

MODEL ESTIMASI KARAKTERISTIK MODUL PHOTOVOLTAIC POLYCRYSTALLINE DAN MONOCRYSTALLINE 50 WP

Rusman Sinaga^{1*}, Marthen Dangu Elu Beily²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Kupang

Jalan Adisucipto Penfui Kupang Indonesia 85361

*E-mail: sinagarusman@gmail.com

Abstrak

Rasio elektrifikasi di Kabupaten Kupang masih 60%. Rata-rata rumah tangga yang belum mendapatkan pasokan listrik berada di perdesaan terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN. Alternatif yang paling baik dalam penyediaan sumber energi listrik di perdesaan Kabupaten Kupang yang belum terjangkau oleh jaringan PLN adalah menggunakan modul PV. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan efisiensi modul PV bahan *monocrystalline* dengan *polycrystalline* dan menemukan model estimasi karakteristik modul PV pada saat musim kemarau. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi yaitu melakukan pengukuran variabel SR, S, I_{sc} dan V_{oc}. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul PV *monocrystalline* lebih efisien dibandingkan dengan modul PV *polycrystalline*. Pada penggunaan modul PV *monocrystalline*, model estimasi persamaan regresi adalah I_{sc} = 0.0009 SR + 1.9497 dan V_{oc} = 28.02 - 0.2683 S. Pada penggunaan modul PV *polycrystalline* model estimasi persamaan regresi adalah I_{sc} = 0.001 SR + 1.6649 dan V_{oc} = 25.644 - 0.2196 S.

Kata kunci: Model estimasi, modul PV, *monocrystalline*, *polycrystalline*,

PENDAHULUAN

Masih terdapat 30,910 dari 78,011 rumah tangga di Kabupaten Kupang yang belum mendapatkan pasokan energi listrik dengan rasio elektrifikasi 60%. Rata-rata rumah tangga yang belum mendapatkan pasokan energi listrik tersebut berada di perdesaan terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan PLN [1], pada hal salah satu sumber penghasilan utama di perdesaan Kabupaten Kupang adalah dari hasil pertanian, selain untuk penerangan di malam hari para petani sangat berharap dapat mengoperasikan pompa air listrik untuk mendapatkan air dari sumur-sumur karena curah hujan di Kabupaten tersebut relatif kecil sepanjang tahun.

Alternatif yang paling baik dalam penyediaan sumber energi listrik di perdesaan Kabupaten Kupang yang belum terjangkau oleh jaringan PLN adalah menggunakan modul *Photovoltaic* (modul PV) [2]. Intensitas radiasi sinar matahari di Kupang sangat optimum pada musim kemarau. Pada pagi, siang dan sore hari radiasi sinar matahari sangat berpengaruh terhadap luaran energi PLTS [3]. Perubahan intensitas sinar matahari dan sudut datang sinar matahari sangat berpengaruh terhadap

tegangan yang diterima modul PV [4]. Kinerja modul PV berupa output daya maksimum bervariasi dengan musim. Pada akhir musim panas dan atau kemarau, suhu akan meningkat dan kinerja modul PV cenderung meningkat [5]. Namun demikian yang menjadi permasalahan penggunaan modul PV saat ini adalah memilih bahan PV yang tepat berdasarkan kondisi iklim terutama radiasi matahari dan suhu.

Penelitian ini mengkaji pengaruh radiasi matahari terhadap arus hubungan singkat dan juga pengaruh suhu terhadap tegangan rangkaian terbuka baik modul PV *monocrystalline* maupun *polycrystalline* sehingga para pengguna dan atau calon pengguna modul PV dapat memilih diantara kedua bahan modul PV tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan efisiensi modul PV *monocrystalline* dan *polycrystalline* dan menemukan model estimasi karakteristik Modul PV *monocrystalline* maupun *polycrystalline* di Kabupaten Kupang pada saat musim kemarau, sehingga para pengguna modul PV dapat memilih bahan terbaik sesuai dengan kebutuhan. Selain keperluan pengguna modul PV khususnya di Kabupaten Kupang, hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi

mahasiswa sebagai referensi dalam mengadakan praktikum pengujian karakteristik modul PV.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk memperoleh data sekunder adalah menggunakan metode study literature, sedangkan untuk mendapatkan data primer menggunakan metode observasi yaitu melakukan pengukuran variabel radiasi matahari (SR), suhu modul (S), arus hubung singkat (I_{sc}) dan tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}). Pengukuran dilakukan secara bersamaan untuk bahan modul PV *monocrystalline* dan *polycrystalline* di Fenun 2 Desa Baumata Kecamatan Taebenu Kabupaten Kupang pada bulan Juli, Agustus dan September 2018. Alat yang digunakan dalam pengukuran antara lain adalah: 1) Solar power meter untuk mengukur radiasi matahari (Gambar 1). 2) Thermometer digital untuk mengukur suhu dibawah modul PV (Gambar 1). 3) Ampere meter digunakan untuk mengukur arus hubung singkat (Gambar 2). 4) Volt meter digital digunakan untuk mengukur tegangan rangkaian terbuka (Gambar 2). 5) Clinometer digunakan untuk mengukur derajat kemiringan modul PV sebesar 10° menghadap utara (Gambar 3) dan 6) Kompas digunakan untuk mengukur penempatan posisi modul PV menghadap utara (Gambar 3). Rakaian pengukuran modul PV disajikan pada Gambar 4. [6], [7].

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua unit modul PV 50 Wp yang terdiri dari satu unit modul PV *monocrystalline* dan satu unit PV *polycrystalline* seperti disajikan pada Gambar 5.



Gambar 1. Solar power meter dan

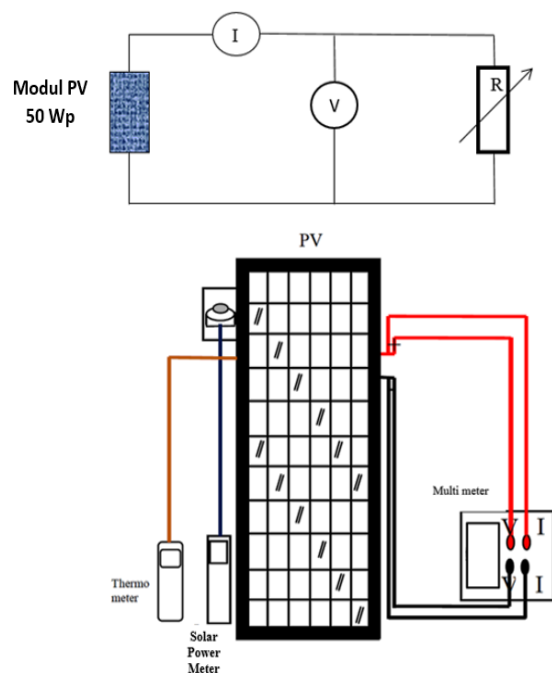
thermometer digital



Gambar 2. Ampere meter dan volt meter



Gambar 3. Clinometer dan kompas



Gambar 4. Rangkaian pengukuran modul PV



Gambar 5. Modul PV *monocrystalline* (kiri) dan *polycrystalline* (Kanan)

Metode analisis data yang digunakan untuk menemukan pengaruh radiasi matahari terhadap arus hubung singkat dan pengaruh suhu terhadap tegangan rangkaian terbuka menggunakan analisis regresi linier [8], sedangkan luasan daya modul PV yang merupakan arus hubung singkat (I_{sc}) berbanding lurus dengan tegangan rangkin terbuka (V_{oc}) pada modul PV dihitung menggunakan persamaan (1) [9]:

$$P_o = I_{sc} \cdot V_{oc} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- P_o : Daya output Solar PV (W)
- I_{sc} : Arus hubung singkat (A)
- V_{oc} : Tegangan rangkaian terbuka (V)

Besaran daya radiasi matahari yang datang sebagai daya input modul PV dapat dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan (2).

$$P_i = SR \cdot A_{SPV} \dots \dots \dots (2)$$

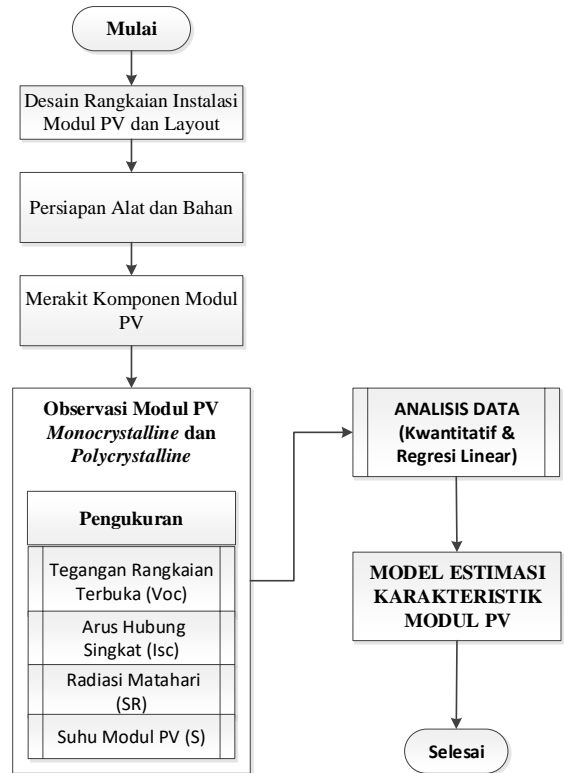
Dimana:

- P_i : Daya masuk ke panel surya (W)
- A_{SPV} : Luas permukaan Solar PV (m^2)
- SR : Radiasiadiasi matahari (W/m^2)

Effisiensi Solar PV (η) dihitung dengan menggunakan persamaan (3)

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

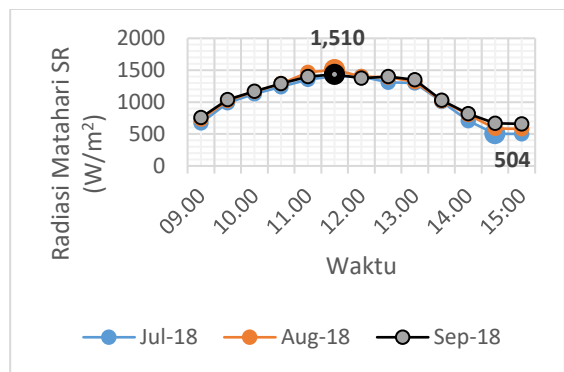
Bagan alir penelitian disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang ditampilkan dalam artikel ini untuk pengukuran radiasi matahari adalah pengukuran pada bulan Agustus 2018, dimana pada bulan Agustus tersebut adalah puncak radiasi mata hari tertinggi di Kabupaten Kupang sebesar $1,510 W/m^2$. Pengukuran radiasi matahari tiga bulan terakhir di Kabupaten Kupang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil pengukuran SR di Kabupaten Kupang

Hasil pengukuran variabel V_{oc} , I_{sc} , SR dan S pada modul PV *monocrystalline* menunjukkan bahwa V_{oc} rata-rata 16.42 Volt, I_{sc} rata-rata 2.96 Ampere, sedangkan SR rata-rata berada pada $1,098 W/m^2$ dan SR maksimum berada pada pukul 11:30 Wita sebesar $1,510 W/m^2$, sementara S rata-rata sebesar $43^{\circ}C$ dan

suhu modul PV tertinggi adalah 56°C pada pukul 11:30 dan 12.00 Wita. Hasil pengukuran variabel modul PV *monocrystalline* disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil pengukuran variabel modul PV *monocrystalline*

Pukul (WITA)	Variabel Pengukuran			
	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)	SR (W/m ²)	S (°C)
9:00	18.00	2.50	732	36
9:30	18.00	2.70	1,025	36
10:00	19.00	3.50	1,164	37
10:30	19.50	3.20	1,291	37
11:00	19.50	3.30	1,464	37
11:30	13.50	3.50	1,510	56
12:00	13.00	3.30	1,400	56
12:30	15.50	3.00	1,391	46
13:00	14.50	2.90	1,318	48
13:30	17.00	2.80	1,017	42
14:00	15.00	2.70	801	49
14:30	16.00	2.60	586	44
15:00	15.00	2.50	580	38
Rata-rata	16.42	2.96	1,098	43.23

Hasil perhitungan daya output (Po) rata-rata modul PV *monocrystalline* sebesar 48.67 Watt sedangkan daya input (Pi) rata-rata sebesar 397.60 Watt sehingga efisiensi modul PV rata-rata adalah 13%. Hasil perhitungan variabel Po, Pi dan η disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan efisiensi modul PV *monocrystalline*

Pukul (WITA)	Variabel Perhitungan		
	Po(W)	Pi (W)	η (%)
9:00	45.00	265.01	17%
9:30	48.60	371.01	13%
10:00	66.50	421.37	16%
10:30	62.40	467.34	13%
11:00	64.35	530.01	12%
11:30	47.25	546.62	9%
12:00	42.90	506.80	8%
12:30	46.50	503.51	9%
13:00	42.05	477.01	9%
13:30	47.60	368.15	13%
14:00	40.50	289.96	14%
14:30	41.60	212.01	20%
15:00	37.50	209.96	18%
Rata-rata	48.67	397.60	13%

Hasil pengukuran variabel V_{oc}, I_{sc}, SR dan S pada modul PV bahan *polycrystalline* menunjukkan bahwa V_{oc} rata-rata 15 Volt, I_{sc} rata-rata 2.75 Ampere, sedangkan SR rata-rata berada pada 1,098 W/m² dan SR maksimum berada pada pukul 11:30 Wita sebesar 1,510 W/m², sementara S rata-rata sebesar 48°C dan suhu modul PV tertinggi adalah 56°C pada pukul 10:00 dan 12.00 Wita. Hasil pengukuran variabel modul PV *polycrystalline* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran variabel modul PV

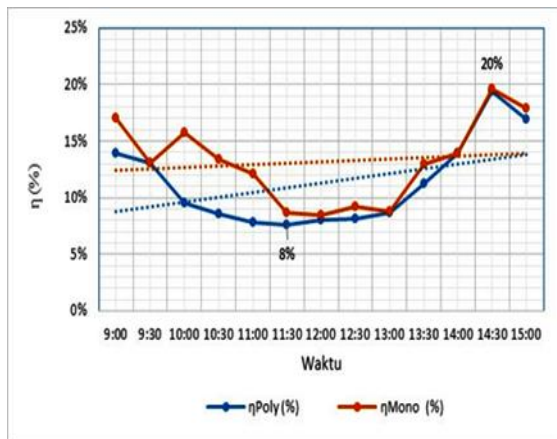
Pukul (WITA)	Variabel Pengukuran			
	V _{oc} (V)	I _{sc} (A)	SR (W/m ²)	S (°C)
9:00	16.00	2.30	732	38
9:30	17.00	2.85	1,025	40
10:00	13.00	3.10	1,164	56
10:30	13.00	3.07	1,291	55
11:00	13.50	3.08	1,464	55
11:30	13.50	3.09	1,510	56
12:00	13.50	3.00	1,400	54
12:30	14.00	2.93	1,391	53
13:00	14.50	2.85	1,318	51
13:30	15.50	2.67	1,017	48
14:00	17.00	2.38	801	43
14:30	17.50	2.35	586	42
15:00	17.00	2.09	580	37
Rata-rata	15.00	2.75	1,098.34	48.47

Hasil perhitungan daya output (Po) rata-rata modul PV *polycrystalline* sebesar 40.76 Watt sedangkan daya input (Pi) rata-rata sebesar 397.60 Watt sehingga efisiensi modul PV rata-rata adalah 11%. Hasil perhitungan variabel Po, Pi dan η disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi modul PV *polycrystalline*

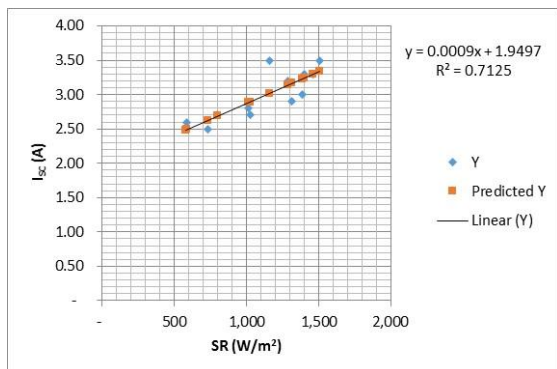
Pukul (WITA)	Variabel Perhitungan		
	Po(W)	Pi (W)	η (%)
9:00	36.80	265.01	14%
9:30	48.45	371.01	13%
10:00	40.30	421.37	10%
10:30	39.90	467.34	9%
11:00	41.58	530.01	8%
11:30	41.71	546.62	8%
12:00	40.54	506.80	8%
12:30	40.97	503.51	8%
13:00	41.28	477.01	9%
13:30	41.35	368.15	11%
14:00	40.39	289.96	14%
14:30	41.05	212.01	19%
15:00	35.53	209.96	17%
Rata-rata	40.76	397.60	11%

Berdasarkan fenomena radiasi matahari di Kabupaten Kupang Hasil perhitungan efisiensi modul PV (η) menunjukkan bahwa penggunaan modul PV *monocrystalline* lebih efisien dibandingkan dengan modul PV *polycrystalline*, dimana rata-rata efisiensi modul PV *monocrystalline* 13% sedangkan modul PV *polycrystalline* sebesar 11%. Karakteristik efisiensi Modul PV terhadap waktu disajikan pada Gambar 8.



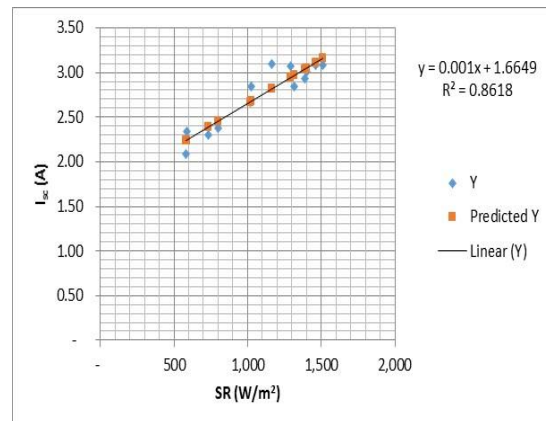
Gambar 8. Karakteristik efisiensi modul PV terhadap Waktu

Pada penggunaan modul PV *monocrystalline*, setiap kenaikan radiasi Matahari (SR) 1 W/m², maka arus hubung singkat modul PV (I_{sc}) akan bertambah 0.0009 Amper. Model estimasi persamaan regresi I_{sc} = 0.0009 SR + 1.9497 dengan R² = 71 %, artinya 71% I_{sc} dipengaruhi oleh radiasi matahari dan 29% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Model estimasi pengaruh SR terhadap I_{sc} modul PV *monocrystalline* disajikan pada Gambar 9.



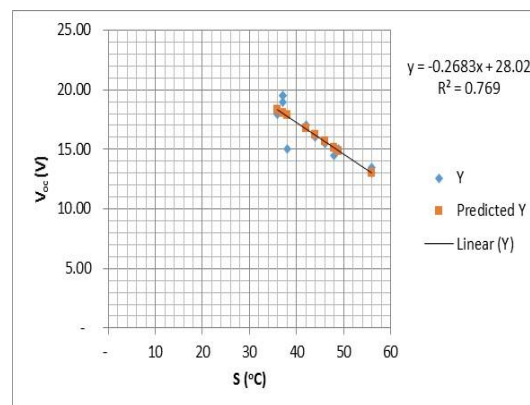
Gambar 9. Model estimasi pengaruh SR terhadap I_{sc} modul PV *monocrystalline*

Pada penggunaan modul PV *polycrystalline* setiap kenaikan radiasi matahari (SR) 1 W/m², maka arus hubung singkat modul PV (I_{sc}) akan bertambah 0.001 Ampere. Model estimasi persamaan regresi I_{sc} = 0.001 SR + 1.6649 dengan R² = 86 %, artinya 86% I_{sc} dipengaruhi oleh radiasi matahari dan 14% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Model estimasi pengaruh SR terhadap I_{sc} modul PV *polycrystalline* disajikan pada Gambar 10.



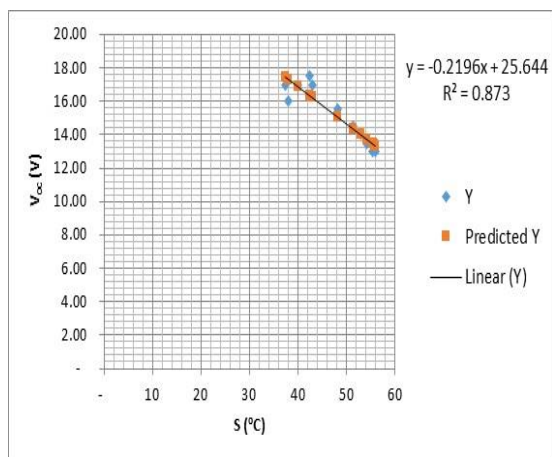
Gambar 10. Model estimasi pengaruh SR terhadap I_{sc} modul PV *polycrystalline*

Pada penggunaan modul PV *monocrystalline*, setiap kenaikan suhu modul PV sebesar 1°C, maka tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) akan turun 0.2683 Volt. Model estimasi persamaan regresi V_{oc} = 28.02 - 0.2683 S, dengan R² = 77 %, artinya 77% V_{oc} dipengaruhi oleh suhu modul PV dan 23% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Model estimasi pengaruh S terhadap V_{oc} modul PV *monocrystalline* disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Model estimasi pengaruh S terhadap V_{oc} modul PV *monocrystalline*

Pada penggunaan modul PV *polycrystalline*, setiap kenaikan suhu modul PV sebesar 1°C, maka tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) akan turun 0.2196 Volt. Model estimasi persamaan regresi V_{oc} = 25.644 - 0.2196 S, dengan R² = 87 %, artinya 87% V_{oc} dipengaruhi oleh suhu modul PV dan 13% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Model estimasi pengaruh S terhadap V_{oc} modul PV *polycrystalline* disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Model estimasi pengaruh S terhadap V_{oc} modul PV polycrystalline

PENUTUP

KESIMPULAN

Berdasarkan fenomena radiasi matahari di Kabupaten Kupang modul PV 50 Wp *monocrystalline* lebih efisien dibandingkan dengan modul PV polycrystalline. Efisiensi rata-rata modul PV *monocrystalline* 13% sedangkan modul PV polycrystalline 11%.

Pada penggunaan modul PV *monocrystalline*, model estimasi persamaan regresi adalah $I_{sc} = 0.0009 SR + 1.9497$ dan $V_{oc} = 28.02 - 0.2683 S$. Pada penggunaan modul PV polycrystalline model estimasi persamaan regresi adalah $I_{sc} = 0.001 SR + 1.6649$ dan $V_{oc} = 25.644 - 0.2196 S$.

SARAN

Berdasarkan fenomena perubahan iklim di Indonesia yang selalu mengalami perubahan, maka radiasi matahari juga akan berubah sesuai dengan kondisi iklim tersebut, sehingga perlu dilakukan penelitian sepanjang tahun untuk mendapatkan data series minimal lima tahun terakhir, sehingga dapat dilakukan pemodelan dinamis untuk memprediksi radiasi matahari sampai sepuluh tahun kedepan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sinaga R. Prastowo, Simangunsong B.C.H., Leabman A., Tambunan A.H. (2019). Analysis of barriers in supplying electricity using interpretative structural modeling. *Energy Strategy Reviews*. 25:11-17

[2] Sinaga R., Prastowo, Simangunsong B.C.H., Tambunan A.H. (2017). Analisis alternatif solusi penyediaan sumber

energi listrik studi kasus: Kabupaten Kupang. *JTEP.5* (3): 283-290

- [3] Sinaga R. (2011). Pengaruh parameter lingkungan dan penempatan posisi modul terhadap luaran energi PLTS menggunakan solar cell 50 Wp, 12 Volt. *Jurnal Studia Teknologia*. SAINTEK. 4(2): 178-187.
- [4] Bahari S, Laka A, Rosmiati. (2017). Pengaruh Perubahan Arah Sudut Sel Surya Menggunakan Energi Matahari Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan. *Jurnal UMJ*. 2:1-8
- [5] Tanesab J, Parlevliet D, Whale J, Urmee T. (2016). Dust effect and its economic analysis on PV modules deployed in a temperate climate zone. *Energy Procedia* 100: 65-68
- [6] Yanuar, Umar L, Setiadi RN. 2012. Evaluasi Nilai Tahanan Internal Modul Panel PV Berdasarkan Permodelan Kurva I (V). Prosiding Seminar Nasional Fisika Terapan III Departemen Fisika Universitas Airlangga. Surabaya
- [7] Tino A.A. 2016. Dampak debu terhadap kinerja modul photovoltaik di kampus Politeknik Negeri Kupang. *Jurnal Ilmiah Flash*. 2(1) 26-33
- [8] Harlan J. (2018). *Analisis Regresi Linier*. Depok. Penerbit Gunadarma
- [9] Napitupulu RAM, Simanjuntak S, Sibarani S. (2017). Pengaruh Material Monokristal dan Polikristal Terhadap Karakteristik Sel Surya 20 Wp dengan tracking sistem Dua Sumbu. Medan. Laporan Penelitian. Universitas HKBP Nomensen.