

Analisis Upaya Koreksi Faktor Daya pada Inverter untuk Tungku Peleburan Logam

Anggita Chandra Pradita¹, Muhammad Facta², dan Hermawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto No.13, Tembalang, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275

e-mail: anggitchandra63@gmail.com

Abstrak—Teknologi yang semakin berkembang membuat permintaan dalam produksi logam, besi baja dan lainnya mengalami peningkatan. Permintaan produksi semakin meningkat, membuat masalah terhadap kualitas daya listrik dengan meningkatnya operasi tungku api. Tungku api yang merupakan beban non linier yang menyebabkan jaringan listrik terdapat tegangan dan arus harmonik. Pada industri peleburan PT. Texmaco Perkasa Engineering yang menggunakan beban non linier harus melakukan perbaikan untuk meningkatkan kualitas daya listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah dalam meningkatkan kualitas daya listrik yang terganggu karena adanya harmonisa yang menyebabkan penurunan pada faktor daya sehingga peneliti ingin melakukan perbaikan secara simulasi dengan menggunakan software PSIM dengan menggunakan metode eksperimen dengan menambahkan *Filter Active Hybrid* dan *Power Factor Correction* pada simulasi rangkaian tungku peleburan logam yang telah disesuaikan pada PT. Texmaco Perkasa Engineering yang telah dapat menaikkan nilai faktor daya dari 0,62 menjadi nilai faktor daya sebesar 0,99. Nilai total distorsi harmonisa arus dalam persen sebelum dilakukan perbaikan adalah sebesar 30,7%, dan setelah dilakukan perbaikan turun menjadi 0,03%.

Kata Kunci : *Tungku Peleburan Logam, Power Factor, Filter Active Hybrid, Power Factor Correction, Software PSIM*

Abstract— *The developing technology increases the demand in the production of metals, steel and others has increased. increased production pits, problems with the quality of electric power by making firebox furnaces. The furnace is a non-linear load that causes the electrical network to have voltage and current harmonics. harmonics that cause a decrease in the power factor so that researchers want to make improvements in a simulation using PSIM software using experimental methods by adding Active Hybrid Filters and Power Factor Correction in the furnace circuit simulation. metal smelting that has been adjusted at PT. Texmaco Perkasa Engineering which has been able to increase the power factor value from 0.62 to 0.99 power factor value. The total value of current harmonic distortion in percent before repair is 30.7%, and after repair it decreases to 0.03%.*

Keywords : *Metal Melting Furnace, Power Factor, Active Hybrid Filter, Power Factor Correction, PSIM Software*

I. PENDAHULUAN

Penggunaan tungku induksi dalam industri logam memiliki berkembang pesat dalam dekade terakhir di seluruh dunia. Generasi baru tungku peleburan induksi industri telah dikembangkan selama 25 tahun terakhir. Pengembangan fleksibel, pelacakan daya konstan, pasokan daya induksi frekuensi menengah telah menghasilkan penggunaan luas metode peleburan batch dalam pengecoran modern [1]. Tungku induksi peringkat daya tinggi dapat diproduksi dengan perkembangan elektronika daya, hingga besi leleh, logam baja. Dalam daya tungku induksi topologi konverter digunakan ini menyebabkan masalah kualitas daya seperti faktor daya [2]. Faktor daya selalu merupakan parameter yang sangat penting dari komponen pesanan fundamental. Faktor daya adalah ukuran bagaimana beban yang efektif digunakan dua faktor daya yang berbeda. Model nonlinear, adalah faktor model adaptif karena faktor energi distorsi adalah unit [3]. Produksi baja memberikan kontribusi penting bagi faktur

bulan yang sesuai. Hasil perhitungan banyak tungku busur, nilai faktor daya tertinggi adalah 0,98 yang dipasang untuk menggunakan listrik pada periode puncak dari maksimum [4].

Ada banyak metode yang dipakai untuk mencari solusi masalah kualitas daya seperti harmonisa, dan power factor tersebut secara umum dapat digolongkan menjadi dua kelompok, metode berbasis time series dan recursive least square [5]. Pada salah satu penelitian yang menyajikan studi perbandingan mengenai Kompensasi di berbagai unit pabrik Baja dengan masalah yang diangkat yaitu efisiensi energi dan keuntungan dengan kompensasi dan filtrasi harmonik dengan menggunakan metode berbasis time series dan recursive least square dengan faktor pembelajaran dinamis kemudian diterapkan untuk mengestimasi EAF daya reaktif di masa mendatang sehingga kinerja TSC ditingkatkan dengan mengurangi penundaan waktu alami [6].

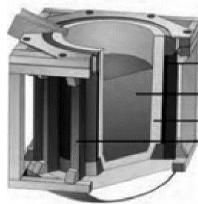
Berikut Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan permodelan untuk meningkatkan power factor di PT Texmaco Perkasa

Engineering Semarang, Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi induksi model tungku kapasitor resonansi dioptimalkan dirancang untuk tungku induksi praktis dengan inverter resonansi paralel. Kemudian dirancang rangkaian rectifier dan inverter snubber. Dengan menyajikan kondisi pengujian, tegangan dan arus, yang digunakan untuk menguji kinerja pengukuran solusi pengukuran daya reaktif yang terukur pada simulasi dengan menggunakan metode eksperimen dengan melakukan penambahan filter active hybrid yang tersusun dari terdiri dari *shunt active power filter inverter* serta filter pasif *jenis band pass filter* dan *power factor correction* yang diharapkan bisa meningkatkan nilai faktor daya yang mendekati satu yang bisa menurunkan biaya kelistrikan.

II. STUDI PUSTAKA

A. Tungku Induksi

Tungku induksi atau tungku peleburan logam adalah tungku listrik di mana panas diterapkan dengan pemanasan induksi logam [7]. Tungku induksi tanpa biji frekuensi menengah dan tinggi cocok untuk peleburan, peleburan kembali dan paduan, karena keuntungan yang terkait dengan biaya pemasangan yang rendah, biaya pengoperasian yang rendah, fleksibilitas paduan maksimum (dapat dikosongkan dengan sangat cepat), efisiensi pemanasan yang baik, suhu yang tepat kontrol. Peleburan induksi melibatkan pengadukan otomatis, menghasilkan peningkatan homogenitas dan kualitas paduan logam. Tungku ini digunakan untuk elaborasi baja paduan rendah karbon tinggi, besi cor paduan, besi keras, perunggu, nikel dan logam mulia [8]. Dalam prinsip kerja tungku induksi, konstruksinya diberikan. Dalam penyebab kekuasaan masalah kualitas karena tungku induksi diberikan serta rangkaian tangki resonansi yang dibentuk oleh kombinasi kapasitor dan kumparan tungku diberikan juga karakteristik harmonik yang bervariasi waktu telah dibahas. Dalam karakteristik harmonik tungku peleburan induksi ideal disajikan. Dalam disajikan interaksi arus antar harmonik dengan instalasi filter pasif dan distorsi tegangan antar harmonik waktu yang bervariasi juga dibahas. Ada banyak teknik untuk mengurangi harmonik seperti reaktor saluran, filter pasif, filter aktif, dll [9].



Gambar 1. Tungku Induksi

B. Faktor Daya

Faktor daya merupakan $\cos \phi$ dari sudut beda fasa antara arus dan tegangan. Faktor daya atau $\cos \phi$ mempunyai rentang nilai antara 0 sampai 1. Faktor daya pada beban non linier merupakan perbandingan daya kerja dengan daya semu. Ini mengukur seberapa efektif daya listrik digunakan. Faktor daya yang tinggi menandakan penggunaan daya listrik yang efisien, sedangkan faktor daya yang rendah menunjukkan pemanfaatan daya listrik yang buruk. Untuk menentukan faktor daya (PF), bagi daya kerja (kW) dengan daya semu (kVA). Dalam sistem linier atau sinusoidal,

hasilnya juga disebut sebagai kosinus. Semakin 0 mendekati 1 maka nilai faktor daya akan semakin baik. Faktor daya dibedakan menjadi dua yaitu faktor daya tertinggal (lagging) dan faktor daya mendahului (leading) [10].

Dengan persamaan sebagai berikut :

$$PF = \frac{P}{S} \quad (1)$$

C. Harmonik

Harmonik menyebabkan distorsi bentuk gelombang tegangan dan arus, yang memiliki efek merugikan efek pada peralatan listrik. Harmonik adalah salah satu masalah kualitas daya utama. Estimasi harmonik dari beban nonlinier adalah langkah pertama dalam analisis harmonik dan ini mungkin tidak langsung. Ada interaksi antara peralatan penghasil harmonik, yang dapat memiliki topologi bervariasi, dan sistem kelistrikan [11]. Untuk beban fase tunggal dalam kondisi non sinusoidal, tegangan dan arus sesaat dinyatakan dengan suatu deret berikut :

$$v(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} V_h \sin(h\omega t + \theta_h) \quad (2)$$

$$i(t) = \sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{2} I_h \sin(h\omega t + \theta_h) \quad (3)$$

Dari persamaan diatas, dapat disajikan nilai efektif dari arus, yaitu sebagai berikut :

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2} \quad (4)$$

Setiap harmonik memberikan kontribusi pada daya rata-rata yang dapat positif atau negatif. Namun, daya harmonik yang dihasilkan sangat kecil relatif terhadap daya aktif frekuensi dasar [11].

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \cos(\theta_h - \delta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} P_h \quad (5)$$

Dalam kasus beban nonlinier atau ketika sumber memiliki bentuk gelombang nonsinusoidal, daya reaktif Q dapat didefinisikan sebagai berikut [11] :

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \sin(\theta_h - \delta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} Q_h \quad (6)$$

dan daya semu dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$S^2 = P^2 + Q^2 + H^2 \quad (7)$$

atau

$$S^2 = P^2 + Q^2 + D^2 \quad (8)$$

$$S = V_{rms} I_{rms} \quad (9)$$

daya kompleks S merupakan besaran yang diperoleh sebagai perkalian nilai efektif dari tegangan dan arus. [11]

$$S_{3fasa}^2 = 3V^2 I^2 \quad (10)$$

$$= 3V^2 (I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2) \quad (10)$$

$$= 3V^2 I_1^2 + 3V^2 (I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2) \quad (11)$$

$$= [3P \cos \phi_1]^2 + [3Q \sin \phi_1]^2 + 3V^2 (I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2) \quad (12)$$

Batasan dalam subayat ini berlaku untuk pengguna yang terhubung ke sistem di mana tegangan pengenal pada PCC adalah 120 V hingga 69 kV. Di PCC, pengguna harus membatasi arus harmonik mereka sebagai berikut :

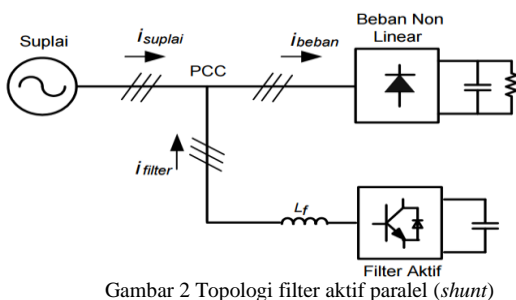
- a. Persentil ke-99 harian arus harmonik waktu sangat singkat (3 detik) harus kurang dari 2,0 kali nilai yang diberikan pada Tabel 1.
 - b. Arus harmonik persentil ke-99 mingguan (10 menit) harus kurang dari 1,5 kali nilai yang diberikan pada Tabel 1.
 - c. Persentil ke-95 mingguan (10 menit) arus harmonik harus kurang dari nilai yang diberikan pada Tabel 2.
- Tabel 1. Batas distorsi arus untuk sistem dengan tegangan 120 V hingga 69 kV [12].

| Maximum harmonic current distortion in percent of I_L | | | | | | |
|--|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| Individual harmonic order (odd harmonics) ^{a, b} | | | | | | |
| ISC/I_L | $3 \leq h$ | $11 \leq h$ | $17 \leq h$ | $23 \leq h$ | $35 \leq h$ | TDD |
| | <11 | <17 | <23 | <35 | ≤ 50 | |
| <20° | 4.0 | 2.0 | 1.5 | 0.6 | 0.3 | 5.0 |
| 20 < 50 | 7.0 | 3.5 | 2.5 | 1.0 | 0.5 | 8.0 |
| 50 < 100 | 10.0 | 4.5 | 4.0 | 1.5 | 0.7 | 12.0 |
| 100 < 1000 | 12.0 | 5.5 | 5.0 | 2.0 | 1.0 | 15.0 |
| > 1000 | 15.0 | 7.0 | 6.0 | 2.5 | 1.4 | 20.0 |

D. Filter Active Hybrid

Prinsip dasar *Filter Active Hybrid* 3-fasa terdiri dari shunt active power filter inverter, P-I controller dan band pass filter. Pada filter aktif paralel adalah memfilter arus harmonisa dengan menghasilkan arus filter kompensasi (i_{filter}) yang berbanding secara terbalik dengan arus harmonisa beban (i_{beban}).

Saat fasa arus filter aktif shunt dan fasa arus beban mempunyai fasa yang berlawanan pada frekuensi harmonisa maka kedua fasa akan saling meniadakan sehingga jumlah vektor arus menjadi nol pada suplai arus (i_{suplai}) di *Point of Common Coupling* (PCC)



Gambar 2 Topologi filter aktif paralel (*shunt*)

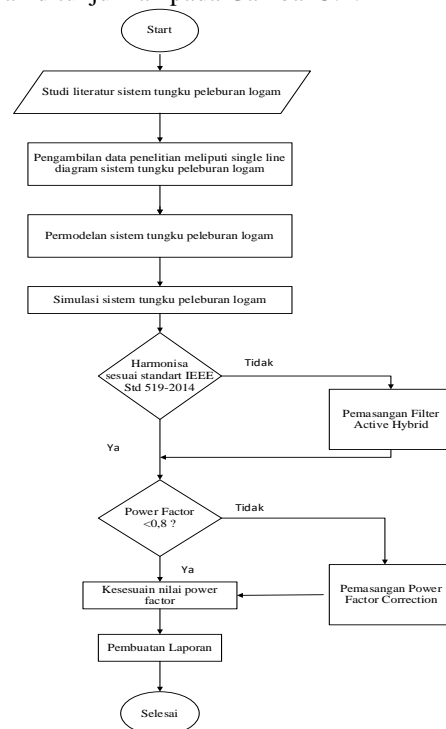
E. Active Power Factor Correction

Kapasitor dirancang untuk menahan jumlah yang wajar harmonik tanpa efek merugikan. Indikasi yang baik dari harmonik berlebihan di bank kapasitor adalah peningkatan jumlah operasi sekering palsu dan akhirnya kegagalan unit kapasitor. Ketika sekering putus di bank kapasitor, frekuensi resonansi paralel akan bergeser. Oleh karena itu sistem akan detune sendiri, menggeser titik resonansi paralel ke frekuensi yang lebih tinggi, mungkin menghasilkan kondisi operasi

yang stabil. Masalah dapat terjadi kembali ketika sekering yang putus diganti, sehingga mengembalikan sistem ke frekuensi resonansi paralel asli yang menyebabkan putusnya sekering awal [13]. Permodelan *active power factor correction* dengan menggunakan *boost PFC*, namun konverter *boost* DC ke DC digunakan antara penyearah dan kapasitor filter setelah penyearah jembatan penuh induktor *boost* yang dihubungkan dengan pengontrol alpha untuk sudut tunda saklar/ jembatan thyristor [14].

III. METODE

Metode penelitian adalah sebuah langkah atau urutan kerja yang dibuat untuk melaksanakan sebuah penelitian, sehingga penelitian dapat dilaksanakan secara baik dan sistematis. Untuk mengurangi nilai faktor daya pada tungku peleburan logam maka peneliti menggunakan metode dengan penambahan *Filter active hybrid*. Flowchart tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3 Flowchart Alur Penelitian

A. Permodelan Furnace

Sistem distribus listrik yang berlaku di PLN adalah jaringan tenaga listrik meliputi semua Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV yang diawali dari sisi sekunder pada Gardu Induk (GI). Pada sistem distribusi listrik di PT. Texmaco Engineering Semarang disuplai daya dari PLN 20 KV yang distribusikan pada trafo di setiap bagian. Pada bagian permesinan perkakas terdiri dari pattern shop, M/C shop, foundry dengan masing-masing kapasitas tegangan yang digunakan 380 V dengan beban yang digunakan 1 MVA. Dan untuk furnace 1 ton menggunakan tegangan 570 V.

Perhitungan Impedansi Beban Data hasil pengukuran daya pada busbar PCC diperoleh:

Tabel 2. parameter hasil pengukuran daya pada busbar

| Parameter | Satuan | Pengukuran 1 |
|--------------------|--------|--------------|
| V (Phase Voltage) | Volt | 437,3428 |
| I (Phase Voltage) | Ampere | 135,2695 |
| S (Apparent Power) | VA | 144900 |
| P (Active Power) | W | 111600 |
| Q (Reactive Power) | VAR | 92400 |

B. Perbandingan Standar Harmonisa Arus

Sesuai standart pengujian harmonisa arus, untuk Perbandingan Batas Standar Harmonisa Harmonisa yang akan direduksi adalah harmonisa individual yang melebihi standar IEEE 519-2014. Berdasarkan hasil perhitungan nilai I_{sc}/I_L yang telah dilakukan menjadi acuan untuk menentukan batasan standar harmonisa individual seperti terdapat pada tabel berikut :

Tabel 3. Perbandingan Standar IEEE 519-2014

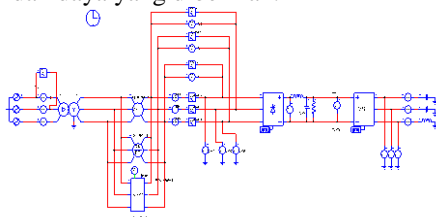
| IHDI Orde | Pengukuran 1 | Pengukuran 2 | Pengukuran 3 | Stand art IEEE 519-2014 | Keterangan |
|-----------|--------------|--------------|--------------|-------------------------|--------------|
| 1 | 190,7 | 156,5 | 90 | | |
| 3 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 7 | Sesuai |
| 5 | 42,5 | 35,2 | 25,4 | 7 | Tidak Sesuai |
| 7 | 22,3 | 18,3 | 10,6 | 7 | Tidak Sesuai |
| 9 | 0,5 | 0,6 | 0,3 | 7 | Sesuai |
| 11 | 13,5 | 11,7 | 7,7 | 7 | Tidak Sesuai |
| 13 | 9,3 | 8,2 | 5,4 | 3,5 | Tidak Sesuai |
| 15 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 3,5 | Sesuai |
| 17 | 5,4 | 5,3 | 4,2 | 3,5 | Tidak Sesuai |
| 19 | 3,9 | 4 | 2 | 2,5 | Tidak Sesuai |

Tabel 3 merupakan perbandingan harmonisa arus individual dengan standar harmonisa arus individual IEEE 519-1992. Pada ordo ke-5 sebesar 42,5, ordo ke-7 sebesar 22,3, ordo ke-11 sebesar 13,5, ordo ke-13 sebesar 9,3, ordo ke-17 sebesar 5,4, ordo ke-19 sebesar 3,9 terlihat nilai IHDI melebihi batasan standar harmonisa IEEE 519-2014 sehingga menunjukkan besar yang tidak sesuai. Pada kondisi ini harus dilakukan reduksi harmonisa dengan menggunakan filter.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Pengujian Pada Simulasi Panel Tungku Peleburan Logam Sebelum dilakukan Perbaikan

Didalam permodelan simulasi tungku peleburan logam yang menghasilkan nilai daya dan faktor daya. Pengujian daya yang telah dilakukan pada panel tungku peleburan logam dengan menggunakan menggunakan software PSIM dengan sistem pengukuran rangkaian 3 fasa berdasarkan frekuensi dan daya yang diberikan.

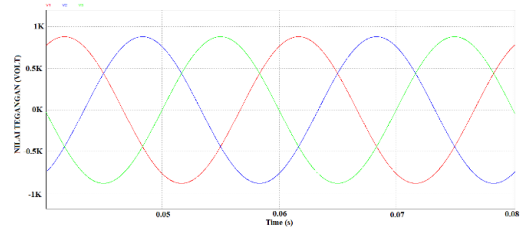


Gambar 4.1 Simulasi Panel Tungku Peleburan Logam Sebelum dilakukan Perbaikan

Dari data power factor pada pabrik PT.Texmaco yang akan diuji coba dengan hasil simulasi permodelan sistem tungku peleburan logam pada software PSIM, sebagai berikut :

a. Tegangan

Berikut ini merupakan hasil nilai dan bentuk gelombang tegangan pada simulasi.



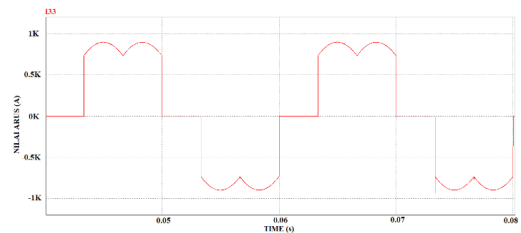
Gambar 4.2 Grafik gelombang tegangan 3 fasa

Nilai RMS tegangan 3 fasa

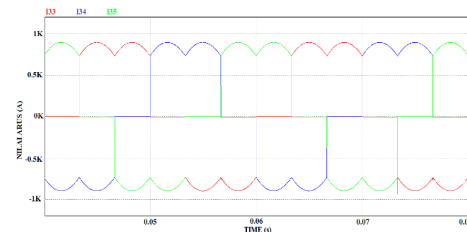
- V1 = 624 V
- V2 = 624 V
- V3 = 624 V

b. Arus

Berikut ini merupakan hasil nilai dan bentuk gelombang arus pada simulasi.



Gambar 4.3 Gelombang arus 1- fasa



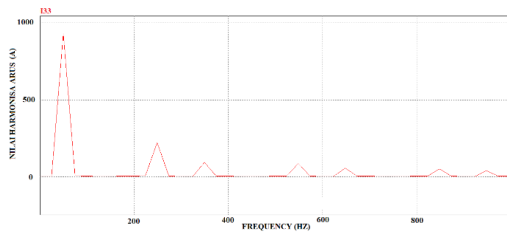
Gambar 4.4 Gelombang arus 3- fasa

Nilai RMS arus 3- fasa

1. I33 = 689 A
2. I34 = 688 A
3. I35 = 689 A

c. Distorsi Harmonisa Terhadap Arus

Pada sistem peleburan logam , simulasi harmonisa terhadap arus juga difokuskan pada bus setelah trafo. Untuk menganalisa nilai harmonisa arus agar sesuai dengan standar IEEE.



Gambar 4.5. Arus Harmonisa pada simulasi

Tabel 4.2. Hasil Simulasi Harmonisa Arus

| Arus (A) | THDi (%) | Orde (%) | | | | | | |
|----------|----------|----------|----|----|----|----|----|--|
| | | 5 | 7 | 11 | 13 | 17 | 19 | |
| 689 | 30,7% | 209 | 95 | 82 | 53 | 51 | 34 | |

Hasil simulasi harmonisa arus menunjukkan bahwa nilai THDi melewati batas yang telah ditentukan. Untuk nilai individual harmonik per-orde juga banyak yang melewati batas. Sesuai dengan tabel 4.6 didapatkan nilai orde harmonisa tertinggi adalah pada orde kelima dan orde ketujuh.

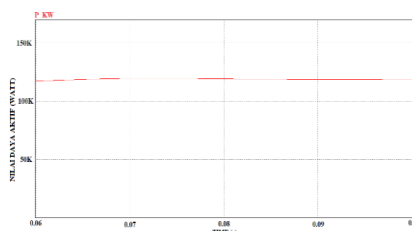
d. Daya Aktif

Hasil simulasi daya aktif adalah sebagai berikut :

Parameter

- P_KW_1 = 103.969 Watt
- I33 = 664 A
- V1 = 624 V
- Power Factor = 0,62

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi sebelum dilakukan perbaikan :



Gambar 4.6. Gelombang daya aktif

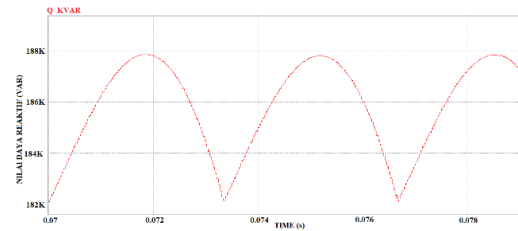
e. Daya Reaktif

Hasil simulasi daya reaktif adalah sebagai berikut :

Parameter

- Q_KVAr_1 = 168.131 VAr
- I33 = 664 A
- V1 = 624 V
- Power Factor = 0,62

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi sebelum dilakukan perbaikan :



Gambar 4.7. Gelombang daya reaktif

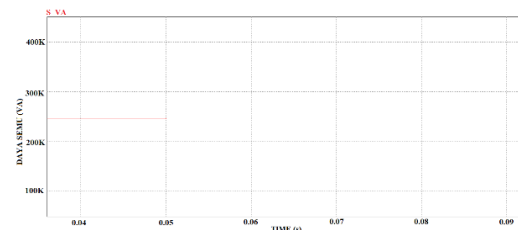
f. Daya Semu

Hasil simulasi daya semu adalah sebagai berikut :

Parameter

- S_PF2_1_VA = 213.277 VA
- I33 = 664 A
- V1 = 624 V
- Power Factor = 0,62

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi sebelum dilakukan perbaikan :

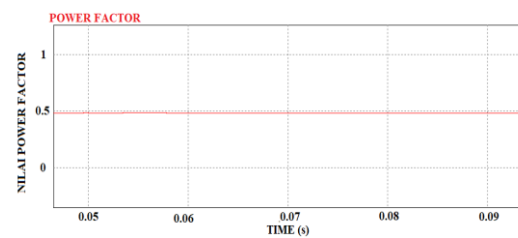


Gambar 4.8. Gelombang daya semu

g. Faktor Daya

Hasil simulasi nilai faktor daya dengan daya semu maka dapat diperoleh daya semu sebesar 213.277 VA dan daya aktif sebesar 103.969 Watt maka dapat diperoleh nilai power factor 0,62 .

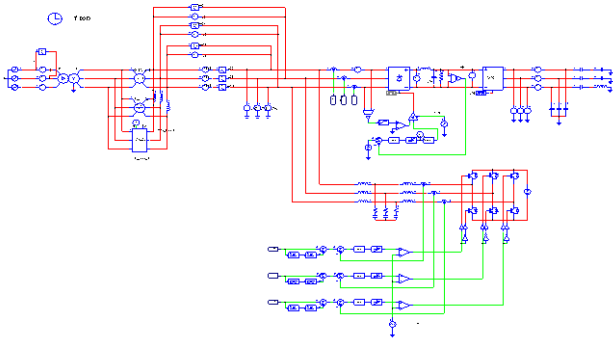
Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi sebelum dilakukan perbaikan :



Gambar 4.9. Power Factor

B. Analisis Kinerja Peningkatan Faktor Daya dan Penurunan Harmonisa

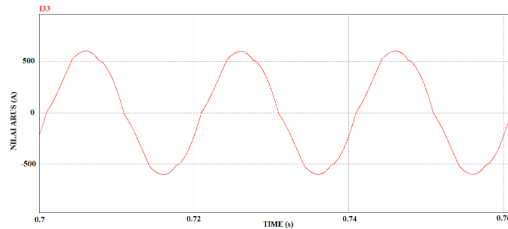
Analisis faktor daya dan penurunan harmonisa pada sistem tungku peleburan logam yang telah disesuaikan dengan pabrik PT Texmaco pada permodelan simulasi pada PSIM. Setelah dilakukan pengujian kesesuaian model rangkaian pada PSIM dengan dengan dilakukan penambahan *Filter Active Hybrid* dan *Power Factor Correction*. Berikut gambar model simulasi setelah dilakukan perbaikan adalah sebagai berikut :



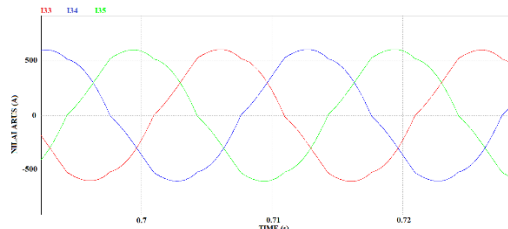
Gambar 4.10. Simulasi Tungku Peleburan Logam setelah dilakukan Perbaikan

a. Arus

Gelombang arus yang sebelum perbaikan terdapat harmonisa mengakibatkan bentuk gelombang arus tidak membentuk sinus dan nilai dari faktor daya jauh mendekati satu. Dengan dilakukannya perbaikan yaitu dengan penambahan *Filter Active Hybrid dan power factor correction* membuat bentuk gelombang arus mendekati sinus seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.13. Grafik gelombang arus 1 fasa setelah dilakukan perbaikan

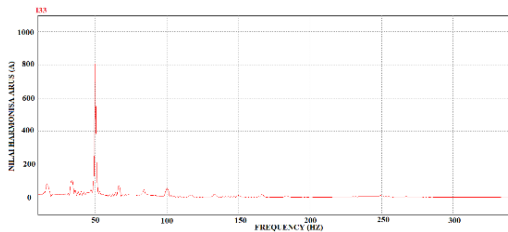


Gambar 4.14. Grafik gelombang arus 3 fasa setelah dilakukan perbaikan

Hasil dari simulasi nilai arus sebesar 627 A, dengan nilai THDi (%) yang awalnya 30,7% turun menjadi 0,03%.

b. Distorsi Harmonisa Terhadap Arus

Pada sistem peleburan logam, simulasi harmonisa terhadap arus yang telah dilakukan perbaikan pada sistem tungku peleburan logam.



Gambar 4.15. Arus Harmonisa pada simulasi

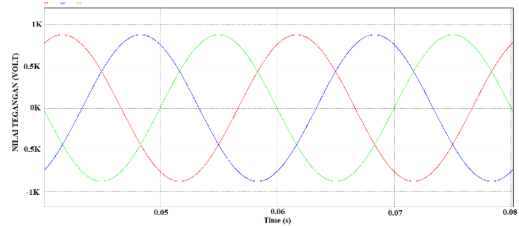
Tabel 4.3. Hasil Simulasi Harmonisa Arus

| Arus (A) | THDi (%) | 5 | 7 | 11 | 13 | 17 | 19 |
|----------|----------|---|---|----|----|-----|-----|
| 627 | 0,03% | 4 | 3 | 2 | 2 | 1,4 | 1,2 |

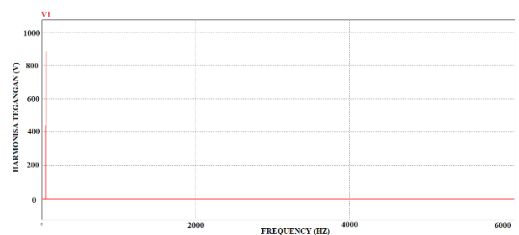
Hasil simulasi harmonisa arus menunjukkan bahwa setelah dilakukan perbaikan pada sistem nilai THDi menurun. Untuk nilai individual harmonik per-orde juga banyak yang turun nilai harmonisa yang ada pada arus.

c. Tegangan

Hasil simulasi nilai tegangan 3 phase pada tungku peleburan logam sebesar 635V dengan THDv(%) 0,015%



Gambar 4.16. Grafik gelombang tegangan



Gambar 4.17. Harmonisa Tegangan

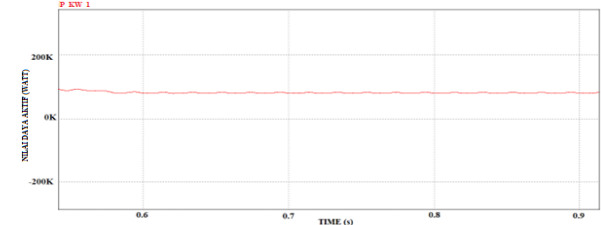
Dari gambar diatas, pada simulasi setelah dilakukan perbaikan. Tegangan pada sistem tidak terdapat harmonisa.

d. Daya Aktif

Hasil simulasi daya aktif adalah sebagai berikut :

- Parameter
- P_KW_1 = 104.593 Watt
- I33 = 627 A
- V1 = 624 V
- Power Factor = 0,99

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi setelah dilakukan perbaikan :



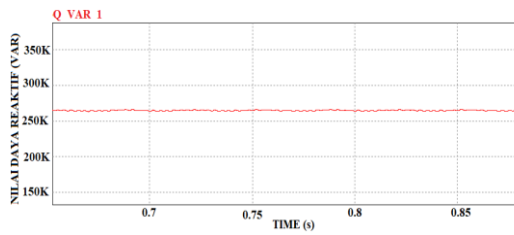
Gambar 4.18. Gelombang daya aktif

e. Daya Reaktif

Hasil simulasi daya reaktif adalah sebagai berikut :

- Parameter
- Q_KVAr_1 = 360.980 VAr
- I33 = 627 A
- V1 = 624 V
- Power Factor = 0,99

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi setelah dilakukan perbaikan :



Gambar 4.19. Gelombang daya reaktif

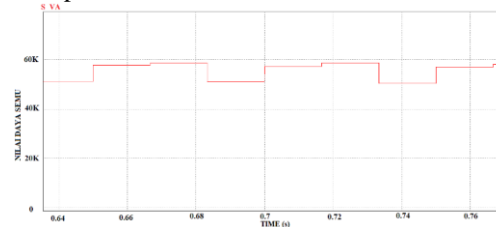
f. Daya Semu

Hasil simulasi daya semu adalah sebagai berikut:

Parameter

- S_PF2_1_VA = 795.285 VA
- I33 = 627 A
- V1 = 624 V
- Power Factor = 0,99

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi setelah dilakukan perbaikan :

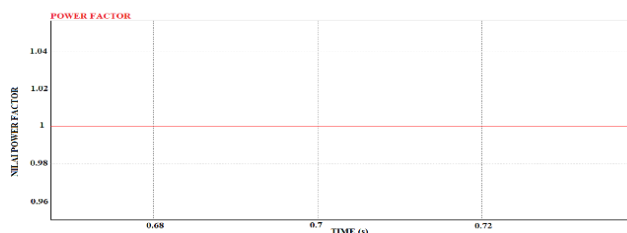


Gambar 4.20. Gelombang daya semu

g. Faktor Daya

Hasil simulasi nilai faktor daya dengan daya semu maka dapat diperoleh daya semu sebesar 795.285 VA dan daya aktif sebesar 104.593 Watt maka dapat diperoleh nilai power factor 0,99 .

Berikut gelombang yang dihasilkan dari simulasi setelah dilakukan perbaikan :



Gambar 4.21. Power Factor

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengukuran, terdapat kandungan harmonisa arus yang terdapat dalam sistem inverter tungku peleburan logam selain nilai faktor daya yang rendah
2. Keberadaan harmonisa tidak dapat dipisahkan dari bagian upaya perbaikan faktor daya pada sistem inverter tungku peleburan logam, sehingga upaya mitigasi berupa pengurangan kandungan harmonisa arus dilakukan dengan upaya penambahan filter.

3. Analisis yang telah dilakukan mengarah pada penggunaan filter active hybrid yang tersusun dari terdiri dari shunt active power filter inverter serta filter pasif jenis band pass filter.
4. Model simulasi telah dibuat untuk membantu analisis kinerja rangkaian sistem inverter tungku peleburan logam
5. Hasil simulasi simulasi model inverter tungku peleburan logam memberikan informasi pengurangan harmonisa arus dengan pemakaian filter, dari 30,7% menjadi 0,03%. Selain itu terdapat pula perbaikan faktor daya dari semula 0,62 menjadi sebesar 0,99.
6. Hasil yang diperoleh dari simulasi sistem inverter tungku peleburan logam juga menghasilkan perbaikan distorsi arus yang diakibatkan oleh harmonisa, sehingga menghasilkan gelombang yang lebih stabil.

REFERENSI

- [1] T. S. Saggu, L. Singh, and B. Gill, "Power quality improvement in induction furnace using eleven level cascaded inverter based DSTATCOM," *2016 IEEE Electr. Power Energy Conf. EPEC 2016*, pp. 3–8, 2016, doi: 10.1109/EPEC.2016.7771752.
- [2] H. Andrei, C. Cepisca, and S. Grigorescu, "Power Quality and Electrical Arc Furnaces," *Power Qual.*, no. June 2014, 2011, doi: 10.5772/15996.
- [3] E. B. Makrm, "Effect of Nonlinearity and Unbalance on Power Factor," vol. 00, no. c, 2000.
- [4] C. Wu, C. Huang, T. Fu, T. Zhao, and H. Kuo, "Power Factor Definitions and Effect on," no. 8, pp. 93–97, 2002.
- [5] M. Torabian Esfahani and B. Vahidi, "Electric arc furnace power quality improvement by applying a new digital and predicted-based TSC control," *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 24, no. 5, pp. 3724–3740, 2016, doi: 10.3906/elk-1410-3.
- [6] A. K. Choudhary and S. M. Electrical, "Significance of Power Factor compensation and Harmonic Filtration in Integrated Steel Plants."
- [7] F. C. Campbell, *Inspection of Metals: Understanding the Basics*. 2013.
- [8] A. Iagăr, G. N. Popa, and C. M. Diniş, "Analysis the electrical parameters of a high-frequency coreless induction furnace," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 85, no. 1, 2015, doi: 10.1088/1757-899X/85/1/012013.
- [9] G. A. Patil, M. T. Electrical, and P. Systems, "Three Phase Induction Furnace," pp. 0–5, 2017.
- [10] J. C. Das, *Power System Analysis*. 2017.
- [11] F. C. D. E. L. A. Rosa, *Harminics, Power System, and Smart Grids*. 2015.
- [12] Standar PT. PLN (Persero), "SPLN D5.004-1: 2012 Tentang Power Quality," no. 563, pp. 6, 6–7, 14, 16, 17, 2012.
- [13] D. Andrews, M. T. Bishop, S. Member, and J. F. Witte, "Harmonic Measurements, Analysis, and," vol. 32, no. 3, pp. 617–624, 1996.
- [14] N. Laketi, "Power Factor Correction of Electric Arc Furnace Using Active and Passive Compensation," vol. 5, pp. 6–11, 2017.