

Pengaruh Filter Pasif pada Jaringan Listrik Industri dan Rumah Tangga Akibat Pembebanan *Air Condition* (AC) *Inverter*

Djodi Antono .

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang
E-mail : djodiantono@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan teknologi memudahkan orang semakin simpel dalam mengoperasikan suatu alat yang disebut '*plug and play*'. Akan tetapi teknologi yang dipakai akan mempunyai efek samping dibidang lainnya. Sebagai contoh adalah penggunaan beban beban *non linear*, terutama peralatan peralatan listrik berbasis elektronik (penggunaan sistem *inverter pada AC*) yang banyak terhubung pada sistem distribusi tenaga listrik tegangan rendah telah menyebabkan arus jala-jala sistem menjadi terkotori atau terdistorsi oleh efek gelombang baru yang ditimbulkan yang disebut harmonisa. Tingginya tingkat kandungan arus harmonisa yang terdapat pada sistem distribusi tenaga listrik dapat menimbulkan berbagai macam persoalan pada sistem tersebut, antara lain faktor daya sistem menjadi rendah, munculnya arus pada penghantar netral. Harmonisa yang ditimbulkan oleh *AC Inverter* ini sangat mengganggu bahkan merugikan sistem bila melebihi batas standar yang ditetapkan IEEE 519-1992. Dengan menerapkan *filter pasif single tuned* sebagai upaya mengurangi distorsi arus dan tegangan (*total harmonic distortion THD_v* dan *THD_i*) pada jaringan listrik akibat pengoperasian (*AC Inverter*) dengan daya 2HP atau 1500 watt, pemakaian *filter pasif single tuned* pada *AC Inverter* telah berhasil mengurangi harmonisa arus sebesar kurang lebih 78 %. Harmonisa arus 95 % saat *AC Inverter* dijalankan pada suhu 31°C tanpa filter dan 17% saat *AC Inverter* dijalankan pada suhu 31°C dengan *filter*.

Kata kunci : *AC inverter, filter single tune, harmonisa arus/tegangan*

Abstract

Facilitate the development of the technology is simple to operate a device called the 'plug and play'. However, the technology used in the field will have other side effects. An example is the use of non-linear load load, especially electronic equipment based electrical equipment (use of inverters in the air conditioning systems) are widely connected to the power distribution system has led to the current low-voltage grid system becomes contaminated or distorted by the effects of the new wave that is generated called harmonics. The high levels of harmonic currents found in electric power distribution systems can cause a variety of problems in the system, including the system into a low power factor, the emergence of the current on the neutral conductor. Harmonics generated by the inverter air conditioner is very annoying and even detrimental to the system when exceeding the limit specified standard IEEE 519-1992. By implementing a single tuned passive filter as an effort to reduce the current and voltage distortion (total harmonic distortion THDV and THDi) on the power grid due to the operation (AC Inverter) with 2HP power or 1500 watts, single use passive filters tuned to AC Inverter has managed to reduce the current harmonics sebesar approximately 78%. 95% harmonic current when AC Inverter run at a temperature of 31 ° C without the filter and 17% when AC Inverter run at a temperature of 31 ° C with a filter.

Keywords : *AC inverter, filter single tune, harmonic current/voltage*

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kualitas daya listrik disebut baik apabila memenuhi kriteria gelombang arus dan tegangan berupa sinusoidal murni dan frekuensi fundamentalnya 50 Hertz. Jika tidak, salah satu penyebab adalah adanya harmonisa dalam sistem jaringan listrik yang merusak bentuk gelombang

sinusoidal tegangan dan arus. Hal ini umumnya dipicu oleh beban non linear, salah satunya adalah *Air Condition Inverter (AC Inverter)*. Harmonisa yang ditimbulkan oleh *AC Inverter* ini sangat mengganggu bahkan merugikan sistem bila melebihi batas standar yang ditetapkan IEEE 519-1992 [1].

Pada penelitian ini dipaparkan suatu metoda untuk mengurangi kandungan harmonisa arus

pada sistem tenaga listrik akibat penerapan AC Inverter pada jaringan listrik 1 fasa rumah tangga atau perkantoran. Konsep dasar yang dikembangkan pada metoda ini adalah pengurangan harmonisa arus sistem jaringan listrik dilakukan dengan menghilangkan komponen-komponen harmonisa arus (harmonisa orde) yang mendominasi pada jaringan dengan cara memasang *filter* pasif yang dirangkai *single tuned* [2].

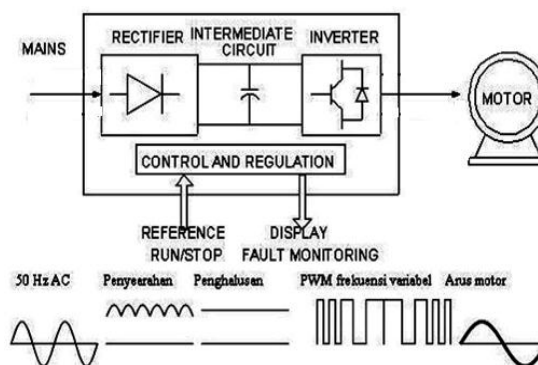
1.2 Tujuan Penelitian

- a. Mempelajari timbulnya harmonisa pada jaringan listrik tegangan rendah akibat penerapan *Air Condition Inverter*.
- b. Mengukur besaran dan bentuk gelombang yang telah mengotori jaringan listrik tegangan rendah, dan memberikan solusi pemecahan untuk mengatasinya.
- c. Merancang bangun peralatan filter untuk meredam harmonisa yang timbul akibat pembebanan *Air Condition Inverter* pada jaringan listrik tegangan rendah.

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Prinsip Dasar Inverter

Merupakan suatu peralatan yang dapat digunakan untuk mengkonversikan sumber daya AC menjadi tegangan DC yang kemudian dikonversikan lagi menjadi sumber daya AC dengan frekuensi yang sesuai. Cara ini bisa dipakai karena diketahui bahwa kecepatan sinkron motor induksi berbanding lurus dengan frekuensi sumber dayanya. Sumber daya dari PLN mempunyai frekuensi yang konstan, yaitu 50 Hz. Salah satu cara yang efektif untuk menghasilkan tegangan dengan frekuensi yang bisa diatur yaitu dengan jalan membangkitkannya sendiri. Untuk itu diperlukan suatu sumber daya DC. Sumber daya ini diperoleh dari sumber daya PLN yang disearahkan dengan *rectifier*. Selanjutnya sumber daya ini ditapis dengan *filter DC* untuk mendapatkan sumber daya DC yang lebih rata. Kemudian dengan melalui suatu rangkaian *switch* (disebut sebagai jembatan *inverter*) yang bisa dikendalikan sedemikian rupa, sumber daya itu bisa diubah menjadi sumber daya AC pada ujung beban. Dengan cara mengontrol waktu pensaklaran dari *switch-switch* tersebut dengan menggunakan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) seperti terlihat pada Gambar 1 [3].



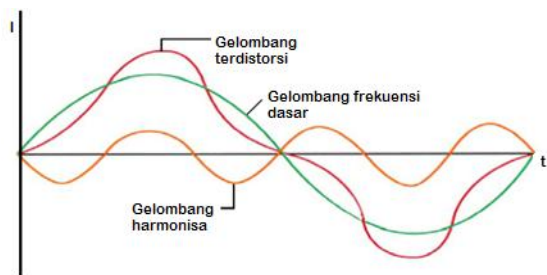
Gambar 1 Prinsip Dasar *Inverter*

Dengan menerapkan *inverter* pada *air condition*, maka akan banyak diperoleh keuntungan secara teknis bila dibandingkan dengan cara lain. Beberapa keuntungan tersebut antara lain: mempunyai jangkauan kecepatan yang lebih lebar, mempunyai beberapa pola untuk hubungan tegangan dan frekuensi, mempunyai fasilitas penunjukan meter, mempunyai lereng akselerasi dan deselerasi yang dapat diatur secara independen, kompak, serta sistem lebih aman

Namun penggunaan komponen elektronika daya pada *AC Inverter* tersebut didalam sistem tenaga listrik menimbulkan masalah baru yaitu gangguan harmonisa. Gangguan harmonisa ini dapat dikurangi dengan menggunakan kontrol sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Width Modulation – PWM*) atau memasang filter kapasitor.

1.3.2 Harmonisa pada Sistem Tenaga Listrik

Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban listrik non linier, yang pada dasarnya adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya (kelipatan dari frekuensi fundamental, misal: 100Hz, 150Hz, 200Hz, 300Hz, dan seterusnya).



Gambar 2 Gelombang Fundamental dan Harmonisa ke 3

1.3.3 Sumber-Sumber Harmonisa Yang Utama

1.3.3.1 Penyearah

Pada saat ini, penyearah adalah sumber utama harmonisa. Dari sisi pengendalian, secara garis besar ada tiga jenis penyearah, yaitu :

1. Penyearah tak terkendali (dioda)
2. Penyearah terkendali (thyristor)
3. Penyearah PWM (transistor)

Semua peralatan elektronik, yang meliputi televisi, sistem AV, printer, scanner, UPS dan *battery charger*, komputer, monitor, *oven microwave*, lampu fluorescent dengan ballast elektronik, dll menggunakan penyearah jenis ini pada seksi *front-end*-nya. Penyearah tak terkendali tiga fasa sangat banyak dijumpai dalam sektor industri. Penyearah ini sangat lazim dijumpai pada seksi *front-end* pengendali putaran motor-motor asinkron tiga fasa dalam semua sektor industri .

1.3.3.2 Lampu Hemat Energi (LHE)

Pada saat ini, berkaitan dengan semakin mahalnya biaya energi, PLN dan produsen lampu rajin mempopulerkan apa yang disebut dengan “lampu hemat energi” (LHE). Sebenarnya, LHE adalah lampu fluorescent yang dioperasikan pada frekuensi tinggi (~10-200kHz). Frekuensi tinggi ini didapat dari *inverter* kecil dalam ballast elektronik. *Inverter* ini disuplai dari suatu penyearah yang tidak lain adalah penyearah dari jenis pertama sebagaimana telah disinggung di atas.

1.3.4 Pengaruh yang Ditimbulkan Oleh Harmonisa

a. Saluran transmisi

Harmonisa arus pada konduktor akan menyebabkan bertambahnya rugi-rugi saluran sebagai akibat adanya pemanasan tambahan.

b. Transformator

Efek harmonisa pada transformator adalah harmonisa arus menyebabkan meningkatnya

rugi-rugi tembaga. Selain itu harmonisa juga dapat menyebabkan pemanasan lebih pada isolasi, dan akan mempersingkat umur penggunaan isolasi.

c. Mesin-Mesin Berputar

Harmonisa akan menimbulkan panas tambahan sehingga menambah rugi-rugi tembaga dan besi, yang berpengaruh pada efisiensi mesin.

d. Bank Kapasitor (*Capasitor Banks*)

Distorsi tegangan akan menyebabkan rugi daya tambahan pada kapasitor. Pada frekuensi yang lebih tinggi, besar reaktansi dari kapasitor akan menurun sehingga harmonisa arus yang mengalir ke kapasitor juga semakin besar.

e. Peralatan konsumen

Peralatan elektronik pada konsumen juga dapat terpengaruh oleh harmonisa.

f. Televisi: harmonisa akan mempengaruhi nilai puncak tegangan yang dapat berdampak perubahan pada ukuran gambar TV dan kecerahan TV.

g. Komputer: dapat mengganggu sistem pemrosesan data karena tegangan supply terdistorsi.

h. Terjadi kesalahan pada pembacaan di alat pengukuran, contohnya adalah KWH meter.

1.3.5 Indeks Harmonisa

Definisi indikasi harmonisa yang umum digunakan adalah *Total Harmonic Distortion*.

Definisi yang umum digunakan adalah indeks harmonisa

$$THD_V = \sqrt{[\sum_{h=2}^{\infty} (V_h)^2 / V_h]} \quad (1)$$

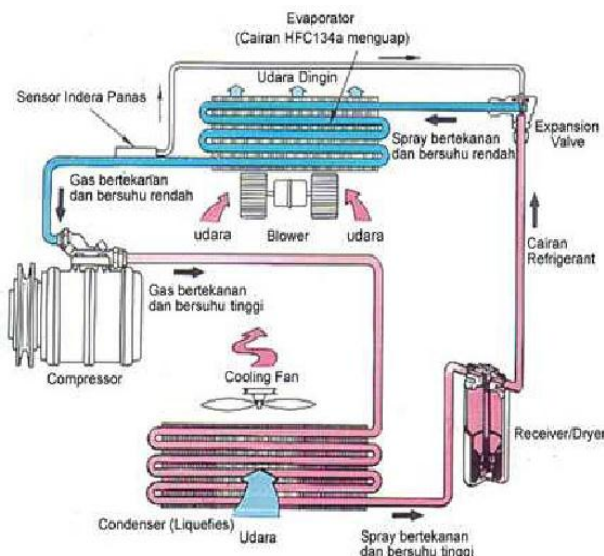
$$THD_I = \sqrt{[\sum_{h=2}^{\infty} (I_h)^2 / I_h]} \quad (2)$$

Indeks harmonisa didefinisikan sebagai rasio dari harga rms komponen harmonisa ke harga rms komponen dasar dan biasanya dinyatakan dalam persen. Indeks ini digunakan untuk mengukur *deviasi* dari bentuk gelombang periodik yang terdiri dari harmonisa gelombang sinus murni. Untuk gelombang sinus murni pada frekuensi dasar, THD adalah nol. Kerusakan individu harmonisa untuk tegangan dan arus ordo *h*-th didefinisikan sebagai V_h/V_1 dan I_h/I_1 .

1.3.6 Cara Kerja Air Condition

Kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (*refrigent*), jadi *refrigent* yang masuk ke dalam kompresor dialirkan ke *condenser* yang kemudian dimampatkan di kondenser. Di bagian kondenser ini *refrigent* yang dimampatkan akan

berubah fase dari *refrigent* fase uap menjadi *refrigent* fase cair, maka *refrigent* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refrigent*. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh kondenser adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil *evaporator* dari substansi yang akan didinginkan. Pada kondenser tekanan *refrigent* yang berada dalam pipa-pipa kondenser relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan *refrigent* yang berada pada pipa-pipa *evaporator*. Setelah *refrigent* lewat kondenser dan melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka *refrigent* dilewatkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi ini *refrigent* tekanannya diturunkan sehingga *refrigent* berubah kondisi dari fase cair ke fase uap yang kemudian dialirkan ke *evaporator*, di dalam *evaporator* ini *refrigent* akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap, perubahan fase ini disebabkan karena tekanan *refrigent* dibuat sedemikian rupa sehingga *refrigent* setelah melewati katup ekspansi dan melalui *evaporator* tekanannya menjadi sangat turun.



Gambar 3 Instalasi Air Condition

1.3.7 Air Condition Inverter

Air conditioner adalah salah satu peralatan rumah tangga yang paling banyak memakan listrik. Maka jika akan memasang *air conditioner* di rumah, sudah sewajarnya memilih AC hemat listrik. Disinilah peran teknologi *inverter* dimanfaatkan. Untuk menjelaskannya, gunakan setting suhu sebagai contoh.

Jika di siang hari yang panas Anda memilih suhu 25° C pada AC tanpa *inverter*, *air conditioner* otomatis akan mati sendiri ketika

suhu ruangan sudah dibawah 25° C, dan akan hidup lagi pada saat suhu naik diatas 25° C. Hal ini akan terus berulang dan akan menyebabkan banyak energi listrik yang terbuang sia-sia. Selain itu gangguan oleh adanya suara *air conditioner* yang hidup dan mati berulang-ulang dapat dihindari. Pada AC *inverter*, dimungkinkan untuk menjaga ruangan pada suhu tertentu tanpa *air conditioner* harus hidup dan mati berulang-ulang.

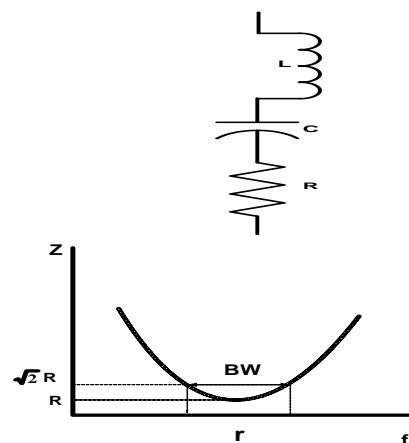
Pada *air conditioner*, teknologi *inverter* terintegrasi di dalam unit *outdoor*. *Compressor AC* didalam unit *outdoor* mengubah tingkat kompresi *refrigerant*, maka dalam proses tersebut dimungkinkanlah pengaturan suhu. Pada kenyataannya, pengaturan ini diperoleh dari perubahan kecepatan motor didalam *compressor AC*. Karena kecepatan motor dapat dikontrol dengan halus pada berbagai tingkat, *inverter control* memungkinkan *air conditioner* tidak hanya hemat listrik, namun juga mampu melakukan pengaturan suhu yang lebih baik. Fungsi kunci dari *inverter* ini terletak pada komponen yang disebut *microcontroller*.

1.3.8 Filter Pasif

Filter ini dapat digolongkan menjadi 2 :

a. *Filter* seri

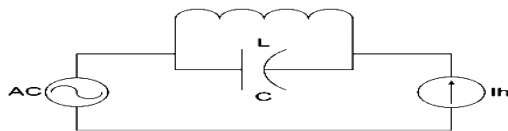
Digolongkan sebagai jenis resonansi paralel dan penghalang dengan impedansi tinggi pada frekwensi yang ditala. Gambar *filter* seri adalah sebagai berikut [4].



Gambar 4 *Filter* Seri dan Karakteristik

b. *Filter* paralel

Digolongkan sebagai jenis resonansi seri dan penjebak dengan impedansi tinggi pada frekwensi yang ditala. Gambar *filter* paralel adalah sebagai berikut : [4]



Gambar 5 Filter Paralel

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3) \quad Q = \frac{X_L(f_r)}{R} = \frac{X_C(f_r)}{R} \quad (4)$$

$$BW = \frac{2\pi f_r}{Q} \quad (5)$$

1.3.9 Passive Filter Single Tuned

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Tipe filter pasif yang paling umum adalah *filter single tuned*. Filter ini sebagian besar dirancang untuk mengalihkan harmonisa arus yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Parameter utama yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan R, L, C pada saat perencanaan filter pasif adalah *quality factor* (Q), nilai ini akan menentukan ketajaman penalaan. Dalam hal ini filter dapat berupa tipe Q tinggi untuk ketajaman penalaannya pada ordo harmonisa frekuensi rendah biasanya berharga antara 30 sampai dengan 60. Sedangkan tipe Q rendah biasanya pada daerah 0.5 sampai dengan 5 mempunyai impedansi rendah dengan batasan frekuensi yang luas [5].

Filter single tune termasuk filter seri contoh dari *filter single tuned* yang umum digunakan pada tegangan rendah (380 V) seperti Gambar 4.

Passive filter single tuned digunakan untuk mengurangi penyimpangan tegangan pada sistem tenaga dan juga sebagai koreksi faktor daya. Nilai-nilai resistan, induktan dan kapasitan ditentukan oleh parameter sebagai berikut :

- Daya reaktif tegangan nominal (*var*)
- Frekuensi penalaan (*Hz*)
- Faktor kualitas

Perencanaan filter antara lain :

- a. Menentukan nilai kapasitansi kapasitor sesuai kebutuhan kompensasi faktor daya

$$Q_c = P (\tan \phi_{awal} - \tan \phi_{akhir}) \quad (6)$$

- b. Menentukan nilai kapasitor

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (7)$$

$$\frac{1}{2\pi f c} = \frac{V^2}{Q_c} \quad (8)$$

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f V^2}$$

dengan :

Q_c = besarnya kompensasi daya reaktif yang diperlukan

V = tegangan sistem yang digunakan (380V)

f = frekuensi fundamental (50Hz)

- c. Menentukan nilai induktor

Nilai induktor dicari berdasarkan prinsip resonansi

$$X_c = X_L$$

$$\frac{1}{2\pi f c} = 2\pi f L$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 c} \quad (9)$$

- d. Faktor kualitas (Q) filter didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi (atau kapasitansi) pada saat resonansi dengan besaran resonansi

$$Q = \frac{X_0}{R} \quad (10)$$

$$X_0 = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 c} = \sqrt{\frac{L}{c}} \quad (11)$$

dengan $X_L = X_C = X_0$ pada keadaan resonansi

II. METODE PENELITIAN

2.1 Studi Literatur Melalui Buku-buku dan Jurnal

Studi *literature* ini dilakukan guna meningkatkan wawasan dan pengetahuan peneliti sehingga penerapan ilmu dan teori dapat dilaksanakan dengan *update* teknologi dan penelitian terkini terkait meliputi teknologi yang diteliti, yaitu melalui studi kepustakaan terhadap buku-buku yang relevan dan melalui *browsing* di internet tentang informasi informasi yang mendukung terlaksananya penelitian.

2.2 Sumber Daya Institusi

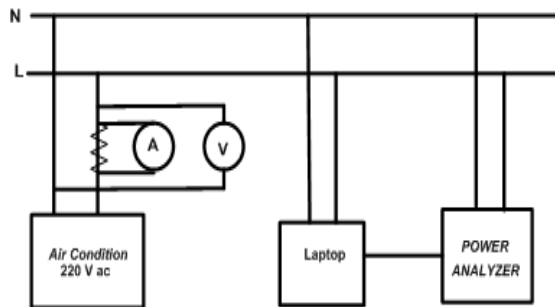
Pengembangan penelitian berbasis dengan sumber daya Laboratorium Mesin-mesin Listrik dan Laboratorium Kendali Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang. Sumber daya yang dimiliki institusi yang berupa peralatan dan data akan dimanfaatkan sebaik-baiknya.

2.3. Peralatan yang Dipergunakan

1. Air Condition Inverter 2 PK 1 buah
2. Voltmeter 1 buah
3. Ampere meter 1 buah
4. Power quality meter 1 buah
5. Komputer/Laptop 1 buah

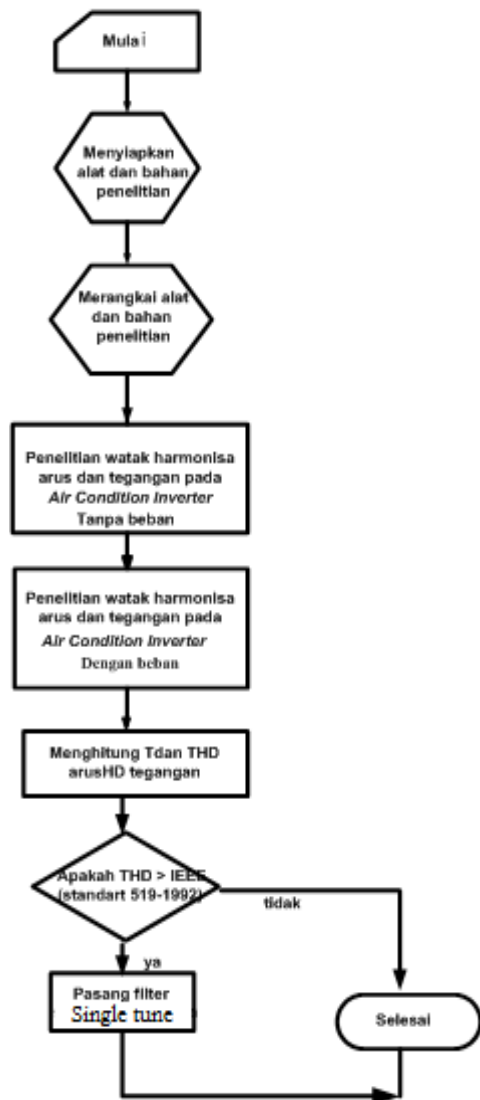
- 6. Kabel penghubung secukupnya
- 7. Unit *Filter* 1 buah

2.4 Rangkaian Percobaan



Gambar 6 Rangkaian Percobaan Tanpa Filter

2.5 Diagram Alir



Gambar 7 Diagram Flowchart Penelitian

2.6 Kesulitan-Kesulitan

Kesulitan yang ditemui selama melakukan penelitian adalah pada saat pembuatan *filter*, yaitu mencari nilai komponen yang sesuai dengan hasil rancangan. Terutama untuk komponen resistor yang membutuhkan kemampuan daya yang besar dengan nilai kecil, komponen dengan spesifikasi yang seperti ini tidak ditemukan di pasaran. Untuk mengatasi hal ini, dibuat dengan cara memparalel dan menseri resistor yang ada. Nilai resistansi yang dibuat diusahakan sebisa mungkin mendekati nilai rancangan. Demikian pula dalam pembuatan induktor karena diperlukan induktor dengan harga relatif besar dan kemampuan arusnyaapun relatif besar, induktor seperti ini tidak ada dipasaran sehingga perlu dibuatkan sendiri dan diberi bahan inti ferit.

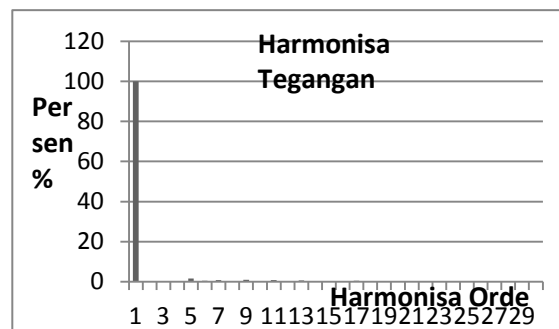
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penelitian Watak Harmonisa Sebelum Dipasang Filter

3.1.1 Pengukuran Harmonisa Tegangan AC Inverter Tanpa Filter

Untuk mengetahui kandungan harmonisa arus maupun tegangan *AC Inverter*, maka perlu dilakukan pengukuran dengan menggunakan peralatan *power analyzer Kyoritsu KEW 6310*.

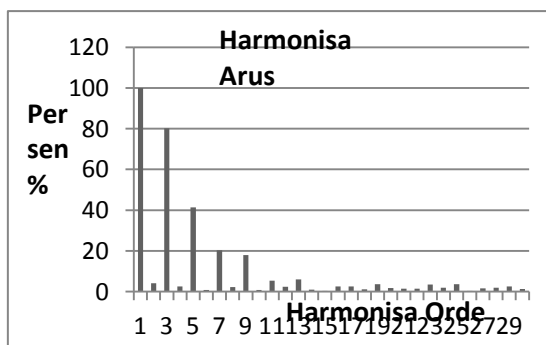
Gambar 8 memperlihatkan hasil pengukuran harmonisa tegangan sampai dengan harmonisa ke-30. Terlihat bahwa harmonisa tegangan 2,8 % tidak melebihi dari batas yang ditentukan standart IEEE. Hal ini dapat dijelaskan bahwa *inverter* pada AC tidak mengganggu bentuk gelombang tegangan.



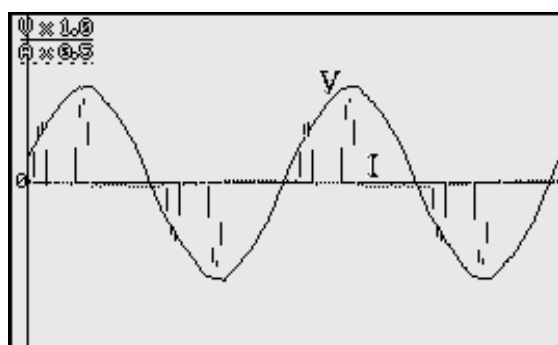
Gambar 8 Spektrum Harmonisa Tegangan AC Inverter 2 Hp

3.1.2 Pengukuran Harmonisa Arus AC Inverter Tanpa Filter

Pada Gambar 9 memperlihatkan spektrum harmonisa arus yang terjadi saat AC *Inverter* dijalankan dengan seting suhu adalah 31 °C. *Inverter* akan bekerja menjalankan motor AC *Inverter* dan seperti yang terlihat pada gambar 5.2 spektrum harmonisa arus AC *Inverter* 2 HP dengan $THD_i=95.4\%$. Harmonisa arus yang dominan terjadi pada harmonisa orde 3, 5, 7, 9. Bentuk gelombang tegangan masih dalam keadaan baik / sinusoidal (tidak cacat) tetapi bentuk gelombang arus sangat tidak beraturan/tidak sinusoidal (cacat) seperti yang terlihat pada Gambar 10 gelombang tegangan dan arus AC *inverter* 2 Hp seting suhu 31° celsius. Dari keadaan fisik, motor kompresor AC akan bekerja dengan putaran lebih lambat (*Inverter* bekerja mengubah frekwensinya menjadi lebih kecil dari 50 hz).



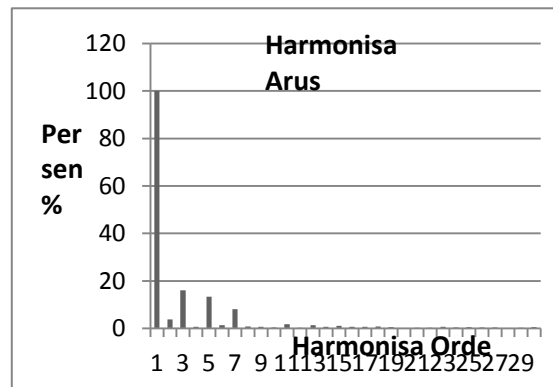
Gambar 9 Spektrum Harmonisa Arus AC *Inverter* 2 Hp Seting Suhu 31° Celcius



Gambar 10 Gelombang Tegangan dan Arus AC *Inverter* 2 Hp Seting Suhu 31° Celcius

Pada Gambar 11 memperlihatkan spektrum harmonisa arus yang terjadi saat AC *Inverter* dijalankan dengan seting suhu adalah 20°C. *Inverter* akan bekerja menjalankan motor AC *Inverter* dan seperti yang terlihat pada Gambar 17 spektrum harmonisa arus AC *Inverter* 2 HP

dengan $THD_i=23,5\%$. Harmonisa arus yang merata (rendah). Dari keadaan fisik, motor kompresor AC akan bekerja dengan putaran cepat dari seting suhu 25°C. Pada keadaan ini *Inverter* dapat dikatakan tidak bekerja (*inverter* kerja ringan) dengan harmonisa arus yang timbul semakin sedikit.

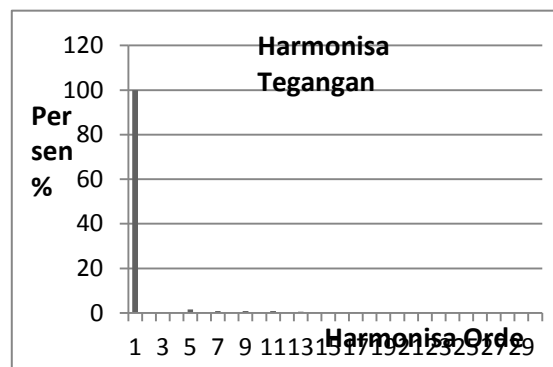


Gambar 11 Harmonisa Arus AC *Inverter* 2 Hp Seting Suhu 20° Celcius

Untuk menghilangkan harmonisa arus yang timbul saat unit *inverter* AC *Inverter* 2 HP bekerja pada suhu diseting 31°C sampai dengan 20°C dirancang dan dibuat filter *single tune* sesuai kebutuhan untuk AC *Inverter* 2 HP.

3.2 Pengukuran Harmonisa Arus AC Inverter dengan Filter

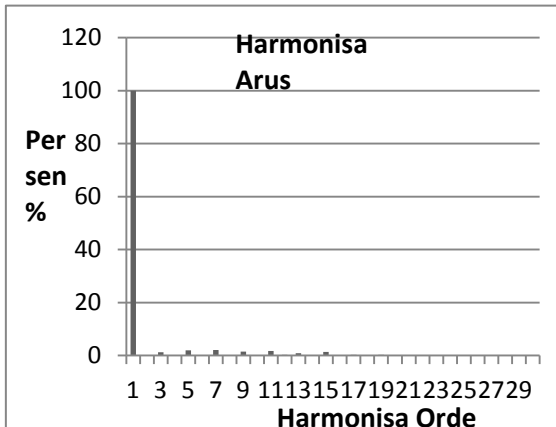
Gambar 5.5 memperlihatkan hasil pengukuran harmonisa tegangan sampai dengan harmonisa ke-30. Terlihat bahwa harmonisa tegangan 2,8 % tidak melebihi dari batas yang ditentukan standart IEEE. Hal ini dapat dijelaskan bahwa harmonisa tegangan pada AC *inverter* tidak mengganggu bentuk gelombang tegangan.



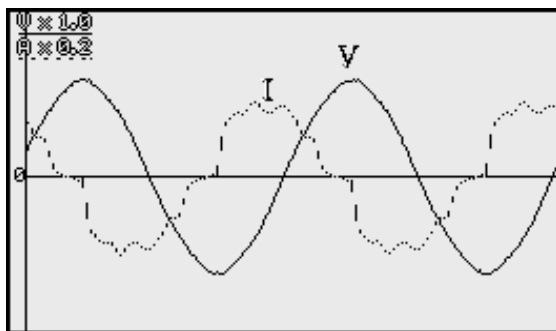
Gambar 12 Spektrum Harmonisa Tegangan AC *Inverter* 2 Hp dengan Filter

Pada Gambar 13 memperlihatkan hasil pengukuran harmonisa arus AC Inverter 2 HP dengan filter telah terpasang pada jaringan listrik dan menghasilkan $THD_I = 15,8\%$. AC Inverter dijalankan dengan seting suhu 31°C , dengan demikian setelah pemasangan filter terjadi penurunan harmonisa arus 80% yaitu dari $THD_I = 95,5\%$ menjadi $THD_I = 15,8\%$.

Bentuk gelombang tegangan masih utuh berbentuk sinusoidal, sedangkan bentuk gelombang arus sudah terbaiki terlihat bentuk sinusoidalnya meski belum sempurna, hal ini seperti terlihat pada Gambar 14.

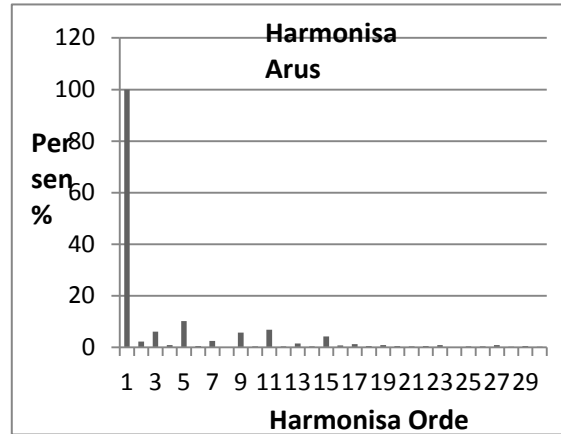


Gambar 13 Harmonisa Arus AC Inverter 2 Hp dengan Filter Seting Suhu 31°C Celcius

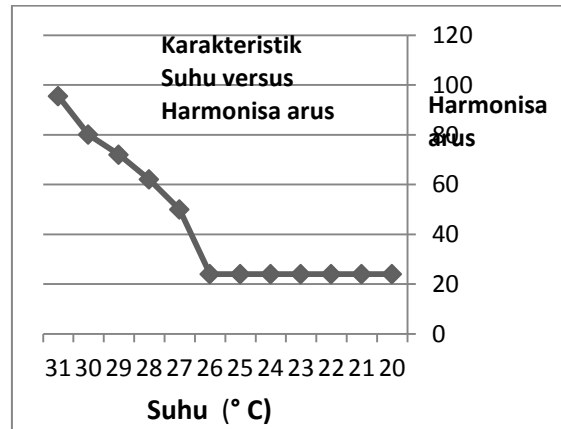


Gambar 14 Gelombang Tegangan dan Arus AC Inverter 2 Hp dengan Filter Seting Suhu 31°C Celcius

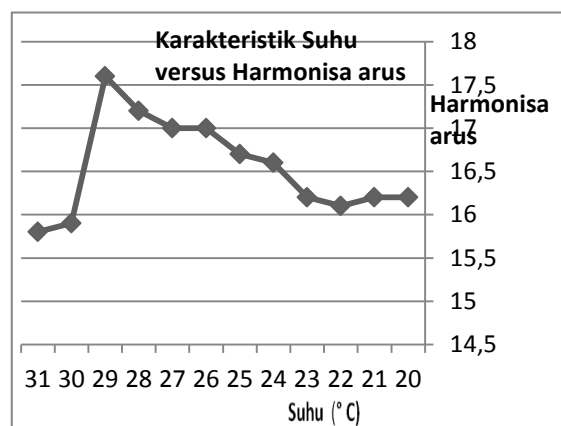
Pada Gambar 15 memperlihatkan hasil pengukuran harmonisa arus AC Inverter 2 HP dengan filter telah terpasang pada jaringan listrik dan menghasilkan $THD_I = 16,2\%$. AC Inverter dijalankan dengan seting suhu 20°C , dengan demikian setelah pemasangan filter terjadi penurunan harmonisa arus 79,3% yaitu dari $THD_I = 95,5\%$ menjadi $THD_I = 17,6\%$.



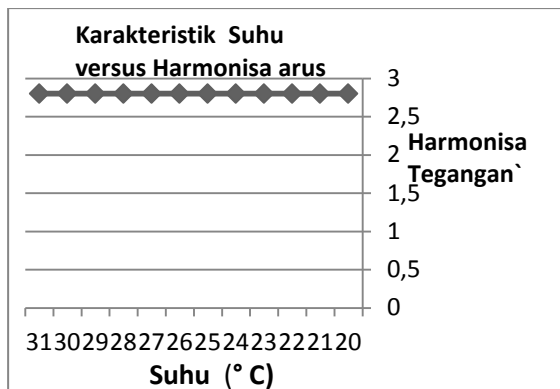
Gambar 15 Harmonisa Arus AC Inverter 2 HP dengan Filter Seting Suhu 20°C Celcius



Gambar 16 Karakteristik Suhu Versus Harmonisa Arus AC Inverter 2 HP Tanpa Filter



Gambar 17 Karakteristik Suhu Versus Harmonisa Arus AC Inverter 2 HP dengan Filter



Gambar 18 Karakteristik Suhu Versus Harmonisa Arus AC Inverter 2 HP Tanpa / Dengan Filter

Gambar 16 dan Gambar 17 memperlihatkan karakteristik suhu versus harmonisa arus AC Inverter 2 HP tanpa filter dan dengan filter.

Terlihat bahwa jika AC Inverter dijalankan dengan seting suhu hangat yaitu pada suhu 31, 30, 29, 28, dan 27 unit inverter AC Inverter akan bekerja dan menghasilkan harmonisa arus THD_1 yang cukup besar (95% sampai dengan 24%).

Setelah dipasang filter single tune, pada Gambar 17 karakteristik suhu versus Harmonisa arus AC Inverter 2 HP, terlihat bahwa harmonisa arus THD_1 jauh turun pada kisaran 17%.

Sedangkan pada Gambar 18 karakteristik suhu versus harmonisa tegangan terlihat sama besaran harmonisa tegangan THD_V baik AC Inverter 2 HP dipasang filter single tune maupun tidak dipasang filter single tune.

IV. KESIMPULAN

1. Harmonisa arus yang dihasilkan AC Inverter untuk menggerakkan motor induksi masih relative tinggi (pada penelitian ini $THDI$ 95%), sedangkan harmonisa tegangan relative rendah (pada penelitian ini $THDV$ 2%).

2. Pada keadaan AC Inverter tanpa filter single tuned dan saat inverter aktif harmonisa arus dominan akan muncul pada orde 3, 5, 7, 9 (orde ganjil selain 1 dengan frekuensi dibawah 1500 hertz).
3. Pada keadaan AC Inverter dengan filter single tuned dan berbeban motor kompresor, harmonisa arus turun menjadi THD_1 17%. Sedangkan harmonisa tegangan pada semua kondisi penelitian relatif tetap kurang lebih 2%.
4. Passive filter single tuned mampu mereduksi harmonisa arus sebesar THD_1 78% pada keadaan AC Inverter aktif unit inverternya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Asnil, *Aplikasi Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonik Pada Inverter*, Tesis, Alumni Program Studi Teknik Elektro Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, 2009.
- [2] Djodi Antono, *Pengaruh Filter Pasif Single Tune Pada Jaringan Listrik Tegangan Rendah Akibat Pembebanan Penggerak yang Dapat Diatur Kecepatannya*, Tesis, Alumni Program Studi Teknik Elektro Program Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, 2011. 9.
- [3] Sigit Budhi Santoso, Aris Rakhmadi, *Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Melalui Inverter Altivar 18 Berdasarkan Kendali Fuzi Berbasis PLC*, Alumni Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2003.
- [4] Gary W Chang, Paulo F. Ribeiro and S. J. Ranade, "Harmonic Theory", *IEEE*, 199.
- [5] Jeong-Chay Jeon, Jae Geun Yoo, Sang Ick Lee, *Design and Application of Passive Filter Control System*, Power Engineering The Korean Institute of Electrical Engineer, Korea, 2004.