

# Analisis Perangkat Lunak PVSYST, PVSOL dan HelioScope dalam Simulasi *Fixed Tilt* Photovoltaic

Eriko Arvin Karuniawan

Teknik Elektro, Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta  
eriko@unu-jogja.ac.id

**Abstrak**—Telah banyak beredar perangkat lunak untuk mensimulasikan sistem *photovoltaic* dalam rangka pemanfaatan energi Matahari. Berbagai perangkat lunak tersebut menawarkan berbagai fitur dan dukungan layanan yang beragam. Selain fitur yang ditawarkan, harus diperhatikan pula akurasi atau ketepatan perangkat lunak dalam mensimulasikan hasil. Di penelitian ini akan dianalisis perangkat lunak PVSOL, PVSYST, dan HelioScope baik dari segi fitur dan hasil dari simulasi. Simulasi dilakukan dengan skenario PV berkapasitas 2650 Wp, Inverter *on grid* 2500 W, data cuaca bersumber dari Meteonorm dan lokasi berada di UNU Yogyakarta (7,8 LS dan 110,4 BT). Semua simulasi di lakukan menggunakan perangkat lunak PVSOL, PVSYST, dan HelioScope. Simulasi dilakukan dengan memvariasikan kemiringan dengan orientasi PV ke utara (azimuth 0°). Hasilnya adalah PV menghasilkan daya paling besar ketika kemiringan sekitar 10-15°. Signifikansi losses akibat perubahan kemiringan hanya berpengaruh 1,62% ketika kemiringannya berubah dari 10° menjadi 0° dan 3,14% ketika kemiringannya berubah dari 15° menjadi 30°. Dari segi kelengkapan fitur yang ditawarkan, PVSOL dan PVSYST memiliki fitur yang lengkap jika dibanding HelioScope. HelioScope memiliki keunggulan antarmuka yang sederhana dan praktis namun tidak memiliki fitur yang lengkap.

**Kata Kunci**—Energi, HelioScope, Matahari, photovoltaic, PVSOL, PVSYST.

DOI: 10.22441/jte.2021.v12i3.001

## I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi pemanfaatan energi surya sistem *Photovoltaic* (PV) menuntut pula perkembangan perangkat lunak yang digunakan dalam proses desain ataupun permodelan sistem PLTS(pembangkit Listrik Tenaga Surya). Dengan menggunakan perangkat lunak ini dapat memudahkan penggunanya untuk mendesain sistem PLTS baik dari segi teknis maupun finansial. Dalam perkembangannya, banyak perangkat lunak ditawarkan oleh berbagai pengembang perangkat lunak. Dalam pemilihan perangkat lunak simulasi PV, beberapa hal yang perlu diperhatikan dari suatu perangkat lunak untuk melakukan simulasi suatu proyek PLTS adalah[1]:

1. Kemampuan mensimulasikan aspek finansial dari sistem PLTS, meliputi keuntungan dari keakuratan simulasi energi yang dihasilkan, hingga masa pakai dari komponen sistem PLTS.
2. Kemampuan jaminan akurasi dari energi yang dihasilkan
3. Kemampuan perangkat lunak dalam melakukan simulasi perjanjian jual beli listrik (PPA)

4. Kemampuan perangkat lunak dalam melakukan simulasi integrasi dengan jaringan terdistribusi.

Oleh karena itu penting bahwa perangkat lunak simulasi PLTS harus dapat menghasilkan perkiraan produksi energi yang akurat secara *realtime*. Penggunaan perangkat lunak simulasi PLTS merupakan cara yang efektif untuk memodelkan sistem PLTS yang sebenarnya, untuk menentukan produksi energi baik secara instan maupun kumulatif selama masa gunanya.

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis perbandingan berbagai perangkat lunak sistem Photovoltaic baik dari segi teknis maupun fitur-fitur yang ditawarkan oleh perangkat lunak tersebut. Di pasaran, terdapat 20 lebih perangkat lunak yang dapat mensimulasikan sistem PLTS[2]. Karena adanya keterbatasan akses, dalam penelitian ini hanya akan dibandingkan 3 perangkat lunak simulasi sistem PLTS yang sering dijumpai dipasaran. Penelitian ini akan membandingkan hasil simulasi dari perangkat lunak PVSOL, PVSYST dan HelioScope dalam mensimulasikan sistem PLTS jenis *fixed tilt* dengan lokasi Yogyakarta dengan memvariasikan kemiringan panel surya. Dengan adanya perbandingan perangkat lunak ini, nantinya dapat dipilih perangkat lunak simulasi photovoltaic yang sesuai dengan kebutuhan.

## II. PENELITIAN TERKAIT

Pada penelitian sebelumnya[3] telah dilakukan perbandingan perangkat lunak dalam mensimulasikan sistem Photovoltaic yaitu dengan perangkat lunak SAM, PVsyst, HOMER, PVSOL, RETScreen, Solaris PV, HelioScope, Solar Pro, SOLARGIS, and PV F-Chart. Dari penelitian tersebut hanya membandingkan *Performance Ratio* (PR) dan *Capacity Utilization Factor* (CUF). Dalam penelitian ini cukup membandingkan tiga perangkat lunak saja yaitu PVSOL, PVSYST dan Helioscope karena ketiga perangkat lunak tersebut mengakomodir *database* komponen PV dan inverter yang cukup lengkap dengan ketersediaan tipe komponen yang sama dalam tiga perangkat lunak tersebut sehingga perbandingannya lebih adil untuk dibandingkan. Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan perbandingan kemiringan PV terhadap energi yang dihasilkan dari simulasi PV.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dilakukan perbandingan secara teknik dan kelengkapan fitur yang ditawarkan oleh perangkat lunak PVSOL, PVSYST dan HelioScope. Perbandingan teknis dilakukan dengan melakukan simulasi sistem PV dengan parameter lokasi PV yang sama dan divariasikan kemiringan

dari PV. Perbandingan fitur dilakukan dengan membandingkan kelengkapan fitur perangkat lunak yang diberikan dalam simulasi PV.

#### A. Photovoltaic (PV) dan Inverter

Dalam penelitian ini jenis PV yang digunakan dalam simulasi adalah Jinko JKM 265P-60, yang merupakan PV jenis policrystalline dan memiliki kapasitas 265 Wp. Jumlah panel yang digunakan dalam simulasi adalah 10 buah, sehingga kapasitas PV adalah 2650 Wp. Bentuk dan data teknis dari Panel Surya Jinko JKM 265P-60[4] dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Panel Jinko JKM 265P-60[4]

Tabel 1. Datasheet Jinko JKM 265P-60[5]

Data	Jinko JKM 265P-60
Pmax	265 W
Cell Type	Poly-crystalline
Dimensions	1650x992x40mm
Vmp	31,4 V
Imp	8,44 V
Module efficiency	16,19%
Efficiency	97,6%

Inverter merupakan perangkat yang berfungsi untuk merubah daya DC dari PV menjadi daya AC yang nantinya dapat disalurkan ke beban ataupun PLN. Dalam simulasi ini digunakan inverter on grid Growatt-2500-5500MTL-S yang merupakan inverter 1 fasa dengan kapasitas 2500W. Bentuk dan data teknis dari Inverter On Grid Growatt 2500MTL-S dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 2.



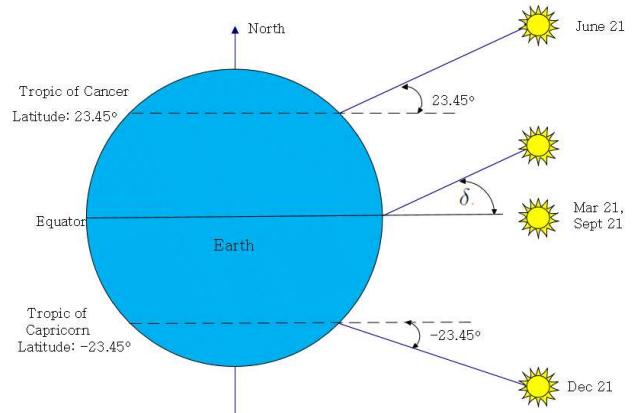
Gambar 2. Inverter On Grid Growatt 2500MTL-S[5]

Tabel 2. Datasheet Inverter Growatt 2500MTL-S

Data	Growatt 2500MTL-S
Max PV Power	2900 W
DC Max voltage	550 V
Start Voltage	100 V
Max input per MPPT	10A
MPPT	2
Efficiency	97,6%

#### B. Fixed Tilt PV

Gerak bumi terhadap Matahari menyebabkan perubahan sudut iradiasi matahari yang akan diterima oleh PV. Gerak semu Matahari terhadap bumi dalam 1 tahun dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Gerak semu Matahari[6]

Kemiringan dan orientasi panel PV harus diatur sedemikian rupa agar bisa mendapatkan iradiasi yang optimal. Kemiringan panel PV dapat berpengaruh pada nilai rata-rata iradiasi dalam satu tahun ( $W/m^2$ )[7]. Nilai iradiasi matahari akan berpengaruh pada energi listrik yang dihasilkan PV sesuai dengan persamaan (1).

$$E = A \times r \times H \times PR \quad [7](1)$$

Keterangan:

E = Energi (V)

A = Luas area panel PV

r = Solar Panel Yield (%)

H = rata-rata iradiasi dalam satu tahun ( $W/m^2$ )

PR = Performance Ratio

Di Indonesia yang terletak di daerah ekuator memiliki keunggulan dapat menerima sinar matahari sepanjang tahun. Dalam penelitian ini akan dianalisis efek perubahan kemiringan PV terhadap energi listrik yang dihasilkan PLTS.

Sistem *fixed tilt* PV merupakan sistem paling sederhana dalam konstruksi sistem panel PV, yang artinya panel PV tidak dilakukan perubahan baik dari kemiringan ataupun orientasinya[8]. Struktur konstruksi *fixed tilt* PV dapat dilihat pada Gambar 4. Secara umum orientasi PV paling optimal yang berada di belahan bumi selatan adalah menghadap ke utara dan sebaliknya[9]. Sedangkan untuk kemiringannya

dapat dihitung dengan menggunakan formula yang disederhanakan pada Tabel 3:

Tabel 3. Formula sederhana kemiringan optimal PV[9]

Latitude	Kemiringan
Nilai Latitude < 25°	Nilai latitude $\times$ 0,87
25° $\leq$ Nilai Latitude $\leq$ 50	(Nilai Latitude $\times$ 0,76) +3,1°
Nilai Latitude > 50°	Aturan khusus



Gambar 4. Struktur PV fixed tilt[10]

### C. Perangkat Lunak Simulasi PV

#### 1) PVSOL

PVSOL adalah perangkat lunak keluaran Valentin Software untuk mensimulasikan sistem PV dalam menghasilkan daya dalam lingkup perangkat lunak yang komprehensif. PVSOL memiliki berbagai fitur dalam berbagai jenis skema rangkaian PV[11]. PVSOL menawarkan fitur simulasi *shading* 3D, analisa finansial, dan dokumen laporan. Dalam penelitian, simulasi dilakukan dengan PVSOL premium 2020 R8. Tampilan antarmuka dari perangkat lunak PVSOL dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan PVSOL Premium[11]

#### 2) PVSYST

PVSyst merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (sizing), dan analisis data dari sistem PV secara lengkap. PVSyst dikembangkan oleh Universitas Genewa yang memiliki fitur simulasi sistem terinterkoneksi jaringan (grid-conenceted), sistem berdiri sendiri (stand-alone), sistem pompa (pumping), dan jaringan arus searah untuk transportasi publik (DC-grid)[12]. PVSyst juga dilengkapi database dari sumber data meteorologi yang luas dan beragam, serta data komponen-komponen PV. Beberapa contoh sumber data meteorologi yang dapat digunakan PVSyst yaitu bersumber dari MeteoNorm V7.1 (interpolasi 1960-1990 atau 1981-2000) NASA-SSE (1983-2005), PVGIS (untuk Eropa dan Afrika), Satel-Light (untuk Eropa), TMY2/3 dan

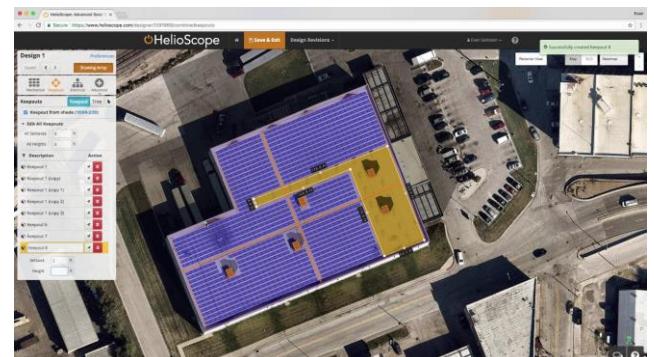
SolarAnyWhere (untuk USA), EPW (untuk Kanada), RetScreen, Helioclim dan Solar GIS (berbayar). Dalam penitian ini digunakan PVSYST 7.1.7. Tampilan antarmuka dari perangkat lunak PVSYST dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan PVSYST[13]

#### 3) HelioScope

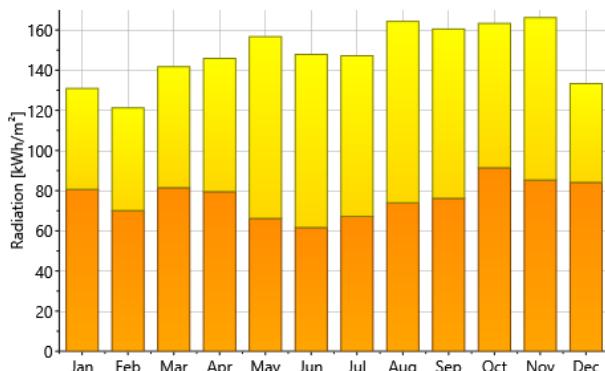
HelioScope adalah sebuah perangkat lunak berbasis web yang dikembangkan oleh Folsom Labs yang memungkinkan penggunaannya untuk melakukan simulasi ataupun perencanaan berupa tampilan 3D sehingga pengguna dapat mengetahui potensi bayangan ataupun performa masing-masing PV yang akan ditempatkan[14]. Tampilan antarmuka dari perangkat lunak HelioScope dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan HelioScope[15]

### D. Data Cuaca

Data Cuaca yang digunakan dalam simulasi ini adalah data cuaca yang dihasilkan dari data Meteronorm di lokasi Kampus Nahdlatul Ulama Yogyakarta (7,8 Lintang Selatan dan 110,4 Bujur Timur). Data cuaca ini merupakan data interpolasi dengan skenario IPCC AR4 B1 tahun 2020[16]. Pada lokasi tersebut didapatkan potensi energi surya sebesar 1780,3 kWh/m<sup>2</sup> (*Global Horizontal Irradiation*) per tahun. Data cuaca ini hanya digunakan pada simulasi dengan perangkat lunak PVSOL dan PVSYST saja, karena dalam HelioScope tidak memungkinkan untuk *import* data Meteonorm[17]. Data potensi energi Matahari di lokasi simulasi dapat dilihat pada Gambar 8.



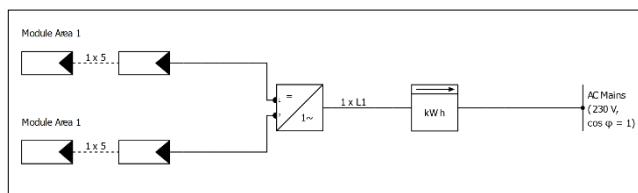
Gambar 8. Data potensi radiasi Matahari di lokasi model simulasi

#### IV. HASIL DAN ANALISA

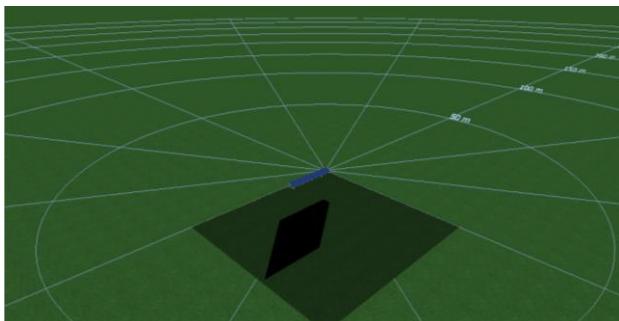
##### A. Hasil Perbandingan Fitur Perangkat Lunak

###### 1) PVSOL

PVSOL dapat melakukan simulasi sistem PV dengan sistem *on grid*, *standalone*, ataupun *standalone* dengan *backup*. PVSOL juga menawarkan simulasi *shading* atau *losses* yang diakibatkan adanya bayangan dari simulasi PLTS yang dibangun menggunakan simulasi 3D sederhana. PVSOL juga dapat melakukan analisis finansial dengan berbagai skema, seperti ekspor-import ataupun jual beli listrik dengan jaringan. Tampilan antarmuka dari PVSOL cukup sederhana sehingga mudah dimengerti dan digunakan oleh pengguna. PVSOL juga dapat mensajikan hasil simulasi dalam bentuk laporan dokumen sehingga cocok digunakan bagi pengguna sebagai laporan teknis lengkap dengan simulasi finansialnya. Diagram sirkuit/wiring dan simulasi *shading* yang dihasilkan PVSOL berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



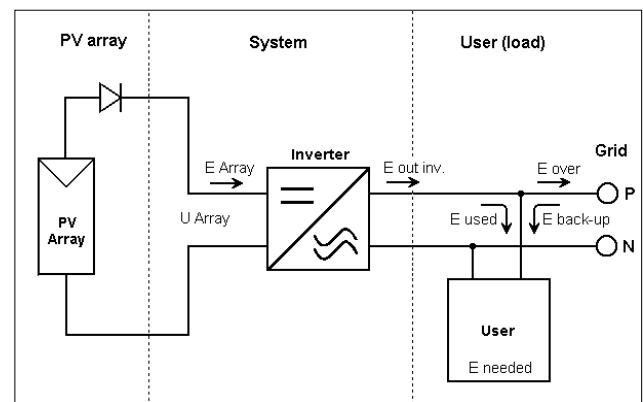
Gambar 9. Diagram Sirkuit Pada Simulasi PVSOL



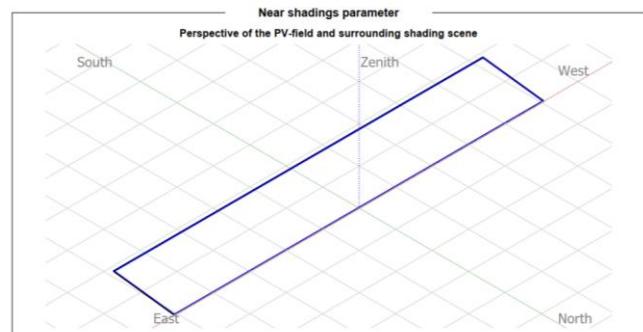
Gambar 10. Gambar 3D Shading Model pada Simulasi PVSOL

###### 2) PVSYST

Pada PVSYST simulasi dijalankan dengan memasukkan data PV, inverter dan cuaca. Dalam PVSYST sudah terdapat *database* yang berisikan data-data PV maupun inverter. PVSYST juga terintegrasi dengan Meteonorm untuk mendapatkan data cuaca. PVSYST memiliki keunggulan yaitu selain dapat mensimulasikan sistem PLTS *on grid* dan *standalone*, PVSYST dapat mesimulasikan pompa berbasis PLTS. Mirip dengan PVSOL, PVSYST dapat melakukan simulasi *shading* 3D, permodelan finansial, dan hasil simulasi dapat disajikan dalam bentuk dokumen laporan. Diagram sirkuit/wiring dan simulasi *shading* yang dihasilkan PVSYST berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



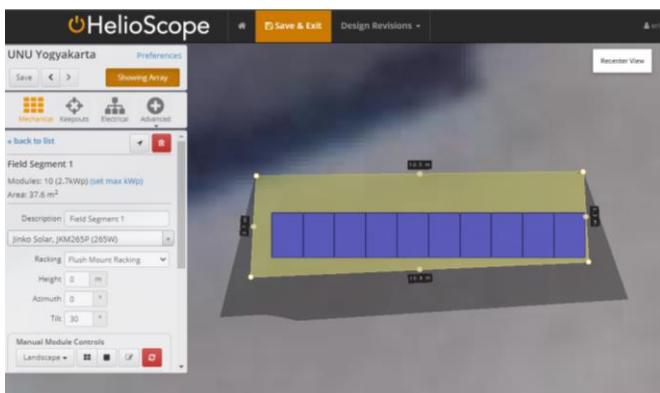
Gambar 11. Sirkuit Diagram pada Simulasi PVSYST



Gambar 12. Simulasi Shading pada Simulasi PVSYST

###### 3) HelioScope

Perangkat lunak HelioScope adalah perangkat lunak berbasis web, sehingga penggunaanya melalui dilakukan melalui *web browser* dan mengharuskan terhubung dengan internet. Kelebihan dari perangkat lunak ini adalah cukup ringan karena berbasis web, praktis dalam menentukan data potensi energi matahari, tersedia berbagai data PV dan inverter. HelioScope tidak dapat mensimulasikan sistem *off grid* atau *standalone*. Data potensi energi Matahari sudah terhubung langsung dengan database Meteonorm sehingga lebih praktis walaupun pengguna dapat juga memasukkan data cuaca secara manual. Simulasi *shading* yang dihasilkan PVSYST berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 13. Untuk fitur-fitur yang ditawarkan oleh PVSOL, PVSYST dan HelioScope dapat dilihat pada Tabel 4.

Gambar 13. Simulasi *Shading* pada HelioScope

Tabel 4. Perbandingan fitur dalam perangkat lunak PVSOL, PVSYST, HelioScope

Fitur	PVSOL	PVSYST	HelioScope
Basis	Windows	Windows	web
Lingkup simulasi	PV dengan beban listrik, baterai, kendaraan listrik, Jaringan/Grid	<i>On grid, standalone, Pumping</i>	<i>on grid</i>
Lisensi	trial/berbayar	trial/berbayar	trial/berbayar
3D Shading Modeling	ada	ada	sederhana
Import data Meteonorm	ya	ya	tidak
Skema finansial	Komplek	Komplek	sederhana
Antarmuka	sederhana	komplek	sederhana

Secara umum fitur yang ditawarkan antara PVSOL dan PVSYST lebih lengkap dibanding dengan HelioScope. Sedangkan kelebihan PVSOL dibanding PVSYST adalah tampilan antarmuka yang lebih mudah digunakan dan dimengerti. PVSOL dan PVSYST cocok digunakan bagi perusahaan staupun instansi untuk membuat laporan yang mencangkup segi teknis maupun finansial secara praktis.

#### B. Hasil Perbandingan Simulasi Variasi Kemiringan

Dengan konfigurasi 10 panel Jinko JKM 265P-60 265 WP (total 2,65 kWp) dan 1 buah inverter Growatt 2500MTL-S 2,5 kW simulasi dilakukan dengan data pendamping yaitu data cuaca dari Meteonorm didapatkan energi yang dihasilkan dalam satu tahun terlihat dalam Tabel 5.

Dari hasil tersebut maka kemiringan optimal PV berada pada kemiringan 10-15° dengan orientasi menghadap utara (azimuth = 0°) karena lokasi terletak di belahan bumi bagian selatan. Dari data tersebut juga dapat dilihat bahwa *losses* akibat perubahan kemiringan hanya berpengaruh 1,62% ketika kemiringannya berubah dari 10° menjadi 0° dan 3,14% ketika kemiringannya berubah dari 15° menjadi 30°.

Tabel 5. Hasil variasi kemiringan pv dari simulasi PVSOL, PVSYST, dan HelioScope

Kemiringan (derajat)	Enegi per tahun (kWh/year)			Rata-rata	Penyimpanan
	PVSOL	PVSYST	HelioScope		
0	3.927	3.781	3.428	3.712	-1,62%
5	3.964	3.821	3.474	3.753	-0,53%
7	3.972	3.830	3.486	3.762,67	-0,27%
10	3.978	3.841	3.500	3.773	0,00%
15	3.971	3.841	3.507	3.773	0,00%
20	3.942	3.821	3.498	3.753,67	-0,51%
25	3891	3782	3470	3714,33	-1,55%
30	3819	3723	3422,00	3654,67	-3,14%

Dari Tabel 5 terlihat bahwa hasil HelioScope memiliki nilai yang paling berbeda jika dibanding hasil simulasi PVSOL dan PVSYST, hal ini disebabkan karena di perangkat lunak HelioScope tidak menggunakan data cuaca yang benar-benar sama dengan data cuaca di PVSOL dan PVSYST. Data yang digunakan HelioScope adalah data meteonorm yang *degenerate* dari data Meteonorm dengan skenario berbeda. Data cuaca yang dipakai pada simulasi Helioscope adalah 1.710 kWh/m<sup>2</sup> per tahun, atau lebih kecil dari data cuaca yang dipakai dalam simulasi PVSOL dan PVSYST.

#### V. KESIMPULAN

Telah dilakukan simulasi PV di lokasi Kampus UNU Yogyakarta (7,8 LS dan 110,4 BT) dengan menggunakan perangkat lunak PVSOL, PVSYST, dan HelioScope. Dari segi kelengkapan fitur yang ditawarkan, PVSOL dan PVSYST memiliki fitur yang lengkap jika dibanding HelioScope. PVSOL dan PVSYST memiliki fitur *import* data cuaca, *datasheet database*, penyajian dokumen laporan. HelioScope memiliki keunggulan antarmuka yang sederhana dan praktis sehingga lebih cocok untuk perhitungan simulasi yang cepat dan praktis. Simulasi PV dilakukan dengan memvariasikan kemiringan dengan orientasi PV tetap (ke utara, azimuth 0°). Hasilnya adalah PV menghasilkan daya paling besar ketika kemiringan sekitar 10-15°. Signifikansi *losses* akibat perubahan kemiringan hanya berpengaruh 1,62% ketika kemiringannya berubah dari 10° menjadi 0° dan 3,14% ketika kemiringannya berubah dari 15° menjadi 30°.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Program Studi Teknik Elektro Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta atas bantuan materil dan moril dalam pengerjaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada tim Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Solar Simulation Software Compared | PVsyst Vs. Helioscope | GSES.” <https://www.gses.com.au/comparison-of-bankable-energy-simulation-software-used-in-the-australian-solar-industry/> (accessed Aug. 16, 2021).
- [2] N. Jakica, “State-of-the-art review of solar design tools and methods for assessing daylighting and solar potential for building-integrated photovoltaics,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, pp. 1296–1328, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.RSER.2017.05.080.
- [3] N. Umar, B. Bora, C. Banerjee, and B. S. Panwar, “Comparison of different PV power simulation softwares: case study on performance analysis of 1 MW grid-connected PV solar power plant,” pp. 11–24,

- 2018, Accessed: Aug. 16, 2021. [Online]. Available: [www.ijesi.org%7C%7CVolumewww.ijesi.org](http://www.ijesi.org%7C%7CVolumewww.ijesi.org).
- [4] “Jinko JKM265P-60 (265W) Solar Panel.” <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Jinko/2951/JKM265P-60/specification-data-sheet.html> (accessed Aug. 16, 2021).
- [5] “Growatt New Energy | Growatt-2500-5500MTL -S | Solar Inverter Datasheet | ENF Inverter Directory.” <https://www.enfsolar.com/pv/inverter-datasheet/8038> (accessed Aug. 16, 2021).
- [6] T. L. Gurupira, “Evaluation and optimisation of photovoltaic (PV) plant designs,” 2018, Accessed: Aug. 16, 2021. [Online]. Available: <https://scholar.sun.ac.za:443/handle/10019.1/103499>.
- [7] “Determination of the Declination of the Sun on a Given Day | European Journal of Physics Education.” <http://www.eujournal.org/index.php/EJPE/article/view/103> (accessed Aug. 16, 2021).
- [8] T. M. Yunus Khan *et al.*, “Optimum location and influence of tilt angle on performance of solar PV panels,” *J. Therm. Anal. Calorim.* 2019 1411, vol. 141, no. 1, pp. 511–532, Dec. 2019, doi: 10.1007/S10973-019-09089-5.
- [9] “Optimum Tilt of Solar Panels.” <http://www.solarpaneltilt.com/> (accessed Aug. 16, 2021).
- [10] G. Sampson, “Solar Power Installations on Closed Landfills: Technical and Regulatory Considerations,” 2009, Accessed: Aug. 16, 2021. [Online]. Available: [www.clu-in.org](http://www.clu-in.org).
- [11] “PV\*SOL premium – Valentin Software GmbH.” <https://valentin-software.com/en/products/pvsol-premium/> (accessed Aug. 16, 2021).
- [12] “Features – PVsyst.” <https://www.pvsyst.com/features/> (accessed Aug. 16, 2021).
- [13] “PVsyst Design Service in Pune, Chinchwad by Sustainfy Energy LLP | ID: 21009185291.” <https://www.indiamart.com/proddetail/pvsyst-design-service-21009185291.html> (accessed Aug. 16, 2021).
- [14] D. L. Guittet and J. M. Freeman, “Validation of Photovoltaic Modeling Tool HelioScope Against Measured Data,” Nov. 2018, doi: 10.2172/1481365.
- [15] “HelioScope: Advanced Solar Design Software.” <https://www.helioscope.com/> (accessed Aug. 16, 2021).
- [16] Z. Jiang, J. Song, L. Li, W. Chen, Z. Wang, and J. Wang, “Extreme climate events in China: IPCC-AR4 model evaluation and projection,” *Clim. Chang.* 2011 1101, vol. 110, no. 1, pp. 385–401, May 2011, doi: 10.1007/S10584-011-0090-0.
- [17] “Features – Meteonorm (en).” <https://meteonorm.meteotest.ch/en/meteonorm-features> (accessed Aug. 16, 2021).