

**ANALISIS SIMULASI PEMASANGAN FILTER HARMONISA
MENGUNAKAN ETAP 4.00
DI PLTU UNIT 1 PT. INDONESIA POWER TAMBAK LOROK SEMARANG**

Agus Darwanto

ABSTRAKSI

Harmonisa merupakan permasalahan yang tak pernah lepas dari system kelistrikan. Kenyataan di dunia industri banyak digunakan peralatan yang bersifat non linier sebagai sumber utama penghasil harmonisa. Jika dibiarkan, kadar harmonisa yang tinggi dapat merusak peralatan kelistrikan, hal ini akan menambah biaya perawatan peralatan listrik yang tentu saja akan merugikan pengguna listrik itu sendiri, baik industri maupun rumah tangga.

Dalam penelitian ini dengan bantuan software ETAP 4.00 dilakukan simulasi pemasangan filter harmonisa guna mencari solusi untuk mengatasi harmonisa. Simulasi dilakukan sebanyak 3 kali dengan jenis beban dan filter yang berbeda kemudian digabungkan menjadi satu, baik filter maupun beban.

Dari hasil simulasi didapati terjadinya pengurangan hingga 1,9% untuk setiap filter dari total kadar harmonisa sebesar 8,45% dari V_{thd} dan pengurangan hingga 9.76% untuk I_{thd} dari total 22,92% pada system. Maka dapat disimpulkan pemasangan filter pada system tenaga listrik terutama yang terletak dekat dengan beban non-linier, dapat mengurangi kadar harmonisa.

Kata kunci : *harmonisa, filter, ETAP 4.00*

A. PENDAHULUAN

Keberadaan harmonisa dalam sistem tenaga listrik, secara substansial membutuhkan penggunaan peralatan tertentu seperti alat pengontrol beban dan alat-alat penghasil frekuensi lainnya. Fungsi dari peralatan tersebut adalah untuk mengetahui, mendeteksi dan mengawasi adanya distorsi harmonik pada sistem agar bisa melihat sejauh mana tingkat kandungan distorsi harmonik yang terkandung pada sebuah sistem. Apakah masih dalam batas toleransi yang di ijinakan oleh lembaga insinyur listrik dan elektronika IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) atau tidak, sehingga adanya distorsi harmonik tersebut tidak menyebabkan terganggunya kinerja pada sebuah sistem, terutama pada sistem distribusi.

Pertimbangan yang penting pada saat mengevaluasi adanya pengaruh harmonik pada sebuah sistem distribusi adalah naiknya tegangan pada sebuah sistem. Masalah yang ditimbulkan akibat distorsi harmonik tersebut adalah adanya tambahan

rugi – rugi pada penghantar berupa panas, yang pada level tertentu bisa menimbulkanagalnya sebuah sistem isolasi.

Abbreau et al (2003) mengamati bahwa pada sistem tenaga listrik terisolasi yang terhubung dengan beban nonlinear akan menghasilkan arus harmonik yang menyebabkan distorsi gelombang arus dan tegangan. Tegangan harmonik juga dapat menyebabkan kenaikan arus pada penghantar netral sehingga mengakibatkan kenaikan rugi-rugi daya (Carpinelli, 2004). Harmonik dapat menyebabkan pemutusan beban yang sensitif, penurunan keakuratan alat ukur, kegagalan kapasitor tenaga, pemanasan lebih pada transformator dan penghantar netral (Grady and Santosa, 2001). Harmonik juga mempengaruhi biaya pemakaian energi listrik (Talacek and Watson, 2002), resonansi dalam sistem tenaga listrik (Rao et al, 1998) dan penurunan faktor daya listrik (Wolfe and Hurley, 2002).

Tujuan pemasangan filter harmonik adalah untuk mereduksi amplitudo

gelombang pada frekuensi harmonik tertentu dari sebuah tegangan atau arus. Pada sistem tenaga listrik yang bersifat dinamis, jika terjadi gangguan harus segera dilakukan usaha untuk mengembalikan sistem ke kondisi normal. Pada kondisi itu, beban bisa diatur sedemikian rupa. Pada saat kondisi kritis/tegangan sistem mengalami susut tegangan, kendala beban dapat diatasi namun kendala keamanan sistem kadang tidak dapat diatasi. Kondisi ini dapat dikatakan sebagai kondisi darurat, maka harus dikembalikan ke kondisi normal dalam waktu yang sesingkat mungkin dengan resiko pemadaman sesaat di wilayah yang sistem tenaga listriknya mengalami kondisi kritis.

Fenomena bentuk gelombang tegangan dan gelombang arus dalam sistem tenaga listrik AC, digambarkan sebagai gelombang sinusoidal murni. Dengan perkembangan beban listrik yang semakin besar dan kompleks terutama penggunaan beban listrik tak linier, akan menimbulkan perubahan pada bentuk gelombangnya. Beban linier adalah beban listrik yang perilaku kerjanya tidak menyebabkan berubahnya bentuk gelombang sinusoidal pada (frekuensi fundamental 50 Hz) dari sistem suplai arus bolak balik. Beban nonlinear yang terhubung pada sistem distribusi, menjadi sumber dari adanya distorsi gelombang arus dan tegangan, karena tersusun atas bahan-bahan semi konduktor, sehingga perlu dilakukan pemasangan filter harmonik pada sistem distribusi tersebut.

B. PERUMUSAN MASALAH

1. Pengaruh nilai dan lokasi beban nonlinear terhadap distorsi harmonik.
2. Spektrum gelombang harmonik sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonik.
3. Pengaruh pemasangan filter harmonik terhadap distorsi harmonik, tegangan dan rugi – rugi daya nyata untuk beban yang berbeda.

C. BATASAN MASALAH

1. Sistem distribusi yang diteliti adalah sistem distribusi lingkup PT Indonesia Power Unit I Tambak Lorok Semarang
2. Pengaruh beban nonlinear terhadap distorsi harmonik pada sistem.
3. Pemasangan filter harmonik pada beberapa lokasi pembebanan dan mensimulasikannya dengan bantuan Software *ETAP Power Station 4.0.0*.
4. Membandingkan distorsi harmonik sebelum pemasangan filter harmonik dengan setelah adanya pemasangan filter harmonik.

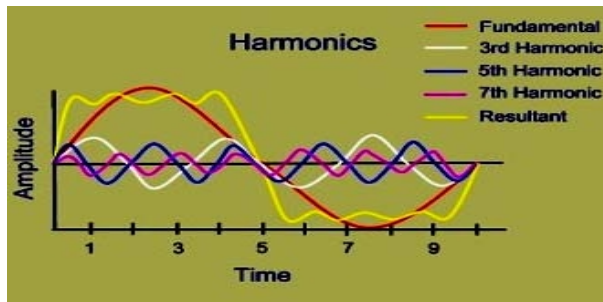
D. TUJUAN PENELITIAN

1. Membandingkan spektrum gelombang harmonik sebelum dan sesudah pemasangan filter harmonik.
2. Mengetahui pengaruh nilai dan lokasi beban nonlinear terhadap distorsi harmonik sistem.
3. Mengetahui pengaruh pemasangan filter harmonik terhadap distorsi harmonik, untuk beban yang berbeda.

E. LANDASAN TEORI

1. Harmonisa

Harmonisa adalah deretan gelombang arus atau tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar tegangan atau arus itu sendiri. Bilangan bulat pengali pada frekuensi harmonisa adalah orde (n) dari harmonisa tersebut. Sebagai contoh, frekuensi dasar dari sistem kelistrikan di Indonesia adalah 50 Hz maka harmonisa kedua adalah 2×50 Hz (100 Hz), ketiga adalah 3×50 Hz (150 Hz), dan seterusnya hingga harmonisa ke n yang memiliki frekuensi $n \times 50$ Hz. (Liem Ik Bien & Sudarno, 2004)



Gambar 1. Gelombang-gelombang non sinusoidal (Elektric New England :1992)

2. Distorsi Harmonik

Individual Harmonic Distortion (IHD) adalah rasio antara nilai RMS dari harmonisa individual dan nilai RMS dari fundamental.

$$THD = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} \left(\frac{I_{Sh}}{I_{S1}} \right)^2} \times 100\%$$

dimana:

THD : Total Harmonisa Distortion (%)
 I_{Sh} : Arus harmonisa pada orde ke-h (A)
 I_{S1} : Arus fundamental (I_{rms}) dalam A

Pengaruh harmonisa total untuk tegangan dapat dihitung, dengan mengganti notasi I menjadi V. Hasil perhitungan sebaiknya tidak melebihi atau sama dengan nilai yang ditetapkan oleh standar yang berlaku. Bila hasilnya lebih maka tingkat harmonisa sistem membahayakan komponen-komponen sistem

$$IHD = \sqrt{\left(\frac{I_{Sh}}{I_{S1}} \right)^2} \times 100\%$$

dimana :

IHD : Individual Harmonisa Distortion (%)
 I_{Sh} : Arus harmonisa pada orde ke-h (A)
 I_{S1} : Arus fundamental (I_{rms}) dalam A

Tingkat kecacatan seringkali dinyatakan dengan Total Harmonic Distortion (THD), (Arrilaga, 1985)

Total Harmonic Distortion (THD) adalah rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Hubungan antara THD dengan IHD dapat dilihat dari persamaan berikut:

dan sebaiknya harus dipikirkan cara mengurangnya.

Ada dua kriteria yang digunakan dalam analisa distorsi harmonisa, limitasi untuk distorsi arus harmonisa dan limitasi untuk distorsi tegangan harmonisa. Standar yang dipakai untuk limitasi tegangan harmonisa adalah *IEEE 519*. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio I_{sc}/I_L (arus hubung singkat dibagi dengan arus beban) seperti Tabel 1.

Tabel 1. Standard Harmonisa Arus (Aditya :56)

I_{sc}/I_{LOAD}	Orde Harmonisa (dalam %)					total harmonic distortion
	<11	11->16	17->22	23->24	>35	
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20-50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50-100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100-1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

dimana:

I_{sc} : arus hubung singkat
 I_{load} : arus beban fundamental nominal
 THD : Total Harmonic Distortion dalam %
 Menentukan nilai I_{sc} menggunakan rumus

sebagai berikut :

$$I_{sc} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot Z\% \cdot V_{LL}}$$

Dimana :

S : Daya Trafo (MVA)
 Z% : Impedansi Trafo (%)
 V_{LL} : Tegangan Fasa-fasa (V)
 I_{SC} : Arus Hubung singkat (A)

(Dugan, 2003: 6), I_L adalah arus beban fundamental nominal.

Sedangkan untuk standard harmonisa tegangan ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai seperti **Tabel 2**

I_{SC} adalah arus hubung singkat yang ada pada PCC (*Point of Common Coupling*)

Tabel 2. Standard Harmonisa Tegangan (Aditya :56)

Maximum Distortion (dalam %)	Tegangan Sistem		
	< 69Kv	69-138Kv	>138Kv
Individual Harmonic	3	1.5	1
Total Harmonic	5	2.5	1.5

3. Filter Harmonik

Dalam usaha meredam gangguan harmonisa tersebut ke bagian lain dari system tenaga

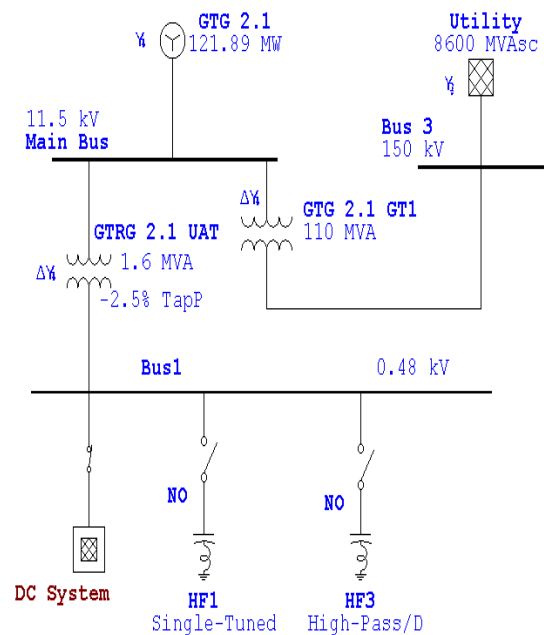
listrik maka dipasang filter harmonisa. Filter tersebut diharapkan mampu mereduksi frekuensi tertentu dari sebuah harmonisa arus dan tegangan.

F. METODE PENELITIAN

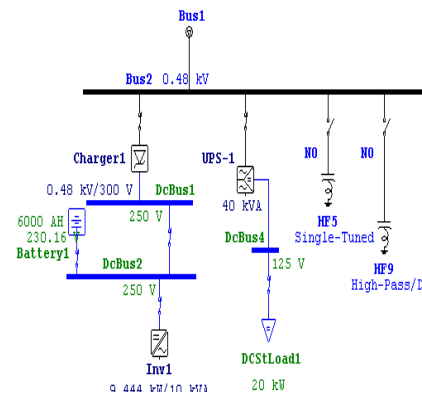
Simulasi dengan bantuan ETAP 4.00

ETAP Power Station merupakan program analisa jaringan listrik secara grafik. Program ini dirancang bekerja secara langsung dengan menggambar One-Line diagram dan memasukkan parameter-parameter pada jaringan listrik. Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan simulasi adalah :

One-line diagram pada Unit GTG 2.1 PT Indonesia Power UBP Semarang ditunjukkan pada **gambar 2** dimana terdapat komponen-komponen yang diperlukan untuk menjalankan simulasi. Antara lain : Generator, transformator, busbar, charger & inverter sebagai sumber beban non linier. One-Line yang dibuat terdiri dari dua macam, yaitu AC system yang merupakan gambar One-Line utama (**Gambar 2**) dan DC systems sebagai jaringan sistem DC (**Gambar 3**)



Gambar 2 AC System



Gambar 3 DC sistem

G. HASIL DAN ANALISIS

Table 3 Hasil Simulasi

PARAMETER		Tanpa Beban & Filter	Sebelum Pemasangan Filter			Setelah Pemasangan Filter	
			Charger	UPS	Total	Single-Tuned	High-Pass
BUS 1	VTHD %	0.00	8.61	0.29	8.45	0.84	1.11
	ITHD %	0.00	30.41	11.55	27.88	1.56	2.02
	IRMS (A)	0.00	620.22	52.51	671.12	559.98	559.99
	I fundamental (A)	0.00	593.39	52.17	646.46	550.21	550.22
BUS 2	VTHD %	Tidak terhubung dengan jaringan	8.61	0.29	8.45	0.84	1.11
	ITHD %		24.95	7.67	22.92	5.48	2.95
	IRMS (A)		611.58	52.32	663.22	554.96	554.96
	I fundamental (A)		593.39	52.17	646.46	550.21	550.22
Power Factor %			82.1%			98.3%	
Mvar			0.325			0.087	

Dari data penelitian yang ditunjukkan pada tabel 3 hasil simulasi ETAP 4.00, bahwa suatu kasus dimana pada sistem jaringan distribusi diberikan sumber harmonik berupa beban nonlinear. Demikian juga menggunakan komponen filter harmonik yang fungsinya untuk mengurangi

distorsi harmonik tersebut, sehingga diperoleh suatu jaringan distribusi dengan tegangan yang lebih stabil, bentuk gelombang arus dan tegangan yang sinusoidal, serta mempunyai nilai distorsi harmonik (THD) yang kecil.

H. KESIMPULAN

1. Dari sisi beban
 - a. Dengan menggunakan beban Charger, kenaikan kadar harmonisa lebih tinggi, ditunjukkan dengan bentuk spektrum dan gelombang sinus yang tak sempurna
 - b. Dengan menggunakan beban UPS, kadar harmonisa lebih rendah, maka spektrum dan gelombang sinus terlihat lebih sempurna, hal ini dikarenakan pemilihan jenis sumber harmonisa yang lebih rendah dibanding dengan beban charger
2. Dari sisi filter
 - a. Single-Tuned : pengurangan VTHD pada BUS 1 dan BUS 2 sebesar 1,89%. Untuk ITHD berkurang sebesar 8,95%
 - b. High-Pass : pengurangan VTHD pada BUS 1 dan BUS 2 sebesar 1,9% untuk jenis High Pass filter dari VTHD total sebesar 8,45%. ITHD berkurang sebesar 9,75% dari total ITHD sebesar 22,92%.
3. Dari bentuk spectrum gelombang yang dihasilkan pada percobaan-percobaan yang dilakukan, dapat diketahui bahwa setelah pemasangan filter gelombang sinus menjadi lebih halus dibanding sebelum pemasangan filter. Maka dapat disimpulkan harmonisa dapat dikurangi dengan cara pemasangan filter harmonic pada jaringan. Dengan pemasangan filter sekaligus dapat mengkompensasi daya reaktif dan membantu memperbaiki factor daya pada sistem
4. Hasil dari simulasi menunjukkan pengurangan VTHD pada BUS 1 dan BUS 2 sebesar 1,89% untuk jenis filter single-tuned dan 1,9% untuk jenis High Pass filter dari VTHD total sebesar 8,45%.
5. Untuk ITHD berkurang sebesar 8,95% untuk filter single-tuned dan High-pass pada BUS 1. Sedang pada BUS 2 berkurang sebesar 9,76% pada jenis single tuned filter dan 9,75% untuk high pass filter dari total ITHD sebesar 22,92%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arrillaga. 1985. *Power System Harmonic*. USA John Wiley & Son Ltd.
2. Buhron ; Sutanto. 2001. *Implikasi Harmonisa dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya*. Dept. Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung, Dept. Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya dan Staf Operasi Distribusi PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten.
3. Duffey ; Stratford. 1989. *Update of Harmonic Standard IEEE-519 : IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*. IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 25. No. 6, November / December 1989.
4. Manumpil, Godfried Bastian. 2000. *Pengurangan Harmonisa Pada Sistem Distribusi Listrik*. Jakarta: Universitas Trisakti.
5. Marsudi, Djiteng, Ir. 2002. *Pengaruh Harmonisa Dalam Pasokan Tenaga Listrik*. Prosiding Seminar Kiat Menghadapi Krisis Energi Listrik. Universitas Trisakti. Jakarta.
6. Sulistiyo, Tri Prabowo. 2003. *Studi Harmonisa Pada Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Trisakti.
7. Sumani, Sambodho, Ir. 2002. *Pengenalan Mutu Listrik*. Prosiding 8.Seminar Electric Power Quality. STT-PLN. Jakarta