PENGARUH PARAMETER LINGKUNGAN DAN PENEMPATAN POSISI MODUL TERHADAP LUARAN ENERGI PLTS MENGGUNAKAN SOLAR CELL 50 WP, 12 VOLT

Rusman Sinaga

Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Kupang
Jl. Adisucipto Po.Box.139 Penfui, Kupang 85361 NTT, Indonesia
aganis02@yahoo.com

Abstrak: Kondisi geografis merupakan salah satu hambatan pemasokan energi listrik melalui jaringan PLN ke perdesaan di Indonesia, sehingga masih banyak rumah tangga yang belum menikmati layanan energi listrik. Sesuai kondisi klimatologi NTT yang mempunyai musim kemarau panjang, penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dipandang potensial dikembangkan. Pemanfaatan PLTS listrik surya atap di NTT saat ini mencapai 10.751 unit, namun demikian, akhir-akhir ini pemakaian PLTS mengalami beberapa permasalahan yaitu PLTS tersebut sering tidak dapat berfungsi dengan baik dan beban lampu yang dipasang menghasilkan nyala yang kurang terang. Permasalahan ini diduga berkaitan dengan faktor-faktor lingkungan seperti suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban dan juga letak posisi penempatan modul sel surya terhadap bumi yang kurang tepat. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan pengaruh parameter lingkungan (suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban) dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi PLTS. Metode yang digunakan adalah eksperimen dan deskriptif. Hasil penelitian diketahui bahwa iluminasi radiasi sinar matahari sangat berpengaruh terhadap luaran energi PLTS, Jika Iluminasi bertambah 1 Lux maka luaran energi akan bertambah 0.001 Wh dengan asumsi suhu konstan. Kelembaban tidak berpengaruh terhadap luaran energi PLTS dan pengaruh suhu hanya dapat terlihat pada siang hari. Penempatan modul PLTS tegak lurus dengan bumi menghasilkan luaran energi optimum

Kata Kunci: Luaran energi, Iluminasi radiasi sinar matahari, suhu, kelembaban

1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini masih banyak dari anggota masyarakat di Indonesia, terutama yang berada di pedesaan yang belum merasakan layanan listrik. Hal ini terutama disebabkan oleh kesulitan keadaan geografis daerah tersebut sehingga tidak memungkinkan dijangkau oleh jaringan listrik yang disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Di Propinsi Nusa Tenggara Timur dari 2.545 jumlah total desa, 1.456 (57, 21%) dari total desa masih belum mendapatkan aliran listrik PLN, 123 desa diantaranya yang tidak dapat dijangkau oleh PLN sudah dipasang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), (PT. PLN. Wilayah NTT, 2010).

Sesuai dengan kondisi klimatologi NTT yaitu mempunyai musim kemarau yang relatif panjang, penggunaan pembangkit listrik tenaga surya dipandang potensial dikembangkan di NTT. Sejak tahun 2000an, penggunaan PLTS sudah mulai dikembangkan di beberapa daerah di kabupaten Kupang, Kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS), Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) dan Kabupaten Alor (Sinlae *et al.* 2004). Namun demikian akhir-akhir ini penyediaan PLTS ini juga banyak dikeluhkan masyarakat di beberapa daerah seperti yang terjadi di Kabupaten Alor belakangan ini. Menurut pengakuan salah seorang warga Desa Teluk Kenari, Kecamatan Mutiara Kabupaten Alor “Listrik Tenaga Surya

menyala tetapi tidak terlalu terang, kalau awan mendung, listrik tidak bisa menyala, sementara jika panas terik, terangnyapun tidak berbeda jauh dari sekarang”. Ungkapan senada disampaikan oleh warga Desa Hulnani “Selama ini, pada siang hari PLTS berfungsi dengan baik. Kalau pada siang hari matahari sangat panas, maka malam harinya listrik menyala terang, namun jika pada siang hari cuaca mendung listrik tidak berfungsi sama sekali”. Adanya beberapa keluhan yang dikemukakan oleh pemakai sel surya tersebut menimbulkan beberapa pertanyaan. Apakah benar kondisinya demikian dan jika benar dimanakah kekeliruan sehingga sel surya tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik. Hal ini perlu diteliti untuk mencari permasalahan pokok dan menemukan alternatif solusinya. Tidak optimalnya penggunaan PLTS diduga berkaitan dengan faktor-faktor lingkungan seperti suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban (Soemarwoto O. 2004) dan juga letak posisi penempatan modul PLTS terhadap bumi yang kurang tepat sehingga mempengaruhi luaran energi PLTS.

Luaran energi sel surya yang dihasilkan dari PLTS dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter lingkungan seperti suhu, iluminasi radiasi sinar matahari dan kelembaban baik pada pagi, siang maupun sore hari (Walery 2003). Luaran sel surya juga dapat dipengaruhi oleh letak posisi penempatan modul sel surya terhadap bumi (SHS 2010). Parameter-parameter ini dapat mempengaruhi sukses tidaknya PLTS yang digunakan. Adanya keluhan-keluhan yang dikemukakan oleh pemakai PLTS di atas dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut. Namun demikian, sejauh mana faktor-faktor tersebut mempengaruhi dapat diungkapkan melalui penelitian ini. Penelitian ini mengkaji pengaruh suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban dan posisi penempatan modul sel surya pada pagi, siang dan sore hari terhadap luaran energi sel surya. Selain itu diteliti pula pengaruh posisi penempatan modul terhadap luaran energi PLTS.

Kadir (1990), mengungkapkan bahwa perubahan suhu berpengaruh terhadap tegangan keluaran dari sel surya. Besarnya arus listrik yang diperoleh tergantung dari energi cahaya matahari yang mencapai sel-sel silicon modul sel surya dan tergantung juga dari luas permukaan modul tersebut. Djojonegoro (1992) menjelaskan lebih lanjut bahwa salah satu kendala pengembangan energi terbarukan di Indonesia antara lain kontinuitas penyediaan energi listrik rendah, karena sumberdaya energinya sangat bergantung pada kondisi alam yang perubahannya tidak menentu.

Pada penelitian ini pengaruh suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban, dan posisi penempatan modul sel surya pada pagi, siang dan sore hari terhadap luaran energi PLTS diteliti. Selain itu bagaimanakah dampak dari posisi penempatan modul PLTS tersebut terhadap energi yang dihasilkan PLTS juga diteliti. Secara khusus permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Bagaimana pengaruh parameter lingkungan (suhu, iluminasi radiasi sinar matahari dan kelembaban) terhadap luaran energi PLTS.
- Seberapa besarkah pengaruh letak posisi penempatan modul sel surya terhadap besarnya luaran energi PLTS.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuktikan bagaimana pengaruh parameter lingkungan (suhu, iluminasi radiasi sinar matahari, kelembaban) dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi PLTS. Hasil penelitian ini dapat diharapkan memberikan masukan kepada masyarakat pemakai PLTS, memberikan masukan kepada Pemerintah Daerah Tingkat II khususnya Kabupaten yang masyarakatnya menggunakan PLTS sehingga dapat memberikan penjelasan langsung kepada masyarakat pengguna PLTS tersebut, menambah teori pada mata kuliah Pembangkit Tenaga Listrik dan Pengelolaan Sumberdaya alam dan lingkungan dan juga merupakan aplikasi mata kuliah statistik.

2. BAHAN DAN METODA

Bahan yang digunakan berupa modul PLTS dengan spesifikasi teknis sebagai berikut: Modul Solar Cell 50 WP / 12 V, Box Power Unit (Battery 70 AH/12 V, Controller 10 A/12 V, Inverter 12 V to 150 Watt/220 V), 3 s/d 6 unit lampu jenis CFL 5 watt/220 V, Kabel Modul ke PBU, 2 x 2,5 mm, NYYHY, Kabel Instalasi lampu, 2 x 2,5 mm, NYM Penyangga Modul dan Tiang Penyangga

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan deskriptif. Eksperimen yaitu daya luaran sel surya diukur di bawah kondisi buatan (*artificial condition*) dimana kondisi variabel posisi penempatan (sudut absorpsi) dari sel surya terhadap bumi diubah bervariasi sesuai dengan sejumlah data yang dibutuhkan. Metode diskriptif yaitu variabel yang diteliti terdiri dari variabel suhu, iluminasi radiasi sinar matahari dan kelembaban diukur sebagaimana adanya berdasarkan variasi dari sejumlah waktu yang dibutuhkan (Nazir 2003). Pengukuran dilakukan dari bulan Mei sampai dengan bulan Juni 2011 bertempat di lokasi di Jln. Damai I Soverdi Oebufu Kupang. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran menggunakan peralatan ukur seperti AVO meter digital, thermometer digital, lux meter, higrometer, hasil-hasil pengukuran kemudian dimasukkan dalam tabel. Langkah awal sebelum dilakukannya pengukuran variabel parameter lingkungan didahului dengan pembangunan fisik PLTS tersebut dilengkapi dengan pemasangan instalasi. Kemudian setelah keseluruhan bangunan fisik pembangkit listrik tenaga surya mikro ini diselesaikan baru dilakukan pengujian dan pengukuran parameter yang dibutuhkan sebagai berikut:

- Pengukuran variabel arus keluaran sel surya dalam satuan Amper (A) dan tegangan keluaran dengan satuan Volt (V) untuk mendapatkan daya keluaran PLTS (P) dengan satuan Watt yang dirubah ke dalam bentuk energi dalam satuan *Watt hour* (Wh) disebut sebagai variabel terikat Y diukur dengan menggunakan AVO meter digital

dilakukan dengan teknik penyambungan *short circuit* dan *open circuit* dengan keluaran positif dan negatif PLTS (keluaran dc).

- Pengukuran suhu keliling sel surya dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) yang disebut variabel bebas X_1 , parameter ini diukur dengan menggunakan thermometer digital dengan cara meletakkan sensor suhu diatas permukaan modul PLTS.
- Pengukuran iluminasi radiasi sinar matahari dalam satuan Lux (Lx) yang disebut sebagai variabel bebas X_2 . Pengukuran parameter ini dilakukan dengan cara meletakkan lux meter (merek delorenzo) tersebut di atas modul PLTS.
- Pengukuran kelembaban udara dalam persen (%) yang disebut sebagai variabel bebas X_3 menggunakan higrometer, yang diletakkan berdekatan dengan modul PLTS yang digunakan.
- Pengukuran sudut penempatan posisi modul sel surya terhadap bumi yang dirubah bervariasi sesuai dengan kebutuhan data sebagai sample dalam derajat, yang disebut sebagai variabel X_4 . Parameter ini diukur dengan menggunakan busur dan kompas untuk menentukan kedudukan posisi derajat busur lintang.

Teknik analisis data yang digunakan adalah sebagai berikut: Analisis pengaruh parameter lingkungan (suhu, iluminasi radiasi sinar matahari dan kelembaban) terhadap luaran energi PLTS dianalisis dengan menggunakan analisis regresi berganda (Supranto, 2000). Analisis pengaruh letak posisi penempatan modul sel surya terhadap besarnya luaran energi yang dihasilkan PLTS dianalisis dengan menggunakan analisis varian (anova) (Sudjana, 2002).

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah daya keluaran sel surya dalam satuan Watt (W) yang disebut sebagai variabel terikat Y, kemudian dirubah ke bentuk Energi (KWh), suhu disekeliling sel surya dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) yang disebut variabel bebas X_1 ,

iluminasi radiasi sinar matahari dalam satuan Lux (Lx) yang disebut sebagai variabel bebas X_2 , kelembaban udara pada permukaan sel surya dalam satuan % disebut sebagai variabel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Pengaruh Parameter Lingkungan Terhadap Luaran Energi PLTS

Dugaan sementara (hipotesis) bahwa ada pengaruh parameter lingkungan (suhu, iluminasi radiasi sinar matahari dan kelembaban) terhadap luaran energi yang dihasilkan PLTS yang dianalisis dengan

bebas X_3 , Sudut penempatan posisi modul sel surya terhadap bumi yang dirubah bervariasi sesuai dengan kebutuhan data sebagai sample dalam derajat, yang disebut sebagai variabel X_4 . menggunakan analisis regresi. Analisis pengaruh parameter lingkungan terhadap luaran energi PLTS mengambil data pengukuran pada pagi hari jam 09. Wita, siang hari jam 12.00 Wita dan sore hari jam 15 Wita, dengan posisi penempatan modul berkedudukan pada sudut $\phi = 90^\circ$. Data pengukuran disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil pengukuran suhu, iluminasi, kelembaban dan luaran energi PLTS

No.	Jam 09 Wita				Jam 12 Wita				Jam 15 Wita			
	E (Wh)	S (C)	Ir (Lux)	K (%)	E (Wh)	S (C)	Ir (Lux)	K (%)	E (Wh)	S (C)	Ir (Lux)	K (%)
1	36	30	27100	62	64	31	49500	53	31	30	23400	60
2	33	28	24900	65	64	32	49000	51	35	32	26300	65
3	35	29	26300	63	60	32	46400	57	23	30	17500	62
4	30	25	22700	68	58	35	45000	59	22	31	16900	64
5	30	25	22900	68	57	35	45000	60	22	31	16900	63
6	20	23	15700	78	18	27	13900	60	12	27	9500	71
7	33	25	25600	64	13	27	10600	61	4	27	3500	84
8	22	23	17100	76	58	35	44700	59	45	33	34500	61
9	37	32	28500	60	58	35	44700	44	45	33	34500	50
10	39	35	29700	54	57	34	44000	49	44	33	33600	62
11	38	32	28900	58	56	34	43600	53	43	33	32700	56
12	39	33	29700	56	60	33	46500	42	43	33	32700	52
13	38	30	28600	59	60	34	46600	50	35	29	26500	51
14	37	30	27900	61	58	37	45000	49	33	30	26300	53
15	36	30	27100	62	58	34	44800	50	22	33	16500	53
16	35	32	26300	59	61	37	46100	54	39	33	29700	66
17	34	30	26300	63	58	37	44200	51	39	33	29700	56
18	36	31	27900	61	60	36	45800	49	50	34	38100	56
19	39	33	30000	58	58	37	44200	49	50	34	38100	49
20	37	33	28700	56	60	36	45800	47	37	33	28300	53
21	38	33	28900	56	59	38	45100	47	37	33	28100	44
22	39	34	29700	54	61	38	46200	50	50	34	37900	50
23	38	33	28900	55	61	35	45800	48	36	32	27500	48
24	37	31	27900	61	60	35	45500	55	49	33	37500	54
25	36	31	27900	61	59	36	45300	51	31	33	23400	51
26	38	32	29700	57	60	36	45300	54	31	33	23400	52
27	38	32	28500	60	59	37	44700	50	44	33	33500	50
28	40	33	29700	58	59	37	44900	48	36	34	27500	59
29	27	25	20600	71	58	36	44300	57	42	33	31900	55
30	12	23	9900	90	59	32	44800	58	20	28	16400	69
31	21	25	17000	76	60	32	45800	67	17	30	14400	73

Keterangan: E = Luaran energi; S = Suhu ;Ir = Iluminasi radiasi sinar matahari; K = Kelembaban

Tabel 3.2 Koefisien regresi suhu, iluminsi kelembaban terhadap luaran energi pada pagi hari

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.718	6.845		.105	.917
	Suhu	-.084	.058	-.045	-1.439	.162
	Iluminasi	.001	.000	1.027	14.816	.000
	Kelembaban	-.009	.062	-.011	-.148	.883

a Dependent Variable: Energi

Hasil analisis yang diperlihatkan pada Tabel 3.2. menunjukkan bahwa pada pagi hari:

1. Suhu tidak berpengaruh terhadap luaran energi PLTS (Sig. = 0.162 > 0.05)
2. Iluminasi radiasi sinar matahari sangat berpengaruh terhadap luaran energi PLTS (Sig.= 0.000 < 0.05)

3. Kelembaban tidak berpengaruh terhadap luaran Energi PLTS (Sig. = 0.883 > 0.05)

Dari tabel koefisien regresi tersebut dapat dibentuk model regresi yaitu:

$$Y = 0.718 + 0.001 X_2$$

Jika X_2 (Iluminasi) bertambah 1 Lux maka Y (luaran energi) akan bertambah 0.001 Wh

Tabel 3.3 Koefisien regresi suhu, iluminsi kelembaban terhadap luaran energi pada siang hari

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-3.691	1.994		-1.851	.075
	Suhu	.121	.047	.030	2.574	.016
	Iluminasi	.001	.000	.979	88.980	.000
	Kelembaban	.000	.019	.000	-.002	.998
2	(Constant)	-3.695	1.181		-3.129	.004
	Suhu	.121	.043	.030	2.790	.009
	Iluminasi	.001	.000	.979	90.906	.000

a Dependent Variable: Energi

Hasil analisis yang diperlihatkan pada Tabel 3.3. menunjukkan bahwa pada siang hari:

1. Suhu berpengaruh terhadap luaran energi PLTS (Sig. = 0.016 < 0.05)
2. Iluminasi radiasi sinar matahari sangat berpengaruh terhadap luaran energi PLTS (Sig.= 0.000 < 0.05)
3. Kelembaban tidak berpengaruh terhadap luaran PLTS (Sig. = 0.998 > 0.05)

$$Y = - 3.695 + 0.121 X_1 + 0.001 X_2$$

Jika X_1 (Suhu) bertambah 1 derajat maka Y (luaran energi PLTS) akan bertambah 0.121 Wh dengan asumsi X_2 konstan. Jika X_2 (Iluminasi radiasi sinar matahari) bertambah 1 Lux maka Y (luaran energi) akan bertambah 0.001 Wh dengan asumsi X_1 konstan.

Dari tabel koefisien regresi tersebut dapat dibentuk model regresi yaitu:

Tabel 3.4 Koefisien regresi suhu, iluminasi kelembaban terhadap luaran energi sore hari

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-3.350	2.459		-1.362	.184
	Suhu	.125	.072	.021	1.728	.095
	Iluminasi	.001	.000	.977	76.682	.000
	Kelembaban	-.010	.014	-.007	-.693	.494
2	(Constant)	-4.434	1.879		-2.360	.025
	Suhu	.138	.069	.024	2.000	.055
	Iluminasi	.001	.000	.980	82.805	.000

a Dependent Variable: Energi

Hasil analisis yang diperlihatkan pada Tabel 3.4 menunjukkan bahwa pada sore hari:

1. Suhu tidak berpengaruh terhadap luaran energi PLTS (Sig. = 0.095 > 0.05).
2. Iluminasi radiasi sinar matahari sangat berpengaruh terhadap luaran energi PLTS (Sig.= 0.000 < 0.05).
3. Kelembaban tidak berpengaruh terhadap luaran PLTS (Sig. = 0.494 > 0.05).

Dari tabel koefisien regresi tersebut dapat dibentuk model regresi yaitu:

$$Y = -3.35 + 0.001X_2$$

Jika X_2 (Iluminasi) bertambah 1 Lux maka Y (luaran energi) akan bertambah 0.001 Wh.

Pada pagi hari suhu tidak berpengaruh terhadap luaran energi PLTS, artinya pancaran radiasi sinar matahari akan menembus udara dengan suhu lingkungan pada permukaan PLTS pagi hari yang tidak menjadi penghalang, sehingga iluminasi radiasi sinar matahari akan mengenai modul PLTS tersebut, sehingga luaran energi yang dibangkitkan PLTS tidak terpengaruh oleh suhu. Sebaliknya pancaran sinar matahari lah yang mengakibatkan suhu lingkungan di sekitar modul tersebut menjadi berangsur naik. Jika cuaca mendung, pancaran sinar matahari melemah suhu lingkungan pada permukaan modul PLTS juga menjadi rendah.

Kadir (1990), mengungkapkan bahwa besarnya arus listrik atau tenaga listrik yang diperoleh tergantung dari energi cahaya atau iluminasi radiasi sinar matahari yang mencapai sel-sel

silicon (modul PLTS) dan tergantung juga dari luas permukaan modul tersebut. Dari hasil analisis yang dilakukan ungkapan dari Kadir tersebut dapat diterima dimana iluminasi radiasi sinar matahari sangat mendominasi dalam mempengaruhi luaran energi pada pagi, siang dan sore hari. kuat pancaran sinar matahari akan mengakibatkan permukaan dari modul PLTS tersebut dapat menerima dan menyerap energi yang jauh lebih tinggi, artinya fluktuasi kuat pancaran radiasi sinar matahari yang mengenai modul PLTS sangat berpengaruh, karena makin besar iluminasi radiasi sinar matahari maka luaran energi PLTS tersebut akan semakin besar.

Berdasarkan analisis yang dilakukan bahwa kelembaban udara tidak berpengaruh terhadap luaran energi, hal ini berarti bahwa walaupun kondisi udara pada lingkungan dimana ditempatkan PLTS tersebut lembab pada saat matahari memancarkan sinarnya, pancaran radiasi sinar matahari tersebut tidak dapat di halangi oleh kelembaban. Kelembaban akan berkurang jika pancaran sinar matahari optimum.

Jika dikaji lebih jauh ungkapan Kadir (1990), maka dari analisis yang dilakukan jika pada pagi hari suhu tidak berpengaruh terhadap luaran energi PLTS dan pada siang hari suhu berpengaruh terhadap luaran energi pada PLTS. Disini jelas terlihat bahwa suhu pada siang hari dipengaruhi baik tegangan maupun arus listrik. Dengan demikian luaran energi juga dapat dipengaruhi oleh komponen arus dan tegangan

yang keluar dari PLTS tersebut. Artinya dengan terpengaruhnya luaran energi akibat suhu pada siang hari berarti dapat dikatakan bahwa kekuatan pancaran sinar matahari yang

mengakibatkan suhu naik, dengan demikian seolah-olah suhu yang dapat mempengaruhi luaran energi.

3.2. Analisis Pengaruh Posisi Penempatan Modul Terhadap Luar Energi PLTS

Dugaan sementara (hipotesis) bahwa terdapat pengaruh letak posisi penempatan modul sel surya terhadap besarnya luaran energi yang dihasilkan PLTS dianalisis dengan menggunakan analisis varian (anova). Pengaruh letak posisi penempatan modul (sudut ϕ) terhadap luaran energi PLTS (E) dengan menggunakan data pengukuran pada pagi (jam

09 Wita), siang hari jam (12.00 Wita) dan pada sore (jam 15 Wita), posisi penempatan modul pada sudut $\phi = 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ, 50^\circ, 60^\circ, 70^\circ, 80^\circ, 90^\circ, 100^\circ, 110^\circ, 120^\circ$. Hasil pengolahan data dengan analisis varian (anova) pada pagi (jam 09 Wita) menggunakan program SPSS dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.1, 3.2 dan 3.3 (Wijaya 2010).

Gambar 3.1 Perubahan luaran energi akibat perubahan posisi penempatan modul pada pagi hari hasil *one way* anova

Kurva perubahan luaran energi rata-rata (Y) akibat perubahan posisi penempatan modul (ϕ) hasil *one way* ANOVA Gambar 3.1 Jelas terlihat bahwa luaran energi rata-rata maksimum berada pada 35.34 Wh yang terletak

pada sudut posisi penempatan modul berada pada $\phi = 50^\circ$, dengan demikian penempatan modul PLTS posisi $\phi = 50^\circ$ dengan bumi pada pagi hari akan menghasilkan luaran energi maksimum.

Gambar 3.2 Perubahan luaran energi akibat perubahan posisi penempatan modul pada siang hari hasil *one way* anova

Kurva perubahan luaran energi rata-rata (Y) akibat perubahan posisi penempatan modul (ϕ) hasil *one way* ANOVA Gambar 3.2 jelas terlihat bahwa luaran energi rata-rata maksimum berada pada 56.49 Wh yang terletak pada sudut posisi penempatan modul berada pada $\phi = 90^\circ$, dengan demikian penempatan modul PLTS tegak lurus dengan bumi pada siang hari akan menghasilkan luaran energi maksimum.

Kurva perubahan luaran energi rata-rata (Y) akibat perubahan posisi penempatan modul (ϕ) hasil *one way* ANOVA Gambar 3.3 jelas terlihat bahwa luaran energi rata-rata maksimum berada pada 34.60 Wh yang terletak pada sudut posisi penempatan modul pada $\phi = 100^\circ$, dengan demikian penempatan modul PLTS $\phi = 100^\circ$ bumi pada sore hari akan menghasilkan luaran energi maksimum.

Gambar 3.3 Perubahan luaran energi akibat perubahan posisi penempatan modul pada sore hari hasil *one way* anova

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Pada pagi, siang dan sore hari Iluminasi radiasi sinar matahari berpengaruh terhadap luaran energi pada PLTS, Jika Iluminasi bertambah 1 Lux maka luaran energi akan bertambah 0.001 Wh dengan asumsi suhu konstan. Pada siang hari Suhu berpengaruh terhadap luaran energi pada PLTS, Jika Suhu bertambah 1 derajat maka luaran energi PLTS akan bertambah 0.121 Wh dengan asumsi iluminasi radiasi sinar matahari konstan. Pada pagi, siang maupun sore hari kelembaban tidak berpengaruh terhadap luaran energi pada PLTS.

Terdapat pengaruh letak posisi penempatan modul sel surya terhadap luaran energi dimana pada pagi hari luaran energi rata-rata maksimum berada pada 35.34 Wh yang terletak pada sudut posisi penempatan modul pada $\phi = 50^\circ$, penempatan modul PLTS posisi $\phi = 50^\circ$ dengan bumi pada pagi hari akan menghasilkan luaran energi maksimum. Pada

siang hari luaran energi rata-rata maksimum berada pada 56.49 Wh yang terletak pada sudut posisi penempatan modul berada pada $\phi = 90^\circ$. Penempatan modul PLTS tegak lurus dengan bumi pada siang hari akan menghasilkan luaran energi maksimum. Pada sore hari luaran energi rata-rata maksimum berada pada 34.60 Wh yang terletak pada sudut posisi penempatan modul berada pada $\phi = 100^\circ$, Penempatan modul PLTS $\phi = 100^\circ$ terhadap bumi pada sore hari akan menghasilkan luaran energi maksimum.

4.2. Saran

Kepada para pengguna PLTS, sebaiknya agar penggunaan PLTS tersebut benar-benar optimum dalam memproduksi energi, supaya pemasangan modul sel surya yang digunakan ditempatkan tegak lurus (90°) terhadap permukaan bumi.

Iluminasi radiasi sinar matahari sangat mempengaruhi luaran energi PLTS, untuk itu

penempatan modul PLTS sebaiknya ditempatkan menghadap matahari atau tegak lurus terhadap bumi. Suhu lingkungan akan menurun dan kelembaban akan semakin besar jika cuaca mendung dan lingkungan dimana modul PLTS ditempatkan jika dihalangi oleh pohon dan tanaman lainnya, sudah barang tentu iluminasi radiasi sinar matahari semakin kecil mengenai modul PLTS, untuk itu sebaiknya pohon dan tanaman lainnya yang menghalangi sinar matahari mengenai modul PLTS agar dapat ditebang.

Untuk pencapaian optimalisasi luaran energi PLTS pengembangan lebih lanjut dapat merancang dudukan modul sel surya menggunakan motor stepper mengikuti arah matahari.

Wijaya Tony (2010), *Cepat Menguasai SPSS 19*, Cahaya Atma, Yogyakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Djojonegoro (1992), Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia, Diakses 2 Mei 2011 pada Elektro Online and Indosat Net [Http://Www.Elektroindonesia.Com/Elektro/Energi](http://www.Elektroindonesia.Com/Elektro/Energi)
- Kadir (1990), Energi, Universitas Indonesia, Jakarta
- Nazir Moh (2003), Metode Penelitian, Ghalia Indonesia, Jakarta
- SHS (2010), Solar Home System, Vicca, Surabaya
- Sinlae Y., Benu F.L., Sampeallo A.S., Kellen P.B. (2004), Rencana Umum Ketenagalistrikan Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur, Universitas Nusa Cendana, Kupang
- Soemarwoto O. (2004), Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan, Djambatan Jakarta
- Supranto J. (2000), Statistik, Teori Dan Aplikasi, Erlangga Jakarta
- Sudjana (2002), Metoda Statistik, Tarsito Bandung
- Walery Wenas Wilson (2003), Teknologi Sel Surya, diakses 4 Mei 2011 pada [Http://Www.Elektroindonesia.Com/Elektro/Energi3.html](http://www.Elektroindonesia.Com/Elektro/Energi3.html)