

PENGARUH PERUBAHAN ARAH SUDUT SEL SURYA MENGUNAKAN ENERGI MATAHARI INTENSITAS CAHAYA TERHADAP TEGANGAN

Syahrul Bahari^{1*}, Agustinus Laka², Rosmiati³

^{1,2}Dosen Politeknik Negeri Kupang Jurusan Mesin

³Dosen Politeknik Negeri Kupang Jurusan Akuntansi

Jl. Adi Sucipto Penfui Kupang - NTT

*Email : syahrulb99@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan inventor terus akan dikembangkan dan diharapkan menghasilkan produk prototipe yang dapat menghasilkan temuan paten (inventor) dengan tujuan untuk menghasilkan inovasi teknologi model pengaruh sudut terhadap intensitas cahaya, tegangan arus listrik. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah ada pengaruh terhadap perubahan sudut sel surya arah sinar matahari terhadap intensitas cahaya. Metode penelitian tindakan langsung (action research) yaitu tahap pendekatan rancangan, tahap pendekatan pembuatan alat dan tahap pengujian alat. Tahap pengujian melakukan pengukuran dan analisis, tahapan-tahapan dan proses perancangan alat serta sistem pengujian alat yang meliputi pengukuran intensitas cahaya, temperatur, serta arus dan tegangan. Data pengamatan tahun pertama berupa pengukuran kemiringan sudut 45⁰, 60⁰, 75⁰, 90⁰, 105⁰, 120⁰, 135⁰ yang akan dilaksanakan selama 7 hari dari pukul jam 07.00-15.00 selang dua jam, data-data ; tegangan dalam Voltase dan temperatur dalam derajat Celsius.. Hasil dari penelitian ini berupa intensitas cahaya yang diterima oleh panel pada sudut kemiringan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Berdasarkan hasil penelitian pengaruh perubahan arah sudut sel surya menggunakan energi matahari terhadap intensitas cahaya adalah bahwa: Perubahan intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap kuat dan lemahnya tegangan yang diterima panel sel surya. Perubahan terhadap sudut datang sinar matahari berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan. Bertambah tinggi temperatur panel sel surya bertambah lemah tegangannya. Arah sudut yang tepat adalah pada sudut sinar datang matahari terletak pada sudut 125 derajat. Dan arah sudut tergantung lokasi penempatan panel sel surya.

Kata kunci : Sudut, tegangan, Temperatur.

ABSTRACT

The research is the one on the inventor development that will continue to be developed and is expected to prototype produk that can generate inventions of patents (inventors) with the aim to produce technological innovation model of angle effect to the intensity of light, and electric current voltage. The formulation of the problem in this research is whether there is an effect on the solar cell angle change in the direction of sunlight to intensity of light. Direct action research methods have been used in this reseach. Three approaches or phase are used in the respect: the design approach, the tool-making approach, and the tool-testing phase. The phase and process of tool design and the system of tool testing cover the measurement of light intensity, temperature as well as current and voltage. First year observation data is measurement of angle of 45 degrees, 60 degrees, 75 degrees, 90 degrees, 105 degrees, 120 degrees, and 135 degrees done for 7 days from 7 am until 3 pm every 2 hours, data in voltage and temperature are measured in degree celcius. The finding of this research shows that the intensity of light received by the panel at the angle of inelition is shown in the form of tables and graphs. Based on the research on effect of changes in the direction of the angle of the solar cell using the solar energy of the light intensity to volage, it is found out that changes in light intensity greatly affect the strong and weak voltage received by the solar cell panels. Changes to angle of sun light affect the size (high-low) of the voltage. The right angle direction is at the angle of the suns coming rays located at the angle of 125 degrees. Anguler direction depends on the placement of solar cell panels.

Keywords: Angle, voltage, Temperature.

PENDAHULUAN

Dalam beraktivitas kehidupan sehari – hari kita pasti membutuhkan energi atau usaha, energi sendiri yang berarti kemampuan untuk melakukan pekerjaan atau beraktivitas dengan kata lain sinar matahari merupakan salah satu sumber energi penghasil dari energi yang lain . Di bumi yang kita tempati ini banyak unsur – unsur alam dari bermacam bentuk yang bias diubah ke dalam energi lainnya terutama energi matahari yang melimpah terbuang percuma. Hal tersebut dapat digunakan sebagai modal utama menggunakan energi matahari pembangkit listrik dengan menggunakan *photovoltaic*. Komponen utama dari sistem *photovoltaic* adalah sel surya yang berfungsi untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Sumber energi matahari merupakan energi terbesar di muka bumi yang tidak habis – habisnya dapat digunakan secara gratis dapat mengalahkan sumber energi lainnya yang ada, akan dapat memenuhi kebutuhan manusia di manapun saja dengan memanfaatkan secara langsung produk energi listrik, pemanasan, pendingin dan sebagainya. permasalahan utama dari *photovoltaic*.

Beberapa temuan Pangestuningtias, DL 2013, mengemukakan beberapa teori menyebutkan bahwa besarnya daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan karena dipengaruhi oleh besarnya intensitas matahari serta suhu lingkungan sekitarnya. Pada kondisi standar sistem *photovoltaic* yang mempunyai efisiensi sebesar 10% dapat menghasilkan daya sebesar 100 Watt pada saat intensitas matahari yang diterima sebesar 1.000 W/m² dan pada suhu 25⁰ C. Semakin besar intensitas matahari yang diterima oleh panel sel surya maka semakin besar daya yang dapat dihasilkan oleh *photovoltaic* tersebut dapat dipengaruhi oleh tempat dan arah gerak semu matahari. Untuk memaksimalkan intensitas matahari yang diterima oleh panel sel surya maka untuk perancangan sistem dibutuhkan sudut kemiringan sel surya yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari, menghasilkan kemiringan sel surya yang paling tepat untuk menerima radiasi matahari adalah 10⁰ walaupun untuk pengukuran radiasi setiap jamnya walaupun pada jam 09.00 sudut kemiringan yang paling tepat adalah 60⁰ .

Salah seorang peneliti pada tahun 2015, E. Glaser Peter mengatakan bahwa energi telah menjadi kunci untuk pengembangan sosial

manusia dan merupakan komponen penting dalam meningkatkan kualitas kehidupan di luar kegiatan dasar yang diperlukan untuk bertahan hidup. Jumlah energi dan perubahan sumber daya yang digunakan untuk menghasilkan tenaga ditentukan oleh teknologi, ekonomi, lingkungan, dan sosial sebagai bahan pertimbangan. Energi matahari merupakan sumber daya yang dapat didistribusikan secara luas, biaya dan peralatan yang diperlukan untuk mengubahnya membuatnya menjadi tugas yang menantang untuk menemukan dan memperkenalkan metode terbaik untuk mengubahnya secara efisien dan ekonomis dalam bentuk yang berguna dalam skala yang cukup besar untuk memiliki dampak yang signifikan .

Pada tahun 2014 Akinyele.D.O, menyebutkan bahwa Sebuah persentase yang signifikan dari permintaan energi global diperkirakan akan dipenuhi melalui masukan sumber daya energi terbarukan dalam waktu dekat. Sistem penyimpanan energi adalah salah satu solusi yang mungkin untuk mengurangi efek dari sumber daya terbarukan berselang (intermittent) pada jaringan, yang memungkinkan peningkatan pemanfaatan energi terbarukan, dan memberikan fleksibilitas dan layanan tambahan untuk mengelola tantangan penyediaan tenaga listrik/permintaan di masa mendatang.

Sebagai acuan pengembangan penelitian ini adalah temuan paten (inventor) Gary M. Kassem dengan nomor publikasi WO2012033534 A2 tentang Solar panel support structure. Penemuan tersebut berhubungan dengan sistem kombinasi atap dan struktur dukungan panel surya untuk digunakan dengan panel energi surya di atas atap , khususnya array dan struktur dukungan panel surya memegang atap di tempat. Ada beberapa klaim yang diajukan antara lain : array surya; sepasang paralel berorientasi panduan rel, membran pelindung tidak melekat pada atap.

Selanjutnya hasil penelitian Bahari.S.dkk, 2012, tentang Pengembangan Model Penyimpanan Energi Matahari Sebagai Energi Alternatif Menunjang Proses Pembuatan Garam Laut dalam Seminar Nasional Sains dan Teknik 2012, menunjukkan bahwa setiap penambahan bahan kolektor yang digunakan terjadi perubahan temperatur, namun tidak dapat mencapai temperatur maksimum bila dibandingkan wadah dalam keadaan kosong,

hal tersebut bisa diakibatkan pengaruh uap cair. Penelitian yang telah dilaksanakan merupakan penelitian tindakan (action research) artinya penelitian ini berdasarkan pada hasil – hasil penelitian dan temuan terdahulu yang dikembangkan dituangkan dalam bentuk produk nyata. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengarah pada pengembangan teknologi energi baru terbarukan maka peneliti mengadakan penelitian lanjutan hibah pada tahun 2012 yang berjudul “ Rancang bangun model penyimpanan energi matahari” menghasilkan temuan paten (inventor), paten terdaftar peneliti tentang “Stuktur wadah sel surya dan pengaruh sudut” dengan nomor permintaan paten P17201506395 dikeluarkan oleh Direktur Paten Kementerian Hukum dan Hak Azazi Manusia Republik Indonesia Direktorat Jendral Kekayaan Intelektual di Jakarta pada tahun 2015.

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan inventor yang sedang dikembangkan dan diharapkan menghasilkan produk prototipe yang dapat menghasilkan temuan paten (*inventor*) dengan tujuan untuk menghasilkan inovasi teknologi model model konstruksi struktur wadah sel surya. Permasalahan dalam penelitian ini apakah ada pengaruh terhadap perubahan sudut sel surya arah sinar matahari terhadap terdapa intersitas cahaya. Penelitian tersebut merupakan penelitian tindakan (*action research*) artinya penelitian ini berdasarkan pada hasil – hasil penelitian dan temuan terdahulu yang dikembangkan dan dituangkan dalam bentuk produk nyata. Kita tahu bahwa ketergantungan bahan bakar minyak bumi hampir tidak dapat dihindari sehingga megakibatkan menipis cadangannya dan juga membawa efek rumah kaca terhadap lingkungan. Maka dengan adanya penelitian ini diharapkan mampu menjawab tantangan di masa yang akan datang. Penelitian ini diharapkan menghasilkan wadah energi matahari yang ramah lingkungan.

Mengingat negara Indonesia sangat kaya sumber daya alam yang patut dan sudah seharusnya di syukuri pemberian Tuhan yang mahakuasa tersebut. Energi matahari sangat berlimpah, maka sangat diperlukan penelitian pengembangan temuan yang berhubungan dengan energi matahari terutama dalam penelitian yang akan memfokuskan tentang struktur wadah elemen energi matahari.

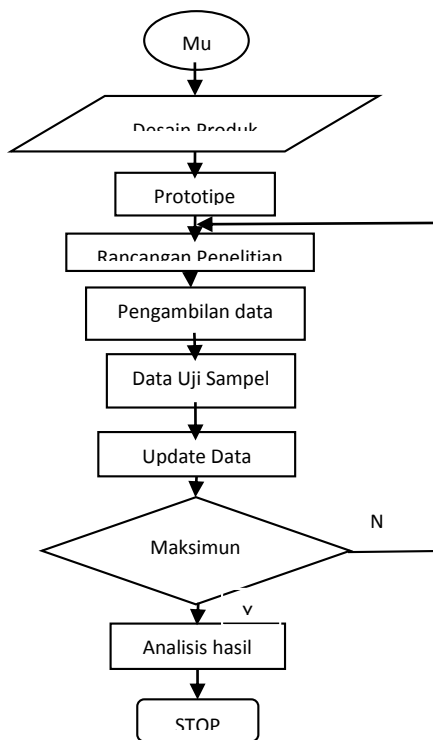
Berbagai macam masalah ditemukan di lapangan tentang krisis energi yang tidak habis – habisnya bila di kupas misalnya kenaikan harga bahan bakar minyak, kekurangan energi listrik, pemanasan global dan sebagainya. Maka program penelitian ini dalam rangka untuk memecahkan permasalahan dengan perumusan masalah :“ apakah ada pengaruh terhadap perubahan sudut sel surya arah sinar matahari terhadap intersitas cahaya.”. Adapun tujuan penelitian dan sasaran yang hendak dicapai dalam penelitian adalah: untuk mengetahui perubahan sudut kemiringan panel sel surya arah sinar matahari terhadap Intensitas cahaya, temperatur, tegangan dan arus searah.

Metode penelitian

Metode penelitian tindakan langsung (action research) yaitu tahap pendekatan rancangan, tahap pendekatan pembuatan alat dan tahap pengujian alat. Tahap pengujian melakukan pengukuran dan analisis, tahapan-tahapan dan proses perancangan alat serta sistem pengujian alat yang meliputi pengukuran intensitas

cahaya, temperatur, serta arus dan tegangan . Alat ukur, yang digunakan dalam pengujian untuk menganalisis perubahan temperatur dan Intensitas cahaya terhadap Arus danTegangan pada sel surya digunakan 1 buah multimeter yang berfungsi untuk mengukur arus dan tegangan, luxmeter untuk mengukur intensitas cahaya dan thermometer untuk mengukur naik turunnya temperatur dalam pengambilan data serta busur baja : merupakan alat ukur sudut langsung dengan kecermataaan sampai satu derajat.

Data pengamatan berupa pengukuran pengukuran kemiringan sudut 45° , 60° , 75° , 90° , 105° , 120° , 135° yang akan dilaksanakan selama 7 hari dari pukul jam 07.00-16.00 selang dua jam, data-data ; tegangan dalam Voltase dan temperatur dalam derajat Celsius.. Hasil dari penelitian ini berupa intensitas cahaya yang diterima oleh panel pada sudut kemiringan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Langkah – langkah penelitian disajikan pada gambar 1 diagram alir berikut :



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pembahasan

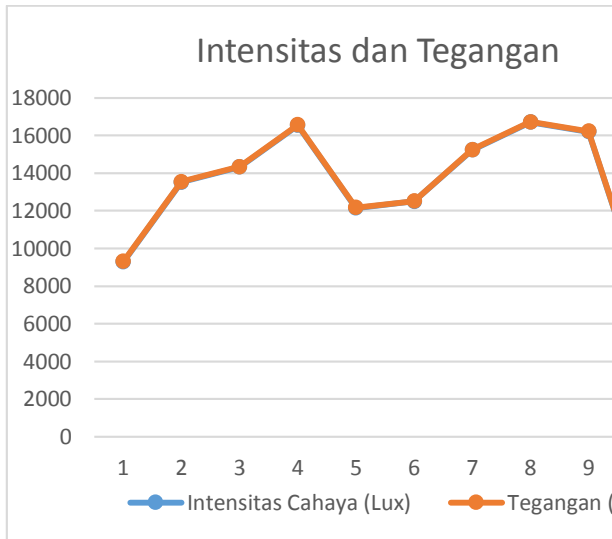
Berdasarkan hasil pengamatan berupa pengukuran yang telah dilaksanakan selama 7 hari dari jam 07.00 – 16.00, pada soar sel 50 WP (Watt Peak) maka diperoleh data – data dan grafik pada masing – masing tabel 1 dan gambar 2.

Tabel 1. Pengambilan data Pengukuran Intensitas Cahaya dan Temperatur terhadap arus dan Tegangan pada panel sel surya 50 WP sudut 90 derajat.

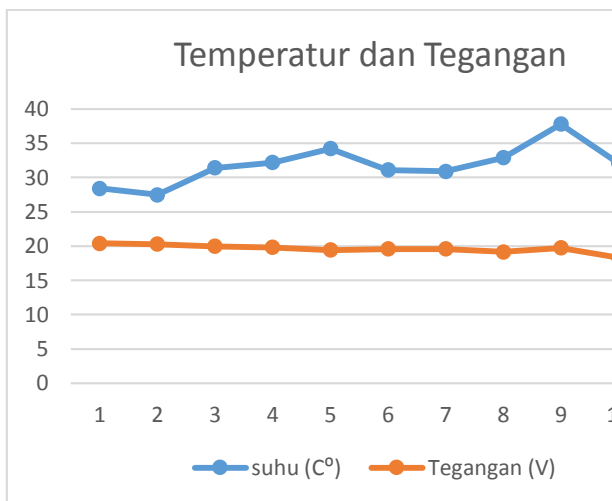
N	Wa	Tem	Intensita	Tegan	Arus
o	ktu	pera	s Cahaya	gan	(I)
		tur	(Lux)	(V)	mA
		(C ⁰)			
1	07,0	28.4	9291	20.42	2.448
	0	1			5798
					24
2	08,0	27.5	13520	20.28	2.465
	0	0			4832
					35

3	09,0	31.4	14322	19.99	2.501
	0	1			2506
					25
4	10,0	32.2	16540	19.8	2.525
	0	0			2525
					25
5	11,0	34.2	12153	19.43	2.573
	0	2			3401
					96
6	12,0	37.1	12504	19.57	2.554
	0	2			9310
					17
7	13,0	36.9	15231	19.57	2.554
	0	1			9310
					17
8	14,0	35.9	16702	19.17	2.608
	0	2			2420
					45
9	15,0	34.8	16203	19.75	2.531
	0	1			6455
					7
1	16,0	32.1	6822	18.32	2.729
	0	3			2576
					42
1	17,0	27.3	1724	16.93	2.953
	1	0			3372
					71

Tabel 1 menunjukkan data pengujian dalam 11 kali pengukuran, pencatatan dilakukan dalam setiap jam dengan pengukuran ; temperature, intensitas cahaya dan tegangan. Panel sel surya menggunakan 50 WP artinya panel tersebut dapat menyuplai daya sebesar 50 wat/jam. Dari hasil pengukuran pada lokasi penelitian besarnya intensitas cahaya tertinggi sebesar 16702 lux pada jam 14.00 siang dan temperatur tertinggi 37.12 ° C. Tegangan berpengaruh terhadap perubahan temperatur semakin tinggi temperatur maka tegangannya menurun. Hal tersebut dapat dibandingkan pada gambar 2 dan gambar 3 dimana energi cahaya yang diterima atau enetsitas melemah, maka besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan juga akan menurun.

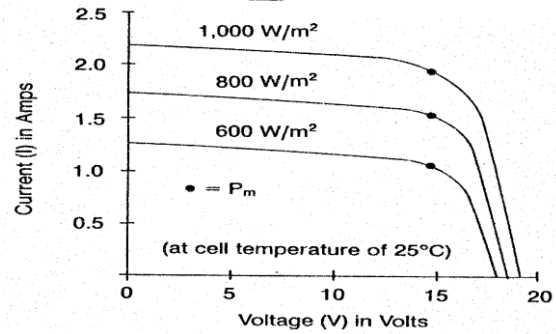


Gambar 2. Intensitas Cahaya dan Tegangan



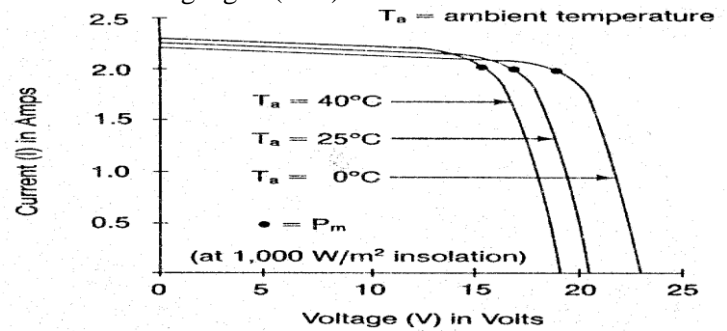
Gambar 3. Temperatur dan Tegangan

Selanjutnya bila temperatur naik maka voltase juga akan melemah, ini bisa disebabkan oleh perubahan pemuaian pada bahan sel surya. Sebagaimana beberapa teori menyebautkan bahwa efek perubahan intensitas cahaya apabila energy cahaya yang diterima sel surya berkurang atau melemah maka besar tegangan dan arus listrikjuga akan melemah, disajikan pada gambar 4 kurve efek perubahan intensitas



Gambar 4 Kurva efek perubahan intensitas

Efek Perubahan Temperatur Pada Sel Surya
Sel surya akan beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 250 C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan (Voc).



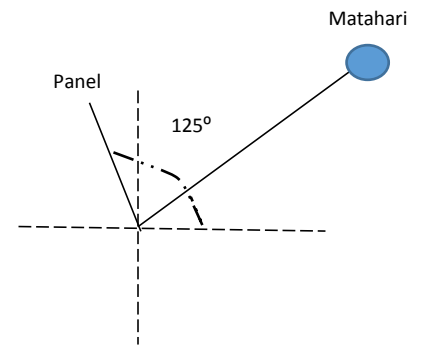
Gambar 5. Kurva efek perubahan temperatur.

Pada pagi hari pukul 6.00 WIB tingkat kelembaban besar yaitu 88% dan terjadi pengembunan sambil menurunkan partikel-partikel padatan akibat polusi kendaraan bermotor dan industri permukaan bumi, sehingga pada saat ini kondisi atmosfer mempunyai kebeningan yang tinggi dan langit biru. Fenomena tersebut mengakibatkan pada pagi hari yang cerah pukul 9.00 WIB sel surya memiliki efisiensi terbesar yaitu dengan efisiensi 10%. Pada siang hari partikel partikel padatan akibat pulusi kembali ke angkasa, dengan meningkatnya temperatur udara gerakan partikel semakin hebat, sehingga meningkatkan hamburan radiasi surya yang masuk ke bumi. Hal ini mengakibatkan difusi ratio membesar dimana jumlah radiasi difusi lebih besar radiasi langsung, dan efisiensi sel surya pada pukul 12.00 WIB adalah sebesar 9%, lebih rendah dari pada pagi hari. Pada sore hari akibat terjadi penguapan pada siang hari dan semakin meningkatnya partikel padatan polusi di udara, sehingga indek kecerahan terendah dimana tampak banyak awan. Selain itu radiasi

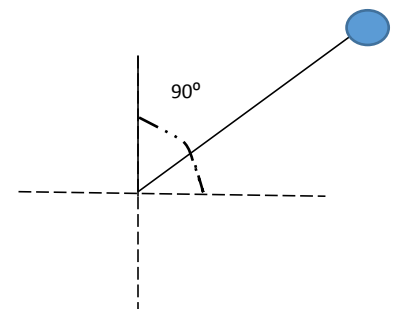
surya global sangat kecil, sehingga pada sore hari sekitar pukul 17.00 WIB dengan efisiensi 3%, kemampuan sel surya menurun secara drastic (Yushardi, 2002).

Hasil pengujian PLTS didapatkan bahwa temperatur lingkungan berbanding lurus dengan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya, temperatur lingkungan berbanding terbalik dengan kelembaban udara. Sedangkan besarnya tegangan listrik yang dihasilkan oleh sel surya relatif stabil, untuk pengaruh kecepatan angin dalam pengujian ini tidak memiliki dampak terhadap kinerja sel surya. Daya listrik maksimal yang dihasilkan sel surya pukul 11:00-13:00 WIB memiliki prosentase rata-rata harian modul surya sebesar 50,94%. (Putro, S.) Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 05.00WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-12.00WIB, dan turun pada saat matahari mulai terbenam pukul 18.00WIB.

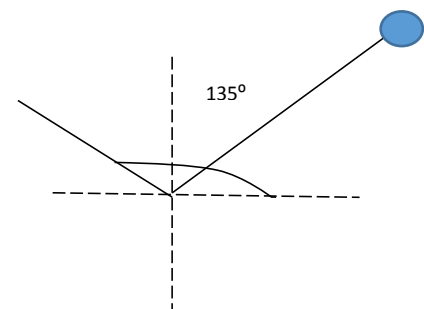
Bahwa performa panel sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari pada suatu lokasi juga dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu cuaca, sudut datang sinar matahari dilokasi tersebut. Sudut datang sinar matahari di sebuah lokasi berbeda – beda tergantung dari garis lintangnya. Hubungan antara energi oleh suatu permukaan dengan sudut datang sinar matahari ditunjukkan pada gambar 6 sampai dengan gambar 10. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap perubahan sudut antara sinar datang dengan panel sel surya sangat berpengaruh terhadap intensitas cahaya dan tegangan yang dihasilkan. Efek dari perubahan sudut sinar matahari dapat diukur dengan cara mengubah sudut dan permukaan panel surya. Maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa arah sudut panel surya yang terbaik atau tekuat tegangannya pada sudut 125 derajat dan yang terlemah pada sudut 180 derajat terhadap sinar datang matahari.



Gambar 6. Tegangan 22,00 Volt



Gambar 8. Tegangan 19,92 Volt



Gambar 10. Tegangan 20,7 Volt

Sebagai temuan, bila diperhatikan gambar 6 sampai gambar 10 menunjukkan arah cahaya jatuh ke subjek akan sangat berpengaruh besarnya tegangan, arah cahaya menentukan tegangan yang ditimbulkan terhadap objek yang dituju sekaligus menentukan sudut arah objek panel sel surya. Arah cahaya sinar matahari

menuju objek diarahkan pada sudut 125° , 180° , 90° , 110° dan 135° . Dari sekian sudut yang diuji maka tegangan yang paling tinggi adalah pada sudut 125° .

Sinar matahari yang datang membias ke segala arah sesuai besaran sudut, bila sinar matahari terarah pada sudut 45° terhadap objek atau panel sel surya vertical maka tegangan yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan sudut pengarah pada 35° dari sudut vertikal 90° . Gambar 6 menunjukkan tegangan tertinggi mencapai 22,00 volt dan pada gambar 8 sudut vertical sudut 90° merupakan tegangan terendah yaitu 19,92 volt. Artinya bila sinar datang terpusat pada titik tengah objek tegangannya berkuang jika dibandingkan perubahan sudut dari arah vertical objek atau arah panel panel surya terhadap sinar matahari yang datang..

Bertambah besar arah sudut arah vertical maka tegangan juga akan menurun dan juga sebaliknya bertambah kecil sudut pengarah maka besaran tegangan juga berkurang. Perlu menjadi catatan dalam penelitian ini adalah bila temperatur tinggi maka tegangan juga akan naik, namun menjadi perhatian bila dalam keadaan temperatur tinggi kemudian dipersikkan dengan air maka tegangan mengginggi dengan tiba – tiba dan akan normal kembali dalam beberapa saat kemudian, ini bisa disebabkan perubahan karena panas pada elemen sel surya terjadi kejutan atau perubahan struktur sifat silikon dari pasir silika. Objek keadaan horizontal gambar 7 terjadi penurunan tegangan dapat disebabkan oleh pancaran sinar matahari terjadi pancaran kesegala arah.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh perubahan arah sudut sel surya menggunakan energi matahari terhadap intensitas cahaya adalah bahwa:

1. Perubahan intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap kuat dan lemahnya tegangan yang diterima panel sel surya.
2. Perubahan terhadap sudut datang sinar matahari berpengaruh terhadap besar kecilnya tegangan.
3. Bertambah tinggi temperatur pebel sel surya bertambah lemah tegangannya.

4. Arah sudut yang tepat adalah pada sudut sinar datang matahari terletak pada sudut 125 derajat.
5. Arah sudut tergantung lokasi penempatan panel sel surya.

Saran

Disarankan kepada para peneliti kiranya dapat menindaklanjuti penelitian ini sebagai bahan tambahan literatur penelitian lebih lanjut untuk pengembangan penelitian energi terbarukan terutama energi matahari ramah lingkungan.

Ucapan terimakasih.

Terimakasih kami sampaikan kepada Kementerian riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat dan Direktur Politeknik Negeri Kupang yang telah menyetujui dan membiayahi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous (2017). pengujian pembangkit listrik tenaga surya dengan posisi pelat photovoltaic horizontal.
<http://journals.ums.ac.id/index>. diakses tanggal 29/7/2017
- Akinyele,D.O., R.K. Rayudu,2014.Review of energy storage technologies for susteinabel power network..OriginalResearch Article Sustainable Energy Technologies and Assessments, Volume 8, December 2014, Pages 74-91
- Bahari, Syahrul. Abdullah, A. Ginting, P. Lembang, Y.L (2007) Rancang Bangun Model Penyimpanan Energi Matahari. Poltek. Kupang.
- (Bahari.S.Laka ,A, 2012), tentang Pengembangan Model Penyimpanan Energi Matahari Sebagai Energi Alternatif Menunjang Proses Pembuatan Garam Laut . Seminar Nasional Sains dan Teknik 2012 (SAINSTEK 2012) Kupang tanggal 13 Nopember 2012,

- E. Glaser Peter, 2015. The Development of Solar Power Satellites. *Advances in Energy Systems and Technology*.
www.sciencedirect.com. Diakses : 03 April 2015.
- Gary M. Kassem dengan nomor publikasi WO2012033534 A2 tentang Solar panel support structure.
- Yulianto.B (2006) Energi surya; Alternatif sumber energi masa depan di Indonesia artikel iptek-bidang energi dan sumber daya alam (online). (<http://www.Berita iptek>. Diakses 8 juli 2007
November 2014 . Diakses tanggal 29/7/2017
- Yushardi, 2002, Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Pola Efisiensi Tiap Jam harian Pada Modul Sel Surya. Diakses 20 Juli 2017. <http://www.tumoutou.net>
- Subandi, Slamet Hani2 (2014), Korelasi suhu dan intensitas cahaya terhadap daya pada solar cell, Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta
- Satwiko Sidopekso, dan Anita Eka Febtiwiyanti (2017), Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014 ISSN: 1979-911X Yogyakarta, 15