

Analisis Perbaikan THD Tegangan Listrik Dengan Filter Pasif Studi Kasus Di Finish Mill Tuban IV PT Semen Indonesia (Persero) Tbk

Luqman Assaffat¹⁾, Septian Ade Chandra²⁾

¹⁾Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kasipah no. 12, Semarang, Indonesia.
e_mail : assaffat@unimus.ac.id

²⁾Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang
Jl. Raya Kaligawe Km. 4, Semarang, Indonesia
e_mail : septian154@gmail.com

Abstrak — Pengaruh dampak Harmonisa pada sistem tenaga listrik sangat luas, salah satunya adalah dapat menyebabkan mulfungsi pada operasi sistem tenaga listrik. Salah satu factor yang dapat menimbulkan harmonisa adalah penggunaan beban linier antara lain motor induksi dan penggunaan peralatan elektronika daya. Untuk Menurunkan THD Tegangan Pada Sistem Tenaga Listrik Di Electric Room 27 Pada Finish Mill Tuban IV PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk menggunakan filter pasif dengan tipe sigle tuned dan high pass. Penelitian menghasilkan kesimpulan bahwa penggunaan filter pasif pada electric room 27 tersebut dapat menurunkan THD Tegangan sebesar rata-rata 1,14% untuk Group Beban 547 dan rata-rata 1,15% untuk Group Beban 548 serta rata-rata 0,41% untuk Group Beban Packer. Namun penurunan THD tegangan tersebut kurang efektif, karena masih terdapat THD di atas 5% pada group 547 an 548.

Kata kunci :Beban Non Linier, Harmonisa, THD Tegangan, Filter Pasif

Abstract — *The effect of Harmonic impact on electric power system is very wide, one of which is can cause malfunction on power system operation. One of the factors that can generate harmonics is the use of linear loads, among others, induction motors and the use of power electronics equipment. To Lower THD Voltage On Electric Power System In Electric Room 27 On Finish Mill Tuban IV PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk uses passive filter with sigle tuned and high pass type. This rearch concludes that the use of passive filters on electric room 27 can reduce THD Volume by an average of 1.14% for Group Expenses 547 and an average of 1.15% for Group Expenses 548 and an average of 0.41% for Group Packer Expense. However, the decrease of THD voltage is less effective, because there is THD above 5% in group 547 an 548.*

Keywords: *Non Linear Load, Harmonics, THD Voltage, Passive Filter*

I. PENDAHULUAN

PT. Semen Indonesia merupakan salah satu industri yang menggunakan motor-motor listrik dalam menggerakkan proses produksinya. Di dalam beberapa proses industri, diperlukan metode-metode tertentu untuk pengaturan kecepatan motor listrik. Salah satu metode untuk pengaturan kecepatan motor listrik yaitu menggunakan Variable Speed Drive (VSD) yang merupakan suatu peralatan elektronika daya yang berfungsi untuk mengatur kecepatan motor. Terdapat beberapa dampak negative yang ditimbulkan oleh penggunaan VSD adalah munculnya harmonisa pada sistem tegangan yang dapat menurunkan kualitas daya listrik.

Harmonik merupakan gejala pembentukan gelombang baru dengan frekuensi dasarnya. Gelombang harmonik yang merupakan gelombang yang baru ini kemudian ber-*superposisi* dengan gelombang dasarnya sehingga terbentuk gelombang yang terdistorsi yang merupakan hasil *superposisi* dari gelombang tersebut. Gelombang

tegangan / arus AC yang sinusoida murni dapat berubah menjadi sinusoida terdistorsi (Dugan, 1996).

Harmonisa dapat memberikan dampak yang kurang baik. Dari hasil penelitian pada sistem tenaga listrik PT. Semen Tonasa diketahui bahwa kontribusi harmonic terhadap susut teknis pada jaringan distribusi 6,3 kV sebesar 16.017,49 kWh per tahun (0,22 %) dan susut teknis akibat arus fundamental sebesar 7.191.192,96 kWh per tahun (99,78 %) dengan total susut teknis 7.207.210,45 kWh pertahun (Syahwil dkk, 2010).

Salah satu metode dalam mengatasi harmonik yang terjadi dengan menggunakan filter harmonik. Pemilihan jenis filter pasif tergantung darikarakteristik harmonik tegangan pada sistem lokal yang harmoniknya akan diredam. Berdasarkan penelitian pada sistem pembangkitan, bahwa pemasangan filter pasif dan optimisasi filterpasif dapat meningkatkan faktor daya 90,6% menjadi 95,7% dan konsumsi dayamenurun dari 10,473 MVA menjadi 9,913 MVA pada sisi *Steam Generator* (Rizkytama, 2010).

Upaya yang dilakukan oleh PT. Semen Indonesia dalam mengurangi harmonisa pada sistem tenaga listriknya dengan pemasangan filter aktif, yang terdiri dari *Single Tuned Filter* dan *High Pass Filter*. Tujuan dari penelitian adalah :

1. Mengetahui nilai THD Tegangan pada sistem tenaga listrik sebelum pemasangan Filter Pasif
2. Menganalisa nilai THD Tegangan pada sistem tenaga listrik setelah pemasangan Filter Pasif
3. Mengetahui nilai penurunan THD Tegangan sistem tenaga listrik setelah pemasangan Filter Pasif
4. Menganalisa efektifitas pemasangan filter pasif untuk penurunan THD tegangan pada sistem

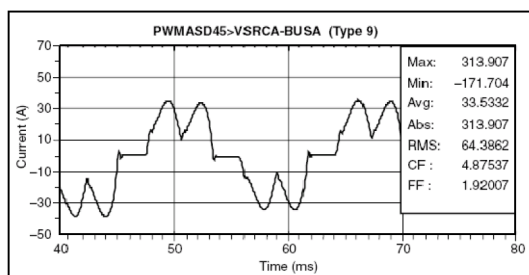
Batasan Masalah

Lingkup sistem tenaga listrik di PT. Semen Indonesia khususnya di Finish Mill Tuban IV sangat luas, sehingga diperlukan batasan masalah yang digunakan untuk menyederhanakan permasalahan yang akan dibahas. Maka penelitian ini di batasi dengan memfokuskan pembahasan pada sistem tenaga listrik yang terdapat pada Electrical Room (ER) 27. Selain itu, analisis aliran daya pada sistem tenaga listrik di Electric Room 27 dimodelkan dengan menggunakan ETAP 7.0.0.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Harmonisa

Distorsi harmonisa bukanlah fenomena baru. Keprihatinan terhadap distorsi harmonisa muncul selama sejarah awal dari sistem tenaga listrik sendiri. Penggunaan beban listrik berupa peralatan elektronik yang semakin luas terus meningkatkan kekhawatiran terhadap masalah distorsi harmonisa (Grady dan Santoso, 2001). Harmonisa merupakan kelipatan integral dari frekuensi gelombang dasar gelombang sinus. Frekuensi dasar suatu sistem biasanya dirancang untuk beroperasi pada 50 atau 60 Hz (Kenndy, 2000). Bentuk gelombang yang terdistorsi dapat didekomposisi menjadi jumlah dari frekuensi dasar dan frekuensi harmonisa. Distorsi harmonisa berasal dari peralatan yang mempunyai karakteristik nonlinier dan beban pada sistem tenaga listrik (Dugan, 1996)



Gambar 1. Gelombang terdistorsi

THD Tegangan

Total Harmonics Distortion, THD, adalah ukuran dari nilai efektif komponen-komponen harmonisa dari sebuah gelombang terdistorsi. THD merupakan nilai potensial panas dari harmonisa yang relatif terhadap nilai dasarnya. Indeks tersebut dapat dihitung baik untuk tegangan atau arus:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} M_h^2}}{M_1} \quad (1)$$

Dengan M_h adalah nilai rms komponen harmonisa h dari kuantitas M . Kuantitas M dapat berupa besaran tegangan V maupun besaran arus I , sehingga THD_V sebagai nilai distorsi harmonisa total tegangan adalah :

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} \quad (2)$$

Nilai rms dari total bentuk gelombang bukanlah penjumlahan dari setiap komponen harmonisa, tetapi akar kuadrat dari penjumlahan kuadratnya. Hubungan THD dengan nilai rms dari gelombang adalah :

$$rms = \sqrt{\sum_{h=1}^{h_{max}} M_h^2} = M_1 + \sqrt{1 + THD^2} \quad (3)$$

Tegangan harmonisa selalu dijadikan suatu pedoman untuk nilai dasar dari bentuk gelombang sesaat. Karena tegangan mempunyai persentase perbedaan yang kecil, di mana THD tegangan adalah pendekatan dari jumlah yang sebenarnya.

Evaluasi Distorsi Harmonisa

Distorsi harmonisa tegangan pada sistem utilitas muncul akibat dari interaksi antara arus beban yang menyimpang dengan impedansi sistem utilitas, di mana utilitas bertanggung jawab untuk membatasi distorsi tegangan di PCC. Batas-batas yang diberikan adalah nilai maksimum untuk komponen harmonisa individual dan *Total Harmonics Distortion*, THD. Nilai-nilai tersebut dinyatakan sebagai persentase dari tegangan dasar. Untuk sistem di bawah 69 kV, THD harus kurang dari 5 persen (Akagi, 2006).

Tabel 1. Batas THD Tegangan (%)

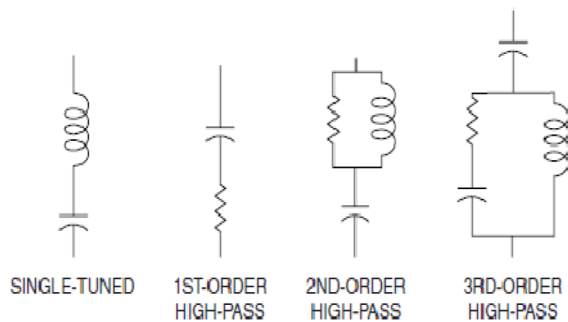
Tegangan Bus PCC V_n (kV)	THD individual (%)	THD V_n (%)
$V_n \leq 69$	3,0	5,0

Tegangan Bus PCC V_n (kV)	THD individual (%)	THD V_n (%)
$69 < V_n \leq 161$	1,5	2,5
$V_n \geq 161$	1,0	1,5

Filter Pasif

Filter harmonisa pasif menggunakan inductor dan kapasitor statis. Induktor dan kapasitor statis tidak merubah induktansi mereka (Henry) dan kapasitansi (farad) nilai. Filter tersebut dirancang untuk memperbaiki harmonisa tertentu. Filter ini disebut pasif karena mereka tidak dapat merespon perubahan frekuensi. Pemasangan filter ini dapat dihubungkan terhadap peralatan listrik yang menyebabkan harmonisa, seperti pengaturan variable kecepatan lampu fluorescent (Kennedy, 2000)

Filter shunt bekerja dengan adanya arus harmonik hubung pendek yang berada dekat dengan sumber distorsi. Ini adalah jenis filter harmonisa yang paling umum diterapkan karena murah secara ekonomi. Jenis yang paling umum adalah filter pasif tunggal tuned "noth" filter, Filter "noth" series-tunel memberikan suatu impedansi rendah untuk arus harmonisa individual yang terhubung secara parallel dengan sistem tenaga listrik sehingga arus harmonisa dapat dialihkan dari jalur aliran normal ke suatu saluran yang lain melalui sebuah filter. Filter Notch ini dapat memberikan koreksi faktor daya selain dapat meredam harmonisa (Dugan, 1996). Terdapat beberapa konfigurasi filter pasif shunt, yaitu single-tuned, first order high-pass, second order high pass dan third order high pass filter. Gambar 2 memperlihatkan konfigurasi rangkaian R, L dan C untuk ke empat buat tipe filter pasif shunt tersebut.



Gambar 2. Filter Pasif Shunt

III. METODE PENELITIAN

Obyek Penelitian

Pada penelitian ini dibahas masalah distorsi harmonik yang terjadi pada sistem tenaga listrik 20kV dan 6,3 kV yang terdapat pada ER 27 Finish Mill

Tuban IVPT.Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Semen Indonesia (Persero) Tbk merupakan industri dengan spesialisasi usaha dibidang produksi semen, dimana dalam mesin produksinya banyak menggunakan beban non linear. Penggunaan beban nonlinear merupakan sumber utama penyebab harmonik yang menginterferensi gelombang dasar dan amplitudo dari arus maupun tegangan sehingga menjadi tidak sinusoidal lagi dan hal ini biasa disebut harmonik

Peralatan Yang Digunakan

Peralatan pengukuran yang digunakan dalam pengambilan data ini ialah *Power Quality Analyzer* Fulke dengan seri 43B. Alat ini bisa menampilkan dan menyimpannilai dari parameter-parameter kualitas daya yang dibutuhkan yaitu meliputi tegangan(V), frekuensi (f), daya kompleks (S), daya nyata (P), daya reaktif (Q), konsumsi energi, Harmonik, dan faktor daya (PF). Selain itu alat ini juga mampu mengukur komponen komponen harmonik arus dan tegangan sampai orde ke-21. Alat ini dilengkapi dengan kabel komunikasi yang digunakan untuk keperluan analisa yang diinstal pada PC.



Gambar 3. Fluke Power Quality Analyzer 43B

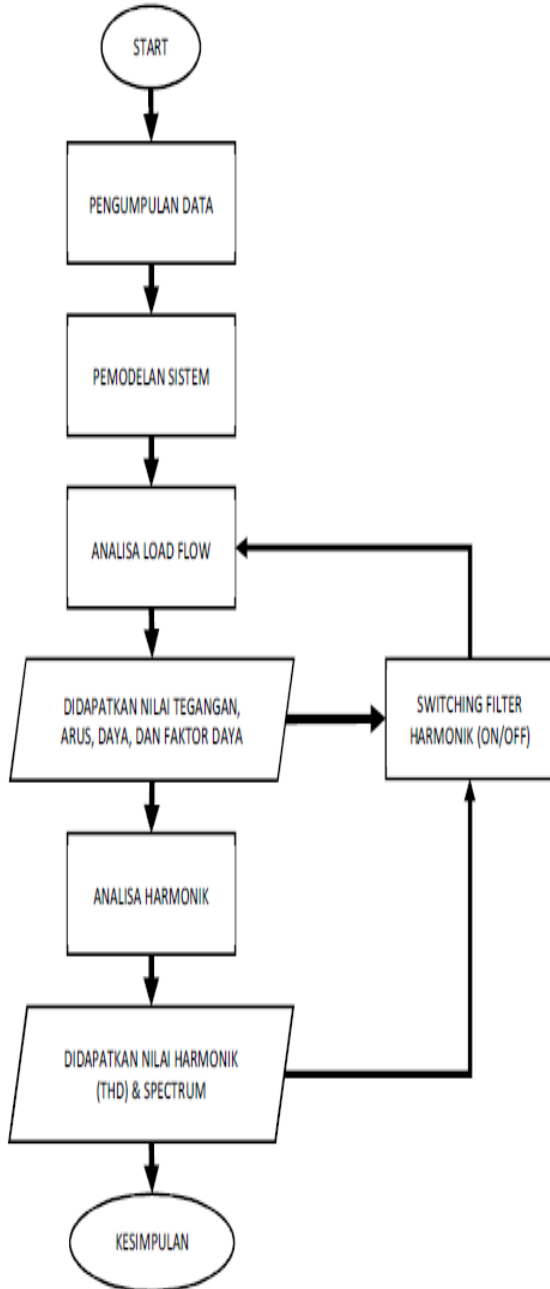
Analisa Data dan Sistem

Data sistem tenaga listrik pada eksisting dimodelkan dengan ETAP. Etap Power Station adalah suatu *software*/program untuk menganalisa *transient* suatu sistem *electrical* yang ditampilkan secara grafis dan dapat dijalankan pada MS Windows 98, NT, 2000, ME, XP, dan Windows 7. Windows NT, 4.0 dan 2000 memberikan tingkat kinerja tertinggi untuk aplikasi-aplikasi, seperti jaringan yang besar untuk analisis intensif yang membutuhkan perhitungan dan *monitoring online* dan aplikasi kontrol.

ETAP adalah *software* untuk *power system* yang bekerja berdasarkan *plant (project)*. Setiap *plant* harus menyediakan *modelling* peralatan dan alat - alat pendukung yang berhubungan dengan analisa yang akan dilakukan. Misalnya trafo, data kabel penghantar, data data beban, dll. Sebuah *plant* terdiri dari sub-sistem kelistrikan yang membutuhkan

sekumpulan komponen elektris yang khusus dan saling berhubungan. Dalam ETAP, setiap plant harus menyediakan data base untuk keperluan tersebut.

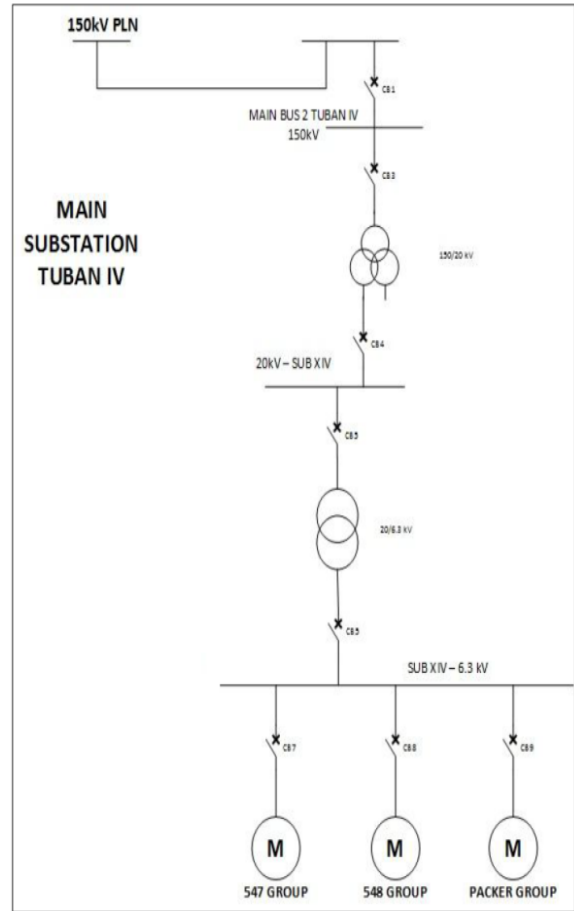
Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN ANALISA DATA

Sistem tenaga listrik di Electric Room 27 atau SUB XIV pada Finish Mill Tuban IV PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk diperlihatkan pada gambar 5.



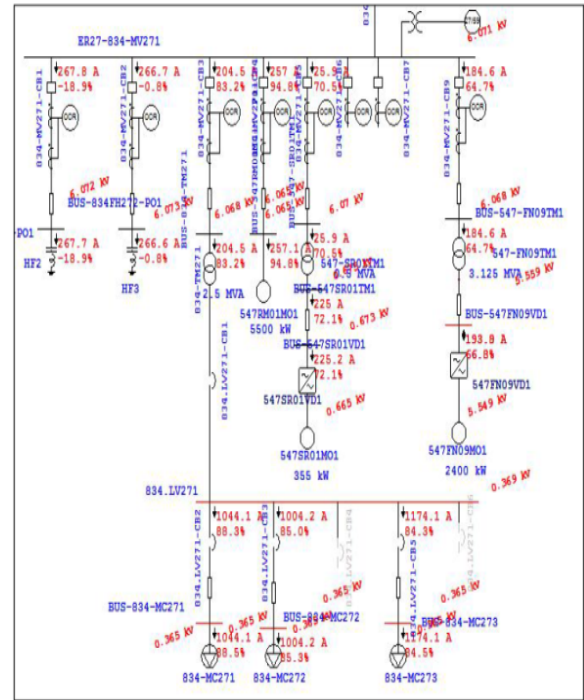
Gambar 5. Sistem Tenaga Listrik Eksisting

Sistem kelistrikan yang ada di ER 27, mendapatkan suplai daya listrik dari trafo trafo *mainsubstation* Tuban 3/4 dengan kapasitas 150/20kV/60MVA. Dan kemudian dari *trafo main sub tuban* 3/4 didistribusikan beberapa *substation* yang ada dilapangan salahsatunya adalah sub XIV. Sub XIV merupakan trafo yang *mensupply* ER27, dengankapasitasnya adalah 20/6,3kV /35MVA. Trafo tersebut dibebani oleh 2 (dua) mill dan *packer group*, yakni 547 Group, 548 Group, dan *packer* Tuban 4 Group.

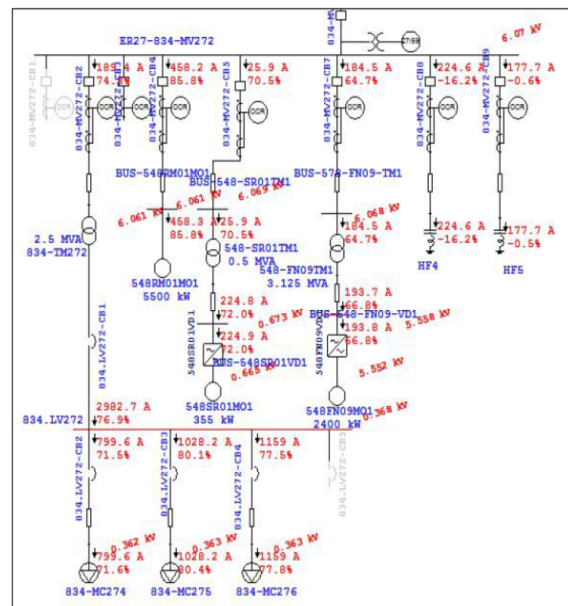
Data-Data beban dan filter harmonisa pada sistem yang terpasang adalah sebagai berikut :

1. Data beban di Finis Mill 547 adalah sebagai berikut :
 - A. Beban pada 6.3 kV Finis Mill 547 Group :
 - Motor Mill : 5.5 MW
 - Motor FAN 9 : 2.4 MW
 - Motor Separator : 355 KW
 - B. Beban pada 380 V Finish Mill 547 Group
 - Line MC271 : 914,01 kW
 - Line MC272 : 847,48 kW
 - Line MC273 : 982,16 kW

2. Data Filter Harmonisa di Finis Mill 547 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - A. 834FH2711 : 3000 kVAR
 - Tipe *Filter Harmonic* : High Pass Filter
 - Capacitor : 120,3 μ F
 - Reaktor : 1,68 mH
 - Resistor : 15 Ω
 - B. 834FH2712 : 3000 kVAR
 - Tipe *Filter Harmonic* : Single Tuned
 - Capacitor : 120,3 μ F
 - Reaktor : 0,25 mH
 - Resistor : 0,1 Ω
3. Data beban di Finis Mill 548 adalah sebagai berikut :
 - A. Beban pada 6,3 kV Finish Mill 548 Group
 - Motor Mill : 5.5 MW
 - Motor FAN 9 : 2.4 MW
 - Motor Separator : 355 KW
 - B. Beban pada 380 V Finish Mill 548 Group
 - Line MC274 : 562,9 kW
 - Line MC272 : 813,98 kW
 - Line MC273 : 887,16 kW
4. Data Filter Harmonisa di Finis Mill 548 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - A. 834FH2721 : 2500 kVAR
 - Tipe *Filter Harmonic* : High Pass Filter
 - Capacitor : 100,24 μ F
 - Reaktor : 2.02mH
 - Resistor : 15 Ω
 - B. 834FH2722 : 2000 kVAR
 - Tipe *Filter Harmonic* : Single Tuned
 - Capacitor : 80 μ F
 - Reaktor : 0.37mH
 - Resistor : 0.1 Ω
5. Data beban di area Packer group adalah sebagai berikut :
 - A. Beban pada 380 V Packer group
 - Line MC281 : 634.64 kW
 - Line MC282 : 720.53 kW
 - Line MC28O : 134.33 kW
 - Line MC28P : 116.34 kW
 - Line MC28Q : 117.81 kW
 - Line MC28R : 117.81 kW

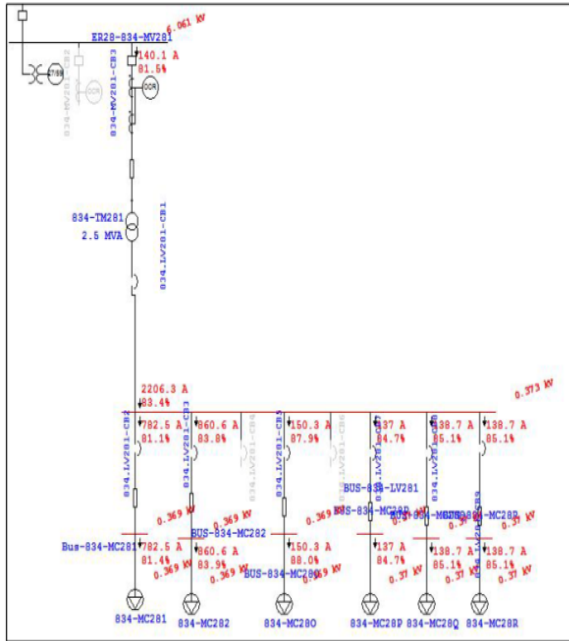


Gambar 6. Hasil simulasi Load Flow Analysis 547 Group



Gambar 7. Hasil simulasi Load Flow Analysis 548

Gambar berikut ini menampilkan hasil simulasi sistem tenaga listrik di ER27 menggunakan ETAP



Gambar 8. Hasil simulasi Load Flow Analysis Packer Group

Hasil dari simulasi terhadap nilai THD Tegangan sebelum dan sesudah pemasangan Filter Pasif pada group beban di ER 27 diperlihatkan pada tabel 2, 3 dan 4 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Simulasi Group 547

Equipment	THDV (%) Sebelum Pemasangan Filter Harmonisa	THDV (%) Setelah Pemasangan Filter Harmonisa	Penurunan THDV (%)
BUS ER27-834-MV271	1,66	0,82	0,84
547RM1M01	1,65	0,81	0,84
547SR1TM1	11,92	10,46	1,46
547SR1VD1	12,26	10,79	1,47
547FN9TM1	6,59	5,02	1,57
547FN9VD1	6,61	5,03	1,58
834.LV271	0,98	0,75	0,23

Tabel 3. Hasil Simulasi Group 548

Equipment	THDV (%) Sebelum Pemasangan Filter Harmonisa	THDV (%) Setelah Pemasangan Filter Harmonisa	Penurunan THDV (%)
BUS ER27-834-MV272	1,66	0,82	0,84
548RM1M01	1,65	0,82	0,83
548SR1TM1	11,91	10,45	1,46
548SR1VD1	12,26	10,78	1,48
548FN9TM1	6,55	4,96	1,57
548FN9VD1	6,57	4,98	1,59
834.LV272	1,06	0,76	0,30

Tabel 4. Hasil Simulasi Group Packer

Equipment	THDV (%) Sebelum Pemasangan Filter Harmonisa	THDV (%) Setelah Pemasangan Filter Harmonisa	Penurunan THDV (%)
BUSER28-834-LV281	1,65	0,82	0,83
Line MC281	1,10	0,77	0,33
Line MC282	1,11	0,77	0,34
Line MC28O	1,11	0,77	0,34
Line MC28P	1,11	0,77	0,34
Line MC28Q	1,11	0,77	0,34
Line MC28R	1,11	0,77	0,34

Pada group 547, terlihat bahwa terdapat THD tegangan yang melebihi batas yang ditentukan, yaitu lebih dari 5% antara lain Motor FAN 9 sebesar 11,92%, Motor Separator sebesar 12,26%, Line MC271 sebesar 6,59% serta Line MC272 sebesar 6,61%. Rata-rata THD Tegangan pada group 547 sebelum pemasangan filter adalah 5,95%. Sedangankan Pada group 548, terdapat pula THD tegangan yang melebihi batas yang ditentukan, yaitu lebih dari 5% antara lain Motor FAN 9 sebesar 11,91%, Motor Separator sebesar 12,26%, Line MC274 sebesar 6,55% serta Line MC272 sebesar 6,57%. Rata-rata THD Tegangan pada group 548 adalah 5,95%. Untuk Group Packer masih sesuai dengan batas THD tegangan yang diijinkan, yaitu kurang dari 5% dengan rata-rata 1,19%.

Hasil simulasi sistem tenaga listrik ER27 dengan menggunakan filter harmonisa sesuai dengan data eksisting, yang dipasangkan pada group 547 dan 548, terjadi penurunan THD tegangan pada semua group. Pada Group 547 terjadi penurunan THD V dengan rata-rata 1,14% sehingga THD V rata-ratanya menjadi 4,81%. Pada Group 548 terjadi penurunan dengan rata-rata 1,15% atau menjadi 4,80%. Sedangkan pada Group Packer terjadi penurunan sebesar 0,41% atau menjadi 0,78%, walaupun terjadi penurunan THD tegangan pada group 547 dan 548, namun nilai THD V nya masih ada yang melebihi batas yang diijinkan, yaitu Motor FAN 9 sebesar 10,46%, Motor Separator sebesar 10,79%, Line MC271 sebesar 5,02% serta Line MC272 sebesar 5,03% pada group 547. Sedangkan pada group 548 adalah Motor FAN 9 sebesar 10,45%, Motor Separator sebesar 10,78%. Fenomena yang menarik dari hasil simulasi ini adalah terjadi penurunan THD V pada group Packer walaupun pada group tersebut tidak dipasangkan filter pasif.

V. KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah nilai THD Tegangan sebelum pemasangan filter pasif harmonisa pada sistem Electric Room 27 Di Finish Mill Tuban IV PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk di atas batas nilai yang dipersyaratkan yaitu rata-rata 5,95% untuk group beban 547 dan 548, sedangkan group Packer rata-rata hanya 1,19%. Nilai THD Tegangan setelah pemasangan filter pasif harmonisa pada sistem Electric Room 27 Di Finish Mill Tuban IV PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk di atas batas nilai yang dipersyaratkan yaitu rata-rata 4,81% untuk group beban 547 dan 4,80% untuk Group 548, sedangkan group Packer rata-rata hanya 1,19%. Penurunan THD Tegangan yang terjadi pada sistem setelah pemasangan adalah sebesar rata-rata 1,14% untuk Group 547, 1,15% untuk Group 548 dan 0,41% untuk Group Packer. Pemasangan filter pasif pada sistem tenaga listrik di ER 27 kurang efektif, karena masih terdapat THD Tegangan yang diatas batas yang ditentukan yaitu di atas 5%.

Saran

Saran yang harus di ambil oleh manajemen PT. Semen Indonesia khususnya Di Finish Mill Tuban IV adalah dengan merancang ulang serta pemasangan kembali filter harmonisa yang sesuai

dengan karakteristik beban yang ada, sehingga nilai THD Tegangan dapat dicapai kurang dari 5%.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dugan, R.C, McGranaghan M.F, Beaty H.W., "*Electrical Power System Quality*", McGraw-Hill Book Company, New York, 1996.
- [2]. H. Akagi, "*Modern Active Filter and Traditional Passif Filter*", Bullitine of The Polish Academy of Sciences Vol. 54, No.3, 2006.
- [3]. W.M. Grady and S. Santoso, "*Understanding Power System Harmonics*", IEEE Power Engineering Review, hal.8-11., 2001,
- [4]. Barry W. Kenndy,"*Power Quality Primer*", McGraw Hill, New York, 2000.
- [5]. Ardian Rizkytama, "Perencanaan *High Pass* dan *Single tuned filter* Sebagai FilterHarmonik Pada Sistem Kelistrikan Tabang Coal Upgrading Plant (TCUP)Kalimantan Timur", Tugas Akhir, ITS,2010
- [6]. Muhammad Syahwil, Muhammad Tola, Salama Manjang, "Studi Dampak Harmonik Terhadap Susut Teknis Pada Industri Semen (Kasus Industri SemenTonasa)". Magister Student of Hasanuddin University, 2010.