

STUDI PEMANFAATAN ENERGI MATAHARI SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF TERBARUKAN BERBASIS SEL FOTOVOLTAIK UNTUK MENGATASI KEBUTUHAN LISTRIK RUMAH SEDERHANA DI DAERAH TERPENCIL

⁽¹⁾Hasbi Assiddiq S, ⁽²⁾Irma Dinahkandy

⁽¹⁾⁽²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Kotabaru
Jl. Raya Stagen Km. 8,5 Kotabaru Kalimantan Selatan
Email: *hasbiassiddiq999@gmail.com*

ABSTRAK

Radiasi matahari global di Indonesia adalah $1700-1950 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{tahun} = 4,66-5,34 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{hari}$. Sehingga perlu dilakukan upaya untuk memanfaatkan potensi energi matahari menjadi energi listrik, khususnya kawasan pemukiman di daerah terpencil dan belum terjangkau jaringan listrik PLN. Penelitian ini bertujuan untuk ; mengetahui jumlah daya yang dibutuhkan oleh masyarakat untuk penerangan dan penggunaan peralatan elektronik di setiap rumah sederhana di daerah terpencil (studi kasus di Desa Oka-oka), memperoleh desain sistem tenaga surya independen untuk memenuhi kebutuhan listrik setiap rumah sederhana di daerah terpencil, dan mengetahui perkiraan total anggaran untuk pembangunan sistem tenaga surya secara mandiri dari skala rumah sederhana di daerah terpencil. Hasil perhitungan jumlah kebutuhan listrik per hari adalah $1396 \text{ Wh} / \text{hari}$. Total anggaran yang digunakan untuk pembangunan sistem sederhana adalah Rp. 12.000.000 atau Rp. 200.000 per bulan dengan lama pemakaian rata-rata 5 tahun.

Kata Kunci : *Sel fotovoltaik, tegangan, energi matahari, daya, radiasi*

PENDAHULUAN

Rasio elektrifikasi Indonesia saat ini adalah 87%, hal tersebut menunjukkan 8,5 juta penduduk Indonesia atau sekitar 2500 desa yang belum dialiri listrik [1]. Sedangkan rasio elektrifikasi untuk Kalimantan Selatan adalah 84%, artinya masih tersisa 16% rumah tangga di wilayah ini yang belum menikmati aliran listrik. Di daerah Kabupaten Kotabaru terdapat beberapa desa terpencil yang belum menikmati aliran listrik, karena lokasinya yang jauh dari wilayah perkotaan, ada juga yang jarak antara satu rumah dengan rumah lainnya sangat berjauhan, selain itu terdapat juga pemukiman di pulau-pulau kecil sehingga sangat sulit bagi

jaringan listrik PLN untuk menjangkaunya.

Indonesia merupakan negara tropis dimana daerahnya dilalui oleh garis khatulistiwa sehingga memiliki potensi menerima panas matahari yang besar. Berdasarkan gambar 1 penyinaran matahari global di Indonesia yaitu $1700-1950 \text{ kWh/m}^2/\text{tahun} = 4,66-5,34 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ [2]. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber daya bebas polusi dan berlimpah, terbarukan, yang dapat digunakan baik secara langsung maupun tidak langsung. Energi matahari dapat digunakan sebagai pemanas langsung, memanaskan air dan udara dengan solar kolektor, serta penyediaan listrik dengan sel fotovoltaik. Beberapa

kelebihan energi terbarukan antara lain: sumbernya relatif mudah didapat, dapat diperoleh dengan gratis, minim limbah, tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak dipengaruhi oleh kenaikan bahan bakar.

Tidak diragukan lagi bahwa energi matahari adalah salah satu sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan pada masa yang akan datang, karena tidak ada polusi yang dihasilkan selama proses konversi energi, dan juga sumber energinya banyak tersedia di alam. PLTS atau lebih dikenal dengan sel surya (sel fotovoltaik) akan lebih diminati karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan yang relevan dan di berbagai tempat seperti perkantoran, pabrik, perumahan, dan lainnya [3].

Penelitian ini dilakukan sebagai bentuk dukungan dalam upaya memanfaatkan potensi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sesuai dengan program pemerintah. Pemanfaatan energi terbarukan lokal yang dinilai ramah lingkungan dan dapat digunakan bagi daerah terpencil dan terluar khususnya yang belum terjangkau oleh sistem interkoneksi jaringan PLN. Berdasarkan hal tersebut maka dipandang perlu melakukan studi pemanfaatan energi matahari di Kabupaten Kotabaru sebagai sumber energi listrik terbarukan berbasis sel fotovoltaik untuk mengatasi kebutuhan listrik di daerah terpencil.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat.

Penelitian/ pengambilan data dilaksanakan pada bulan Agustus 2018 di Desa Oka-oka Kecamatan Pulau Laut Kepulauan Kabupaten Kotabaru Propinsi Kalimantan Selatan Indonesia.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data kualitatif dan kuantitatif. Data kualitatif yaitu data yang disajikan dalam bentuk kata verbal bukan dalam bentuk angka. Adapun yang termasuk data kualitatif dalam penelitian ini yaitu

gambaran umum tentang pembangkit listrik tenaga surya, sejarah singkat tentang sel fotovoltaik, serta keadaan masyarakat setempat. Data kuantitatif adalah jenis data yang dapat diukur atau dihitung secara langsung yang berupa informasi atau penjelasan yang dinyatakan dengan bilangan atau berbentuk angka. Adapun yang termasuk data kuantitatif yaitu besarnya kebutuhan daya listrik rumah sederhana di Desa Oka-oka, intensitas radiasi matahari, arus dan tegangan keluaran sel fotovoltaik, jumlah biaya yang digunakan untuk pembangunan sistem pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah sederhana.

Tahapan Rancangan Sistem.

Menghitung total daya beban pemakaian per hari, menentukan ukuran kapasitas sel fotovoltaik yang sesuai dengan beban pemakaian, menentukan kapasitas baterai/aki, analisa hasil dan evaluasi.

Penelitian mulai dilakukan dengan wawancara kepada warga di Desa Oka-oka tentang rencana kebutuhan konsumsi daya listrik untuk penerangan dan peralatan elektronik lainnya, lalu pembuatan rangka dudukan sel fotovoltaik yang akan digunakan untuk pengujian. Kemudian menghubungkan setiap komponen-komponen seperti sel fotovoltaik, *solar charger controller*, inverter, baterai dan beban serta alat ukur (multimeter dan pyranometer). Pengambilan data dilakukan setiap jam mulai dari pukul 08.00 Wita sampai dengan pukul 16.00 Wita dengan cara mencatat variabel pengukuran berupa intensitas radiasi matahari, tegangan, dan arus keluaran sel fotovoltaik. Data-data tersebut diperlukan untuk menghitung potensi energi rata-rata yang dapat dimanfaatkan di Desa Oka-oka berupa besarnya *fill factor*, daya keluaran, daya masuk dan efisiensi sel fotovoltaik. Analisis dilakukan dengan mengacu pada data hasil wawancara terhadap warga dan potensi energi matahari di Desa Oka-oka.

Prinsip Kerja Sel Fotovoltaik.

Sel fotovoltaik bekerja berdasarkan efek fotoelektrik pada material semikonduktor untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Berdasarkan teori Maxwell tentang radiasi elektromagnet, cahaya dapat

dianggap sebagai spektrum gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang berbeda.

Prinsip kerja semikonduktor sebagai sel fotovoltaik mirip dengan dioda sebagai pn-junction. Pn-junction adalah gabungan/lapisan semikonduktor jenis p dan n yang diperoleh dengan cara doping pada silikon murni. Pada semikonduktor jenis p, terbentuk hole (pembawa muatan listrik positif) yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan jumlah elektronnya, sehingga hole merupakan pembawa muatan mayoritas, sedangkan elektron merupakan pembawa muatan minoritas. Demikian pula sebaliknya dengan semikonduktor jenis n. Bila bagian p dari pn-junction dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian n dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka arus dapat mengalir melewati pn-junction. Kondisi ini disebut sebagai panjar maju. Bila hal sebaliknya dilakukan (panjar mundur), yaitu bagian n dari pn-junction dihubungkan dengan kutub positif baterai dan bagian p dihubungkan dengan kutub negatif baterai, maka arus tidak dapat mengalir melewati pn-junction. Akan tetapi, masih ada arus dalam ukuran sangat kecil yang masih dapat mengalir (dalam ukuran mikroamper) yang disebut dengan arus bocor [1].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Kinerja Sel Fotovoltaik. Data hasil pengujian di Desa Oka-oka dihitung menggunakan pers. 4 sampai dengan pers. 8 untuk memperoleh seberapa besar potensi energi matahari yang dapat dikonversikan sel fotovoltaik di Desa Oka-oka.

Tabel 1. Hasil perhitungan potensi energi matahari di Desa Oka-oka

No	Pukul (Jam)	FF	P _{out} (W)	P _{in} (W)	η _m (%)
1	08.00	0,40	15,37	126,73	12,13
2	09.00	0,56	24,41	165,96	14,71
3	10.00	0,66	33,88	199,70	16,96
4	11.00	0,62	37,64	254,80	14,77
5	12.00	0,63	41,80	299,51	13,96
6	13.00	0,62	40,33	291,08	13,86
7	14.00	0,63	36,88	242,78	15,19
8	15.00	0,65	34,02	205,71	16,54

9	16.00	0,47	20,05	151,64	13,22
Rata-rata			31,60	215,32	14,59

- Luas sel fotovoltaik (A) = 0,35 m²
- Intensitas radiasi Matahari (E) = 856 W/m²
- Arus Hubung Singkat (I_{sc}) = 3,20 A
- Tegangan hubung terbuka (V_{oc}) = 20,81 V
- Arus maksimum (I_m) = 2,16 A
- Tegangan maksimum (V_m) = 19,32 V

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

$$= \frac{19,32 \times 2,16}{20,81 \times 3,20}$$

$$= 0,628$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

$$= 20,81 \times 3,20 \times 0,628$$

$$= 41,804 W$$

$$P_{in} = E \times A$$

$$= 856 \times 0,35$$

$$= 299,513 W$$

$$\eta_m = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

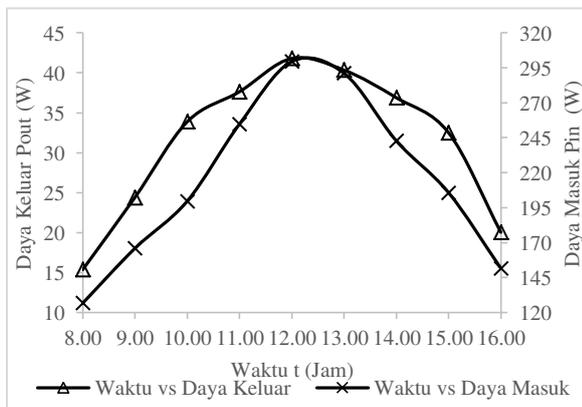
$$= \frac{41,804}{299,513} \times 100 \%$$

$$= 13,958 \%$$

Berdasarkan hasil perhitung pada tabel 1 memperlihatkan bahwa daya keluaran sel fotovoltaik per jam yaitu 31,598 W yang diperoleh dengan menggunakan 1 buah sel fotovoltaik, sehingga daya keluaran sel fotovoltaik per hari dapat diketahui yaitu 31,598 x 9 = 284,382 W.

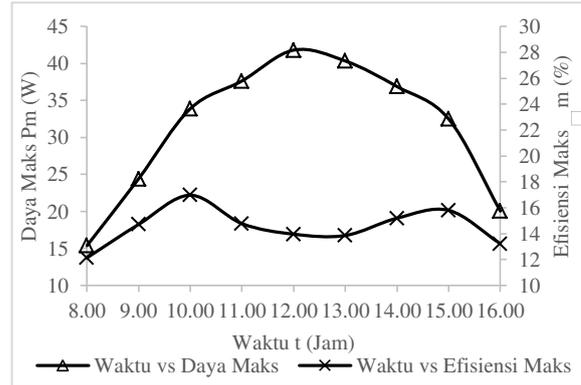
Dari hasil pengamatan dan perhitungan memperlihatkan bahwa mulai pada pukul 08.00 WITA sampai dengan pukul 16.00 WITA, daya keluaran P_{out} (W) dari sel fotovoltaik akan terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya daya masuk P_{in} (W) hingga mencapai daya

maskimum yang diperoleh pada pukul 12.00 WITA. Setelah itu daya keluaran P_{out} (W) sel fotovoltaik akan mengalami penurunan mengikuti nilai daya masuk P_{in} (W) yang juga telah mengalami penurunan mulai pada pukul 13.00 hingga 16.00 WITA. Adapun nilai daya masuk P_{in} pada pukul 08.00 WITA adalah 126,729 W dengan daya keluaran P_{out} sel fotovoltaik sebesar 15,372 W dan pada pukul 12.00 WITA daya masuk P_{in} adalah 299,513 W dengan daya keluaran P_{out} sebesar 41,804 W dan pada pukul 16.00 WITA daya masuk P_{in} adalah 151,638 W serta daya keluaran P_{out} yang diperoleh sebesar 20,045 W seperti yang diperlihatkan pada tabel hasil perhitungan (Tabel 1) dan gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Grafik hubungan antara Waktu (t) vs Daya Masuk P_{in} (W) dan Daya Keluar P_{out} (W)

Hasil perhitungan memperlihatkan bahwa besarnya daya maksimum P_m (W) keluaran sel fotovoltaik bergantung pada besarnya daya masuk P_{in} (W) ke sel fotovoltaik, dimana daya masuk P_{in} (W) sangat bergantung pada waktu penyinaran matahari. Daya masuk P_{in} (W) terbesar diperoleh pada pukul 12.00 WITA yaitu 299,513 W dan daya keluaran maksimum P_m (W) diperoleh juga pada pukul 12.00 WITA sebesar 41,804 W. Namun berbeda dengan nilai efisiensi maksimum η_m (%) yang diperoleh pada pukul 10.00 WITA yaitu 16,965 % sedangkan pada pukul 12.00 nilai efisiensi η (%) sel fotovoltaik yang diperoleh adalah 13,958 % yang dapat dilihat pada tabel 1 hasil perhitungan serta pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara Waktu (t) vs Daya P_m (W) dan Efisiensi η_m (%)

Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Pembangkit listrik tenaga surya ini dirancang mengacu pada hasil wawancara dengan warga masyarakat di Desa Oka-oka agar kebutuhan daya listrik rumah tinggal sederhana di daerah tersebut dapat terpenuhi. Adapun total kebutuhan daya listrik rumah tinggal warga di Desa Oka-oka diperlihatkan dalam tabel 2.

Tabel 2 hasil perhitungan total daya pemakaian setiap rumah per hari dapat diperoleh dari jumlah keseluruhan beban pemakaian yaitu = 1396 Wh/hari, karena rangkaian instalasi juga membutuhkan daya pada saat beroperasi maka total daya beban pemakaian ditambahkan 10% sehingga total beban pemakaian menjadi; 1396 + 139,6 = 1535,6 Wh/hari.

Sel fotovoltaik yang rencana akan digunakan pada sistem ini adalah sel fotovoltaik kapasitas 50 Wp dengan asumsi penyinaran matahari yaitu 9 Jam/hari, sehingga jumlah sel fotovoltaik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan daya setiap rumah tinggal di Desa Oka-oka adalah sebagai berikut:

$$S_f = \frac{1535,6}{(50 \times 9)}$$

$$= \frac{1535,6}{450}$$

$$= 3,41 \approx 4 \text{ buah panel}$$

Jumlah kebutuhan baterai 12 Volt dengan kapasitas masing-masing 300 Ah. Kebutuhan baterai minimum (daya baterai hanya digunakan sekitar 50% untuk pemenuhan kebutuhan listrik), sehingga kebutuhan daya

akan dikalikan 2 x lipat, $1535,6 \times 2 = 3071,2$ Wh.

$$S_B = \frac{3071,2}{(12 \times 300)}$$

$$= \frac{3071,2}{3600}$$

$$= 0,85 \approx 1 \text{ Baterai } 300 \text{ Ah}$$

Tabel 2. Tabel perhitungan total kebutuhan daya rumah tinggal sederhana

No	Nama	Daya setiap Beban (Watt)	Lama (h/hari)	Beban (Wh/hari)
1	Lampu LED	5	6	180
2	Pompa Air	75	1	75
3	Mesin Cuci	Cuci bilas 85	1	85
		Kering 40	0,5	20
4	Televisi/ TV LED	28	5	140
5	Receiver Parabola	20	5	100
6	Rice Cooker	50	1	50
7	Dispenser	80	1	80
8	HP	4	3	36
9	Setrika	100	1	100
10	Kulkas	Nyala 50	2	100
		Standby 10	22	220
11	Kipas Angin	35	3	210
Total daya beban pemakaian per hari (Wh/hari)				1396
Total daya beban pemakaian per hari + 10% (Wh/hari)				1535,6

Tabel 3. Total biaya PLTS secara mandiri

No	Jenis Barang	Spesifikasi	Jumlah	Jumlah (Rp)
1	Sel Fotovolt arik	50 Wp	4	4.000.000
2	Baterai	12 V 300 Ah	2	6.000.000
3	Kontroller	10 A	1	500.000
4	Inverter	12 VDC 2000 W	1	1.000.000
5	Instalasi	-	1	500.000

Biaya investasi pembangunan PLTS per 5 Tahun	12.000.000
Besarnya biaya rata-rata perbulan selama 5 Tahun	200.000

Karena kondisi cuaca yang biasa mendung, maka dipertimbangkan baterai dapat memenuhi kebutuhan selama 2 hari tanpa sinar matahari. Sehingga kebutuhan daya menjadi $1535,6 \times 2 \times 2 = 6142,4$ Wh. Maka kebutuhan baterai untuk sistem adalah:

$$S_B = \frac{6142,4}{(12 \times 300)}$$

$$= \frac{6142,4}{3600}$$

$$= 1,71 \approx 2 \text{ baterai } 300 \text{ Ah}$$

Jumlah Biaya PLTS Secara Mandiri.

Berdasarkan hasil perhitungan setiap komponen pembangkit listrik tenaga surya, maka total biaya yang dibutuhkan untuk membangun suatu sistem pembangkit listrik tenaga surya yang dapat memenuhi kebutuhan energi listrik pada setiap rumah tinggal sederhana di Desa Oka-oka diperlihatkan dalam tabel 3.

Dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa total daya yang diperlukan sebesar 1535,6 W, dengan jumlah sel fotovoltaiik 4 unit (masing-masing 50 WP) dan kebutuhan baterai sebanyak 2 Unit (12 Volt 300 Ah). Dari rancangan yang dilakukan maka total biaya yang harus diinvestasikan dapat diperoleh seperti yang diperlihatkan pada tabel 5 (ditentukan 5 tahun karena baterai maksimal dapat digunakan selama 5 tahun). Sehingga nilai investasi dalam jangka waktu 5 tahun adalah Rp, 12.000.000 dengan perhitungan perbulannya Rp. 200.000.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil wawancara terhadap warga di Desa Oka-oka dan pengujian serta analisa yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Dari hasil wawancara tentang peralatan elektronik yang rencana akan digunakan

- oleh warga di Desa Oka-oka dan hasil perhitungan, maka total daya kebutuhan untuk setiap rumah tinggal sederhana di Desa Oka-oka per hari yaitu 1396 *Wh/hari*.
2. Rancangan sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mandiri untuk rumah tinggal sederhana di Desa Oka-oka diperoleh berdasarkan total daya kebutuhan dengan mempertimbangkan cuaca dan kebutuhan daya pada sistem yang meliputi komponen sel fotovoltaik 50 *Wp* (4 panel), baterai 12 *VDC* 300 *Ah* (2 unit), Solar Charger Controller 10 *A* (1 Unit), Inverter 12 *VDC* 2000 *W* (1 unit), dan instalasi.
 3. Adapun estimasi total anggaran yang diinvestasikan untuk pembangunan sistem pembangkit listrik tenaga surya skala rumah tinggal sederhana di Desa Oka-oka adalah *Rp* 12.000.000 atau *Rp* 200.000 per bulan dengan lama pemakaian sistem pembangkit listrik tenaga surya secara efektif adalah 5 tahun karena komponen baterai rata-rata umur pemakaiannya selama 5 tahun.

Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif Untuk Mendukung Program Ramah Lingkungan Dan Energi Terbarukan. Prosiding SnaPP 2014 Sains, Teknologi, dan Kesehatan. Vol. 4, No. 1, 223-230

- [6] Kalogirou, S. A., 2009. Solar Energy Engineering Proses and Systems. 1 st penyunt. America: Elsevier Inc. All rights reserved
- Diputra, dan Wibeng., 2008. Simulator Algoritma Pendeteksi Kerusakan Modul Surya pada Rangkaian Modul Surya. Tesis, Universitas Indonesia, Jakarta.

REFERENSI

- [1] Putra, S., dan Rangkuti, Ch., 2016. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri Untuk Rumah Tinggal. Seminar Nasional Cendekiawan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti.
- [2] Permana, Imam., 2008. Pengenalan Teknologi Tenaga Surya. Modul, Bandung: PPPPTK.
- [3] Ramadhan, A.I., dkk., 2016. Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 *WP*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta. Teknik, 37(2), Jakarta, 59-63.
- [4] Gunardi, Y., 2010. Perancangan dan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Matahari untuk Lampu Penerang Jalan. Jurnal Energi, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Vol. 14, No. 1, 63-68.
- [5] Rahayuningtyas, A., dkk., 2014. Studi Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik tenaga Surya (PLTS) Skala Rumah Sederhana Di Daerah Pedesaan