

PENGUKURAN HARMONISA PADA ALTIVAR 28HU18M2U DAN 31HD15N4

M. Hasbi Hazmi B. ^{*)}, Mochammad Facta, and Tedjo Sukmadi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} Email: hasbihazmi@gmail.com

Abstrak

Dalam dunia industri, penggunaan motor induksi 3 fasa sebagai alat untuk proses produksi tidak dapat dipisahkan. Namun dalam penggunaannya diperlukan sistem pengontrolan yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putar motor. *Variable Speed Drive*(VSD) merupakan pengontrolan yang sering digunakan untuk pengaturan kecepatan motor. Penggunaan VSD dalam jumlah yang besar dalam suatu sistem daya listrik dapat menyebabkan kerugian yang ditimbulkan dari harmonisa yang dihasilkan. Pada tugas akhir ini akan menganalisa harmonisa yang dihasilkan Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 yang merupakan peralatan VSD yang dikembangkan oleh perusahaan Schneider. Pengukuran harmonisa dilakukan dengan menggunakan HIOKI sebagai alat ukur *Power Quality Analyzer*(PQA). Beban altivar menggunakan motor induksi 3 fasa yang terkopel dengan generator DC. Pengambilan data harmonisa dilakukan dengan variasi generator DC tanpa beban dan berbeban. Beban yang digunakan adalah lampu pijar 200W untuk Altivar 28HU18M2U dan 400W untuk Altivar 31HD15N4. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai harmonisa tegangan dan arus yang meningkat berbanding lurus dengan beban yang dikontrol altivar. Namun pada harmonisa arus, nilai harmonisa yang terukur melebihi ambang batas presentase harmonisa yang diperbolehkan menurut IEEE 519-1992 yaitu lebih kecil dari 5%.

Kata kunci : motor induksi tiga fasa, Harmoisa, Variabel Speed Drive

Abstrac

In industrial, the use of 3 phase induction machine can not be separated as a machinary tools. It requires a control system that regulates speed of motor. VSD (Variable Speed Drive) frequently used to drive motor. The use of VSD in large number of electrical power system leads in harmonics increment. On this final assigment, it was be analyzed the harmonics generated by the altivar where a VSD equipment developed by schneider company. Harmonics measurement was performed by using HIOKI as a power quality analyzer tools. Altivar load was 3 phase induction motor coupled with a DC generator. The harmonics data was retried by varying the DC generator at no load and load. The loads condition were 200 W for Altivar 28HU18M2U and 400 W for Altivar 31HD15N4 in 50 Hz. The result showed values of voltage and current harmonics that directly increased proportional in to the altivar load controlled. In current harmonics, The values measured exceeds 50% from the treshold percentage of harmonics that are allowed according to IEEE 519-1992.

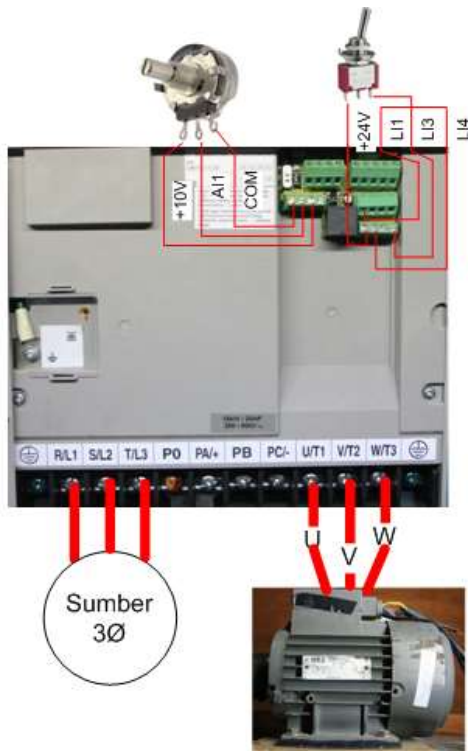
Keywords: 3-phase inductive motor, Harmonic, Variable Speed Drive.

1. Pendahuluan

Pengontrolan motor yang paling banyak digunakan dalam dunia industri saat ini adalah VSD (*Variable Speed Drive*). VSD dibagi menjadi beberapa kategori yaitu *mechanical*, *hydrolic*, dan *electrical*. *Electrical* dibagi menjadi beberapa model antara lain *Variable Voltage* DC dengan motor DC, *Variable Voltage* dan *Frequency* dengan motor AC, *Electromagnetic coupling* atau "*Eddy Current*" *Coupling* dan *cycloconverter* dengan motor AC. Pembahasan pada tugas akhir ini

menggunakan VSD dengan model *Variable Voltage* dan *Frekuensi* atau sering disebut VFD.

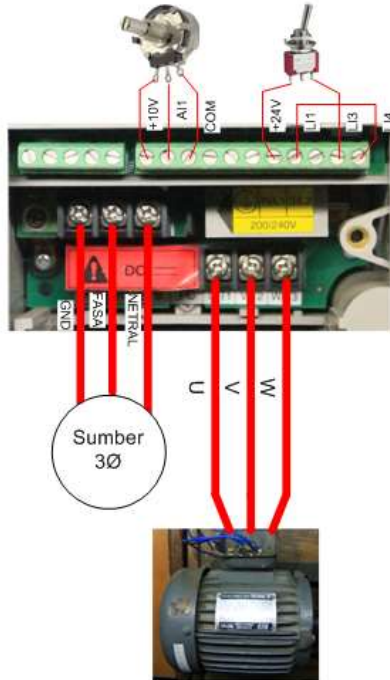
Kelebihan menggunakan pengontrolan motor menggunakan VSD dibandingkan dengan metode starting motor lainnya adalah pengontrolan motor dapat dilakukan mulai motor dinyalakan sampai dengan motor dimatikan. Dengan menggunakan VSD pengguna dapat mengatur kecepatan motor, percepatan dan perlambatan motor pada saat dinyalakan dan dimatikan, pengaturan putaran balik motor dan pengereman motor. Kelemahan dari penggunaan VSD adalah harmonisa yang dihasilkannya



Gambar 3. Pengkabelan pada Altivar 31HD15N4

2.2.2. Altivar 28HU18M2U

Pengkabelan pada terminal Altivar 28HU18M2U hampir sama dengan Altivar 31HD15N4. Namun terminal pengontrolan kecepatan secara otomatis



Gambar 4. Pengkabelan pada Altivar 28HU18M2U

2.3. Modul Terminal Daya dan Kontrol

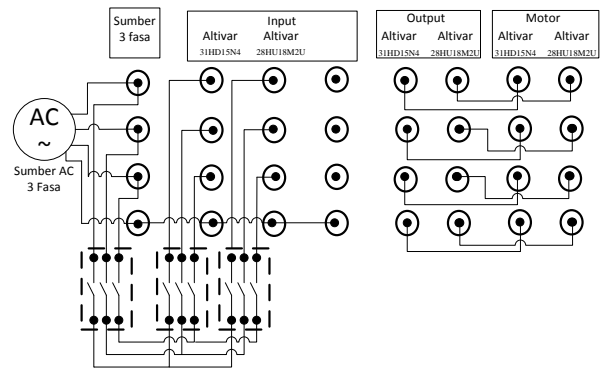
Untuk memudahkan penggunaan Altivar, maka dibuatlah modul terminal daya dan kontrol yang menghubungkan Altivar ke catu daya, komponen pengaturan dan sumber beban.



Gambar 5. Bentuk fisik modul terminal daya dan kontrol

2.3.1. Pengkabelan Terminal Daya

Pengkabelan terminal daya dirancang agar dalam menyalakan dan mematikan Altivar yang akan diuji. Selain itu pemasangan MCB pada setiap catu daya Altivar berfungsi sebagai pengamanan apabila pada saat terjadi hubung singkat. Sehingga dapat memperkecil kerusakan yang terjadi pada Altivar yang digunakan.

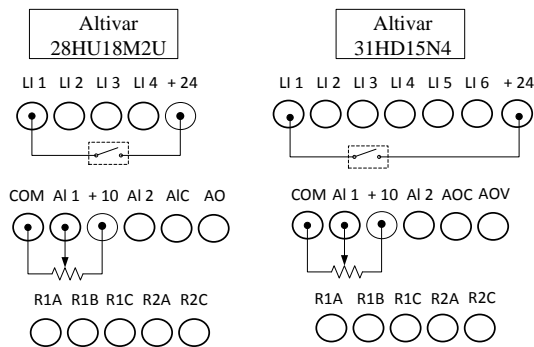


Gambar 6. Diagram pengkabelan terminal daya

2.3.2. Pengkabelan Terminal Kontrol

Pengkabelan terminal daya dirancang agar memudahkan dalam pengontrolan motor induksi 3 fase menggunakan Altivar. Dalam pengkabelan terminal kontrol menggunakan potensiometer (pengaturan kecepatan

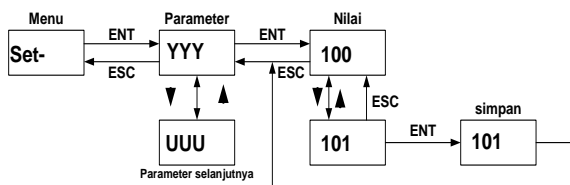
secara manual) dan toggle (pengaturan on-off dan kecepatan putar motor).



Gambar 7. diagram pengkabelan terminal kontrol

2.4. Pengaturan Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4

Akses parameter Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 terbagi menjadi 3 tipe, yaitu nilai yang ditampilkan oleh drive controller, pengaturan yang dapat diubah pada saat pengoperasian alat sedang berlangsung atau ketika sedang berhenti dan memodifikasi konfigurasi ketika pengoperasian alat dalam keadaan berhenti. Parameter dapat dilihat pada saat pengoperasian alat sedang berlangsung. Pada Gambar 3.16 dapat dilihat akses parameter pada Altivar yang digunakan.



Gambar 8. Akses parameter Altivar 31HD15N4 dan 28HU18M2U

2.5. Beban yang Dikontrol Oleh Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4

Pembebanan yang dilakukan bertujuan untuk memvariasikan pengujian yang akan dilakukan. Variasi dilakukan dengan memberikan beban pada Generator DC yang terkopel pada Motor yang dikontrol.



Gambar 9. Motor 3 fasa yang terkopel dengan generator DC

3. Hasil dan Analisa

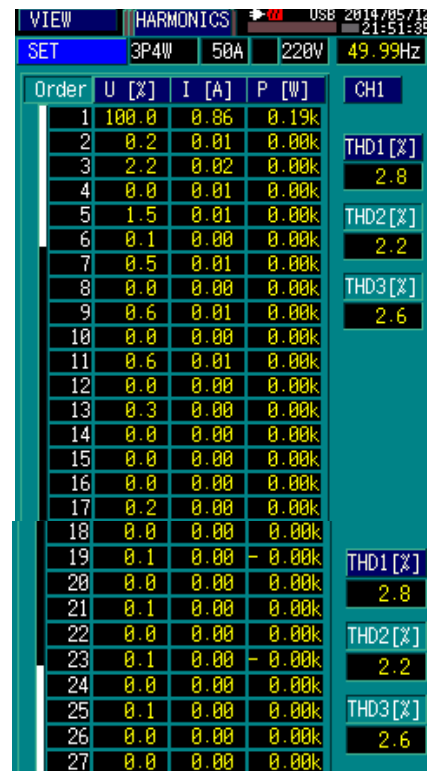
3.1. Pengujian Jaringan 3 Fasa pada Laboratorium Konservasi Energi dan Ketenagaan lantai 3

Untuk mengetahui nilai arus, tegangan dan harmonisa pada jaringan 3 fasa. Sebelum adanya penggunaan Altivar. Maka untuk mendapatkan nilai arus pada jaringan, diberikan beban lampu pijar 200W pada setiap fasanya.

Tabel 1. Data tegangan dan arus pada jaringan

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	224	0,87
S	228,3	0,89
T	213,3	0,85

PQA meter dapat menampilkan order harmonisa sampai dengan order ke 50. Baik harmonisa tegangan maupun harmonisa arus.



Gambar 10. Order harmonisa tegangan dan arus pada fasa R

Nilai tegangan atau arus dari pada tiap-tiap order dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Order } n \text{ (V)} = \text{Order } n \text{ (\%)} \times V_{\text{fundamental}}$$

$$\text{Order } 2 \text{ (V)} = \text{Order } 2 \text{ (\%)} \times V_{\text{fundamental}}$$

$$\text{Order } 2 \text{ (V)} = 0,2\% \times 224\text{V}$$

$$\text{Order } 2 \text{ (V)} = 0,448\text{V}$$

Total Harmonic Distortions (THD) pada pembuatan tugas akhir ini didapatkan dari hasil pengukuran dan

perhitungan. Untuk menghitung nilai THD_v maupun THD_i digunakan rumus sebagai berikut:

❖ Harmonisa Tegangan

$$THD_v = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1}$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{(Vh2)^2 + (Vh3)^2 + \dots + (Vh_{max})^2}}{V_{rata-rata\ fundamental}}$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{(0,1)^2 + (1)^2 + \dots + (0,1)^2}}{224}$$

$$THD_v = \frac{\sqrt{23,63}}{224}$$

$$THD_v = \frac{4,86}{224}$$

$$THD_v = 2,17\%$$

❖ Harmonisa Arus

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_1}$$

$$THD_i = 3,63\%$$

Dari pengukuran dan perhitungan yang dilakukan. Didapat hasil nilai THDV dan THDI pada fasa R, S dan T.

Tabel 2. Nilai pengukuran dan perhitungan THD tegangan dan arus pada jaringan

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	2,8	2,17	3,3	3,63
S	2,2	2,22	3	3,37
T	2,6	2,64	3,2	3,90

3.2. Pengujian Pada Altivar 28HU18M2U untuk Mengontrol Motor yang Terkopel Dengan Generator Tanpa Beban

Catu daya Altivar 28HU18M2U diambilkan dari fasa R. Sehingga nilai arus pada fasa S dan T tidak terbaca.

Tabel 3. Nilai tegangan dan arus pada fasa R untuk Altivar 28HU18M2U generator tanpa beban

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	224	0,8
S	229,6	-
T	216,1	-

Hasil pengukuran dan perhitungan THD_v maupun THD_i yang dapat dilihat pada Tabel.4.

Tabel 4. Nilai THD pengukuran dan perhitungan untuk tegangan dan arus Altivar 28HU18M2U generator tanpa beban

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	2,9	2,90	178,3	180,57

3.3. Pengujian pada Altivar 28HU18M2U untuk Mengontrol Motor yang Terkopel Dengan Generator Berbeban

Pada pengujian ini, motor 3 fasa dikopel dengan generator DC yang diberi beban lampu pijar 200W.

Tabel 5. Nilai tegangan dan arus pada fasa R Altivar 28HU18M2U generator berbeban

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	222,1	2,16
S	227,3	-
T	212,5	-

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan THD_v maupun THD_i yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3.6 Nilai THD pengukuran dan perhitungan untuk tegangan dan arus Altivar 28HU18M2U generator berbeban.

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	3,1	3,11	140,5	144,57

3.4. Pengujian pada Altivar 31HD15N4 untuk Mengontrol Motor yang Terkopel Dengan Generator Tanpa Beban

Altivar 31HD15N4 menggunakan catu daya 3 fasa. Dengan pengambilan data tegangan dan arus seperti pada Tabel 7 seperti dibawah ini.

Tabel 7. Nilai tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 generator tak berbeban

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	224,7	0,93
S	228,7	1,12
T	214,3	1,02

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai THD_v maupun THD_i yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai THD pengukuran dan perhitungan untuk tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 generator tanpa beban

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	2,9	2,91	93,8	82,02
S	2,1	2,32	157,6	165,71
T	2,6	2,59	262,7	279,82

3.4. Pengujian pada Altivar 31HD15N4 untuk Mengontrol Motor yang Terkopel Dengan Generator Berbeban

Dengan penambahan lampu 400W pada generator DC yang terkopel dengan motor. Didapatkan nilai tegangan dan arus seperti pada Tabel 9.

Tabel 9. Nilai tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 generator berbeban

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	222,8	0,63
S	228,5	2,11
T	216,2	1,95

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan THD_v maupun THD_i yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Nilai THD pengukuran dan perhitungan untuk tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 generator berbeban

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	3	3,06	121,2	122,27
S	2,2	2,15	162,8	174,91
T	2,6	2,66	234,8	258,64

3.5. Pengujian pada Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 untuk Mengontrol Motor yang Terkopel Dengan Generator Tanpa Beban

Pada pengujian ini, fasa R dibebani oleh 2 Altivar. Dikarenakan catu daya pada Altivar 28HU18M2U diambilkan pada fasa R. Sehingga di dapatkan hasil pengukuran untuk tegangan dan arus seperti pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 dan 28HU18M2U generator tanpa beban

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	222,4	0,82
S	228	1,17
T	212,7	1,08

Setelah dilakukan pengujian didapatkan nilai THD_v maupun THD_i untuk pengukuran dan perhitungan.

Tabel 12. Nilai THD pengukuran dan perhitungan untuk tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 dan 28HU18M2U generator tanpa beban

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	2,9	2,95	146,4	143,07
S	2,1	2,08	165	164,73
T	2,3	2,34	262,4	260,19

3.6. Pengujian pada Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 untuk Mengontrol Motor yang Terkopel Dengan Generator Berbeban

Pada pengujian ini, pengoperasian Altivar diberikan tambahan beban lampu pijar dengan total daya 300W. Sehingga didapatkan nilai arus dan tegangan seperti berikut.

Tabel 13. Nilai tegangan dan arus Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 generator berbeban

Fasa	Tegangan (V)	Arus (A)
R	222,3	2,25
S	228,8	2,07
T	212,7	1,89

Setelah dilakukan pengukuran dan perhitungan didapatkan nilai THD_v maupun THD_i seperti pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai THD pengukuran dan perhitungan untuk tegangan dan arus Altivar 31HD15N4 dan 28HU18M2U generator berbeban

Fasa	THD _v (%)		THD _i (%)	
	Pengukuran	Perhitungan	Pengukuran	Perhitungan
R	3,1	2,93	119,4	119,10
S	2	2,01	165,9	166,48
T	2,4	2,41	240	240,14

3.7. Analisa Perbandingan THD_v dan THD_i Pada Saat Kondisi Generator Tanpa Beban dan Berbeban

Setelah dilakukan beberapa pengujian terhadap modul. Didapatkan didapatkan hasil seperti berikut:

Tabel 15. THD_v dan THD_i pada kondisi generator tanpa beban

Fasa	Tanpa Beban					
	THD _v (%)			THD _i (%)		
	ATV 28	ATV 31	ATV 28 dan 31	ATV 28	ATV 31	ATV 28 dan 31
R	2,9	2,9	2,9	178,3	93,8	146,4
S	-	2,1	2,1	-	157,6	165
T	-	2,6	2,3	-	262,7	262,4

Tabel 16. THD_v dan THD_i pada kondisi generator berbeban

Fasa	Berbeban					
	THD _v (%)			THD _i (%)		
	ATV 28	ATV 31	ATV 28 dan 31	ATV 28	ATV 31	ATV 28 dan 31
R	3,1	3	3,1	140,5	121,20	119,10
S	-	2,2	2	-	162,80	166,48
T	-	2,6	2,4	-	234,80	240,14

Dari Tabel 15 dan 16 dapat diketahui untuk nilai THD_i melebihi dari batas standar yang berpacuan pada IEEE 519-1992. Baik pada pengujian Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4.

Tabel 17. Standar batasan harmonisa arus menurut IEEE 519-1992

ISC/I _L	Nilai Maksimal Distorsi Harmonisa Arus					THD
	Urutan Harmonisa Tunggal					
	<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	35<h	
<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

I_{sc}/I_L untuk Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 adalah 156 dan 597,82. Sedangkan untuk THDV pada pengujian keseluruhan masih dibawah standar batasan harmonisa tegangan menurut IEEE 519-1992.

Tabel 18. Standar batasan harmonisa tegangan menurut IEEE 519-1992

Bus Voltage	Voltage Harmonic Limit as (%) of Fundamental	THD-V (%)
< 69Kv	3.0	5.0
69-161Kv	1.5	2.5
> 161Kv	1.0	1.5

4. Kesimpulan

1. Penggunaan software ETAP 7.5.0 dapat membantu dalam mengetahui spesifikasi kabel dan sistem pengaman yang akan digunakan dalam pembuatan modul pengujian harmonisa pada Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4.
2. Pengaturan Altivar 31HD15N4 untuk sistem pengaman internal OLF (Over Load Fault) supaya di atur pada posisi off agar Altivar dapat digunakan. Dikarenakan beban motor yang digunakan memiliki daya dibawah rating beban yang yang dapat dikontrol oleh Altivar 31HD15N4.
3. Penggunaan beban non-linier sangat mempengaruhi nilai harmonisa yang ditimbulkan. Pada pengujian menggunakan Altivar 28HU18M2U dan 31HD15N4 yang merupakan beban non-linier telah didapatkan hasil untuk *Total Harmonisa Distortion* (THD) baik tegangan dan arus.
4. Pada pengambilan data untuk mengetahui nilai THD jaringan dengan menggunakan beban lampu pijar 200W pada tiap fasanya. Didapatkan nilai pengukuran THDV dan THDI terbesar adalah 2,8% (Fasa R) dan 3,3% (Fasa R)

5. Hasil perhitungan THD_V maupun THD_I dipengaruhi nilai arus fundamental dan arus pada tiap ordernya. Apabila nilai order 2 hingga 50 besar dan nilai fundamentalnya kecil. Maka hasil dari THD_V maupun THD_I adalah besar.
6. Berdasarkan data pengukuran yang didapatkan nilai THDI pada keseluruhan pengujian yang dilakukan jauh lebih besar dari standar batas harmonisa yang diijinkan.

Referensi

- [1]. Lister, *Rangkaian dan Mesin Listrik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
- [2]. Siswoyo, *Teknik Listrik Industri*, Depdiknas, Jakarta, 2008.
- [3]. Wildhi, Theodore, *Electrical Machines, Drives, And Power System 3rd*, Prentice-hall international Inc, New Jersey, 1997.
- [4]. Nurcahyo, Dimas Agung, *Aplikasi PLC pada "Mesin Industri Pemotong Kayu dengan Perangkat Konveyor"*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.
- [5]. Taufik, *"Adjustable Speed Drive Impact On Harmonic"*, Electrical Engineering, Cal Poly State University, California.
- [6]. Barnes, Malcolm, *"Variable Speed Drive and Power Electronic"*. Perth Australia. 2003
- [7]. Heydt, G.T, "Contemporary Topic in Electrical Power Quality". Arizona State University. 2006.
- [8]. -----, Schneider Electric, *Altivar 28*.
- [9]. -----, Schneider Electric, *Altivar 31*.
- [10]. Bien, Liem EK & Sudarsono, *"Pengujian Harmonisa Dan Upaya Pengurangan Gangguan Harmonisa Pada Lampu Hemat Energi"*. 2004
- [11]. Manias, Stefanos, "Harmonic Treatment In Industrial Power System". 2002
- [12]. Chattopadhyay, Surajit., Sengupta, Samarjit, dan Mitra, Madhuchhanda. "Electric Power Quality". Springer. United States of America. 2011.
- [13]. Rohi, D., Utomo, D.D., & Panangsang, O., *"Evaluasi Harmonisa Disisi Pelanggan Sektor Domestik yang Menggunakan Daya"*. Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, 2008.
- [14]. Moeradi, Hasan, Afjei E. *"Analysis of Brushless DC Generator Incorporating an Axial Field Coil"*. 2011. Shahid Beheshti University. Teheran.
- [15]. <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/01/generator-dc.html>
- [16]. Haq, M. Azamul Faiz. *"Soft Starting Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Micromaster 440 Pada Aplikasi Penggerak Blade Mesin Ekstraksi Biji Kapuk"*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2015.
- [17]. Ghifari, Abdurahman. *"Studi Harmonisa Pengaruh Kapasitor Bank Pada Sistem Kelistrikan PT. Chandra Asri Petrochemical, TBK"*, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2014.