

EFEK TRANSISI SHUTDOWN SEMI-AUTOGENOUS MILL DAN 3rd C-TYPE HARMONIC FILTER TERHADAP EFISIENSI DISTRIBUSI JARINGAN LISTRIK

THE EFFECTS OF SHUTDOWN TRANSITION SEMI-AUTOGENOUS MILL AND 3RD C-TYPE HF ON EFFICIENCY AND ELECTRICITY NETWORK DISTRIBUTION

Wiwik Handajadi*, Andry Saftiawan

Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
Kampus ISTA Jl. Kalisahak No. 28 Kompleks Balapan Yogyakarta

Telp 0274-563029, Fax 0274-563847,

*e-mail ¹⁾: Whan@akprind.ac.id

ABSTRAK

Isu-isu dan pertimbangan terkait dengan harmonik sering diabaikan. Dengan munculnya elektronika daya dan proliferasi beban non-linear dalam aplikasi daya industri, memiliki pengaruh terhadap karakteristik respon frekuensi sinusoidal. Distorsi steady state sinusoidal arus dan tegangan dengan beban nonlinier harus ambang batas ditoleransi. ANSI / IEEE Std 519-1992, merekomendasikan distorsi harmonik total (THD) tidak dapat melebihi 5%. Memuat dalam suatu sistem tidak selalu beroperasi dalam kondisi mapan dan beban penuh. Penjadwalan shutdown untuk tujuan pemeliharaan dalam studi kasus dinamika sistem merespon dengan karakter beban, ketika waktu interval antara SAG Mill shutdown untuk filter harmonik (3 C-Type HF) di Concentrator Distribusi Daya 11 kV PTNNT menyebabkan gangguan listrik. Gangguan yang muncul setiap periode shutdown dalam bentuk fluktuasi konten harmonik, pergeseran sudut fase, dan dominasi daya reaktif, yang berhubungan dengan penurunan efisiensi dan kualitas daya. Kondisi yang tidak memungkinkan untuk operasi jangka panjang, saat masa transisi dari shutdown, dianalisis dan dihitung dengan menggunakan program komputer ETAP versi 7.0.0. Hasil analisis setiap masa transisi akan dibandingkan dengan standar praktis yang direkomendasikan untuk operasi distribusi tenaga listrik untuk pabrik-pabrik industri.

Kata kunci: THD, efisiensi dan kualitas daya, SAG Mill

ABSTRACT

The issues and considerations associated with harmonics are often ignored. With the advent of power electronics and proliferation of non-linear loads in industrial power applications, has an influence on the characteristics of sinusoidal frequency responses. Distortion of current and voltage sinusoidal steady state by nonlinear loads should the threshold be tolerated. ANSI/IEEE Std 519-1992, recommend total harmonic distortion (THD) can not exceed 5%. Loading in a system does not always operate in steady state and full load. Scheduling a shutdown for maintenance purposes in the case study the dynamics of the system responds to the character of the load, when the time interval between SAG Mill shutdown to the harmonic filter (3rd C-Type HF) at Concentrator Power Distributions 11 kV PTNNT causing the electrical disturbance. Disturbance that arise each shutdown period in the form of fluctuations in harmonic content, the shift of the phase angle, and the dominance of reactive power, which are associated with a decrease in efficiency and power quality. Conditions that do not allow for long-term operation, when the transition period of shutdown, analyzed and calculated using a computer program ETAP 7.0.0 version. Results of analysis of each transition period will be compared with the recommended practical standards for operation of electrical power distribution for industrial plants.

Keywords: THD, efficiency and power quality, , SAG Mill,

PENDAHULUAN

Peggunaan mesin-mesin listrik berkapasitas besar dan kompleks di area pengolahan mineral seperti *Semi Autogenous Geraless Mill* (SAG Mill) dan Ball Mill perlu dilakukan *preventive maintenance* (PM) untuk mencegah kerusakan sedini mungkin.

Selama masa *maintenance*, kemungkinan terjadinya kondisi *abnormal* akibat dari transisi *shutdown* sulit untuk dihilangkan. Transisi *shutdown* dalam hal ini adalah dinamika yang terjadi ketika pemutusan suplai daya untuk beban tertentu dan pada waktu bersamaan menimbulkan *disturbances* dalam sistem yang disebabkan oleh komponen *nonlinear*.

Efektif transisi ini timbul akibat sebagai interval waktu pemutusan daya antara GMD (*Gearless Mill Drive*) terhadap kompoensator daya reaktif dan harmonik, yaitu HF (*Harmonic Filter*) Orde-3 Tipe-C.

Fluktuasi nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) akibat transisi *shutdown* akan menjadi bermasalah apabila nilainya melebihi nilai praktek yang direkomendasikan dan disyaratkan untuk kontrol harmonik ANSI/IEEE Std 519.

Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh interval waktu *shutdown maintenance* SAG Mill terhadap pemutusan daya HF yang berimbas pada efisiensi sistem distribusi jaringan listrik di Concentrator Power Distribution 11 kV PTNNT yang terletak di area pengolahan mineral tambang Batu Hijau PT. Newmont Nusa Tenggara.

METODE PENELITIAN

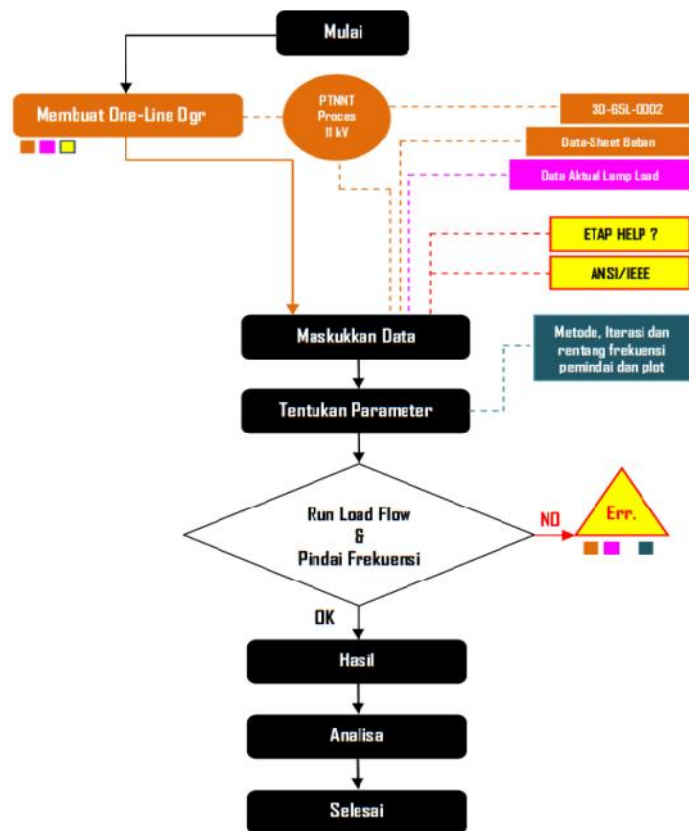
Data penelitian diperoleh dari Process Electrical Maintenance Department, Process 130 & 106, Concentrator Area, PT. Newmont Nusa Tenggara (Gold Company), Batu Hijau, Kabupaten Sumbawa Barat, NTB.

Adapun data tersebut adalah data operasional Conentrator Power Distribution 11 kV PTNNT yang terdiri dari 70 bus/rill (bus beban termasuk bus duct)

2 bus referensi atau swing bus. Data tersebut termasuk data aktual operasi yang diambil secara langsung pada setiap MCC melalui metering pada tanggal 21 Juli - 30 September 2015. Sedangkan data motor dan data beban lainnya diambil dari *data-sheet* dan buku operasi manual.

Analisa sistem tenaga listrik harmonik melibatkan pemodelan karakteristik frekuensi komponen yang berbeda dari sistem tenaga, komputasi indeks harmonik di bus dan cabang diberikan, mengidentifikasi masalah yang terkait dengan harmonik yang ada, dan menyediakan lingkungan untuk mensimulasikan dan menguji setiap metode migrasi. Dengan menggunakan IEEE Standards 519-1992, ANSI/IEEE Standard 399-1997 dan IEEE Standard 141-1993.

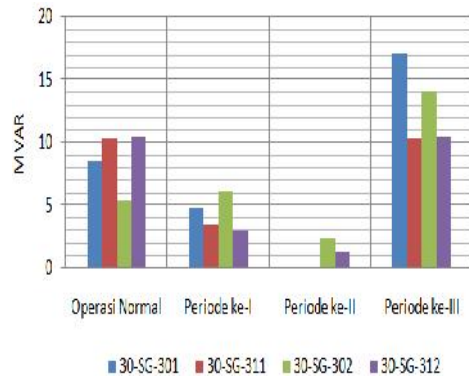
Perhitungan menggunakan ETAP versi 7.0.0 dengan metode Newton-Raphson. Validasi data untuk *load flow* dan harmonik memiliki error 0,0%.



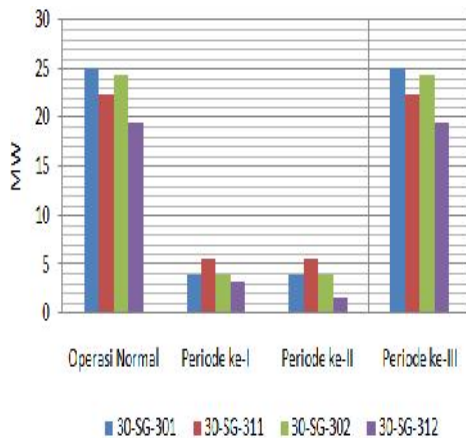
Gambar 12 Flow chart load flow harmonic.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan daya reaktif dan nyata pada tiap periode sangat bervariasi. Untuk kebutuhan daya reaktif tertinggi terjadi pada periode ke-III. Dua cabang bus beban utama (30-SG-301 dan 30-SG-302) yang menunjukkan peningkatan yang paling banyak. Hal ini dikarenakan masing-masing kedua bus tersebut melayani SAG Mill beserta sistemnya termasuk HF (filter tipe-C) yang digunakan untuk mengkompensasi VAR dan harmonik.



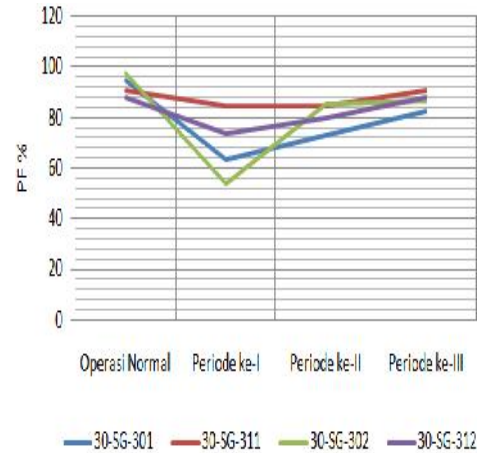
Gambar 13 Grafik kebutuhan Q pada tiap periode.



Gambar 14 Grafik kebutuhan P pada tiap periode

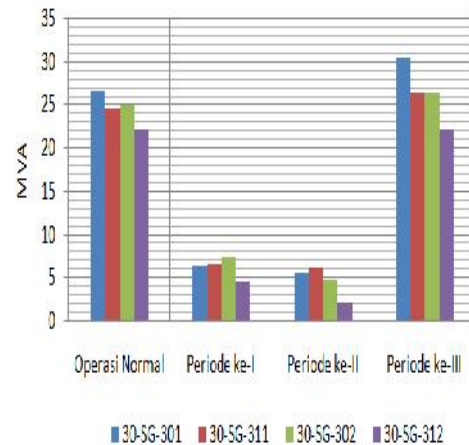
Fluktuasi kebutuhan daya nyata pada Gambar 14 menunjukkan penurunan dan kenaikan nilai yang teratur tergantung dari pengoperasian komponen. Berbeda dengan fenomena fluktuasi daya Q bahwa kebutuhan daya reaktif pada tiap periode sangat tergantung pada persentase nilai faktor daya pada komponen yang beroperasi saat itu, yang dapat berubah sewaktu-waktu ketika

dipengaruhi filter. Nilai faktor daya secara fluktuatif pada periode berbeda ditampilkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Grafik persentase PF pada tiap periode.

Sedangkan penyesuaian estimasi aliran daya dalam sistem line 1 maupun line 2 terhadap empat cabang bus beban utama cukup merata. Penggunaan filter tipe-C sangat efektif untuk mereduksi kebutuhan MVA. Hal ini dapat dibuktikan secara matematis dengan membandingkan kebutuhan MVA pada periode operasi normal dengan periode ke-III, bahwa kebutuhan MVA paling tinggi terjadi pada periode ke-III ketika HF dalam keadaan shutdown. Hal ini dibuktikan pada total konsumsi daya (S) pada tiap periode, yang ditampilkan pada Gambar 16.

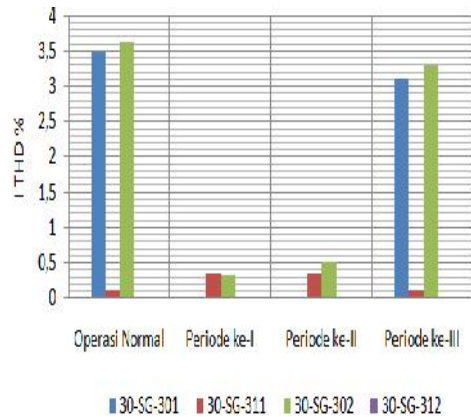


Gambar 16 Grafik kebutuhan S pada tiap periode.

Di mana total *electrical demand* (line 1 dan line 2) per periode adalah :

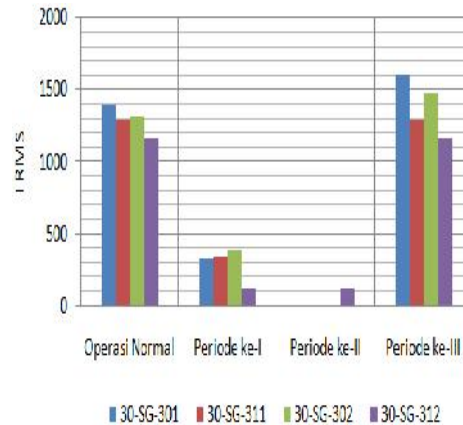
- Operasi normal = 97,895 MVA
- Periode ke-I = 17,384 MVA
- Periode ke-II = 20,975 MVA
- Periode ke-III = 105,214 MVA

Arus harmonik akibat distorsi yang ditimbulkan oleh VFD yang membawa harmonik 12 pulsa tersebut tidak menunjukkan perubahan baik ketika HF beroperasi atau tidak. Total arus harmonik (I THD) malah menurun ketika HF di matikan (pada periode ke-III). Hal ini dapat di lihat pada Gambar 20.



Gambar 18 Grafik total distorsi arus tiap periode.

Tingginya nilai THD arus pada periode operasi normal daripada periode ke-III disebabkan HF tipe-C juga menyumbang harmonik sebesar 0,41%. Namun THD untuk keseluruhan sistem masih dapat dilorensi dan nilainya tidak melewati standar yang ditetapkan ANSI/IEEE. Namun keuntungan dari pemasangan HF tipe-C dalam sistem distribusi adalah selain dapat mengurangi *electrical demand*, juga dapat mengurangi total arus RMS akibat dari konten harmonik. Berikut adalah grafik fluktuasi jumlah arus RMS pada tiap periode transisi yang ditampilkan pada Gambar 19.



Gambar 19 Grafik total arus RMS tiap periode.

KESIMPULAN

Berdasarkan pendekatan teori dan penelitian ilmiah, rangkuman dugaan sementara (hipotesa) dapat dibuktikan kebenarannya melalui simulasi perhitungan secara matematis, maka disimpulkan :

1. Pada kondisi operasi normal, total daya terpakai adalah sebesar 97,895 MVA: pada power grid line 1 (XFMR 30-TL-301) adalah 51,126 MVA dengan faktor daya 92,91% lagging dan line 2 (XFMR 30-TL-302). 46,54 MVA dengan faktor daya 94,05% lagging. Dengan THD arus tertinggi mencapai 3,51% pada bus 30-SG-301 dan 3,65% pada bus 30-SG-302.
2. Interval waktu pemutusan daya SAG Mill terhadap HF pada periode transisi shutdown ke-I mengakibatkan penurunan nilai reaktansi induktif yang bersumber dari SAG Mill dan mesin induksi lainnya, sehingga reaktansi kapasitif yang berasal dari komponen C dari HF Orde-3 Tipe-C yang masih beroperasi, mendominasi jaringan yang menjadikan faktor daya dalam jaringan menjadi leading (sebesar 98,96% untuk line 1 dan 91,64% untuk line 2) dan rugi-rugi daya menjadi berkurang. Dengan THD arus tertinggi mencapai 0,34% pada bus 30-SG-311 dan 0,31% pada bus 30-SG-302 dan THD arus pada bus lainnya menghilang.
3. Memasuki periode ke-II, ketika SAG Mill dan HF telah stop, *electric demand* menjadi berkurang secara signifikan sebesar 78,57% dari total operasi

- normal (97,895 MVA menjadi 20,975 MVA). Namun saat itu juga THD arus pada bus 30-SG-302 meningkat menjadi 0,5% sedangkan untuk bus 30-SG-311 tetap 34% dan THD arus pada bus lainnya menghilang.
- Interval waktu start-up SAG Mill terhadap HF pasca shutdown pada periode ke-III mengakibatkan peningkatan kebutuhan MVA (electrical demand) sebesar 6,95% dari kondisi operasi normal (dari 97,895 MVA menjadi 105,214 MVA) akibat VAR yang tidak terkompensasi. Selain itu, peningkatan arus RMS pada periode ini meningkat, sama halnya dengan THD arus pada bus 30-SG-301 kembali muncul sebesar 3,12% sedangkan untuk bus 30-SG-302 menjadi 3,31% dan sisanya berkurang.
 - Electrical demand tertinggi terjadi pada periode ke-III. Sementara harmonik model 12 pulsa yang berasal dari VFD, SAG Mill dan Cycloconverter hanya mendistorsi arus dan menyebabkam meningkatnya arus RMS, dan pengaruhnya terhadap tegangan sangat kecil dan tidak terlalu berarti.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersson, G. ran., 2004, *"Modelling and Analysis of Electric Power Systems: Power Flow Analysis Fault Analysis Power Systems Dynamics and Stability"*, EEH - Power Systems Laboratory ETH Zürich, Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Zurich.
- ANSI, 1993, *IEEE Std 519-1992: IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, Revision of IEEE SM 519-1981*. ISBN 1-55937-239-7, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, A.S.
- Handajadi, 2014, Analisis Perbaikan Tegangan Pada Subsistem Dengan Pemasangan Kapasitor Bank Dengan ETAP Versi 7.0, Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Handajadi, 2014, Peningkatan Kualitas Daya Listrik Dalam Pemakaian Luminer Menggunakan Lampu Hemat Energi (LHE), Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- IEEE, 1993, *IEEE Std 141-1993: IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants*, ISBN 1-55937-333-4, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York.
- IEEE, 2003, *IEEE Std 15316-2003: IEEE Guide for Application and Specification of Harmonic Filters*, ISBN 0-7381-3719-7 SS95143, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. New York.
- Kalempka, Ryszard, 2012 *A New Method for the C-Type Passive Filter Design*, Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 88 NR 7a.
- Klempka R., Hanzelka, Z., Varetzky Y., 2013, *Bank Harmonic Filters Operation in Power Supply System – Cases Studies, Power Quality Issues, Chapter 8*, INTCH.
- Mehrotra, Vinay., 2011, Comparison of Standards – ANSI / IEEE and IEC, C57.12.00-2010 with IEC 600076-1 (2000). Standards Subcommittee, IEEE Transformers Committee.
- Meier, Alexandra von, 2006, *Electrical Power Systems: A Conceptual Introduction*, ISBN-13: 978-0-471-17859-0, ISBN-10: 0-471-17859-4, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Mismail, B., Stevenson W.D. Jr., 1982, *"Analisis Sistem Tenaga"*, Lembaga Penerbitan Universitas Brawijawa, Malang.
- Nassif, Alexandre B., 2012, *An Investigation on the Selection of Filter Topologies for Passive Filter Applications, IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 24, No.3*.
- Saftiawan, Andry., 2015, Analisa Aliran Daya Sistem Distribusi Tenaga Listrik; Metode Newton-Raphson &

Wiwik Handajadi, Andry Saftiawan

Efek Transisi Shutdown Semi-Autogenous Mill Dan 3rd C-TYPE Harmonic Filter Terhadap Efisiensi Distribusi Jaringan Listrik

ETAP Untuk Solusi Distribusi Daya Listrik 11 kV PTNNT, Laporan PKPI Teknik Elektro, Fakultas Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, Yogyakarta.

_____, 2005, *Principles for Efficient and Reliable Reactive Power Supply and Consumption*, Federal Energy Regulatory Commission. Washington, D.C.

_____, 2008, *SAG Mill Drive Operation Manual*, ABB Switzerland Ltd.

_____, *Gearless mill drives : Go gearless*, ABB Switzerland Ltd.