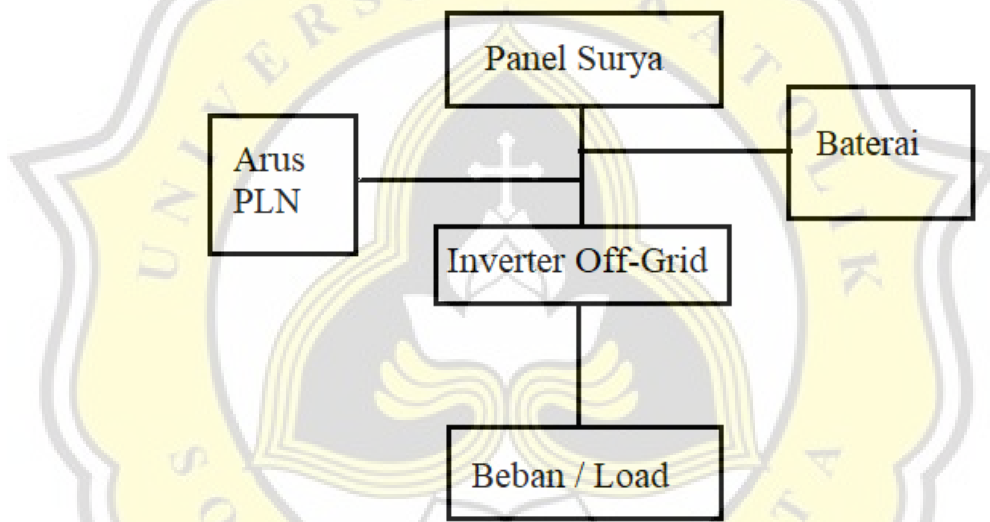


BAB III

ANALISIS PV SOLAR INVERTER OFF-GRID

3.1. Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan tentang manfaat dari *inverter off-grid* dalam PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Dalam PLTS ini terdapat beberapa komponen yang digunakan supaya PLTS dapat beroperasi dengan benar.



Gambar 3. 1 Diagram PLTS

Pada gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa pada panel surya yang memiliki arus DC diteruskan menuju *inverter off-grid* supaya arusnya akan diubah dari arus DC menjadi arus AC, sedangkan baterai disini berguna untuk penyimpanan daya arus yang dihasilkan dari panel surya jika arus yang dialirkan menuju *inverter* sudah tercukupi, namun jika tidak ada cahaya matahari ataupun simpanan daya dari baterai tidak ada maka arus akan diambil alih oleh arus PLN untuk menuju *inverter*, setelah arus DC diubah oleh *inverter* menjadi arus AC maka akan diteruskan menuju beban / *load* yang digunakan pada kehidupan sehari-hari.

3.2. Inverter Off-grid

Pada bab ini akan membahas tentang *inverter off-grid* yang digunakan pada PLTS ini. Dalam implementasi PLTS ini menggunakan *inverter off-grid* KENIKA yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Solar off-grid

(https://www.kenika.com/index.php?route=product/product&path=15&product_id=1040)

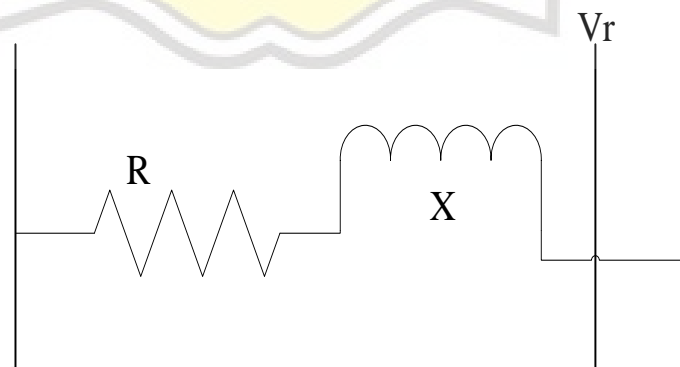
Inverter ini lebih mudah dan efisien jika digunakan dalam PLTS seperti operasi penggunaannya yang lebih simpel. Detail dari *inverter off-grid* ini dapat dilihat pada gambar 3.3 yang menjelaskan *input* maupun *output* yang dihasilkan dari *inverter* ini.

PV INPUT					
Max. input voltage (Voc)	60 Vdc	100 Vdc	150 Vdc		
Optimum operating voltage (Vmp)	16 ~ 48 Vdc	33 ~ 80 Vdc	65 ~ 120 Vdc		
Max. charging current	50 A	50 A	50 A	65 A	65 A
Recommended PV configuration	700 W	1400 W	2800 W	3500 W	3500 W
AC INPUT					
AC input range (bypass mode)	0 ~ 132 Vac / 0 ~ 264 Vac (high-end limit)				
Rated input voltage	100 Vac / 110 Vac / 115 Vac / 120 Vac or 200 Vac / 220 Vac / 230 Vac / 240 Vac \pm 25% (2500 W is only for 110 Vac; 3000 W is only for 220 Vac)				
Rated Input frequency	50 Hz / 60 Hz \pm 5% / 10% / 15% (settable)				
Max. charging current	20 A		30 A		
INVERTER OUTPUT					
Output voltage	100 Vac / 110 Vac / 115 Vac / 120 Vac \pm 2% or 200 Vac / 220 Vac / 230 Vac / 240 Vac \pm 2% (settable) (2500 W is only for 110 Vac; 3000 W is only for 220 Vac)				
Rated output power	500 W	1000 W	2000 W	2500 W	3000 W
Power factor	1				
Rated output frequency	50 Hz / 60 Hz \pm 1% (inverter mode)				
Waveform	Sinusoidal				
Max. efficiency (resistive load)	\geq 78%	\geq 82%	\geq 85%	\geq 85%	\geq 85%
Sleep mode	Settable (< 3% load) access in \leq 2 min				
Output voltage harmonic	\leq 3% (linear load)				
BATTERIES					
Battery voltage	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc		
Battery type	VRLA battery (default), GEL / LFP battery (optional)				
Charging current	5 ~ 50 A (settable)		5 ~ 65 A (settable)		
DOD	Settable	10.5 ~ 13.2 Vdc	21 ~ 26.4 Vdc	42 ~ 52.8 Vdc	
	Default	12 Vdc	24 Vdc	48 Vdc	
EOD	Settable	9.6 ~ 12 Vdc	19.2 ~ 24 Vdc	38.4 ~ 48 Vdc	
	Default	10.5 Vdc (default)	21 Vdc	42 Vdc	
Equalizing charge voltage	Settable	13.8 ~ 15 Vdc	27.6 ~ 30 Vdc	55.2 ~ 60 Vdc	
	Default	14.1 Vdc	28.2 Vdc	56.4 Vdc	
Floating charge voltage	Settable	13.2 ~ 13.8 Vdc	26.4 ~ 27.6 Vdc	52.8 ~ 55.2 Vdc	
	Default	13.6 Vdc	27.2 Vdc	54.5 Vdc	
Restoration point of overvoltage	15.5 Vdc		31 Vdc	62 Vdc	

Gambar 3. 3 Data inverter

3.3. Topologi

Dalam menggunakan *inverter off-grid* yang sudah ada, juga diperlukan untuk memahami topologi *inverter off-grid* yang digunakan seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Topologi Inverter

Topologi umum *inverter* inilah yang digunakan untuk membuat rancangan rangkaian simulasi dengan dimodifikasi sedemikian rupa supaya mendapatkan hasil sinyal *output* yang diharapkan.

3.4. Daya

Dalam daya ini ada yang disebut aliran daya pada grid dimana hal ini bisa dipengaruhi oleh pergeseran fasa, daya aktif, serta daya reaktif yang dihasilkan *inverter*, hal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan[10]:

$$F_{out} = \frac{V_{in} \cdot V_{grid}}{X} \sin \phi \quad (1)$$

$$F_{out} = \frac{V_{in} \cdot V_{grid}}{X} \cos \phi - \frac{V_{grid}^2}{X} \quad (2)$$

Dimana :

V_{grid} : tegangan grid

V_{in} : tegangan inverter

ϕ : perbedaan sudut fasa

X : impedansi

Dimana tegangan *inverter* lebih rendah dari pada tegangan grid dan masih memiliki fasa yang sama, maka dari itu *inverter* akan menyerap daya reaktif dari grid. Sebaliknya jika tegangan *output inverter* lebih besar dari pada tegangan grid, maka daya grid akan disuplai oleh *inverter*.

Ada juga yang disebut dengan rugi-rugi daya dimana dalam arus sinusoidal atau arus bolak balik ini dilakukan dalam vektor. Bentuk vektor ini biasanya merupakan bentuk segitiga daya. Dimana sudut θ merupakan sudut pergeseran pada fasa, oleh karena itu semakin besar sudutnya maka daya semu (S)

dan daya reaktif (Q) juga akan semakin besar. Hal ini akan menyebabkan faktor daya ($\cos \theta$) menjadi semakin kecil. Hal ini dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$PF (\cos \theta) = \frac{P(\text{watt})}{S(\text{VA})} \quad (3)$$

Dan rugi daya dapat menggunakan :

$$I^2 \cdot R = \text{rugi daya nyata}$$

$$I^2 \cdot X = \text{rugi daya reaktif}$$

$$\sqrt{(I^2 \cdot R)^2 + (I^2 \cdot X)^2} = \text{rugi daya semu} \quad (4)$$

Apabila ingin mengetahui tegangan yang didapat maka dapat diberlakukan dimana tegangan *volt* (V) dan arus (I). Hal ini dapat digunakan jika factor perbandingan tegangan V dibagi dengan arus I yang bisa disebut dengan resistansi (R) dalam hal ini biasanya dinyatakan dalam satuan *ohm*.

$$V = I \cdot R \quad (5)$$

Dimana:

V (*volt*) merupakan tegangan

I (*ampere*) merupakan arus

Dan R (*ohm*) merupakan resistansi nya.

Jika terjadi dalam kawasan waktu atau tegangan dan arus sesaatnya dapat diketahui dengan:

$$V = V_m \cdot \sin \omega t \quad (6)$$

$$I = I_m \cdot \sin \omega t \quad (7)$$

Dengan hubungan V_m dan I_m :

$$V_m = I_m \cdot R \quad (8)$$

Dimana:

I_m = arus sesaat pada waktu tertentu (A)

V_m = tegangan sesaat pada waktu tertentu (V)

R = hambatan (Ω)

3.5. Voltage Drop

Voltage drop atau penurunan tegangan merupakan beda tegangan yang diperoleh dari titik sumber sampai dengan titik beban.



Gambar 3. 5 Voltage Drop

Pada gambar 3.5 dapat dijelaskan dimana:

$$\Delta V = V_s - V_r \quad (1)$$

Dimana:

ΔV = Jatuh tegangan atau *voltage drop* (volt).

V_s = Tegangan kirim (volt).

V_r = Tegangan terima (volt).

Maka dapat didapat besar nilai persentase (%) dengan perhitungan:

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (2)$$

Yang dimana:

$\Delta V(\%)$ = Tegangan jatuh dalam (%)

ΔV = Tegangan jatuh (V)

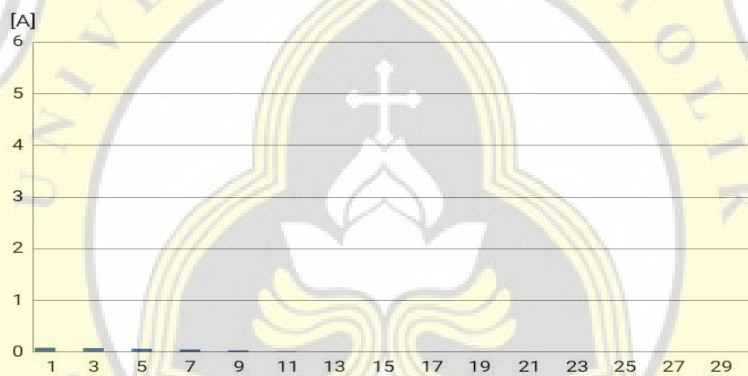
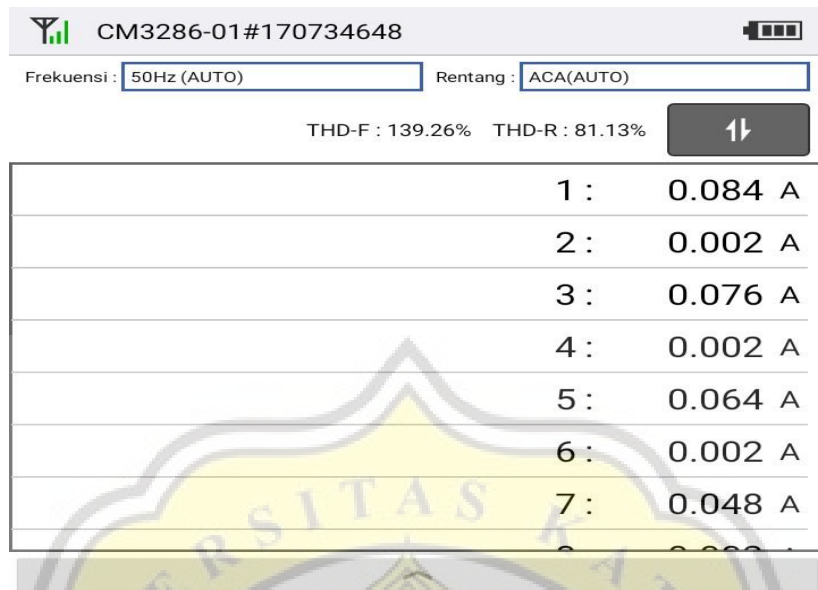
V = Tegangan kerja (V)

Dan jatuh tegangan atau *voltage drop* untuk faktor daya satu fasa adalah:

$$\Delta V_{1\phi} = I \cdot R \cos \phi + I \cdot X \sin \phi \quad (3)$$

3.6. THD (*Total Harmonic Distortion*)

THD merupakan rasio dari *root-mean-squared* atau RMS yang berasal dari komponen harmonisa, nilai dari RMS ini berasal dari nilai fundamental yang dinyatakan dalam persen (%). Hal ini digunakan untuk menyatakan dimana bentuk gelombang periodic yang mengandung harmonisa terhadap gelombang sinusoidal murni, hal ini dapat dijelaskan pada gambar 3.6 yang diperoleh dengan menggunakan power meter.



Gambar 3. 6 THD Sinyal Sinusoidal

Ada juga rumus yang dapat digunakan untuk mengukur THD yaitu :

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h>1}^{h_{\max}} M_h^2}}{M_1}$$

Dimana :

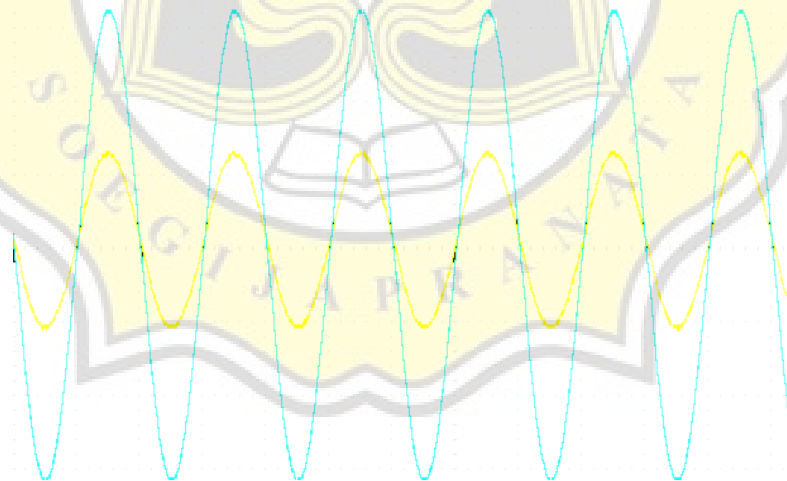
THD : *Total harmonic distortion*

M_h : nilai rms tegangan harmonic yang menuju ke h

M_1 : nilai rms tegangan pada frekuensi dasar

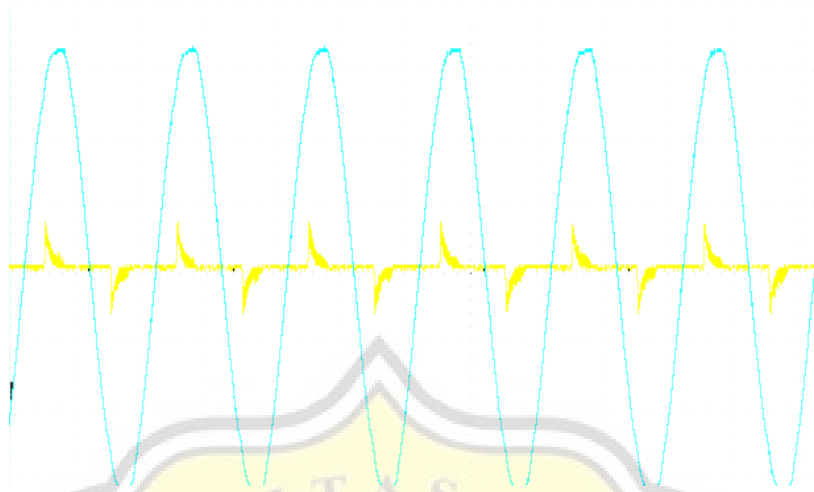
3.7. Load Non-Linier

Load atau beban ini sendiri memiliki 2 macam yaitu beban *linier* dan beban *non linier*. Beban *non linier* sendiri merupakan peralatan yang menghasilkan gelombang arus yang memiliki bentuk sinusoidal berfrekuensi tinggi yang biasa disebut juga dengan arus harmonisa. Pada rangkaian PLTS yang dirancang menggunakan beban *non linier*, dimana beban yang digunakan untuk menganalisa *inverter off-grid* yaitu lampu LED yang memiliki tegangan 10 Watt pada satu (1) lampunya. Pada hal ini digunakan lampu satu (1) sampai dengan empat (4) lampu dalam menganalisa PLTS *inverter off-grid*. Untuk mengetahui sinyal *output* yang dihasilkan beban ini menggunakan osiloskop, dimana sinyal ini akan merubah bentuk sinyal sinusoidal akan mengalami kerusakan atau bisa disebut juga mengalami distorsi.



Gambar 3. 7 Sinyal sinusoidal

Pada gambar 3.6 menjelaskan dimana sinyal sinusoidal yang dihasilkan dari beban (berwarna kuning) yang tidak menggunakan lampu LED atau bisa disebut beban *linier*.

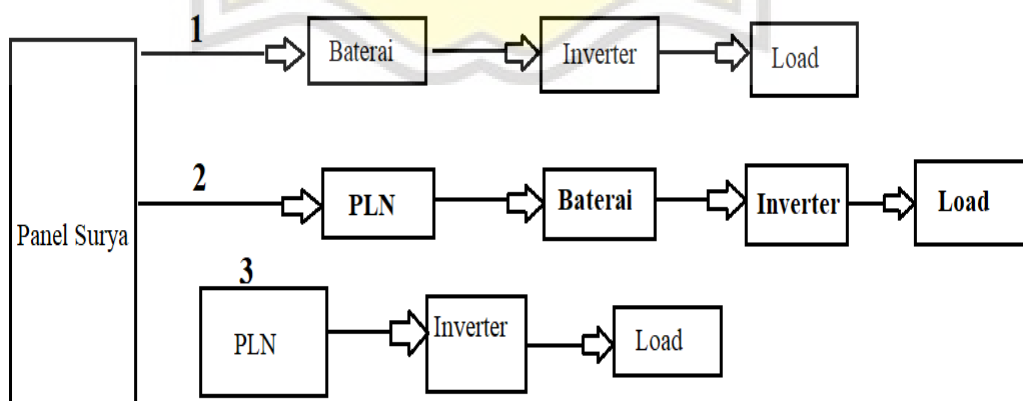


Gambar 3. 8 Sinyal beban *non linier*

Sedangkan pada gambar 3.7 merupakan sinyal sinusoidal yang dihasilkan oleh beban *non linier* yang ditunjukkan dengan warna kuning mengalami kerusakan pada sinyalnya, oleh karena itu pada rancangan kali ini sinyal yang dihasilkan akan mengalami distorsi seperti contoh ini.

3.8. Blok Sistem Kendali

Agar dapat mengalirkan arus tegangan menuju beban, *inverter* ini memiliki beberapa cara untuk memperoleh tegangan supaya dapat mengalir arus beban atau *load*.



Gambar 3. 9 Diagram Blok Sistem Kendali

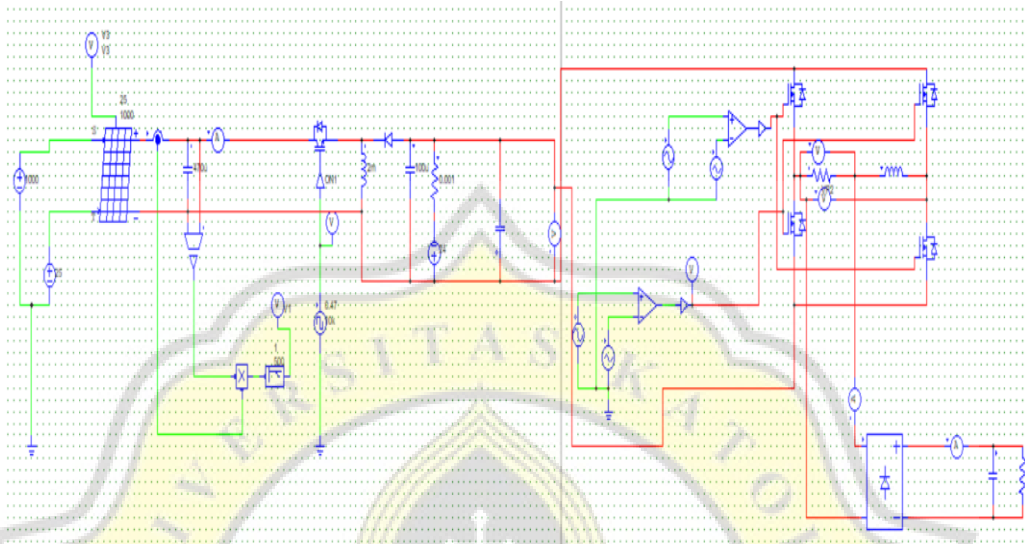
Pada gambar 3.8 dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pada sistem ini panel surya mendapatkan daya yang cukup untuk mengalir ke *inverter*, maka bisa dijelaskan panel surya akan mengisi daya pada baterai dan juga mengalirkan daya ke *inverter*. Jika baterai penuh maka daya yang dihasilkan oleh panel surya akan langsung menuju ke *inverter* dan tegangan dari panel surya akan diubah oleh *inverter* menjadi tegangan AC sehingga dapat diteruskan menuju ke *load*.
2. Pada sistem ini daya yang dihasilkan oleh panel surya tidaklah cukup, namun masih memiliki daya yang dapat mengalir menuju ke baterai, maka dari itu kurangnya daya ini dapat digantikan oleh tegangan PLN. Jika baterai sudah penuh maka tegangan yang dihasilkan oleh panel surya serta tegangan bantuan dari PLN akan menuju ke *inverter* dimana tegangan yang didapat memiliki arus DC ini akan diubah menjadi AC, sehingga dapat mengalir ke *load*.
3. Sistem ini Panel surya sama sekali tidak menghasilkan tegangan daya. Maka disini semua tegangan yang diperlukan didapat dari PLN sendiri dan langsung menuju ke *inverter* agar arus tegangan nya diubah dan akan menuju ke *load*.

3.9. Simulasi menggunakan PSIM (*Power Simtech*)

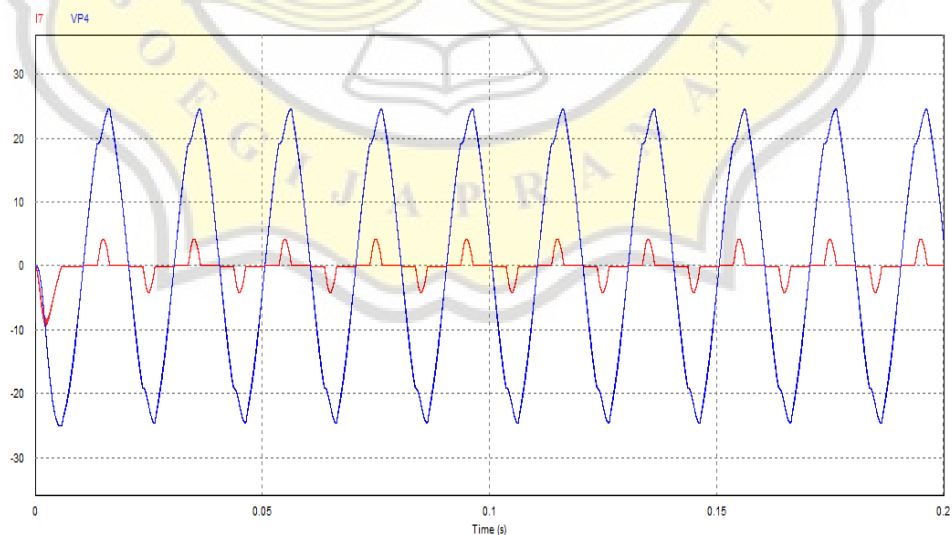
Simulasi pada PSIM ini digunakan sebagai acuan dan referensi sinyal yang dihasilkan oleh *inverter* dengan beban *non linier* dari yang menggunakan beban 10 watt sampai dengan 40 watt karena disini menggunakan lampu LED sebagai contoh beban yang memiliki tegangan 10 watt persatu lampunya. Hal ini

bertujuan sebagai pengamat dimana keluaran pada simulasi sesuai atau tidak dengan implementasi alat.



Gambar 3. 10 Simulasi PSIM

Pada gambar 3.9 menunjukkan rangkaian simulasi dari PLTS yang menggunakan *inverter off-grid* pada PSIM. Dari rangkaian simulasi ini bisa didapatkan sinyal sinusoidal yang dijelaskan pada gambar 3.9.



Gambar 3. 11 Sinyal non linier

Pada gambar 3.10 dimana warna merah merupakan hasil dari sinyal sinusoidal dari beban *non linier*, sedangkan sinyal yang berwarna biru merupakan sinyal sinusoidal yang dihasilkan dari panel surya. Hal ini membuktikan bahwa rangkaian simulasi berjalan dengan benar dan dapat menghasilkan *output* sinyal sinusoidal yang diharapkan.

