

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY MENGGUNAKAN FLYBACK CONVERTER SEBAGAI PFC CONVERTER

Ahmad Afiv S.¹, Ir. M. Zaenal Efendi, MT.², Ir Suryono, MT.³
Mahasiswa Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS¹
Dosen Pembimbing 1 Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS²
Dosen Pembimbing 2 Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS³
Email:ahmadafiv@gmail.com

Abstrak

UPS adalah peralatan yang digunakan untuk memberikan sumber sementara ketika sumber utama padam. Kerugian dari UPS adalah bisa menurunkan faktor daya dan menimbulkan harmonisa. Untuk mengatasi masalah tersebut ditambahkan power factor correction pada UPS.

Pada UPS ini, power factor correction diletakkan pada bagian charger dengan menggunakan flyback converter. Flyback converter harus bekerja pada kondisi tidak kontinyu, karena dalam kondisi tidak kontinyu nilai magnetising inductance(Lm) adalah kecil, sehingga nilai impedansinya diasumsikan hampir sama dengan nilai tahanan yang bersifat Resistif(R).

UPS ini diuji menggunakan lampu dan ballast. Power factor yang terukur dari arus yang kecil(1,09 A) sampai arus maksimal(2,5 A) mengalami kenaikan dari 0,86 sampai 0,93. Sedangkan harmonisa yang muncul mengalami penurunan dari 49,5 % menjadi 41,45 %. Dari pengujian tersebut nilai impedansinya tidak bisa diasumsikan sama dengan nol.

Keyword : UPS, Flyback konverter, PI kontroler, Power Factor

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

UPS adalah peralatan listrik yang berfungsi untuk memberi daya sementara ketika daya utama dari jaringan padam. Daya sementara ini bersumber dari daya DC yang disimpan pada baterai. UPS dihubungkan dengan beban-beban sensitif sehingga ketika suplai daya dari jaringan terganggu beban-beban kritikal ini tetap mendapat sumber dari UPS. UPS juga menghasilkan keluaran tegangan yang berkualitas karena dapat meminimalisir distorsi tegangan, *voltage sag*, dan *Voltage swell*. UPS dilengkapi dengan peralatan *interface* untuk komunikasi dengan computer. UPS dipasang diantara sumber listrik utama(PLN) dan beban yang disuplai. Selama terjadi gangguan pada sumber listrik utama maka UPS akan menyuplai kebutuhan daya listrik beban.

Saat ini, Uninterruptible Power Supply(UPS) sudah sangat luas digunakan untuk berbagai kebutuhan baik kebutuhan rumah tangga ataupun kebutuhan industri. Pada industri, Uninterruptible Power Supply(UPS) digunakan untuk menjaga kontinyuitas suplai listrik utama agar proses produksi tetap berlangsung. Sebagian besar industry yang memanfaatkan UPS tidak mengetahui bahwa UPS dapat menurunkan *power factor* dan menimbulkan harmonisa pada sistem kelistrikan.

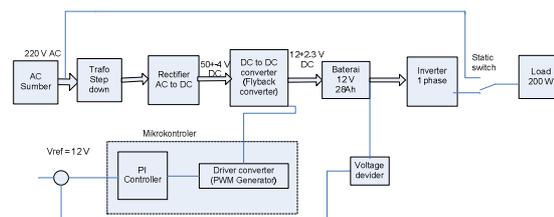
Untuk mengatasi masalah tersebut maka ditambahkan *power factor correction* pada peralatan UPS. Penambahan *power factor correction* pada UPS ini dilakukan dengan memodifikasi rangkaian pengisian baterai.

Dengan menambah rangkaian diharapkan dapat mengatasi masalah harmonisa yang timbul dan power factor yang rendah pada sisi sumber (input).

2. DESAIN DAN PEMBUATAN

2.1 Blok diagram sistem

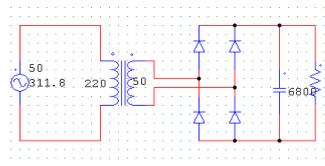
Pada perencanaan dan pembuatan perangkat keras dari sistem uninterruptible power supply menggunakan flyback converter sebagai power factor correction mengacu pada blok diagram seperti pada gambar 1 berikut:



Gambar 1 Blok diagram sistem

2.2 Perencanaan dan pembuatan rectifier

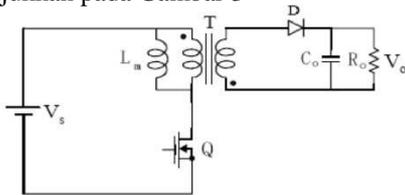
DC power supply digunakan untuk menyuplai tegangan dari flyback converter. Tegangan output yang diinginkan adalah antara 50-60 V. Rangkaian DC power supply ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian DC power supply

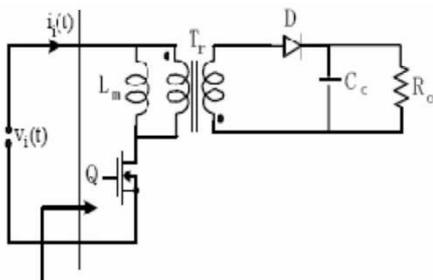
2.3 Perencanaan dan pembuatan flyback converter

Flyback converter merupakan salah satu jenis rangkaian elektronika daya dengan frekuensi tinggi. Rangkaian ini memiliki banyak kegunaan salah satunya adalah sebagai piranti power supply untuk beban kelas D. Dimana konverter ini memiliki karakteristik seperti buck-boost converter, tetapi kelebihan dari converter flyback dibanding converter yang lain adalah adanya isolasi antara sisi input dan sisi output. Rangkaian flyback converter ditunjukkan pada Gambar 3

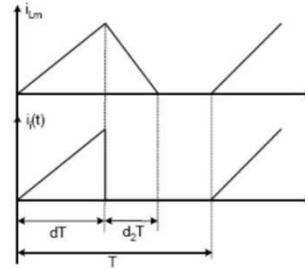


Gambar 3 Rangkaian Flyback Converter

Agar rangkaian flyback dapat digunakan sebagai koreksi factor daya maka harus bersifat resistif untuk itu flyback harus bekerja pada kondisi tidak kontinyu, kondisi tidak kontinyu dapat tercapai jika arus discharge yang ada pada *Mutual Inductance* trafo sempat menyentuh nol, sehingga arus output dari penyearah yang akan mengalir ke trafo selalu menyentuh nol pada saat MOSFET akan on-kan lagi, pada kondisi ini arus (rms) yang mengalir ke trafo bernilai konstan, selain itu sumber tegangan (rms) output dari penyearah yang disuplai ke trafo juga konstan, sehingga seakan-akan konverter atau penyearah ini seperti menyuplai beban yang konstan pula atau bersifat resistif (tidak dipengaruhi frekuensi). Rangkaian converter ini dimodelkan mempunyai resistansi input (ri) yang dihitung dari tegangan input dan arus input pada satu periode switching seperti Gambar 4. Sedangkan Gambar 5 menunjukkan gambar arus inductor magnetisasi dan arus input pada operasi konduksi tidak kontinyu.



Gambar 4 Flyback pada kondisi discontinuous



Gambar 5 Gambar arus inductor magnetisasi dan arus input pada operasi konduksi tidak kontinyu

Dari gambar 5 dapat ditentukan arus input sama dengan :

$$i_t(t) = \frac{1}{2} \frac{iLm dT}{T}$$

Dan diketahui

$$iLm = \frac{Vi(t)dT}{Lm} \dots \dots \dots (3.1)$$

Maka

$$i_t(t) = \frac{1}{2} \frac{Vi(t)dT}{Lm} \frac{dT}{T} = \frac{Vi(t)d^2T}{2Lm} \dots \dots \dots (3.2)$$

Sehingga resistansi inputnya adalah

$$Ri(t) = \frac{Vi(t)}{i_1(t)} = \frac{2Lm}{d^2T} \dots \dots \dots (3.4)$$

Dari persamaan 3.3 diketahui resistansi input (ri) tergantung dari nilai induktor, periode switching dan duty cycle. Jika Flyback converter dipastikan bekerja pada konduksi tidak kontinyu dan duty cyclenya konstan, maka resistansi input (ri) menjadi konstan. Akibatnya arus $i_1(t)$ mengikuti bentuk dari tegangan input dan flyback menjadi konverter perbaikan faktor daya. Berikut adalah desain flyback converter :

- Vin min = 46 V
- Vin max = 60 V
- V out = 14,3 V
- I out= 2,8 – 14 A
- Switching frequency = 40 kHz

a) Arus induktansi magnetisasi
 Arus induktansi magnetisasi adalah arus yang mengalir pada Lm yang dapat dicari dengan rumus atau persamaan dibawah ini.

$$iLm = \frac{Vo}{(1 - D)R} \frac{N2}{N1}$$

$$iLm = \frac{14.3}{(1 - 4)5.1} 0.5$$

$$IL_m = 2.37$$

b) Induktansi magnetisasi

Setelah didapatkan arus induktansi magnetisasi selanjutnya menghitung induktansi itu sendiri dengan rumus atau persamaan dibawah ini.

$$L_{m(min)} = \frac{(1-D)^2 R}{2f} \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$L_{m(min)} = \frac{(0.6)^2 5.1}{2 \times 40000} (2)^2$$

$$L_{m(min)} = 91.88 \mu H$$

Pada mode konduksi tidak kontinyu harus memenuhi syarat seperti berikut:

$$L_m = (75\% - 80\%) \times 91.88 \mu H = 68 - 73 \mu H = 73 \mu H$$

c) Arus induktansi magnetisasi maksimal

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai arus induktansi magnetisasi maksimal dengan rumus atau persamaan sebagai berikut:

$$IL_{m(max)} = IL_m + \frac{\Delta IL_m}{2}$$

$$IL_{m(max)} = 2.37 + \frac{46 \times 0.4 \times 25 \mu s}{2 \times 73 \mu H}$$

$$IL_{m(max)} = 2.37 + 3.3$$

$$IL_{m(max)} = 5.67 A$$

d) Number of winding with core PQ 35/35

Jumlah lilitan dari transformator frekuensi tinggi dapat dicari dengan rumus dibawah ini:

$$N_1 = \frac{L_m IL_m \times 10^4}{B_{max} A_e}$$

$$N_1 = \frac{73 \times 5.67 \times 10^4}{0.25 \times 1.96}$$

$$N_1 = 9.2$$

Maka

$$N_1 = 4.6$$

mengingat hardware maka $N_1=10$ dan $N_2=5$ kemudian untuk menghindari terjadinya saturasi maka jumlah lilitan baik primer maupun sekunder dikalikan dua menjadi $N_1=20$ dan $N_2=10$

1. kapasitor output :

$$C_o = \frac{I_o \times D}{F_s \times \Delta V_o}$$

$$C_o = \frac{2.8 \times 0.4}{40000 \times 0.01}$$

$$C_o = 2800 \mu F$$

2. Desain rangkaian snubber

Sebagaimana kita ketahui bahwa :

$$I_{on} = I_o = 2.8 A$$

$$V_{off} = V_i = 46-50 \text{ Volt}$$

$$D = 0.4-0.5$$

Menentukan besarnya nilai Capacitor Snubber diperoleh dengan menggunakan:

$$C_{snubber} \approx \frac{I_{on} \times t_{fall}}{2 \times V_{off}}$$

$$C_{snubber} \approx \frac{2.8 \times 4.3 \times 10^{-9}}{2 \times 46}$$

$$C_{snubber} = 1.508 \times 10^{-10} = 0.15 \text{ nF}$$

Menentukan besarnya nilai Resistor Snubber diperoleh dengan menggunakan:

$$R_{snubber} < \frac{D \times T}{2 \times C_{snubber}}$$

$$R_{snubber} < \frac{0.4 \times 25 \mu s}{2 \times 0.15 \text{ nF}}$$

$$R_{snubber} < 33.333 \text{ k}\Omega$$

2.3.1 Desain transformator

Setelah diketahui jumlah dari lilitan primer dan sekunder maka langkah selanjutnya adalah melakukan penggulangan pada trafo dengan mengacu pada beberapa hal antara lain :

1. Tipe inti trafo adalah inti ferrite PQ
Dengan ukuran kawat email sebesar : 0.5 mm.
2. Teknik gulungan dilakukan searah dengan jarum jam (awal gulungan umumnya berfungsi sebagai Dot sign).
3. Teknik gulungan dilakukan dengan urutan sekunder, primer, sekunder, sekunder, primer.
4. Dipilih kawat email dengan kualitas bagus dan kerapatan kawat gulungan dibuat serapat mungkin karena mempengaruhi nilai induktansi bocor yang akan berpengaruh pada spike tegangan pada mosfet.
5. Setelah penggulangan dari trafo itu selesai maka ukur nilai induktansi yang dihasilkan trafo pada sisi primer. Apabila nilai dari induktansi melebihi dari yang diharapkan maka yang dapat dilakukan adalah dengan menambah pembatas (Gap) yang berbentuk isolasi plastic sampai diperoleh nilai induktansi yang diinginkan. kualitas yang jelek.

2.3.2 PWM Generator

Pembangkit pulsa pwm menggunakan timer/counter pada mikrokontroler ATmega 16 tepatnya pada timer/counter 0 menggunakan register counter (TCNT0) mencacah naik saja dan tidak pernah mencacah turun. Frekuensi dan duty cycle PWM yang dihasilkan pada mode fast PWM ini dirumuskan :

$$f_{oc0} = \frac{f_{osc}}{N \times 256}$$

$$D = \frac{OCR0}{255} \times 100 \%$$

Dimana f_{oc0} = frekuensi output OC0 mode fast PWM

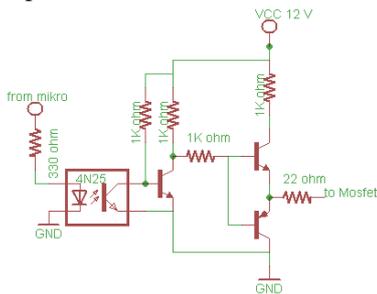
f_{osc} = frekuensi osilator

N = skala clock

D = duty cycle

2.3.3 Optocoupler dan Totempole

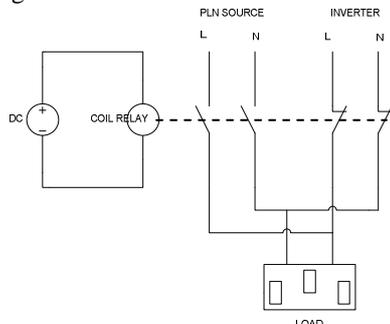
Optocoupler merupakan rangkaian isolasi driver dengan rangkaian kontrol. Sedangkan totempole digunakan untuk mengurangi switch losses pada saat switching. Gambar 6 menunjukkan rangkaian lengkap optocoupler dan totempole. Seperti yang sudah dijelaskan pada bab 2 optocoupler sangat penting karena untuk menghindari tegangan atau arus yang kembali dari rangkaian power.



Gambar 6. Rangkaian optocoupler dan totempole

2.4 Desain switch

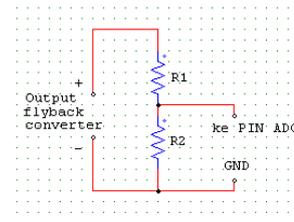
Switch disini digunakan untuk memindahkan sumber utama beban(PLN) ke sumber beban cadangan yaitu baterai yang sudah diubah menjadi tegangan AC melalui inverter. Berikut adalah Gambar 7 mengenai desain switch yang digunakan.



Gambar 7. Switch untuk merubah sumber beban

2.5 Desain kontroler

Kontroler digunakan untuk mengontrol tegangan output dari flyback converter agar tegangan outputnya stabil. Kontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATmega 16 dengan menggunakan algoritma PI kontroler. Pada mikrokontroler tegangan yang dapat dibaca berada dalam range 0-5 VDC sehingga diperlukan pembagi tegangan. Dari tegangan referensi yang sebesar 14.3 V maka tegangan bisa dibagi menjadi 4. Gambar 8 adalah rangkaian pembagi tegangan.



Gambar 8. Rangkaian pembagi tegangan

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Dalam perhitungan V_{in} yang digunakan 14 volt DC dan V_{out} yang diharapkan adalah antara 0-5 volt DC supaya bisa dibaca dengan baik oleh mikrokontroler dan dapat dikontrol, maka:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

Dengan asumsi bahwa nilai tahanan R adalah sama maka:

$$V_{out} = \frac{1}{4} \times 14$$

$$V_{out} = 3.5 \text{ V}$$

Ditetapkan terlebih dahulu $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$, maka:

$$R_2 = R_3 = R_4 = 1 \text{ K}\Omega$$

$$I = \frac{V_{in}}{R_{tot}} = \frac{14 \text{ V}}{4 \text{ K}\Omega} = 3.5 \text{ mA}$$

$$P = I^2 \times R = (3.5 \text{ mA})^2 \times 4 \text{ K}\Omega = 0.049 \text{ watt}$$

Daya resistor yang digunakan $\frac{1}{4}$ watt.

2.6 Penentuan kapasitas baterai/aki sebagai sumber cadangan

Aki yang digunakan dalam proyek akhir ini adalah aki basah. Besarnya AH aki harus diperhitungkan karena system ini harus bisa bertahan selama 2 jam. Berikut ini penentuan AH aki yang diperlukan oleh system UPS.

Beban 200 W

Inverter 12 V DC to 220 V AC

Efisiensi 90%

$$P_{out} = \eta \times P_{in}$$

$$200 = 0.9 P_{in}$$

$$P_{in} = 222.22 \text{ W}$$

$$I_{in} = \frac{222.22 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{in} = 18.51 \text{ A}$$

$$I_{in} = 18.51 \text{ A}$$

Emergency time= 2 jam

Ah=I x emergency time

$$Ah=18.51 \times 2 = 37.02 \text{ Ah} \approx 36 \text{ Ah}$$

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

3.1 Pengujian flyback converter dan driver penyulutnya..

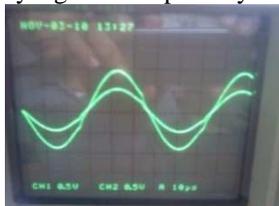
3.1.1. Pengujian transformator frekuensi tinggi

Setelah dilakukan desain transformator tentunya dilakukan pengujian transformator. Hasil pengujian transformator awalnya memiliki nilai Induktansi magnetisasi(Lm) = 136.6 uH sedangkan Induktansi bocor(Lk)=3.7 uH. Dalam perencanaan awal Induktansi magnetisasi yang seharusnya adalah 73 uH maka diberikan air gap atau celah udara supaya nilai induktansi magnetisasinya bisa turun, tetapi dengan catatan nilai Lk tidak boleh melebihi 10 uH. Gambar 9 dibawah ini adalah gambar transformator frekuensi tinggi.



Gambar 9. Transformator frekuensi tinggi

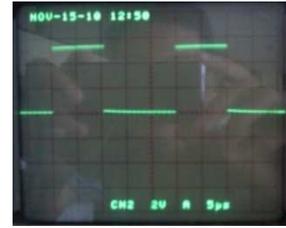
Pengujian selanjutnya adalah dengan menggunakan function generator untuk mengetahui sinyal input dan output dari transformator. Selain itu juga dapat digunakan untuk melihat dot dari trafo itu sendiri. Berikut adalah Gambar 10 yang menunjukkan sinyal input dan sinyal output dari transformator yang diberi input sinyal sinus.



Gambar 10. Sinyal input dan sinyal output trafo

3.2.2 Pengujian driver penyulutan

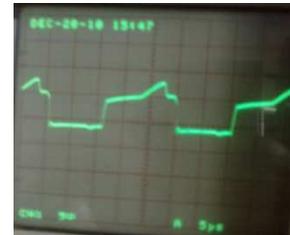
PWM yang digunakan untuk penyulutan rangkaian flyback converter dibangkitkan dari mikrokontroler AT Mega16 dengan frekuensi 40KiloHz menggunakan timer 0. Bentuk gelombang PWM yang dihasilkan mikrokontroler ditunjukkan gambar 11 dibawah ini:



Gambar 11. Gelombang PWM keluaran dari mikrokontroler PORTB.3

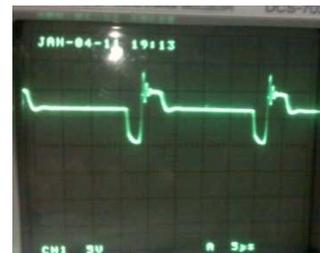
3.2.3 Pengujian flyback converter

Pengujian flyback dilakukan dengan sumber DC Power supply dari teganganinput 20 V sampai 32 Volt dengan menggunakan beban tahanan geser. Sebelum diberikan supply maka terlebih dulu dilakukan pengujian driver mosfet. Berikut adalah Gambar 12 yang menunjukkan driver mosfet yang sudah disambungkan ke mosfet pada sisi gate-source.



Gambar 12. Gelombang PWM setelah dimasukkan mosfet

Selain pada sisi gate – source pengujian juga dilakukan pada sisi drain – source. Biasanya pada sisi ini mempunyai spike tegangan yang sangat besar untuk itu pada perencanaan perlu ditambahkan rangkaian snubber. Berikut adalah Gambar 4.7 gelombang setelah ditambahkan rangkaian snubber.



Gambar 13. Gelombang pada sisi drain-source

Selanjutnya adalah pengujian besarnya tegangan dan arus baik input maupun outputnya. Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tersebut.

Tabel 1 Tabel pengujian flyback converter tidak terkontrol

Vin (Volt)	Iin (A)	Vout (Volt)	Iout (A)
32	3.1	11	0.27
27.5	2.68	9.3	0.23
25	2.44	8.2	0.201
22.5	2.19	7.2	0.176
20	1.95	6.3	0.154

Dari tabel diatas data yang diperoleh memiliki error yang besar. Hal ini terjadi karena pada desain awal flyback ini harus dikontrol oleh mikrokontroler menggunakan metode pengontrolan PI kontroler.

3.2 Pengujian pembagi tegangan

Pengujian sensor tegangan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan system yaitu bekerja antara range 0-5 Volt. Pada sensor ini range yang digunakan adalah 0-5 Volt yang setara dengan tegangan 0-20Volt. Berikut adalah Gambar 14 yang menunjukkan sensor tegangan dan juga Tabel pengujiannya yang ditunjukkan pada tabel 2.



Gambar 14. Rangkaian Pembagi tegangan

Tabel 2 Hasil pengujian sensor tegangan

Vref (V)	Vout (V)	V sebenarnya (V)	Kesalahan (%)
20	4.97	5	0.6
18	4.51	4.5	0.22
16	3.98	4	0.5
13.34	3.32	3.335	0.4
10	2.49	2.5	0.4

Dari tabel diatas range tegangan sampai 20 Volt masih bisa dikontrol oleh mikrokontroler tetapi jika melebihi range tegangan tersebut mikrokontroler kesulitan dalam mengontrolnya karena tegangan diatas 20 volt tetap dibaca 20 Volt.

3.4 Pengujian kontroler

Kontroler digunakan untuk menjaga tegangan output flyback agar stabil. Pengujian kontroler dengan mengubah tegangan input atau dengan mengubah besarnya beban. Kontroler dikatakan baik apabila bisa menjaga kestabilan tegangan output yang dikontrol. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 .

Tabel 3 Pengujian kontroler dengan perubahan beban

Vin (V)	I in (A)	V out (V)	Vref (V)	Kesalahan (%)
58	1.25	14	14	0
58	1.5	14	14	0
58	1.75	13.99	14	0.07
58	2	13.96	14	0.28

Tabel 4 Pengujian kontroler dengan perubahan tegangan input

V in (V)	I in (A)	V out (V)	Vref (V)	Kesalahan (%)
37.2	0.69	14	14	0
33.5	0.73	13.95	14	0.35
31.5	0.78	13.9	14	0.7
29	0.86	14.01	14	0.28
20.5	1.23	13.96	14	0.28

Dari kedua tabel diatas dapat dilihat bahwa kontroler berjalan dengan baik karena bisa menjaga kestabilan output flyback converter, meskipun ada beberapa yang kurang dari tegangan referensi.

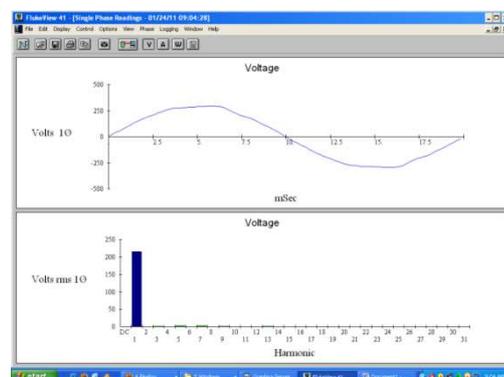
Fungsi dari flyback sendiri adalah untuk charge baterai atau aki. Maka diperlukan pengujian juga terhadap pengisian aki. Pengujian baterai ini dilakukan pada kondisi baterai sekitar 75 % yaitu dengan tegangan 12.45 pada kondisi terbuka. Berikut adalah hasil pengujian dengan pengisian baterai yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 hasil pengujian pengisian baterai

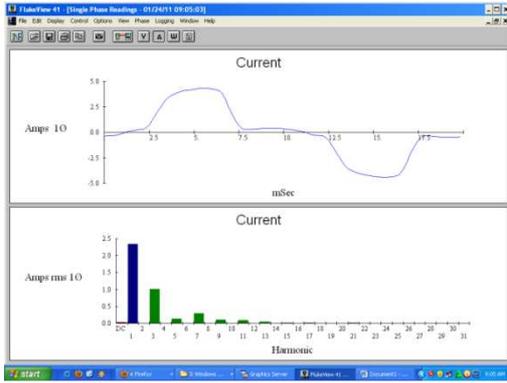
Tegangan output (V)	Arus pengisian (A)
14.15	2.11
13,86	1.6
13.43	1.25
13.25	0.96
13,06	0.8

3.5 Pengujian power factor correction

Pengujian selanjutnya adalah pengujian mengenai power factor correction (PFC). Berikut adalah Gambar 15 dan Gambar 16 yang merupakan bentuk gelombang tegangan dan arus sumber yang ditunjukkan pada fluke meter, pengujian tersebut menggunakan Resistor Geser.



Gambar 15 Bentuk gelombang tegangan pada fluke meter



Gambar 16 Bentuk gelombang arus pada fluke meter

Tabel 6 Hasil pengukuran pada fluke meter

Summary Information		Voltage	Current	Record	Max	Average	Min	
Frequency	49.99	RMS 214.8	2.58	V RMS				
Power	0.50	Peak 298.8	4.47	A RMS				
KW	0.55	DC Offset 0.0	-0.03	V Peak				
KVA	0.55	Crest 1.39	1.73	A Peak				
KVAR	0.04	THD Rms 2.80	41.45	V THD-R%				
Peak KW	1.35	THD Fund 2.80	45.54	A THD-R%				
Phase	4° lag	HRMS 6.0	1.07	KWatts				
Total PF	0.91	KFactor 3.29		KVA				
DPF	1.00			TPF				
				DPF				
				Frequency				
Harmonics	Freq	V Mag	%V RMS	V θ°	I Mag	%I RMS	I θ°	Power (KW)
	DC	0.00	0.03	0.01	0	0.03	1.29	0
	1	49.99	214.69	99.95	0	2.34	90.97	-4
	2	99.99	0.13	0.06	31	0.01	0.32	46
	3	149.97	2.28	1.06	49	1.01	39.10	-179
	4	199.96	0.03	0.01	8	0.00	0.15	5
	5	249.95	2.69	1.25	-111	0.13	5.17	-76
	6	299.94	0.05	0.02	-86	0.00	0.19	-61
	7	349.94	0.00	0.00	-33	0.00	0.00	0

Daya dan arus yang terlihat pada tabel 6 bukan merupakan nilai yang sebenarnya karena pada waktu pengukuran kabel input dililit 3 kali agar arus yang kecil terbaca oleh fluke meter, sehingga nilai arus dan daya sebenarnya adalah seperti yang ditunjukkan pada tabel 7

Tabel 7 Nilai parameter sebenarnya

Parameter Data	Fluke meter	Real
Daya aktif	500 W	166.67 W
Daya Reaktif	40 VAR	13.33 VAR
Daya Semu	550 VA	183.33VA
Arus	2.58 A	0.86 A
Tegangan	214.8 V	214.8 V

Selain dari hasil pengujian diatas dicatat pula hasil pengujian dari arus 1 Ampere sampai arus sebesar 2.5 Ampere. Tabel 8 dibawah ini menunjukkan hasil pengujian tersebut.

Tabel 8 Hasil pengujian PFC

P in (kW)	V out (V)	I out (A)	pf
0.21	14.23	1.09	0.85
0.24	14.23	1.27	0.86
0.27	14.23	1.68	0.87
0.32	14.23	1.92	0.88
0.43	14.23	2.23	0.90

0.59	14.23	2.5	0.93
------	-------	-----	------

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa flyback converter berhasil memperbaiki factor daya. Semakin besar arus (mendekati arus nominal) maka semakin baik dalam memperbaiki factor daya.

3.6 Pengujian system UPS

Pada pengujian ini semua rangkaian di integrasikan mulai dari flyback converter, inverter, baterai dan switch. Pada pengujian ini diawali dengan menggunakan beban yang kecil yaitu Lampu 220 V, 100 W. Kemudian dilanjutkan dengan menggunakan monitor. Setelah pengujian menggunakan monitor maka ditambahkan CPU. Tabel 9 menunjukkan hasil pengujian system.

Tabel 9 Pengujian system UPS

Beban	Keterangan
1 buah Lampu pijar 220 V, 100 W	Ada kedipan saat sumber PLN dimatikan
Monitor	Monitor tetap menyala tanpa mati terlebih dulu saat sumber PLN dimatikan
CPU	CPU tetap menyala tanpa mati terlebih dulu saat sumber PLN dimatikan
CPU dan Monitor	CPU dan monitor tetap menyala tanpa mati terlebih dulu saat sumber PLN dimatikan

4.

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa system UPS ini berhasil menggantikan PLN sebagai sumber utama apabila sumber PLN mengalami kegagalan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perencanaan pengujian serta analisa dan juga membandingkannya dengan teori-teori penunjang, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada pengujian flyback yang dikontrol dengan PI kontroler dan dibebani resistor geser sudah bekerja dengan baik karena bisa mempertahankan tegangan output pada 14 V.
2. Flyback converter yang difungsikan sebagai charger bisa melakukan charging.
3. Power factor yang terukur dari arus yang kecil (1,09 A) sampai arus maksimal (2,5 A) mengalami kenaikan dari 0,86 sampai 0,93. Sedangkan harmonisa yang muncul mengalami penurunan dari 49,5 % menjadi 41,45 %.

4. Nilai impedansinya tidak bisa diasumsikan sama dengan nol.
5. Besarnya tegangan kapasitor sangat berpengaruh dalam memotong spike tegangan pada sisi drain-source mosfet.
6. Switch pemindah dari PLN ke sumber inverter sudah berjalan dengan jeda waktu lebih cepat dari hilangnya sumber PLN sehingga beban tidak mati jika PLN padam.

- [8] Rashid, MH. Power Electronic Handbook. Academic press. 2001
- [9] oc.its.ac.id/ambilfile.php?idp=311

4.2 Saran

Selama pengerjaan proyek akhir ini tentunya tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan, secara khusus pada peralatan yang telah dibuat. Namun pada kenyataan yang ada setelah tepat masa waktu Proyek Akhir ini habis, penulis belum sempat memperbaiki kekurangan-kekurangan itu. Untuk itu demi kesempurnaan alat ini, penulis dapat memberikan beberapa catatan penting sebagai berikut:

1. Penggulangan trafo harus dilakukan dengan sebaik mungkin agar spike tegangan dan arus yang sangat tinggi bisa dihindari.
2. Peredaman spike tegangan pada mosfet dapat dilakukan dengan konfigurasi rangkaian snubber dan perhitungan yang tepat. Tetapi jika hasilnya masih kurang maka harus dilakukan tuning nilai komponen snubber.
3. Pada flyback konverter ini menggunakan mosfet IRFP 460 atau 450. Untuk hasil yang maksimal diharapkan menggunakan komponen yang mempunyai rating arus dan tegangan lebih besar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Salam, Zaenal Dr. *Power electronics and Drives*. UTMJB. 2003
- [2] Yahya CA, Renny R. Suryono, Novie Ayub. *Buku diktat kualitas daya*. PENS-ITS.
- [3] M Nazarudin ZA, *Harmonics standards overview*. Scaffner EMC inc. Edsion. NJ. USA
- [4] Wardhana, Lingga. *Belajar Sendiri Mikrokontroler ATmega*. ANDI. 2006
- [5] Datasheet of ATmega16 8-bit Microcontroller with 16K Bytes InSystem Programmable Flash
- [6] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/78532/ATMEL/ATMEGA16.pdf>
Diakses pada 5 Oktober 2010.
- [6] Katsuhiko Ogata. *Teknik Kontrol Automatik*. Erlangga 1997
- [7] Brian R Copeland. *Design PID controller using Ziegler-nicols tuning*. 2008