

ANALISIS SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* TENAGA SURYA DAN ENERGI UTILITAS MENGGUNAKAN INVERTER 1500WATT PADA KELISTRIKAN RUMAH TINGGAL

Wisnu Adi Wardana¹, Hamdani²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi Medan

^{1,2}Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj, Kota Medan, 20122, Indonesia

email: ¹wisnuardiwardana1994@gmail.com

Abstract — Solar power generation (PLTS) is one of the alternative energy sources currently under development. However, the utilization of solar energy has not been optimal due to the low sunlight intensity in Indonesia, which is approximately only around 5 hours per day. To enhance the use of solar energy, this research focuses on the development of a hybrid bidirectional 1500Watt inverter that integrates solar power generation (PLTS) as an alternative energy source with utility energy. The bidirectional inverter can operate in two ways, serving as both an inverter and a rectifier. This configuration allows solar energy to act as the primary source, with utility energy serving as the secondary source. The study also explores the efficiency and power savings that can be achieved by this hybrid system when applied in households.

Abstrak – Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan salah satu energi alternatif yang saat ini sedang dikembangkan. Namun pemanfaatan tenaga surya belum optimal karena intensitas sinar matahari di Indonesia yang rendah hanya sekitar 5 jam sehari. Untuk mengoptimalkan penggunaan tenaga surya maka dalam penelitian ini akan dibahas tentang pengembangan desain hybrid dua arah inverter 1500Watt yang menggabungkan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) energi alternatif dengan utilitas energi. Hibrida dua arah inverter dapat bekerja dua arah yaitu sebagai inveter dan sebagai penyearah sehingga menjadikan tenaga surya sebagai energi primer dan utilitas energi sebagai energi sekunder. Dalam penelitian ini juga membahas berapa besarnya menilai efisiensi penghematan daya listrik yang dapat diberikan oleh sistem hybrid ini diaplikasikan pada rumah tangga.

Kata Kunci – Inverter Dua Arah Hybrid, Energi Alternatif, PLTS, Rumah Tangga

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan photovoltaic mengalami perkembangan penggunaan yang sangat pesat, karena *photovoltaic* memiliki karakteristik yang baik, yaitu umur kegunaan yang panjang, perkembangan komponen semikonduktor yang tidak mengakibatkan getaran mekanik dan biaya perawatan rendah [1]. Perkembangan teknologi elektronika daya sebagai penunjang pengubah energi dalam konverter daya juga mengalami perkembangan yang pesat [2].

PLTS merupakan salah satu pembangkit listrik terbarukan yang menghasilkan energi listrik yang tidak dapat diprediksi,

karena sumber energi bergantung pada kondisi cuaca. Oleh karena itu, sistem penyimpanan energi membutuhkan sistem penyimpanan yaitu menggunakan baterai. Panel surya *photovoltaic* mengubah energi radiasi sinar matahari menjadi listrik searah (dc). Listrik searah yang dihasilkan panel surya kemudian disimpan ke dalam baterai [3].

Energi listrik searah yang dihasilkan oleh panel surya dan energi yang telah tersimpan dalam baterai, diubah bentuknya menjadi energi listrik bolak-balik. Hal ini disebabkan oleh beban-beban listrik yang membutuhkan arus bolak-balik seperti tv, lampu dan lain-lain, masih banyak yang menggunakan suplai listrik bolak-balik. Untuk mengubah energi listrik searah menjadi bolak-balik digunakan inverter (*konverter dc-ac*) [4].

Untuk menjaga keberlangsungan suplai daya listrik ke beban-beban listrik yang digunakan, dibutuhkan penggabungan (*hybrid*) sistem PLTS sebagai sumber energi primer dengan sistem pembangkit energi lain sebagai cadangan (*secondary*). Sistem pembangkit listrik yang dapat digunakan dapat bersumber dari energi seperti pembangkit listrik tenaga angin, minihidro, genset ataupun dari jaringan utilitas yang telah ada. Dalam penelitian tugas akhir ini akan di gunakan sumber energi dari jaringan utilitas yang ada sebagai energi cadangan untuk menjaga keberlangsungan suplai listrik. Jaringan utilitas menggunakan sistem listrik bolak-balik [5]. Untuk dapat melakukan proses penyimpanan energi ke baterai, maka listrik bolak-balik terlebih dahulu di ubah menjadi listrik searah. Proses ini membutuhkan konverter ac-dc.

Dua sistem konverter, yaitu dc-ac dan ac-dc dapat dijadikan menjadi satu konverter, yaitu yang disebut konverter bidirectional ac-dc atau disebut juga bidirectional inverter. Berbagai topologi konverter bidirectional ac-dc telah ditemukan dan begitu juga dengan metode kontrolnya, untuk meningkatkan efisiensi dan kinerjanya [6]. Pada penelitian tugas akhir ini akan di desain hybrid bidirectional inverter 1500Watt menggunakan metode kontrol SPWM (*Sine Pulse Width Modulation*) dengan menggabungkan energi alternatif pembangkit listrik tenaga surya dan energi listrik utilitas untuk aplikasi rumah tangga.

II. METODE PENELITIAN

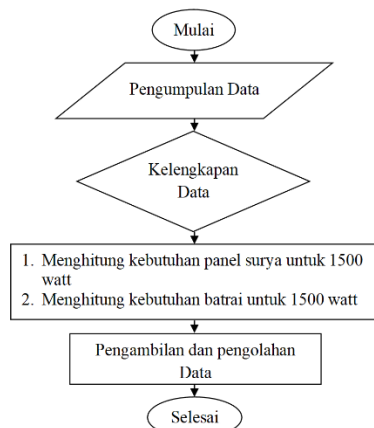
Untuk mendapatkan data-data tersebut dilakukan beberapa metode pengumpulan data, yaitu:

1. Metode Observasi

Metode Observasi, yaitu pengumpulan data dengan mengamati secara langsung terhadap Desain simulasi alat yang telah dibuat.

2. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan mengumpulkan data dari buku-buku referensi, jurnal-jurnal serta modul-modul yang relevan dengan permasalahan yang dibahas.



Gbr. 1 Flowchart Penelitian

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Prakiraan Konsumsi Listrik Rumah Tangga

Berikut adalah tabel prakiraan konsumsi daya listrik untuk beban rumah tangga 900 VA dengan durasi 24 Jam.

TABEL I
PRAKIRAAN KONSUMSI DAYA LISTRIK BEBAN RUMAH TANGGA 900 VA

No	Beban	Jumlah (Unit)	Tegangan (Volt)	Cos ϕ	Daya (Watt)	Waktu Hidup (Wib)
1	Kulkas	1	220	0,56	90	00.00 - 23.59
2	Mesin air	1	220	0,42	250	05.00 - 16.00 - 16.59
3	Mesin Cuci	1	220	0,99	330	08.00 - 08.59
4	Lampu Hemat Energi	7	220	0,99	18	18.00 - 05.59
5	TV 32"	1	220	0,99	90	18.00 - 23.59 - 06.00 - 06.59

6	Dispenser	1	220	0,97	330	06.00 - 10.59 - 12.00 - 15.59 - 18.00 - 21.59
7	Pemasa k Nasi	1	220	0,98	400	11.00 - 11.59 - 17.00 - 17.59
8	Setrika	1	220	0,98	300	22.00 - 22.59

Dengan menggunakan rumus menghitung daya maka kita dapat menghitung daya semu masing-masing beban sebagai berikut:

TABEL II
PRAKIRAAN DAYA SEMU BEBAN RUMAH TANGGA 900 VA

No	Beban	Tegangan (Volt)	Cos ϕ	Daya (Watt)	Daya Semu (VA)
1	Kulkas	220	0,56	90	160.71429
2	Mesin air	220	0,42	250	595.2381
3	Mesin Cuci	220	0,99	330	333.33333
4	Lampu Hemat Energi	220	0,99	18	18.181818
5	TV 32"	220	0,99	90	90.909091
6	Dispenser	220	0,97	330	340.20619
7	Pemasak Nasi	220	0,98	400	412.37113
8	Setrika	220	0,98	300	306.12245

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 kita dapat menghitung sebaran pemakaian daya yang terpakai dalam sehari sebagai berikut:

TABEL III
SEBARAN PEMAKAIAN DAYA DALAM SEHARI

No	Waktu Hidup (Wib)	Total Daya (Watt)	Daya Semua Total (VA)	Cos ϕ Total	Arus Total
1	00.00 - 04.59	216	287.98701	0.7500338	1.309031877
2	05.00 - 05.29	466	883.22511	0.5276118	4.014659583
3	06.00 - 06.59	510	591.82956	0.8617346	2.690134374

4	07.00 - 07.59	420	500.920 47	0.838456 4	2.2769112 33
5	08.00 - 08.59	750	834.253 8	0.899007	3.7920627 48
6	09.00 - 10.59	420	500.920 47	0.838456 4	2.2769112 33
7	11.00 - 11.59	490	573.085 42	0.835502 09	2.6049337 26
8	12.00 - 15.59	420	500.920 47	0.838456 4	2.2769112 33
9	16.00 - 16.59	340	755.952 38	0.449763 8	3.4361471 86
10	17.00 - 17.59	490	573.085 42	0.835502 09	2.6049337 26
11	18.00 - 21.59	636	719.102 29	0.884436 1	3.2686467 7
12	22.00 - 23.59	606	685.018 55	0.884647 6	3.1137206 95

Dengan menggunakan Rumus:

$$V = Z \times I$$

$$Z = \frac{V}{I}$$

Dan,

$$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$$

$$R = Z \times \cos \varphi$$

Dan

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$XL = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

Serta

$$XL = 2 \times \pi \times F \times L$$

$$L = \frac{XL}{2 \times \pi \times F}$$

Dimana,

V = Tegangan

I = Arus

Z = Impedansi

R = Resistansi

$\cos \varphi$ = Sudut Fasa

XL = Reaktansi Induktif

L = Induktansi

Maka kita peroleh besaran Impedansi, Resistansi, Reaktansi Induktif dan Induktansi masing-masing beban sebagai berikut:

TABEL VI
PERHITUNGAN BESAR BEBAN RUMAH TANGGA 900 VA

N o	Waktu Hidup (Wib)	Impe dansi (Ω)	Resistansi (Ω)	Reakta nsi Indukti f (Ω)	Indukti f (H)
1	00.00 - 04.59	168.063 13	126.05303 48	111.156 87	0.35400 28
2	05.00 - 05.29	54.7991 67	28.912687 69	46.5511 03	0.14825 19
3	06.00 - 06.59	81.7803 01	70.472913 83	41.4920 01	0.13214 01
4	07.00 - 07.59	96.6221 24	81.013443 25	52.6560 24	0.16769 43
5	08.00 - 08.59	58.0159 18	52.156715 34	25.4071 59	0.08091 45
6	09.00 - 10.59	96.6221 24	81.013443 25	52.6560 24	0.16769 43
7	11.00 - 11.59	84.4551 24	72.210894 18	43.7978 84	0.13948 37
8	12.00 - 15.59	96.6221 24	81.013443 25	52.6560 24	0.16769 43
9	16.00 - 16.59	64.0251 97	28.796214 52	57.1839 48	0.18211 45
10	17.00 - 17.59	84.4551 24	72.210894 18	43.7978 84	0.13948 37
11	18.00 - 21.59	67.3061 41	59.527978 46	31.4091 77	0.10002 92
12	22.00 - 23.59	70.6550 21	62.504792 51	32.9436 31	0.10491 6

B. Analisis Kebutuhan Panel Surya dan Kebutuhan Baterai

Sebelum menghitung kebutuhan panel surya terlebih dahulu di hitung kebutuhan daya pada sistem, hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya di hitung kebutuhan Panel Surya dengan mempertimbangkan waktu operasi panel surya, dimana untuk daerah Indonesia panel surya hidup kurang lebih selama lima jam sehari [7]. Dalam penelitian ini panel surya yang kita gunakan adalah panel surya yang memiliki spesifikasi 130 Wp,

dengan demikian jumlah panel surya yang dibutuhkan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{\text{Total Daya Beban}}{\text{Daya Panel} \times \text{Lama Panel Beroperasi}}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = \frac{9802}{130 \times 5}$$

$$\text{Jumlah Panel Surya} = 15 \text{ Keping}$$

Baterai yang digunakan dalam sistem ini adalah baterai dengan tegangan 24 Vdc dan 75 AH. Dikarenakan tegangan sistem adalah 220 dan sistem tidak menggunakan trafo untuk menaikkan atau menurunkan tegangan maka 9 buah baterai akan dirangkai secara seri agar tegangannya mendekati 220 Vdc. Selanjutnya dengan tegangan baterai setelah diseri dan asumsi baterai hanya dapat digunakan 60% saja dari total kapasitas baterai maka kita dapat menentukan berapa jumlah baterai yang di butuhkan untuk mem-back-up sistem dengan persamaan berikut:

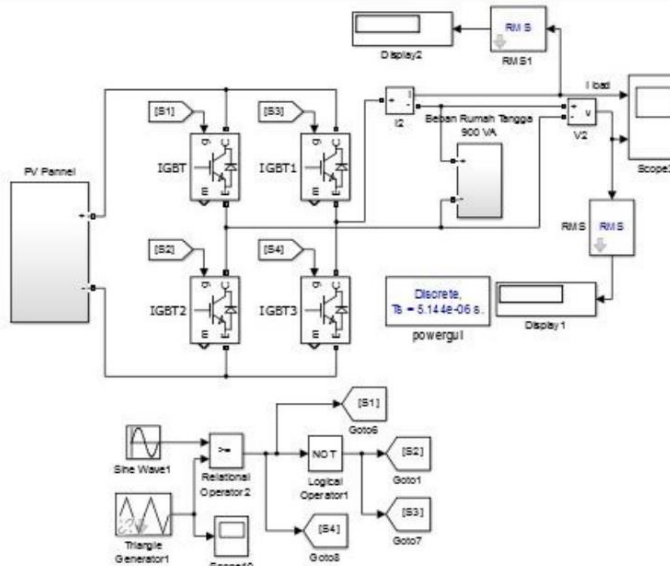
$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{\text{Total Daya Beban} \times \text{NED}}{V \times I \times 60\%}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = \frac{9802 \times 3}{216 \times 75 \times 60\%}$$

$$\text{Jumlah Baterai} = 3.025$$

C. Analisis Simulasi Bidirectional Inverter

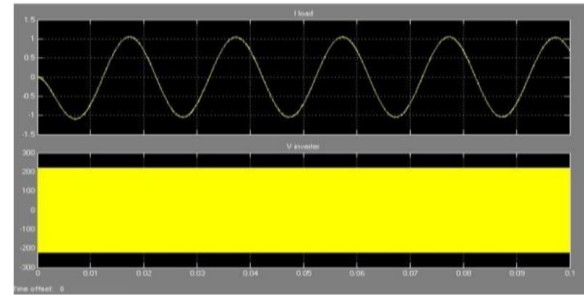
Untuk menganalisa mode Inverter ini dilakukan analisa menggunakan simulasi mode inverter pada Simulink Matlab R2013b seperti terlihat pada gambar diatas berikut:



Gbr. 2 Rangkaian Bidirectional Inverter Mode Inverter dengan Sumber Panel Surya

Pada mode ini, tegangan masukan DC akan diubah menjadi tegangan keluaran AC. Untuk memperoleh tegangan AC yang mendekati sinusoidal diperoleh dengan mengoperasikan IGBT secara bergantian yang dikendalikan dengan teknik SPWM yaitu membandingkan sinyal sinus dan sinyal segitiga. Berikut

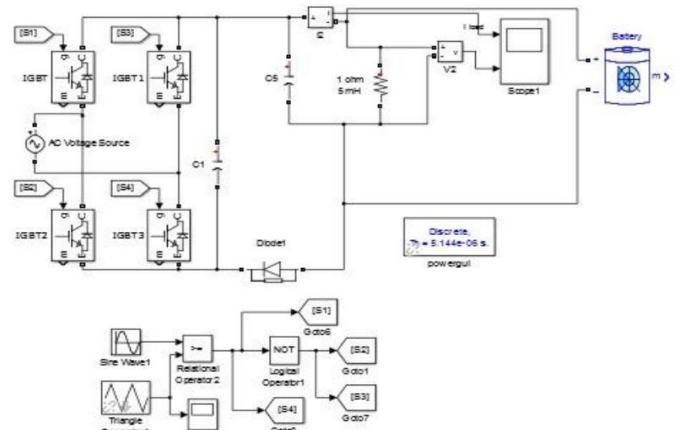
ini merupakan hasil keluaran dari dari rangkaian bidirectional inverter mode inverter ialah:



Gbr. 3 Grafik Arus dan Tegangan Keluaran Bidirectional Inverter Mode Inverter

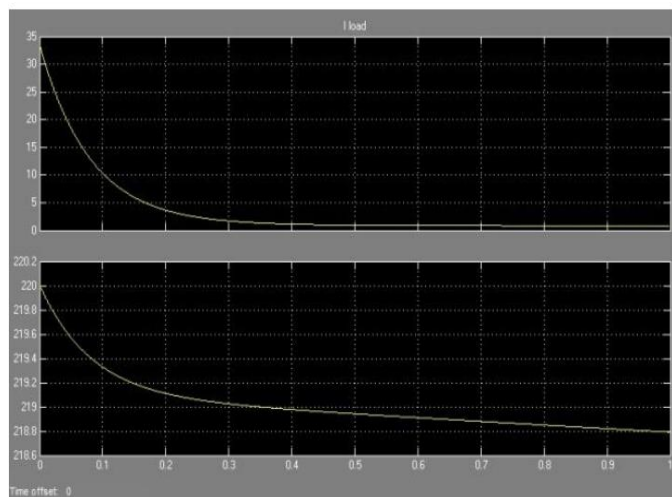
Gambar diatas menunjukkan hasil keluaran bidirectional inverter berupa arus dan tegangan AC yang mendekati sinusoidal dengan arus dan tegangan puncak masingmasing sebesar 1 ampere dan 220volt AC. Untuk mendapatkan gelombang arus dan tegangan yang mendekati sinus ini digunakan teknik pensaklaran SPWM [8]. Berikut ini merupakan kombinasi dari pensaklaran IGBT yang diatur oleh SPWM pada inverter.

Pada analisa mode penyearah ini penulis menggunakan simulasi mode penyearah seperti pada gambar berikut:



Gbr. 4 Rangkaian Bidirectional Inverter Mode Penyearah

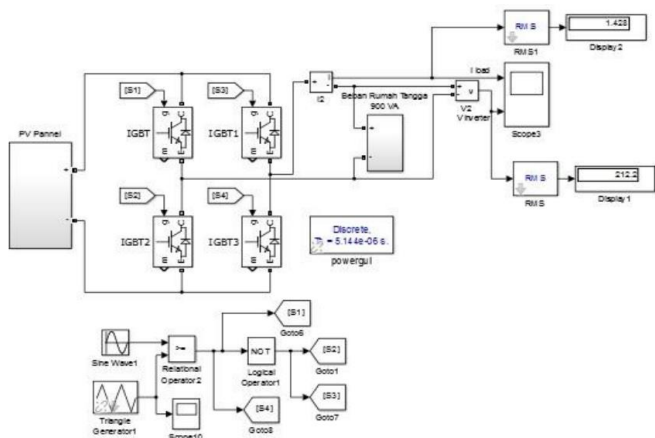
Pada mode penyearah, tegangan masukan AC dari PLN dikonversikan menjadi tegangan keluaran DC. Pengkonversian tegangan AC menjadi tegangan DC bertujuan untuk mengisi baterai DC 220 Volt yang berfungsi sebagai sumber cadangan apabila tidak disuplai oleh panel surya. Pada mode penyearah ini, tegangan AC yang telah disearahkan menjadi tegangan DC dengan tegangan keluaran sebesar 220 Vdc dengan arus pengisian sebesar 2.8 Amper, sedangkan arus pengisian baterai dari PLTS adalah 6.4 Amper. Berikut ini bentuk tegangan dan arus pengisian baterai DC 220 Volt seperti pada gambar berikut ini:



Gbr. 5 Grafik Tegangan (Bawah) dan Arus (Atas) Pengisian Baterai

D. Analisis Penggunaan Daya dan Efisiensi Pemakaian Energi Pengembangan Rangkaian Bidirectional Inverter

Sebelum menganalisa penggunaan daya, terlebih dahulu dilakukan pengukuran arus dan tegangan pada keluaran rangkaian pada waktu hidup setiap beban, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gbr. 5 Rangkaian Pengukuran Arus Dan Tegangan Keluaran Bidirectional Inverter

Dari hasil pengukuran kita memperoleh nilai arus dan tegangan pada masing-masing beban pada waktu yang telah ditentukan sebagai berikut:

TABEL V
HASIL PENGUKURAN ARUS DAN TEGANGAN BEBAN RUMAH TANGGA 900 VA

No	Waktu Hidup (Wib)	Arus Terukur (Ampere)	Tegangan Terukur (Volt)
1	00.00-04.59	0.7752	216.1
2	05.00-05.59	2.312	216.1
3	06.00-06.59	1.603	216.1

4	07.00-07.59	1.356	216.1
5	08.00-08.59	2.257	216.1
6	09.00-10.59	1.356 1.266	216.1 213
7	11.00-11.59	1.428	212.2
8	12.00-15.59	1.266 1.356	213 216.1
9	16.00-16.59	1.954	216.1
10	17.00-17.59	1.552	216.1
11	18.00-21.59	1.947	216.1
12	22.00-23.59	1.855	216.1

Setelah mendapatkan nilai arus dan tegangan hasil pengukuran selanjutnya dilakukan analisa pemakaian daya disetiap waktu hidup beban rumah tangga untuk mengetahui ketahanan sistem dengan cara mengurangkan kuat arus per jam (AH) sumber dengan kuat arus perjam (AH) yang dipakai beban, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Ketahanan\,Daya = \left[\left(\frac{Arus\,Baterai}{Arus\,Beban} \right) - Waktu\,Hidup \right] \times$$

Dengan melakukan perhitungan seperti diatas akan diperoleh besar penggunaan daya pada masing-masing beban seperti pada tabel dibawah ini.

TABEL VI
PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA PADA HARI PERTAMA

N o	Waktu Hidup (Wib)	Hari Pertama			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)
1	00.00-04.59	221.124			
2	05.00-05.59	218.812			
3	06.00-06.59	217.209			
4	07.00-07.59	215.853			
5	08.00-08.59	213.596			
6	09.00-10.59	212.24	1.1976364		218.64
7	11.00-11.59		1.0356364		225
8	12.00-15.59	223.644	1.1976364		
9	16.00-16.59	221.69			

10	17.00-17.59	220.138			
11	18.00-21.59	212.35			
12	22.00-23.59	208.64			

TABEL VII

PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA PADA HARI KEDUA

No	Waktu Hidup (Wib)	Hari Kedua			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)
1	00.00-04.59	204.764			
2	05.00-05.59	202.452			
3	06.00-06.59	200.452			
4	07.00-07.59	199.493			
5	08.00-08.59	197.236			
6	09.00-10.59	195.88	1.1976364		202.28
7	11.00-11.59		1.0356364		208.68
8	12.00-15.59	223.644	1.1976364		225
9	16.00-16.59	221.69			
10	17.00-17.59	220.138			
11	18.00-21.59	212.35			
12	22.00-23.59	208.64			

TABEL VIII

PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA PADA SAAT NO ENERGY DAY HARI PERTAMA

No	Waktu Hidup (Wib)	Hari Pertama			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)
1	00.00-04.59	204.764			
2	05.00-05.59	202.452			
3	06.00-06.59	200.849			
4	07.00-07.59	199.493			
5	08.00-08.59	197.236			
6	09.00-10.59	194.523			

7	11.00-11.59	192.972			
8	12.00-15.59	187.548			
9	16.00-16.59	185.594			
10	17.00-17.59	184.042			
11	18.00-21.59	176.254			
12	22.00-23.59	172.544			

TABEL IX

PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA PADA SAAT NO ENERGY DAY HARI KEDUA

No	Waktu Hidup (Wib)	Hari Kedua			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)
1	00.00-04.59	168.668			
2	05.00-05.59	166.356			
3	06.00-06.59	164.753			
4	07.00-07.59	163.397			
5	08.00-08.59	161.14			
6	09.00-10.59	158.426			
7	11.00-11.59	156.876			
8	12.00-15.59	151.452			
9	16.00-16.59	149.498			
10	17.00-17.59	147.946			
11	18.00-21.59	140.158			
12	22.00-23.59	136.448			

TABEL X

PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA PADA SAAT NO ENERGY DAY HARI KETIGA

No	Waktu Hidup (Wib)	Hari Ketiga			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)
1	00.00-04.59	132.572			
2	05.00-05.59	130.26			
3	06.00-06.59	128.657			

4	07.00-07.59	127.301			
5	08.00-08.59	125.044			
6	09.00-10.59	122.332			
7	11.00-11.59	120.78			
8	12.00-15.59	115.356			
9	16.00-16.59	113.402			
10	17.00-17.59	111.85			
11	18.00-21.59	104.062			
12	22.00-23.59	100.352			

TABEL XI

PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA
SETELAH NO ENERGY DAY HARI PERTAMA

No	Waktu Hidup (Wib)	Hari Pertama			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)
1	00.00-04.59	96.476			
2	05.00-05.59	94.154			
3	06.00-06.59	92.561			
4	07.00-07.59	91.205			
5	08.00-08.59	88.948		3.852	92.8
6	09.00-10.59	91.444	1.1976364		103.444
7	11.00-11.59		1.0356364		110.844
8	12.00-15.59	122.088	1.1976364		133.044
9	16.00-16.59	120.134			
10	17.00-17.59	118.582			
11	18.00-21.59	110.794			
12	22.00-23.59	107.084			

TABEL XII

PEMAKAIAN ARUS PERJAM (AH) BEBAN RUMAH TANGGA
SETELAH NO ENERGY DAY HARI KEDUA

No	Waktu Hidup (Wib)	Hari Kedua			
		Arus Baterai (AH)	Arus Panel Surya (A)	Arus PLN Terpakai	Pengisian Baterai (AH)

1	00.00-04.59	103.208			
2	05.00-05.59	100.896			
3	06.00-06.59	99.293			
4	07.00-07.59	97.937			
5	08.00-08.59	95.68			
6	09.00-10.59	94.324	0.1976364		100.724
7	11.00-11.59		0.0356364		107.124
8	12.00-15.59	0.1976364	0.1976364		126.324
9	16.00-16.59	123.014			
10	17.00-17.59	121.462			
11	18.00-21.59	113.674			
12	22.00-23.59	109.964			

Dari tabel Pemakaian Arus Perjam (AH) Beban Rumah Tangga dapat dilihat bahwa PLN hanya menyala pada saat setelah No Energy Day hari pertama. PLN hidup pada jam 08.00-08.59 selama 28 menit. Pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12 dapat dilihat arus pada baterai setelah mensuplai beban pada pukul 22.00-23.59, pada Tabel 4.11 nilai arus baterai adalah 107.084 A dan pada Tabel 4.12 nilai arus baterai adalah 109.964 A. Dengan membandingkan kedua nilai maka dapat disimpulkan setelah No Energy Day setiap harinya baterai arus baterai akan bertambah sebesar 2.88 Amper sampai arus baterai terisi penuh kembali.

E. Analisis Efisiensi Pemakaian Energi Sistem Hybrid Bidirectional Inverter

Efisiensi pemakaian energi sistem hybrid bidirectional inverter ini dapat diketahui dengan cara membandingkan penggunaan daya yang di suplai oleh PLN dalam setahun sebelum menggunakan hybrid dengan penggunaan daya yang disuplai oleh PLN setelah menggunakan sistem *hybrid*. Semakin besar nilai efisiensi sistem maka semakin baik sistem ini untuk

diterapkan dalam aplikasi rumah tangga. Untuk menentukan sistem ini layak diterapkan dalam aplikasi rumah tangga atau tidak, penulis telah menentukan nilai efisiensi minimum yang harus dimiliki sistem ini yaitu sebesar 90%. Nilai efisiensi sistem ini dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Efisiensi = 100\%$$

$$\left(\frac{KWH \text{ PLN Persatuan}}{KWH \text{ Total Beban PER tahun}} \times 100\% \right)$$

Dari Tabel 6, Tabel 7, Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10, Tabel 11, Tabel 12, dapat kita lihat bahwa arus yang terpakai dari sumber PLN adalah 8.452 selama 1 jam yaitu pada pukul 08.00 – 08.59 WIB, dan KWh Total beban adalah 7.83464 KW dalam sehari, sehingga kita dapat menghitung besar nilai efisiensi sistem Hybrid sebagai berikut:

$$KWH \text{ PLN} = \frac{V \times I \times \text{Lama Hidup}}{1000}$$

$$KWH \text{ PLN} = \frac{220 \times 3.852 \times \frac{28}{60}}{1000}$$

$$\text{Sehingga Efisiensi} = 100\% - \left(\frac{0.3955}{7.83464} \times 100\% \right)$$

$$Efisiensi = 99.9862\%$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi bidirectional inverter 1500 watt, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa sistem hybrid bidirectional inverter ini dapat diaplikasikan dalam rumah tangga karena memiliki nilai efisiensi pemakaian energi listrik utilitas cukup tinggi yaitu sebesar 99.9862 %.

Saran untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pengukuran langsung pada besar harmonisa arus dan tegangan keluaran bidirectional inverter dan membuat filter yang cocok untuk memperkecil nilai harmonisanya dan penelitian selanjutnya dapat melanjutkan penelitian ini dengan merancang dan menganalisa secara langsung bidirectional inverternya, tidak lagi di analisa dalam model simulasi agar data yang diperoleh lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. D. Ntoni, "Control of Inverters to Support Bidirectional Power Flow in Grid Connected Systems," *Int. J. Res. Eng. Technol.*, 2014.
- [2] C. P. PANDIAN and S. MURUGESAN, "Modified bi-directional ac/dc power converter with power factor correction," *Int. J. Eng.*, vol. 25, no. 3, pp. 175–180, 2012.
- [3] B.-M. Han, "Grid-tied power converter for battery energy storage composed of 2-stage DC-DC converter," in *2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting*, IEEE, 2013, pp. 1–5.
- [4] A. Y. Aulia and A. Hamzah, "Desain dan Analisa Bidirectional Inverter sebagai Penggerak Mesin Induksi Satu Fasa dengan Sumber Baterai DC 36 Volt." Riau University.
- [5] A. Teke and M. LATRAN, "Review of

multifunctional inverter topologies and control schemes used in distributed generation systems," *J. Power Electron.*, vol. 14, no. 2, 2014.

[6] A. Mohamed, M. Elshaer, and O. Mohammed, "Bi-directional AC-DC/DC-AC converter for power sharing of hybrid AC/DC systems," in *2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, IEEE, 2011, pp. 1–8.

[7] J. Bikaneria, S. P. Joshi, and A. R. Joshi, "Modeling and Simulation of PV Cell using One-diode model," *Int. J. Sci. Res. Publ.*, vol. 3, no. 10, pp. 1–4, 2013.

[8] A. Varshney and A. Tariq, "Simulink model of solar array for photovoltaic power generation system," *Int J Electr Electr Eng*, vol. 7, no. 2, p. 8, 2014.