

PENGURANGAN HARMONISA DI GEDUNG GRAHA WIDYA UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

Armin Ika Cahyoko¹, Aris Heri Andriawan²

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

telp. , faks.

E-mail: arminika3@gmail.com

ABSTRAKS

Gedung Graha Widya merupakan salah satu gedung yang terdapat di kampus Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dan menjadi salah satu tempat mengurus administrasi dalam kampus tersebut. Akan sangat berbahaya jika energi listrik pada instalasi pada gedung Graha Widya sampai terkena harmonisa yang melebihi batas standart yang akan mengurangi usia bahkan merusak peralatan listrik. Batas standart internasional tentang harmonisa telah ditentukan dalam IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Dalam IEEE 519-1992 menyatakan bahwa batas maksimal total distorsi harmonik atau THD (total harmonic distortion) untuk tegangan THDv adalah 5% dan 7% untuk arus THDi yang masih aman tanpa membutuhkan perlakuan khusus. Jika total harmonik melebihi batas maksimal dari yang telah ditentukan maka perlu dilakukan tindakan pemasangan filter untuk meredam harmonik yang timbul agar kualitas daya pada sistem tenaga listrik tetap aman digunakan tanpa menimbulkan efek yang merugikan.

Kata Kunci: Harmonisa, IEEE, Filter Harmonisa

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya atau sering disebut UNTAG Surabaya adalah perguruan tinggi yang berada di Surabaya. UNTAG Surabaya memiliki prinsip dengan pendidikan yang mampu bersaing di kancan internasional yang dibutuhkan oleh industri-industri besar, dapat bersaing didalam pemerintahan dan dalam masyarakat luas. Dengan semakin bertambahnya mahasiswa/i akan memicu pembangunan gedung baru dan adanya pembenahan gedung lama untuk meningkatkan kualitas dari kampus itu sendiri.

Penggunaan energi pada suatu bangunan terutama energi listrik sangatlah penting untuk menunjang kenyamanan dan keberlangsungan dalam melakukan berbagai aktifitas didalamnya. Gedung Graha Widya merupakan salah satu gedung dimana tempat administrasi berada terutama untuk pendaftaran bagi para pelajar yang ingin melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi di perguruan tinggi ini dan beberapa administrasi lainnya. Tempat ini juga merupakan tempat pembelajaran yang memanfaatkan unit komputer didalamnya. Jika kualitas daya terganggu atau tidak memenuhi kriteria, maka akan mengganggu perangkat listrik yang sudah diatur untuk bekerja pada arus sinus yang efeknya yang bisa diderita timbul banyak kerugian, diantaranya cepat panasnya pada peralatan listrik sehingga isolasi dapat terjadi kegagalan fungsi yang nantinya akan yang ujungnya kerusakan dapat terjadi pada peralatan atau berkurangnya usia fungsi peralatan. Perangkat seperti komputer merupakan peralatan yang menyumbang nilai harmonisa karena didalam

komputer sendiri memiliki banyak bahan-bahan dari semikonduktor. Bahan nonlinier seperti konduktor, lampu floresent atau sering kita jumpai dalam pasaran dengan nama lampu TL, penggunaan power supply yang pasti terdapat pada peralatan yang menggunakan arus DC, dan peralatan- peralatan lain yang menggunakan bahan penyearah arus. Harmonisa sendiri diartikan sebagai suatu gelombang pengganggu yang berasal dari nilai kelipatan frekuensi sumber yang mendistorsi gelombang fundamental sehingga gelombang pengganggu tersebut akan mengakibatkan cacat pada gelombang menghasilkan gelombang yang tidak lagi sinus (non-sinus). Hal ini tentunya akan mengakibatkan terganggunya peralatan yang digunakan untuk administrasi akibat pengaruh dari harmonisa. Akan tetapi, IEEE telah menetapkan untuk batasan nilai harmonisa diperbolehkan atau dikatakan aman digunakan dalam jaringan jika nilai THD untuk arus bernilai maksimal 7% dan untuk THD tegangan bernilai maksimal 5%.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Harmonisa

Listrik di Indonesia saat ini bekerja pada frekuensi fundamental yang menggunakan frekuensi 50 Hz. Peralatan yang menggunakan tenaga listrik pastinya didesain untuk bekerja pada frekuensi tersebut. Jika frekuensi sistem tenaga listrik terpenuhi, kualitas listrik dari sistem tenaga listrik sangat baik dan peralatan-peralatan akan terhindar dari kerusakan dan kualitas peralatan pastinya akan ikut terjaga.[7]

Kandungan harmonisa yang tinggi dapat menimbulkan banyak permasalahan yang salah satunya berpengaruh terhadap faktor daya menjadi rendah, pemanasan lebih pada trafo, ketidakseimbangan terhadap beban, kerusakan terhadap peralatan, dll. Kandungan harmonisa juga memiliki standar tertentu untuk bisa tetap digunakan tanpa perlu perlakuan khusus. Namun jika nilai harmonisa melebihi dari nilai standar tersebut maka perlu dilakukan tindakan lebih lanjut untuk menekan nilai harmonisa tersebut. Standar internasional tentang harmonisa dapat dilihat pada IEEE 519-1992.[5]

2.2 Orde Harmonisa

Orde harmonisa merupakan perbandingan antara nilai frekuensi dasar dengan frekuensi harmonisa, dimana dapat didefinisikan sebagai:

1

dimana: n = Orde harmonik
 f_n = Frekuensi harmonisa ke- n
 F = Frekuensi fundamental

- a. Harmonisa ganjil merupakan harmonisa yang terjadi pada orde bernilai ganjil yaitu 3,5,7,9,11 dan seterusnya. Harmonisa 1 (satu) adalah komponen frekuensi fundamental dari gelombang sinus. Harmonisa ganjil pada jaringan distribusi menjadi perhatian lebih dari pada harmonisa genap karena pada orde ganjil sering dan bisa lolos dari peredaman peralatan transmisi sedangkan harmonisa genap teredam oleh kabel dan transformator.
- b. Harmonisa genap merupakan harmonisa yang terjadi pada orde bernilai genap yaitu 2,4,6,8,10 dan seterusnya. Harmonisa genap sering teredam pada saluran transmisi. Meskipun teredam pada saluran transmisi, tidak menutup kemungkinan harmonisa genap dapat lolos dari peredaman tersebut.

2.3 THD

(*Total Harmonic Distortion*) atau THD merupakan total dari nilai-nilai dari (*Individual Harmonic Distortion*) atau IHD. Hubungan antara THD dan IHD dapat dilihat dengan menggunakan rumus berikut:[3]

$$THD = \sqrt{IHD_2^2 + IHD_3^2 + IHD_4^2 + IHD_n^2}$$

Persamaan rumus diatas merupakan rumus dasar yang digunakan untuk menganalisa jumlah THDi untuk arus dan THDv untuk tegangan. Dari rumus ini dapat diketahui hasil analisa terhadap batasan harmonisa dan dapat diketahui tingkat harmonisa melebihi standart atau tidak.[3]

2.4 Standar harmonisa

Standar harmonisa di Indonesia sudah ditetapkan dalam SPLN No.1 Tahun 1995 dimana untuk standar harmonisa arus dan tegangan sudah termasuk didalamnya [8]

Tabel 1. Standar harmonisa arus SPLN

I_{sc}/I_L	ORDE HARMONISA					(THD)
	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	
$V_n \leq 66 \text{ kV}$						
<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
$66 \text{ kV} < V_n \leq 150 \text{ kV}$						
<20	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
20–50	3.5	1.75	1.25	0.5	0.25	4.0
50–100	5.0	2.25	2.0	0.75	0.35	6.0
100–1000	6.0	2.75	2.5	1.0	0.5	7.5
>1000	7.5	3.5	3.0	1.25	0.7	10.0
$V_n > 150 \text{ kV}$						
<50	2.0	1.0	0.75	0.3	0.15	2.5
≥ 50	3.0	1.5	1.15	0.45	0.22	3.75

Tabel 2. Standar harmonisa tegangan SPLN

TEGANGAN PADA SISTEM	IHD %	THD %
$V_n \leq 66 \text{ kV}$	3.0	5.0
$66 \text{ kV} < V_n \leq 150 \text{ kV}$	1.5	2.5
$V_n > 150 \text{ kV}$	1.0	1.5

2.5 Efek Harmonisa

Harmonisa memiliki banyak efek negatif yang jika tidak dilakukan penanganan pada harmonisa maka akan merugikan pihak penyedia daya listrik juga merugikan pihak konsumen. Efek utama atau poin-poin besar dari banyak efek negatif yang diakibatkan harmonisa dapat dilihat diantaranya:

- a. Peralatan yang digunakan cepat panas bahkan bisa berakibat *overheating*.
- b. Berkurangnya usia peralatan dari usia yang telah ditentukan.

- c. Ketidakseimbangan kerja peralatan bahkan bisa sampai kegagalan atau alat tidak bisa bekerja.

2.6 Filter Harmonisa

Filter harmonisa merupakan peralatan yang digunakan untuk menekan nilai harmonisa yang merugikan agar nilainya bisa berada dibawah standart yang telah ditentukan agar aman untuk digunakan. filter sendiri memiliki banyak jenis tergantung dimana filter akan dipasang dan pada orde berapa harmonisa akan diredam.[9]

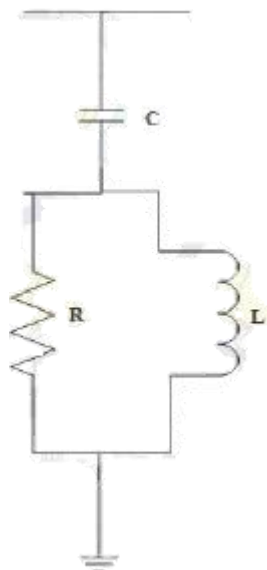
Untuk filter pasif sendiri ada 2 macam filter berdasarkan orde penyetelan yaitu:

1. *Single tuned filter* yaitu filter harmonisa pasif dengan penala tunggal meredam atau kerja dari filter ini pada beberapa orde harmonisa saja khususnya pada orde harmonisa yang memiliki frekuensi yang tidak besar. Filter ini terdiri dari rangkaian seri kombinasi dari komponen kapasitor, induktor dan resistor.



Gambar 1. Rangkaian filter penala tunggal

2. *High pass damped filter* yaitu Filter harmonisa pasif tipe ini umumnya digunakan untuk peredaman harmonisa pada frekuensi dengan orde tinggi yang biasanya untuk meredam pada orde antara harmonisa ke 11, 23, dan 25. [9]



Gambar 2. High pass damped filter

3. METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN FILTER

3.1 Tata Cara Pengambilan Data

Prosedur yang digunakan untuk pengukuran dan pengambilan data tingkat harmonisa tidak memiliki peraturan baku. Namun untuk menjaga keselamatan dan keakurasian data yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan perlengkapan Alat Pelindung Diri untuk menghindari terjadinya sengatan listrik.
2. Memastikan peralatan yang akan digunakan dalam keadaan baik.
3. Memastikan baterai yang terpasang pada clampmeter dalam keadaan penuh agar alat yang digunakan tidak terjadi kesalahan baca dan data yang ditampilkan akurat sesuai keadaan sebenarnya.
4. Mengukur panel-panel SDP dan MDP sesuai jalur jaringan yang sudah tertera pada *single line*.
5. Menghitung jumlah kandungan harmonisa dan memeriksa apakah kandungan harmonisa melebihi dari standart yang telah ditetapkan atau tidak.
6. Melakukan penghitungan data untuk menetapkan desain filter.

3.2 Analisa Menghitung Hubung Singkat Arus

$$Z = 4\%$$

$$S = 197 \text{ kVA}$$

$$V = 0.4 \text{ kV fasa-fasa}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$= \frac{197000}{\sqrt{3} \times 400}$$

$$= 284.345 \text{ Ampere}$$

$$I_{SC} = \frac{kVA \times 100}{\% Z \times \sqrt{3} \times kV}$$

$$= \frac{197 \times 100}{4 \times \sqrt{3} \times 0,4}$$

$$= 7108.625 \text{ Ampere}$$

3.3 Analisa Pembebanan Trafo

Analisa pembebanan pada trafo juga penting untuk dilakukan karena langkah ini salah satu hal yang mendasar dan bisa dikatakan menjadi langkah awal untuk melakukan analisa lanjutan terhadap besarnya harmonisa. Analisa pembebanan pada trafo adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Analisa pembebanan pada trafo tiang

Phasa	Arus nominal (A)	Arus Full load (A)	% Pembebanan
R	195.1	284.345	68.61
S	166.6	284.345	58.59
T	158.3	284.345	55.67

Persentase dari pembebanan trafo digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai nilai range dan analisa untuk mencari nilai standar sesuai range yang telah ditentukan.

3.4 Analisa THD Trafo

Tabel 4. Analisa THD tegangan pada trafo

Phasa	VTHD Pengukuran (%)	VTHD Standard (%)
R	1.65	5
S	1.73	5
T	1.73	5

Tabel 5. Analisa THD arus pada trafo

Phasa	I_L	I_{sc} / I_L	Rang e	Pengukuran $h < 11$ (%)
Analisa THD Arus Orde < 11				
R	68.61 % I_{FL}	36.67	20-50	6.45
S	58.59 % I_{FL}	42.67	20-50	7.15
T	55.67 % I_{FL}	44.9	20-50	5.52
Analisa THD Arus Orde 11 s/d 16				
R	68.61 % I_{FL}	36.67	20-50	0.94
S	58.59 % I_{FL}	42.67	20-50	0.91
T	55.67 % I_{FL}	44.9	20-50	0.87
Analisa THD Arus Orde 17 s/d 22				
R	68.61 % I_{FL}	36.67	20-50	0.36
S	58.59 % I_{FL}	42.67	20-50	0.5
T	55.67 % I_{FL}	44.9	20-50	0.5
THD Arus Total				
R	68.61 % I_{FL}	36.67	20-50	6.53
S	58.59 % I_{FL}	42.67	20-50	7.22
T	55.67 % I_{FL}	44.9	20-50	5.61

3.5 Analisa Sumber Harmonisa

Setelah dilakukan perhitungan analisa terhadap panel-panel pada SDP yang terdapat pada Graha Widya, didapatkan hasil analisa sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil analisa arus dari panel

MDP/SDP	FASA	Pengukuran THDi (%)	Standart THDi (%)
MDP 1	R	11.75	8
	S	33.02	8
	T	6.77	8
SDP BAWAH TANGGA	R	3.27	8
	S	3.17	8
	T	2.88	8
SDP MENWA	R	10.69	8
	S	29.14	8
	T	8.62	8
SDP LANTAI 2	R	18.86	8
	S	15.68	8
	T	23.4	8

Kesimpulan: dari tabel analisa harmonisa arus pada setiap panel yang diukur, terlihat ada beberapa hasil analisa yang menunjukkan bahwa ada beberapa yang mengandung harmonisa arus melebihi standart.

Tabel 7. Hasil analisa tegangan dari panel

MDP/SDP	FASA	Pengukuran THDv (%)	Standart THDv (%)
MDP 1	R	1.77	5
	S	1.73	5
	T	1.67	5
SDP BAWAH TANGGA	R	1.52	5
	S	1.62	5
	T	1.53	5
SDP MENWA	R	1.73	5
	S	1.77	5
	T	1.63	5
SDP LANTAI 2	R	2.2	5
	S	1.61	5
	T	1.79	5

Untuk harmoisia tegangan tidak ada yang melebihi standart. Untuk peredaman harmonisa, maka diambil data yang mengandung harmonisa arus yang paling tinggi yaitu pada MDP 1 fasa S.

3.6 Desain Filter

Dalam mendesain filter untuk peredaman ada komponen yang harus ditentukan nilainya yaitu R, L dan C. Penentuan untuk nilai rangkaian R, L dan C berdasarkan perhitungan dari data yang sudah diambil.

Perhitungan kapasitor dilakukan untuk dapat memperbaiki faktor daya yang turun akibat distorsi harmonisa. Untuk menentukan nilai kapasitor untuk memperbaiki faktor daya

Untuk menghitung nilai kapasitor maka harus diketahui dulu nilai kVAr yaitu dengan:

$$\begin{aligned}\theta_c &= P(\tan(\cos^{-1}(\theta_1)) - \tan(\cos^{-1}(\theta_2))) \\ &= 2.82 (\tan(\arccos 0.953) - \tan(\arccos 1)) \\ &= 0.896 \text{ kVAr}\end{aligned}$$

Selanjutnya untuk perhitungan yang menentukan nilai kapasitor dapat diketahui menggunakan rumus:

$$Q_c = \frac{V^2}{x_c}$$

$$X_c = \frac{kV^2}{MVA_r}$$

$$X_c = \frac{(0.2301)^2}{0.000896} = 59.09\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} = 53.9\mu F$$

Menurut IEEE 1531-2003 filter harmonisa frekuensi tunggal, pemilihan frekuensinya ditentukan 3 % - 15 % dibawah frekuensi yang ditentukan yang bertujuan untuk toleransi komponen filter guna mencegah resonansi yang bisa terjadi pada sistem frekuensi pengganggu. Serta bertujuan untuk mendapatkan performa filter yang maksimal saat diaplikasikan.

Orde 7 maka dipilih 10% dibawah orde ini

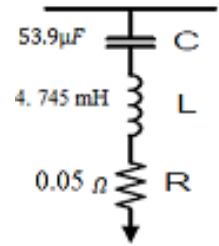
$$XL = \frac{Q_c}{h^2}$$

$$XL = \frac{59.09}{6.3^2} = 1.49\Omega$$

$$L = \frac{XL}{2\pi f} = 4.745mH$$

Pada perancangan untuk menentukan nilai resistor, maka nilai Q yang digunakan adalah 30. Nilai ini dipilih karena filter yang digunakan adalah filter berjenis *single tuned*. Nilai faktor kualitas Q merupakan ukuran tingkat sensitivitas filter dalam peredaman harmonisa.

$$R = \frac{XL}{Q} = 0.05\Omega$$



Gambar 3. Desain filter

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran Setelah Pemasangan Filter

Setelah pemasangan filter pasif dengan jenis *Single Tuned*, didapatkan hasil pengukuran sebagai berikut:

Tabel 8. Hasil pengukuran daya

Phasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Aktif (kW)	Daya Semu (kVA)	Cos φ
S	230.6	16.3	3.74	3.75	0.972

Tabel 9. Hasil analisa harmonisa arus

Phasa	I _L	I _{sc} / I _L	Range	Pengukuran h<11 (%)	Standard h (%)
S	58.59 % I _{FL}	42.67	20-50	16.04	8

Tabel 10. Hasil analisa harmonisa tegangan

Phasa	VTHD Pengukuran (%)	VTHD Standard (%)	Keterangan
S	1.58	5	tidak melebihi standart

4.2 Efektifitas Filter

Data hasil pengukuran terhadap harmonisa setelah dipasang filter pasif menggunakan filter dengan komponen R, L dan C terjadi peredaman terhadap harmonisa arus. Tingkat persentase peredaman harmonisa arus terhadap MDP 1 pada fasa S dapat dihitung dengan melihat perbandingan nilai THD arus sebelum filter tersebut dipasang dan sesudah filter dilakukan pemasangan.

Tabel 11. Perbandingan nilai THD

Fasa	Sebelum	Sesudah
S	33.02	16.04

$$\% \text{ peredaman} = \frac{THDi(\text{sebelum}) - THDi(\text{sesudah})}{THDi(\text{sebelum})} \times 100$$

$$\% \text{ peredaman} = \frac{33.02 - 16.04}{33.02} \times 100 = 51.42\%$$

5. KESIMPULAN

1. Setelah dilaksanakan pengukuran terhadap kandungan harmonisa dan analisa, terdapat beberapa panel yang memiliki kandungan harmonisa tinggi diantaranya yaitu MDP 1, SDP menwa dan SDP lantai 2.
2. Setelah pemeriksaan data panel yang mengandung harmonisa tinggi, terdapat fasa S pada MDP yang mengandung harmonisa sebesar 33.02% dan perlu dilakukan peredaman.
3. Setelah pemilihan jenis filter dan perhitungan terhadap nilai filter yang akan diuji, maka hasil nilai yang didapatkan untuk kapasitor (C) adalah 53.9 μ F, nilai induktor (L) sebesar 4. 745 mH dan nilai resistor (R) sebesar 0.05 Ω .
4. Setelah pengujian dari desain filter yang telah dibuat, maka data yang dapat ditampilkan untuk kandungan harmonisa yang diukur setelah pemasangan filter pasif yang diuji adalah 16.04%.
5. Setelah perhitungan terhadap efektifitas pemasangan filter pasif, maka didapat nilai persentase efektifitas filter terhadap peredaman kandungan harmonisa sebelum filter dilakukan pemasangan dan setelah filter dilakukan pemasangan pada hanya untuk beban temporeri adalah sebesar 51.42 %.

PUSTAKA

- Rosa, Francisco C. De La, *Harmonic And Power Systems*, Taylor & Francis Group. Boca Raton, United States Of America: Crc Press, 2006.
- Pratama, I Nyoman Agus Sudiatma, I Wayan Rinas, Antonius Ibi Weking, 2017. Simulasi Peredaman Distorsi Harmonisa Menggunakan Filter Aktif Dan Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Sistem Kelistrikan di Hotel The Bene Kuta. E-Journal Spektrum Vol. 4, No. 2, 113-121.
- Arrillaga J, Watson N.R, "Power System Harmonics" John Willey And Sons, Ltd, 2003.
- Dugan, Roger C., Mark F. Mcgranaghan, Surya Santoso, H. Wayne Beaty, "Electrical Power System Quality", Second Edition, 2004.
- C. Sankaran, "Power Quality", Leo Gigsby. London, New York: Crc Press, 2002.
- Prabowo, Arko Setiyo, Perencanaan Filter Harmonisa Pada Sisi Tegangan Rendah Untuk Mengurangi Harmonisa Akibat Penambahan Beban Pada Sistem Kelistrikan Pt. Wilmar Gresik.1-9.
- Rochibi, Mustari, Setyo Supratno, M. Ilyas Sikki. 2018. Analisa Perancangan Filter Pasif Untuk Meredam Harmonisa Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Area Welding. Seminar Nasional Teknik Elektro, 89-95.

- PT. PLN (Persero). "Power Quality (Regulasi Harmonisa, Flicker Dan Ketidakseimbangan Tegangan)". 2012.
- Rifa'i, M. Aris Maulana, "Analisa Harmonisa Dan Rancang Filter Single Tuned Pada Sistem Kelistrikan Bandara Internasional Juanda Surabaya Airport", Surabaya, 2016.
- Fatkhurrohman, Mas, "Desain Filter Pasif Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Cpa Petrochina Tuban", Surabaya, 2015.
- Abidin, Janny F. 2015. *Analisis Unjuk Kerja Harmonik di Instalasi Listrik Industri Dan Upaya Penanggulangannya*. Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana, Vol.6 No.3, 176-189.
- Andriawan, Aris Heri. 2009. Analisis Dan Simulasi Eliminasi Harmonisa Dengan *Shunt Active Power Filter (APF)* Berbasis *Neutral Point Clamped (NPC)* PWM Inverter. Jurnal Sain Dan Tegnologi Vol. 7, No. 1.
- Hasugian, Hotbe, "Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Panas Pada Belitan Transformator Distribusi", Medan, 2013.
- Mahardi H., Andi, Agung Warsito, Karnoto. Perancangan *Filter Aktif Boost Inductor* Menggunakan IC TDA 4863-2g Untuk Ballast Elektronik Inverter *Half Bridge Zero Voltage Switching*.
- Maulana, Ade, Amir Hamzah. 2016. Analisa Simulasi Unjuk Kerja Filter Aktif Cascaded Multilevel Inverter Untuk Mengurangi Efek Harmonisa Keluaran Hybrid Bidirectional Inverter 1500 Watt.
- Mulyana, Elih. 2018. Pengukuran Harmonisa Tegangan dan Arus Listrik di Gedung Direktorat TIK Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rinas, I Wayan, "Analisa THD (Total Harmonic Distortion) dan Peningkatan Arus Pada Kawat Netral Terhadap Pengoperasian Beban Listrik Pada Kondisi Takseimbang Pada Sistem Tenaga Listrik", Bali, 2016.
- Soedibyo Dan Sjamsjul Anam. 2012. *Desain Filter Pasif Pada Sistem Kelistrikan Industri Guna Mengurangi Distorsi Harmonisa*. Java Journal Of Electrical And Electronics Engineering Vol. 10, No. 2, 15-19.
- Sungkowo, Heri. 2013. Perancangan Filter Pasif *Single Tuned Filter* Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Beban Non Linier. Jurnal Eltek, Vol. 11 No. 01, 146-157.
- Syahmi, Saleh, "Analisis dan Perancangan Filter Harmonik Pada Sistem Tenaga Listrik di Pusat Penampungan Produksi Menggung Pertamina Asset IV Field Cepu", Surakarta, 2016.
- Weking, Antonius Ibi, "Studi Penggunaan Filter Dalam Meredam Distorsi Harmomisa Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Menggunakan Etap", Denpasar. 2017.