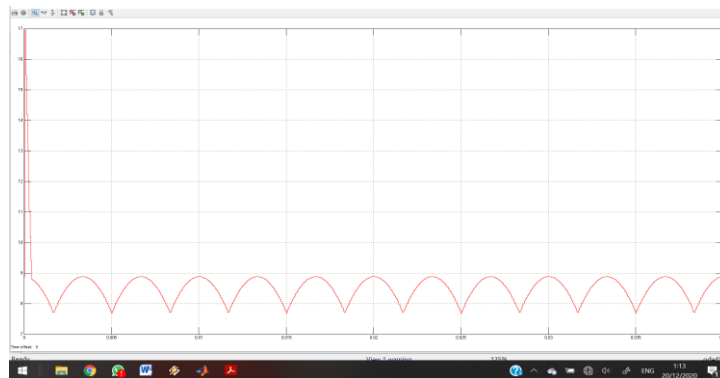
Gambar 5. Arus sumber tiga fasa R-S-T

Arus sumber sesuai gambar 4 adalah sekitar 20 Ampere dengan beban resistif 800 Watt. Arus input terdistorsi tidak sinus murni karena terpengaruh dari swtiching dioda penyearah.



Gambar 6. Tegangan output / Tegangan beban

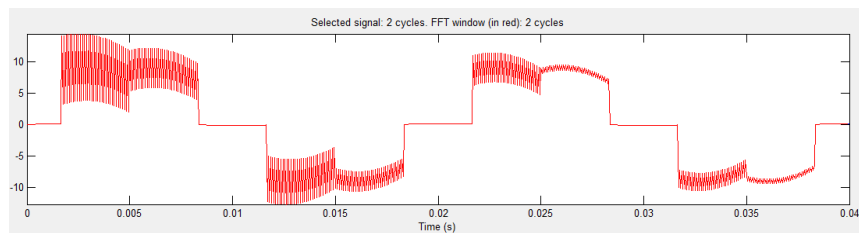
Tegangan output beban bernilai sekitar 400Vdc. Tegangan ini merupakan hasil penyearahan tegangan 3 fasa menggunakan dioda bridge.



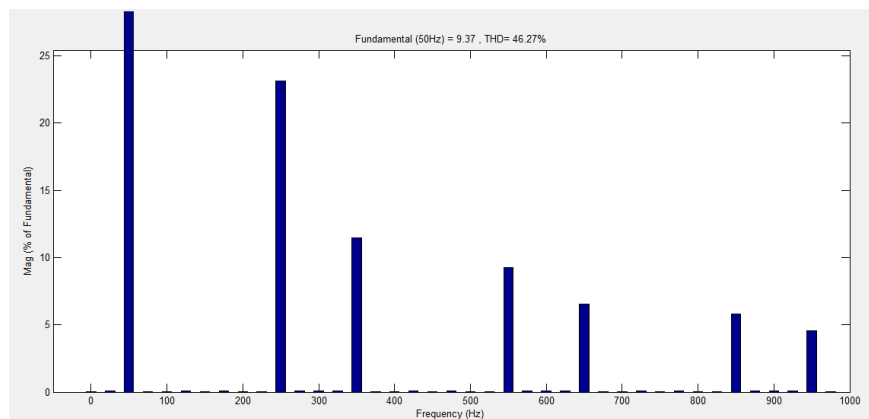
Gambar 7. Arus output / arus beban

Arus output dc merupakan hasil penyearahan dari dioda dengan beban resistif murni sebesar 800 W. Arus output ini bernilai sekitar 8 A.

Berdasarkan grafik tegangan dan arus, gangguan harmonisa terjadi pada arus input, karena dari bentuk gelombang sinus terdistorsi sehingga gelombangnya tidak sempurna. Pengukuran harmonik dari arus sumber ini diperlihatkan pada grafik di bawah.



Gambar 8. Grafik arus sumber pada fasa R



Gambar 9. Total Harmonik Distorsion pada arus sumber fasa R

Berdasarkan grafik analisa dari Powergui diatas diperoleh bahwa nilai harmonik pada rangkaian penyearah tiga fasa adalah sekitar 46,27 %.

PENUTUP

Kesimpulan

Rangkaian penyearah tiga fasa merupakan salah satu rangkaian yang menimbulkan harmonisa. Harmonisa ini terjadi pada arus sumber sebesar 46,27%. Harmonisa yang terjadi merupakan akibat yang timbul dari proses pensaklaran dioda penyearah yang merupakan komponen utama dari penyearah tersebut. Harmonik yang terjadi termasuk tinggi karena diluar standar yang ditentukan oleh IEEE yaitu sebesar 8%. Untuk mengurangi harmonik yang terjadi dapat dilakukan dengan penambahan filer harmonik pada sumber sehingga dapat mengurangi distorsi gelombang sinus yang terjadi pada arus sumber.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrilaga, J., 1997. *Power System Harmonics*. New York: Wiley & Son.
- Dugan, Roger. 1996. *Electrical Power System Quality*. New York: Marcell Deker.
- Harsono, T dan Pratilastiarso, J. 2003. *Harmonisa dan Pengaruhnya pada faktor Daya*. Jurnal IES.
- Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, dan Yohanes Cipta Wijaya. *Pengaruh Harmonisa Pada Gardu Trafo Tiang Daya 100 kVA di PLN APJ Surabaya Selatan*. Jurnal UK Petra Surabaya.
- Enjeti, P. N. 1996. *Analysis and design of a new active power filter to cancel neutral current harmonisas in theree-phase fourwire electric distribution sistem*. IEEE Trans. Power delivery, pp. 736-744.
- Rice, David E., 1986. *Adjustable Speed Drive and Power Rectifier Harmonics - Their Effect on Power Systems Componen*. IEEE Trans. Ind. Appl. IA-22, 161-177