

SKRIPSI

**ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGARUH
KEMIRINGAN SUDUT PEMASANGAN SOLAR PV
TERHADAP PRODUKSI ENERGI PLTS ROOFTOP
DI UMKM PABRIK FURNITUR**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

Putu Rostiana Cahayani

NIM. 2315374035

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2024**

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT PEMASANGAN SOLAR PV TERHADAP PRODUKSI ENERGI PLTS ROOFTOP DI UMKM PABRIK FURNITUR

Oleh :

Putu Rostiana Cahayani

NIM. 2315374035

Skripsi ini telah Melalui Bimbingan dan Disetujui untuk
diujikan pada Ujian Skripsi
di
Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 26 Nopember 2024


Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing 1:



Ni Made Karmiathi, S.T., M.T.
NIP. 197111221998022001

Dosen Pembimbing 2:



I Nyoman Sedana Triadi, S.T., M.T.
NIP. 197305142002121001

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PENGARUH KEMIRINGAN SUDUT PEMASANGAN SOLAR PV TERHADAP PRODUKSI ENERGI PLTS ROOFTOP DI UMKM PABRIK FURNITUR

Oleh :

Putu Rostiana Cahayani

NIM. 2315374035

Skripsi sudah Melalui Ujian Skripsi pada tanggal 29 Agustus 2024,
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemuadian disahkan sebagai Skripsi
di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali


Bukit Jimbaran, 11 September 2024


Disetujui Oleh :

Tim Penguji :

Dosen Pembimbing :


1. Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T.
NIP. 196705021993031005


1. Ni Made Karmiathi, S.T., M.T.
NIP. 197111221998022001


2. I Nyoman Kusuma Wardana, S.T.,
M.T., M.Eng., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198609202015041004


2. I Nyoman Setiana Triadi, S.T.,
NIP. 197305142002121001

Diketahui Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. Kaduk Amerta Yasa, ST.,MT.
NIP. 196809121995121001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

Analisis Teknis dan Ekonomis Pengaruh Kemiringan Sudut Pemasangan Solar PV Terhadap Produksi Energi PLTS *Roofstop* di UMKM Pabrik Furnitur

adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, 11 September 2024

Yang menyatakan



Putu Rostiana Cahayani

NIM. 2315374035

ABSTRAK

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki permasalahan umum yang biasanya terjadi yaitu daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan. Energi keluaran maksimum PLTS memerlukan intensitas radiasi matahari optimal. Untuk itu perlu memposisikan panel surya pada sudut *tilt* atau sudut kemiringan panel surya dan *azimut* tertentu agar dapat menerima radiasi matahari secara maksimal. Penelitian ini akan membahas mengenai analisis teknis dan ekonomis pengaruh kemiringan sudut pemasangan solar PV untuk produktifitas energi maksimum dari sistem PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Funitur yang berlokasi di Desa Pesangkan, Kabupaten Karangasem. Dari Hasil simulasi menggunakan *software* PVsyst menunjukkan bahwa total pembangkitan energi listrik bervariasi berdasarkan sudut kemiringan, dengan nilai terendah sebesar 21.504 kWh pada sudut 50° dan tertinggi 26.015 kWh pada sudut 0°. Analisis ekonomi menunjukkan bahwa PLTS *Rooftop* dengan sistem *on grid* memiliki Life Cycle Cost (LCC) sebesar Rp 154.571.403, *Net Present Value* (NPV) Rp. 321.472.499, *Internal Rate of Return* (IRR) 18,07%, *Profitability Index* (PI) dan *Gross Benefit-Cost Ratio* (B/C) masing-masing 5,98 serta *Payback Period* (PP) selama 4 tahun 2 bulan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perancangan PLTS sistem *on grid* di UMKM ini dikategorikan layak (*feasible*) untuk diterapkan.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, PLTS, Sudut Kemiringan, PVsyst, Sistem *on grid*.

ABSTRACT

The Solar Power Plant (PLTS) system commonly faces the issue of variable output power, which is relatively inconsistent. The maximum energy output of The Solar Power Plant (PLTS) requires optimal solar radiation intensity. Therefore, it is essential to position solar panels at specific tilt angles and azimuths to maximize solar radiation absorption. This study will discuss the technical and economic analysis of the impact of the tilt angle of solar PV installation on the maximum energy productivity of the rooftop PLTS system at the furniture manufacturing located in Pesangkan Village, Karangasem Regency. Results from simulations using PVsyst software indicate that the total electrical energy generation varies based on the tilt angle, with the lowest value of 21.504 kWh at a 50° angle and the highest of 26.015 kWh at a 0° angle. Economic analysis reveals that the rooftop PLTS with an on-grid system has a Life Cycle Cost (LCC) of IDR 154.571.403, a Net Present Value (NPV) of IDR 321.472.499, an Internal Rate of Return (IRR) of 18,07%, and both a Profitability Index (PI) and Gross B/C of 5,98, with a Payback Period of 4 years and 2 months. The calculations indicate that the design of the on-grid PLTS system at this the furniture manufacturing located in Pesangkan Village, Karangasem Regency is categorized as feasible for implementation.

Keywords: *Renewable Energy, Solar Power Plant (PLTS), Tilt Angle, PVsyst, On-grid System.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Analisis Teknis dan Ekonomis Pengaruh Kemiringan Sudut Pemasangan Solar PV Terhadap Produksi Energi PLTS *Roof*top di UMKM Pabrik Furnitur”** tepat pada waktunya.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk lulus program Diploma IV pada Program Studi Teknik Otomasi Spesialisasi D4 Energi Baru Terbarukan Program Studi Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

Dalam menyelesaikan Skripsi ini penulis banyak mendapat dukungan dan kerjasama dari banyak pihak. Oleh karena itu, sudah sepantasnya bila pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom. selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Otomasi Politeknik Negeri Bali.
4. Ibu Ni Made Karmiathi, S.T., M.T. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi.
5. Bapak I Nyoman Sedana Triadi, ST., MT. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi.
6. Orang tua dan keluarga yang telah mendoakan dan mendukung penulis dari awal sampai akhir.
7. Segenap Dosen dan Staf Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan masukan dan saran dalam menyelesaikan Skripsi ini.
8. Rekan-rekan D4 EBT PNB 2023 yang selalu mendukung dan menghibur penulis selama perkuliahan dari awal sampai akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh Penulis yang telah memberikan saran, ide dan dukungannya sampai dengan terselesaikannya Skripsi.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa melimpahkan rahmat-Nya kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan waktu kepada Penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Penulis menyadari keterbatasan ilmu dan kemampuan, sehingga saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan untuk menyelesaikan Skripsi ini. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkan Skripsi ini kepada semua pihak, semoga bermanfaat bagi para pembaca dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bukit Jimbaran, 11 September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Energi Terbarukan.....	6
2.2.2 Energi Surya.....	7
2.2.3 Potensi Energi Surya di Indonesia	7
2.2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	7
2.2.5 Prinsip Kerja PLTS	9
2.2.6 Perancangan PLTS <i>Rooftop</i> Berbasis <i>On-Grid</i>	14
2.2.7 Modul Fotovoltaik	16

2.2.8	Inverter.....	24
2.2.9	<i>Surge Protection Device (SPD)</i>	26
2.2.10	Kabel Penghantar	26
2.2.11	Pentanahan	28
2.2.12	<i>Circuit Breaker</i>	29
2.2.13	Kotak Penghubung.....	30
2.2.14	Beban Listrik.....	30
2.2.15	<i>Perfomance Ratio</i>	31
2.2.16	Lokasi Perencanaan PLTS	31
2.2.17	Iridiasi	33
2.2.18	Deklinasi	34
2.2.19	Perhitungan Ekonomis.....	35
2.2.20	Peraturan Terkait PLTS.....	40
2.2.20.1	Peraturan Gubernur Bali No. 45 Tahun 2019	40
2.2.20.2	Peraturan Menteri ESDM No. 26 Tahun 2021	40
2.2.20.3	Izin Operasi	41
2.2.20.4	Surat Edaran PLN No.16322/AGA.00.01/C01080500/2022	42
2.2.20.5	Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2024	42
2.2.21	Perangkat Lunak Pvsyst.....	43
BAB III METODE PENELITIAN		45
3.1	Metodelogi Penelitian	45
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	45
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	46
3.3.1	Wawancara.....	47
3.3.2	Observasi	47
3.3.3	Studi Literatur.....	47
3.4	Sumber Data.....	47

3.5	Instrumen Pengambilan Data	48
3.5.1	Daftar Pertanyaan	48
3.5.2	Alat Ukur	48
3.5.3	<i>Software Pvsyst</i>	49
3.6	Jenis Data	49
3.7	Pengolahan Data.....	49
3.8	Diagram Alir Penelitian.....	52
3.9	Hasil yang Diharapkan	54
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS		55
4.1	Gambaran Umum	55
4.2	Data Teknis.....	55
4.2.1	Data Beban Harian	56
4.2.2	Konsumsi Energi	57
4.2.3	Data Radiasi Matahari	58
4.2.4	Data Temperature Udara.....	59
4.2.5	Luasan Atap	60
4.3	Analisis Teknis	62
4.3.1	Perencanaan PLTS.....	62
4.3.2	Perhitungan Energi Keluaran PLTS <i>On Grid</i> di Pabrik Furnitur.....	75
4.3.3	Simulasi Penerapan PLTS <i>On Grid</i> Menggunakan Pvsyst.....	76
4.3.4	Simulasi PLTS <i>On Grid</i> dengan Variasi Sudut Kemiringan.....	81
4.3.5	Data Hasil Simulasi	87
4.3.6	Analisis Sudut Kemiringan Panel Surya untuk Produktifitas Energi Maksimum dari Sistem PLTS <i>Rooftop</i> di UMKM Pabrik Funitur.....	90
4.4	Analisis Ekonomis Dari Sudut Kemiringan Panel Surya 0° yang Menghasilkan Energi Tertinggi.....	91
4.4.1	Estimasi Biaya Investasi.....	92

4.4.2	Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan	93
4.4.3	<i>Life Cycle Cost (LCC)</i>	93
4.4.4	<i>Cost Of Energy</i>	94
4.4.5	Kelayakan Investasi	95
4.4.6	<i>Payback Period</i>	95
4.4.7	<i>Net Present Value</i>	95
4.4.8	<i>Internal Rate Of Return</i>	96
4.4.9	<i>Profitability Index</i>	98
4.4.10	<i>Gross Benefit Ratio (Gross B/C)</i>	98
4.4.11	Kelayakan PLTS <i>Rooftop Sistem On Grid</i> dari Sisi Ekonomis	99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		100
5.1	Kesimpulan	100
5.2	Saran	101
DAFTAR PUSTAKA		102

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Contoh Penerapan Sel Surya Kedalam Paparan Panel Surya [10]	8
Gambar 2. 2 Blok Diagram Sistem PLTS [20]	9
Gambar 2. 3 Diagram Sistem PLTS <i>On-Grid</i>	10
Gambar 2. 4 Diagram Sistem PLTS <i>Off-Grid</i> Tipe DC Coupling	11
Gambar 2. 5 Diagram Sistem PLTS <i>Off-Grid</i> Tipe AC Coupling	12
Gambar 2. 6 PLTS <i>Ground Mounted</i> [20]	13
Gambar 2. 7 PLTS <i>Rooftop</i> [20]	13
Gambar 2. 8 PLTS Terapung [20]	13
Gambar 2. 9 Skema Perancangan PLTS <i>Rooftop</i>	14
Gambar 2. 10 Komponen dan Konfigurasi PLTS <i>Rooftop</i> [24]	16
Gambar 2. 11 Modul Fotovoltaik [23]	18
Gambar 2. 12 Atap Prisma dengan Efek Bayangan [23]	32
Gambar 2. 13 Pengaruh Iradiasi Terhadap Tegangan dan Arus Modul Surya [10]	33
Gambar 2. 14 Pandangan alternatif terhadap hubungan bumi – matahari [28]	34
Gambar 2. 15 Aplikasi PVsyst.....	44
Gambar 3. 1 Lokasi UMKM Pabrik Funitur.....	46
Gambar 3. 2 Kondisi UMKM Funitur	46
Gambar 3. 3 Digram Alir Penelitian	53
Gambar 4. 1 Bangunan UMKM Pabrik Furnitur	55
Gambar 4. 2 Grafik <i>Daily Profile</i>	57
Gambar 4. 3 Penggunaan Energi Listrik di Bangunan Usaha	58
Gambar 4. 4 Kemiringan Atap Bangunan Usaha.....	60
Gambar 4. 5 Denah Atap di Bangunan Usaha	61
Gambar 4. 6 Modul Surya LONGI LR5-72HPH 550M	62
Gambar 4. 7 Penurunan Performa Panel Surya Per-Tahun.....	66
Gambar 4. 8 Inverter Growatt MOD 12KTL3-X	69
Gambar 4. 9 Konfigurasi Seri - Paralel Modul Panel Surya.....	72
Gambar 4. 10 Perancangan PLTS <i>Rooftop On Grid</i>	74
Gambar 4. 11 Tampilan Awal Software PVsyst 7.4.....	76
Gambar 4. 12 Tampilan Menu <i>Grid-Connected</i>	77
Gambar 4. 13 Tampilan untuk Memasukkan Data Pada <i>Software Pvsyst</i>	77

Gambar 4. 14 <i>Geographical Site Parameters</i>	78
Gambar 4. 15 <i>Orientation</i>	78
Gambar 4. 16 <i>System (PV Module & Inverter)</i>	79
Gambar 4. 17 <i>Self Comsumption</i>	79
Gambar 4. 18 <i>Near Shadings</i>	80
Gambar 4. 19 Tampilan PV Table.....	80
Gambar 4. 20 Tampilan Simulasi.....	81
Gambar 4. 21 Tampilan Simulation report	81
Gambar 4. 22 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 0° ...	82
Gambar 4. 23 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 5° ...	83
Gambar 4. 24 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 10° ..	83
Gambar 4. 25 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 15° ..	84
Gambar 4. 26 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 20° ..	84
Gambar 4. 27 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 25° ..	85
Gambar 4. 28 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 30° ..	85
Gambar 4. 29 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 35° ..	86
Gambar 4. 30 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 40° ..	86
Gambar 4. 31 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 45° ..	87
Gambar 4. 32 Orientation dan Kontruksi Panel Surya dengan Sudut Kemiringan 50° ..	87
Gambar 4. 33 Grafik produksi PLTS di UMKM Pabrik Furnitur.....	89
Gambar 4. 34 Grafik Produksi Energi PLTS dengan Sudut 0°	90
Gambar 4. 35 Kontruksi Pemasangan Panel Surya dengan Sudut 0°	91

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pemakaian Beban Listrik Harian di Bangunan Usaha	56
Tabel 4. 2 Data Pemakaian Listrik periode Desember 2022 – Mei 2023	57
Tabel 4. 3 Data Iradiasi pada UMKM Pabrik Furnitur Desa Pesangkan	58
Tabel 4. 4 Data Temperature pada UMKM Pabrik Furnitur	59
Tabel 4. 5 Spesifikasi Modul Surya LONGi LR5-72HPH 550M.....	63
Tabel 4. 6 Total <i>Losses</i> yang Mempengaruhi Daya Optimal PLTS	67
Tabel 4. 7 Spesifikasi Inverter Merk Growatt MOD 12KTL3-X	69
Tabel 4. 8 Hasil Simulasi PVsyst.....	88
Tabel 4. 9 Estimasi Biaya PLTS Rooftop dengan Sistem <i>On Grid</i> di Pabrik Furnitur..	92
Tabel 4. 10 Perhitungan Net Present Value PLTS Atap Sistem <i>On Grid</i>	96
Tabel 4. 11 Nilai NPV Positif dan NVP Negatif.....	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi adalah salah satu pilar utama yang mendukung keberlangsungan hidup dan perkembangan suatu negara. Tanpa energi yang memadai banyak aspek kehidupan mulai dari ekonomis, industri, hingga kehidupan sehari-hari, tidak dapat berjalan dengan lancar. Situasi ini juga berlaku di Indonesia, dimana permintaan akan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan pembangunan infrastruktur yang pesat. Namun, seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan energi, berbagai masalah muncul dalam upaya penyediaannya. Mayoritas energi yang digunakan di Indonesia masih bergantung pada sumber energi tak terbarukan [1].

Secara umum, terdapat dua isu utama yang harus dipertimbangkan dalam penggunaan energi tak terbarukan dari bahan bakar fosil, yaitu krisis energi dan pemanasan global. Krisis energi terjadi saat sumber daya fosil menipis karena konsumsi tinggi dan ketergantungan berlebihan. Pemanasan global disebabkan oleh emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil, yang meningkatkan suhu bumi dan mengubah iklim. Kedua isu ini saling berkaitan dan memerlukan solusi berkelanjutan untuk menjaga lingkungan dan keberlanjutan energi [2]. Oleh karena itu, diperlukan suplai energi alternatif selain minyak bumi dan batu bara. Energi terbarukan menjadi pilihan terbaik sebagai penyedia energi, karena selain memiliki dampak lingkungan yang rendah, juga menjamin keberlanjutan energi untuk masa depan [3]. Potensi sumber energi terbarukan di Indonesia meliputi energi matahari, energi air, energi angin, biomassa, pasang surut air laut, dan panas bumi [4].

Secara geografis, Indonesia terletak di garis khatulistiwa dengan intensitas sinar matahari yang stabil sepanjang tahun. Potensi energi surya di Indonesia sangat besar, mencapai sekitar 4,8 kWh/m² yang setara dengan 112.000 GWp. Namun, saat ini baru sekitar 10 MWp yang dimanfaatkan [5]. Oleh karena itu, kebijakan energi baru terbarukan diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Dalam peraturan tersebut, ditargetkan bahwa energi baru terbarukan harus mencapai 23% pada tahun 2025 dan minimal 31% pada tahun 2050 [6]. Untuk mencapai target tersebut, pemerintah mengimplementasikan berbagai strategi, termasuk melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah tingkat Provinsi (RUED-P).

RUEN menetapkan target kapasitas PLTS nasional sebesar 6,5 GW pada tahun 2025 dan 45 GW pada tahun 2050. Target ini didistribusikan ke 34 provinsi di Indonesia. Provinsi Bali sendiri ditargetkan mencapai kapasitas PLTS sebesar 108 MW pada tahun 2025 [7]. Namun hingga sekarang, pembangkit listrik energi terbarukan di Provinsi Bali masih memiliki peran yang sangat rendah, hanya sekitari 1% dari kapasitas listrik Provinsi Bali [8]. Berdasarkan data proyeksi bauran energi pembangkit listrik di Provinsi Bali, tercatat bahwa bauran energi yang bersumber dari pembangkit energi terbarukan mencapai 7% pada tahun 2020, dan diproyeksikan meningkat menjadi 15% pada tahun 2025 [9].

Chandra Utama adalah seorang pemilik UMKM Pabrik Furnitur di Jalan Baru, Desa Pesangkan, Kecamatan Selat, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali. Dimana bangunan usahanya merupakan bangunan semi permanen dengan luas tanah sekitar 200 m² yang berdaya listrik PLN Prabayar sebesar 10,6 kVA dengan rata-rata tagihan listrik per bulan sebesar Rp. 2.250.000,00. Maka, dengan keadaan tersebut beliau ingin mencari alternatif untuk menghemat penggunaan energi listrik yang bersumber dari PLN. Bangunan UMKM Pabrik Furnitur terletak pada koordinat garis bujur -8.44574,115.49781 menghadap ke selatan, dan diketahui tingkat radiasi matahari rata-rata per harinya tepatnya di Desa Pesangkan yaitu sebesar 5,77 kWh/m² per hari. Potensi energi matahari yang cukup tinggi ini, dapat dimanfaatkan secara maksimal dengan menggunakan prinsip konversi energi panel surya yang melibatkan teknologi *photovoltaic (PV)* sebagai alat untuk mengkonversi radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Proses ini dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) [10]

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki permasalahan umum yang biasanya terjadi yaitu daya keluaran yang dihasilkan relatif tidak konstan. Energi keluaran maksimum PLTS memerlukan intensitas radiasi matahari optimal. Untuk itu perlu memposisikan panel surya pada sudut *tilt* atau sudut kemiringan panel surya dan *azimut* tertentu agar dapat menerima radiasi matahari secara maksimal. Perubahan arah penyinaran matahari akibat pergerakan matahari akan menyebabkan variasi intensitas penyinaran yang diterima oleh permukaan panel surya. Jika sudut penyinaran matahari jatuh tegak lurus terhadap bidang panel surya, maka sinar yang diterima lebih banyak sehingga akan menghasilkan daya keluaran maksimum dibandingkan dengan sudut penyinaran miring. Intensitas penyinaran pada pagi dan sore hari cenderung rendah karena sinar matahari tidak tegak lurus dengan permukaan bumi. Umumnya, panel surya

dipasang dengan posisi tetap, sehingga tidak dapat sepenuhnya menangkap paparan sinar matahari secara maksimal sepanjang hari akibat pergerakan matahari. Sehingga, panel surya perlu diposisikan dengan sudut kemiringan yang tepat agar sinar matahari jatuh 90° terhadap permukaan panel surya agar dapat memproduksi daya maksimal. Oleh karena itu, penelitian ini akan membahas mengenai analisis teknis dan ekonomis pengaruh kemiringan sudut pemasangan solar PV untuk produktifitas energi maksimum dari sistem PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Funitur yang berlokasi di Jalan Baru, Desa Pesangkan, Kecamatan Selat, Kabupaten Karangasem, Provinsi Bali.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, permasalahan dalam penelitian skripsi ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimanakah pengaruh variasi kemiringan sudut pemasangan solar PV terhadap energi keluaran dari PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Funitur?
- b. Berapakah besar kemiringan sudut pemasangan solar PV untuk produktifitas energi maksimum dari sistem PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Funitur?
- c. Berapakah nilai ekonomis dari sudut kemiringan solar PV yang menghasilkan energi tertinggi?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, pembahasan dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- a. Penelitian skripsi ini membahas optimalisasi sudut kemiringan pemasangan solar PV pada perencanaan PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Funitur Desa Pesangkan Kabupaten Karangasem.
- b. Perencanaan sistem PLTS dipenelitian ini merupakan PLTS *rooftop* dengan sistem *on-grid*.
- c. Data yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui hasil keluaran energi listrik dari sistem PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Funitur adalah data simulasi dari *software* PVsyst.
- d. Pengaruh kecepatan angin, kelembapan udara, dan ketinggian lokasi penelitian tidak dibahas.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan perumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian skripsi ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisis pengaruh variasi kemiringan sudut pemasangan solar PV terhadap energi keluaran dari PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Furnitur.
- b. Untuk mengetahui besar kemiringan sudut pemasangan solar PV untuk produktifitas energi maksimum dari sistem PLTS *Rooftop* di UMKM Pabrik Furnitur.
- c. Untuk menganalisis nilai ekonomis dari sudut kemiringan solar PV yang menghasilkan energi tertinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara akademik maupun aplikatif sebagai berikut:

- a. Manfaat Akademik
 1. Sebagai tambahan untuk meningkatkan pemahaman dan pengetahuan dalam perencanaan PLTS *on-grid* sesuai dengan kebutuhan dan menentukan sudut kemiringan yang tepat.
 2. Sebagai sumber referensi untuk studi lebih lanjut yang terkait dengan perencanaan PLTS *on-grid* sesuai dengan kebutuhan dan menentukan sudut kemiringan yang tepat.
 3. Sebagai tambahan sumber pustaka dan referensi untuk keperluan masa depan, serta untuk mempertahankan kerjasama yang baik antara Politeknik Negeri Bali dengan pihak eksternal.
- b. Manfaat Aplikatif
 1. Meningkatkan penggunaan energi terbarukan sebagai upaya untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil.
 2. Pengurangan emisi gas karbon yang merupakan langkah penting dalam upaya menjaga kelestarian lingkungan dan mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan manusia.
 3. Sebagai referensi dalam pilihan alternatif dari energi tak terbarukan.
 4. Untuk mengurangi biaya listrik yang dikeluarkan oleh pemilik usaha bangunan usaha furnitur.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pembahasan dan analisis pada penelitian ini, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan *report* hasil simulasi menggunakan *software* PVsyst yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi kemiringan sudut pemasangan solar PV terhadap energi keluaran dari PLTS *Rooftop* dengan sistem *on grid* di UMKM Pabrik Furnitur Desa Pesangkan, didapatkan bahwa total pembangkitan energi listrik bervariasi berdasarkan sudut kemiringan, dengan nilai terendah sebesar 21.504 kWh pada sudut 50° dan tertinggi 26.015 kWh pada sudut 0°.
2. Berdasarkan *report* hasil simulasi menggunakan *software* PVsyst, diketahui bahwa posisi kemiringan pemasangan solar PV yang dapat membangkitkan energi listrik paling maksimal adalah pada posisi pemasangan dengan sudut kemiringan 0° yang memproduksi energi sebesar 26.015 kWh pertahunnya. Namun pada penerapannya perlu dipertimbangkan lebih lanjut karena pemasangan panel surya dengan sudut kemiringan 0° memiliki kelemahan dari segi estetika, membutuhkan konstruksi tambahan, terlihat kurang stabil, serta lebih sulit dalam hal pemeliharaan.
3. Berdasarkan analisis ekonomi dengan perhitungan manual, PLTS *Rooftop* sistem *on grid* dengan sudut kemiringan pemasangan solar PV 0° mendapat hasil LCC (*Life Cycle Cost*) sebesar Rp 154.571.403 yang terdiri dari biaya investasi awal, biaya operasi dan pemeliharaan serta biaya penggantian inverter dalam periode 25 tahun masa proyek. PLTS dengan sistem *on grid* mendapat hasil *Net Present Value* sebesar Rp 321.472.499, *Internal Rate of Return* sebesar 18,07%, *Profitability Index* senilai 5,98 dan *Gross B/C* senilai 5,98. *Payback Period* dicapai dalam periode 4 tahun 2 bulan. Sisa masa proyek yang ada merupakan keuntungan dalam perancangan di UMKM Pabrik Funitur Desa Pesangkan. Berdasarkan hasil perhitungan manual, perencanaan PLTS sistem *on-grid* di UMKM Pabrik Funitur Desa Pesangkan dikategorikan layak (*feasible*).

5.2 **Saran**

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan dari penelitian yang telah dilakukan agar penelitian selanjutnya bisa lebih baik lagi sebagai berikut:

1. Alangkah lebih baik lagi jika dilakukan percobaan pengukuran secara langsung dengan menggunakan *prototype* dari suatu sistem PLTS yang kemudian diambil datanya dalam jangka waktu 1 tahun untuk mengetahui potensi energi dan sudut pemasangan yang tepat pada lokasi penelitian.
2. Simulasi yang digunakan masih perlu diperdalam lagi dalam penggunaannya sehingga dapat menghasilkan hasil analisa yang lebih mendetail.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Azhar dan D. Adam Satriawan, “Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional,” 2018.
- [2] K. Apriliyanti dan D. Rizki, “Kebijakan Energi Terbarukan: Studi Kasus Indonesia Dan Norwegia Dalam Pengelolaan Sumber Energi Berkelanjutan,” *Jurnal Ilmu Pemerintahan Widya Praja*, vol. 49, no. 2, pp. 186–209, 2023.
- [3] B. Hari Purwoto, E. Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, M. F. Alimul, and I. Fahmi Huda, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif.”
- [4] A. Lubis, “Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 8, no. 2, 2007.
- [5] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, ““Blueprint Pengelolaan Energi Nasional Tahun 2006-2025,”” 2006.
- [6] “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Nasional,” 2014.
- [7] C. Udayana dan S. Kumara, ““Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap Menuju Bali Mandiri Energi,”” 2020, doi: 10.31219/osf.io/83yxv.
- [8] P. A. R. Arimbawa, I. N. S. Kumara, and R. S. Hartati, “Studi Pemanfaatan Catu Daya Hibrida PLTS 3, 7 kWp dan PLN Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Desa Pemecutan Kaja Denpasar Bali,” *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 33–38, 2016.
- [9] “Keputusan Menteri ESDM Nomor 143 Tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019 Sampai Dengan Tahun 2028,” 2019.
- [10] I.G.Ngurah and A. Dwijaya, “Draft Buku Ajar Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” 2019.
- [11] T. M. A. Pandria, M. Muzakir, E. Mawardi, S. Samsuddin, M. Munawir, and M. Mukhlizar, “Penentuan Sudut Kemiringan Optimum Berdasarkan Energi Keluaran Panel Surya,” *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 6, no. 1, 2021.
- [12] A. K. Albahar dan M. F. Haqi, “Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (Pv) Terhadap Keluaran Daya,” *Jurnal Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 115–122, 2020.
- [13] R. Pido, R. H. Boli, M. Rifal, W. Rauf, N. S. Dera, and R. R. Day, “Analisis pengaruh variasi sudut kemiringan terhadap optimasi daya panel surya,” *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, vol. 10, no. 2, pp. 234–240, 2022.
- [14] F. A. F. Sugiono, P. D. Larasati, and E. A. Karuniawan, “Pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap potensi pemanfaatan plts rooftop di bengkel teknik mesin, Politeknik Negeri Semarang,” *Jurnal Rekayasa Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022.

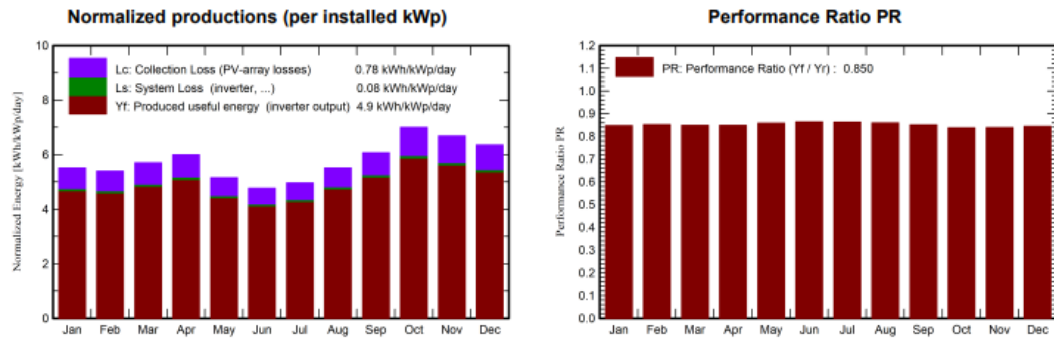
- [15] R. Hariningrum, “Analisa pengaruh sudut kemiringan panel surya 100 wp terhadap daya listrik,” *Marine Science and Technology Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 67–76, 2021.
- [16] I. Wirajati and I. Natha, “Pengaruh sudut kemiringan dan arah penempatan terhadap daya keluaran pada modul panel surya,” *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 5–9, 2021.
- [17] S. Bahari, A. Laka, dan R. Rosmiati, “Pengaruh Perubahan Arah Sudut Sel Surya Menggunakan Energi Matahari Intensitas Cahaya Terhadap Tegangan,” *Prosiding Semnastek*, 2017.
- [18] Kementerian Energi Sumber Daya Mineral, “Panduan Pengelolaan Lingkungan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS),” *Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konserv. Energi Kementerian Sumber Daya Miner*, vol. 1, p. 84, 2020.
- [19] A. Wibowo, “Instalasi Panel Listrik Surya,” *Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik*, pp. 1–185, 2022.
- [20] G. Beaucarne, G. Eder, E. Jadot, Y. Voronko, dan W. Mühleisen, “Repair and preventive maintenance of photovoltaic modules with degrading backsheets using flowable silicone sealant,” *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, vol. 30, no. 8, pp. 1045–1053, 2022.
- [21] M. P. M. Tas and W. G. van Sark, “Experimental repair technique for glass defects of glass-glass photovoltaic modules—A techno-economic analysis,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 257, p. 112397, 2023.
- [22] M. T. C. Wicaksono dan I. A. Bangsa, “Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Photovoltaic Rooftop Pada Gedung Gardu Induk Kantor Pusat Pt Pembangkit Jawa Bali,” *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, pp. 107–115, 2022.
- [23] K. Energi and S. D. Mineral, “Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia,” *Jakarta: KESDM*, 2020.
- [24] B. Ramadhani, “Instalasi pembangkit listrik tenaga surya Dos & Don’ts,” *Jakarta: GIZ*, 2018.
- [25] M. K. Khusyairi, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan terhadap Daya yang dihasilkan oleh Panel Surya di Desa Bungku Kecamatan Bajubang,” pp. 1–99, 2022.
- [26] D. L. Pangestuningtyas, H. Hermawan, and K. Karnoto, “Analisis pengaruh sudut kemiringan panel surya terhadap radiasi matahari yang diterima oleh panel surya tipe larik tetap,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 2, no. 4, pp. 930–937, 2014.
- [27] A. Octavianti, M. Muliadi, dan A. Apriansyah, “Estimasi intensitas radiasi matahari di wilayah Kota Makassar,” *Prisma Fisika*, vol. 6, no. 3, 2018.
- [28] D. R. S. E. Soegiartini, “Telaah Lintasan Harian Matahari dengan Gnomon Tegak di Kabupaten Ngawi,” 2021.

- [29] D. Almanda dan B. Kusuma, “Audit Energi Listrik Pabrik,” *RESISTOR (elektRONika kEndali telekomunikaSI tenaga liSTrik kOmputeR)*, vol. 1, no. 1, pp. 25–34, 2018.
- [30] S. P. Purbaningrum, “Audit energi dan analisis peluang penghematan konsumsi energi listrik pada rumah tangga,” 2014.
- [31] F. Abdullah, “Analisis kelayakan investasi aktiva tetap pembelian mesin printing pada PT. Radja Digital Printing Samarinda,” *Jurnal Ilmu Administrasi Bisnis*, vol. 3, no. 2, pp. 297–310, 2015.
- [32] E. N. Sakinah, I. N. D. P. Putra, dan A. Rumintang, “Analisis Kelayakan Ekonomi pada Pembangunan Perkantoran Tower Poros Maritim Surabaya,” *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, vol. 10, no. 2, pp. 224–231, 2021.
- [33] N. Arifin, “Unjuk Kerja Desain Perencanaan Dan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya on-Grid Sistem Dc Coupling Kapasitas 17 Kwp Pada Gedung Hunian Graha Cendekia Yogyakarta Menggunakan Pvsyst 6.8.4’ "the Performance of on-Grid Solar Power Plant Dc Couplin,” 2019.
- [34] H. Hardani, H. Andriani, J. Ustiawaty, dan E. F. Utami, “Metode penelitian kualitatif & kuantitatif,” 2020, *Pustaka Ilmu*.
- [35] A. Rachman, “Optimalisasi Teknologi Energi Surya Berbasis Penyesuaian Posisi Panel Bulanan di Sulawesi Tenggara,” *J Teknol*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2016.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Report Hasil Simulasi Pvsyst

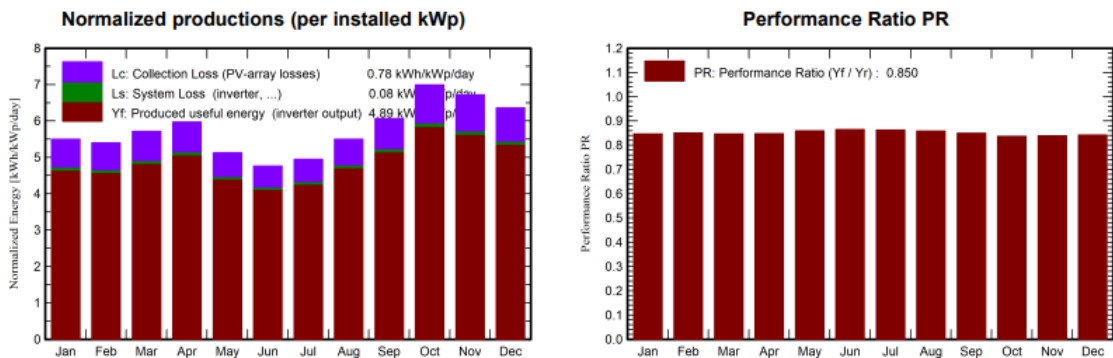
1. Sudut Kemiringan 0°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	171.0	167.2	2111	95381	2074	-0.360	93306
February	151.2	73.53	24.76	151.1	147.9	1873	84605	1841	-0.342	82764
March	177.0	80.75	25.02	176.7	172.7	2181	93670	2146	-0.396	91524
April	180.0	61.70	24.76	179.9	176.0	2221	90648	2184	-0.376	88464
May	159.9	65.07	24.82	159.8	155.5	1994	93670	1962	-0.402	91708
June	143.2	54.21	23.68	143.2	139.0	1797	90648	1768	-0.389	88880
July	154.0	54.92	23.41	154.0	149.7	1931	93670	1899	-0.403	91770
August	171.1	61.87	23.44	171.0	167.0	2137	93670	2103	-0.402	91567
September	182.2	66.98	23.80	182.2	178.1	2256	90648	2219	-0.361	88429
October	217.2	65.48	25.12	217.2	213.0	2645	95381	2601	-0.372	92779
November	200.8	68.85	25.13	200.7	196.5	2451	92304	2410	-0.360	89894
December	197.1	69.03	24.99	197.0	192.9	2419	95381	2379	-0.372	93002
Year	2104.9	796.40	24.47	2103.8	2055.4	26015	1109674	25587	-4.535	1084087

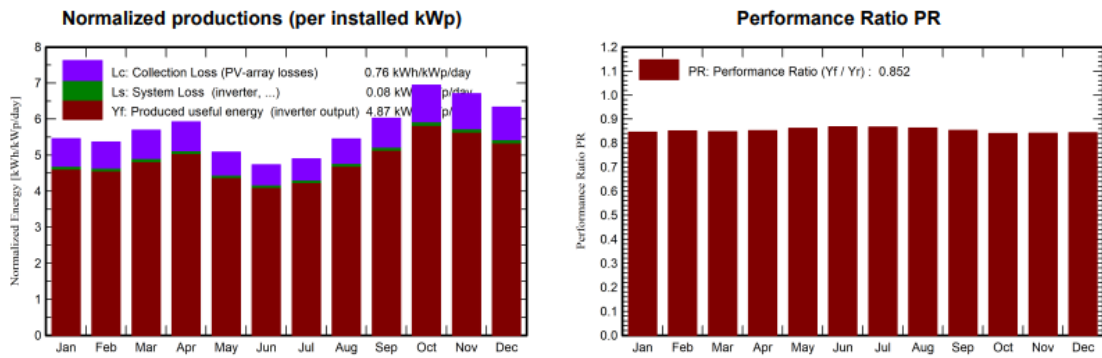
2. Sudut Kemiringan 5°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	170.6	166.6	2101	95381	2065	-0.360	93316
February	151.2	73.53	24.76	151.1	147.8	1870	84605	1838	-0.344	82766
March	177.0	80.75	25.02	177.2	172.9	2181	93670	2146	-0.396	91524
April	180.0	61.70	24.76	179.3	175.2	2212	90648	2176	-0.387	88472
May	159.9	65.07	24.82	159.0	154.9	1987	93670	1955	-0.402	91715
June	143.2	54.21	23.68	142.9	139.0	1797	90648	1768	-0.389	88880
July	154.0	54.92	23.41	153.3	149.2	1924	93670	1892	-0.403	91777
August	171.1	61.87	23.44	170.5	166.2	2127	93670	2093	-0.403	91577
September	182.2	66.98	23.80	182.0	177.7	2249	90648	2212	-0.362	88436
October	217.2	65.48	25.12	216.8	212.5	2638	95381	2595	-0.372	92786
November	200.8	68.85	25.13	201.6	197.2	2459	92304	2418	-0.360	89886
December	197.1	69.03	24.99	197.2	192.9	2418	95381	2378	-0.372	93003
Year	2104.9	796.40	24.47	2101.6	2052.1	25963	1109674	25535	-4.550	1084138

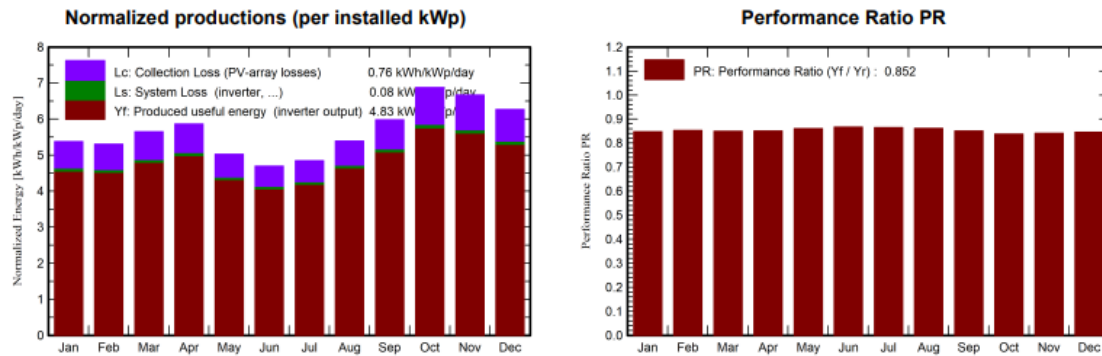
3. Sudut Kemiringan 10°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EfrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	169.2	165.3	2084	95381	2047	-0.362	93333
February	151.2	73.53	24.76	150.3	147.0	1861	84605	1829	-0.346	82776
March	177.0	80.75	25.02	176.6	172.7	2177	93670	2141	-0.398	91528
April	180.0	61.70	24.76	177.7	174.4	2201	90648	2166	-0.389	88482
May	159.9	65.07	24.82	157.6	154.0	1975	93670	1943	-0.403	91727
June	143.2	54.21	23.68	142.0	138.7	1793	90648	1764	-0.389	88884
July	154.0	54.92	23.41	151.9	148.4	1914	93670	1883	-0.403	91787
August	171.1	61.87	23.44	168.9	165.4	2117	93670	2083	-0.403	91587
September	182.2	66.98	23.80	180.7	177.4	2243	90648	2206	-0.364	88442
October	217.2	65.48	25.12	215.1	211.7	2628	95381	2585	-0.373	92796
November	200.8	68.85	25.13	201.1	197.5	2462	92304	2421	-0.360	89883
December	197.1	69.03	24.99	196.3	192.2	2409	95381	2369	-0.372	93012
Year	2104.9	796.40	24.47	2087.5	2044.7	25864	1109674	25436	-4.562	1084237

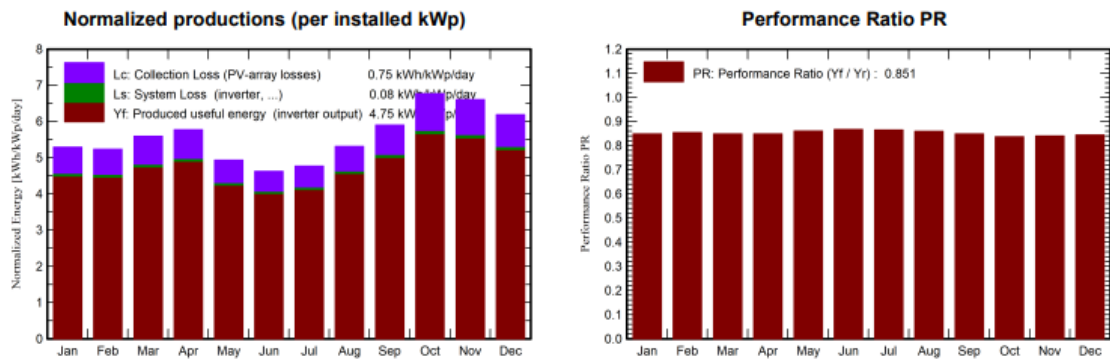
4. Sudut Kemiringan 15°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EfrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	166.8	163.4	2060	95381	2024	-0.362	93357
February	151.2	73.53	24.76	148.6	145.7	1844	84605	1813	-0.348	82792
March	177.0	80.75	25.02	175.2	171.9	2165	93670	2130	-0.398	91540
April	180.0	61.70	24.76	176.0	172.5	2177	90648	2141	-0.389	88507
May	159.9	65.07	24.82	155.8	151.9	1948	93670	1916	-0.403	91753
June	143.2	54.21	23.68	140.8	137.3	1775	90648	1746	-0.389	88902
July	154.0	54.92	23.41	150.3	146.7	1892	93670	1861	-0.403	91809
August	171.1	61.87	23.44	167.2	163.6	2094	93670	2060	-0.403	91609
September	182.2	66.98	23.80	179.4	175.9	2222	90648	2184	-0.365	88464
October	217.2	65.48	25.12	213.2	209.3	2598	95381	2555	-0.373	92826
November	200.8	68.85	25.13	200.2	196.5	2450	92304	2409	-0.360	89895
December	197.1	69.03	24.99	194.3	190.8	2390	95381	2350	-0.372	93030
Year	2104.9	796.40	24.47	2067.7	2025.5	25615	1109674	25190	-4.565	1084484

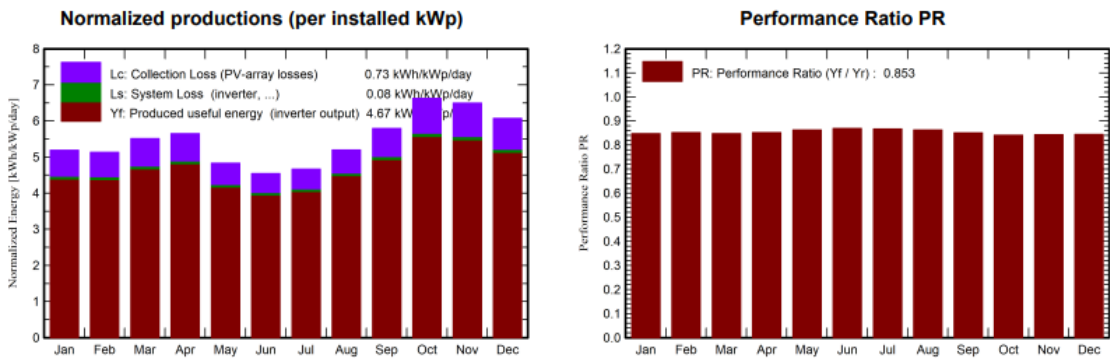
5. Sudut Kemiringan 20°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	164.1	160.9	2028	95381	1993	-0.363	93388
February	151.2	73.53	24.76	146.5	143.8	1820	84605	1789	-0.349	82816
March	177.0	80.75	25.02	173.5	170.1	2141	93670	2106	-0.399	91564
April	180.0	61.70	24.76	173.3	169.5	2139	90648	2104	-0.389	88544
May	159.9	65.07	24.82	153.0	149.3	1915	93670	1883	-0.403	91786
June	143.2	54.21	23.68	138.9	135.4	1751	90648	1722	-0.389	88926
July	154.0	54.92	23.41	147.9	144.2	1860	93670	1829	-0.403	91840
August	171.1	61.87	23.44	164.6	160.8	2058	93670	2024	-0.403	91645
September	182.2	66.98	23.80	177.1	173.4	2187	90648	2150	-0.366	88498
October	217.2	65.48	25.12	209.8	205.7	2554	95381	2511	-0.373	92870
November	200.8	68.85	25.13	198.2	194.3	2422	92304	2382	-0.360	89922
December	197.1	69.03	24.99	191.9	188.1	2357	95381	2317	-0.372	93063
Year	2104.9	796.40	24.47	2038.9	1995.4	25231	1109674	24810	-4.569	1084863

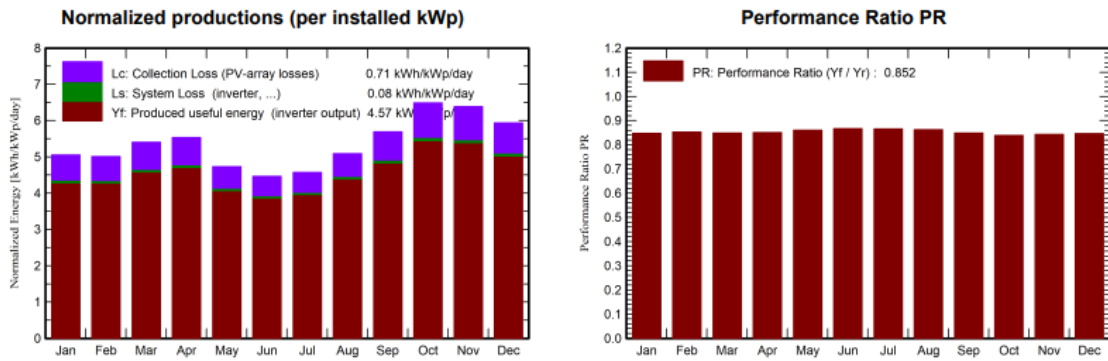
6. Sudut Kemiringan 25°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	160.9	157.4	1985	95381	1950	-0.365	93431
February	151.2	73.53	24.76	143.9	141.0	1785	84605	1754	-0.350	82850
March	177.0	80.75	25.02	170.9	167.5	2106	93670	2072	-0.399	91598
April	180.0	61.70	24.76	169.6	166.5	2102	90648	2067	-0.389	88581
May	159.9	65.07	24.82	149.9	146.6	1881	93670	1850	-0.403	91819
June	143.2	54.21	23.68	136.4	133.3	1725	90648	1696	-0.391	88952
July	154.0	54.92	23.41	144.7	141.5	1827	93670	1796	-0.403	91874
August	171.1	61.87	23.44	161.1	157.9	2022	93670	1989	-0.403	91681
September	182.2	66.98	23.80	173.8	170.8	2153	90648	2116	-0.367	88532
October	217.2	65.48	25.12	205.4	202.1	2512	95381	2470	-0.373	92911
November	200.8	68.85	25.13	195.1	191.8	2392	92304	2352	-0.360	89952
December	197.1	69.03	24.99	188.4	184.7	2316	95381	2277	-0.373	93104
Year	2104.9	796.40	24.47	1999.9	1961.2	24804	1109674	24389	-4.576	1085285

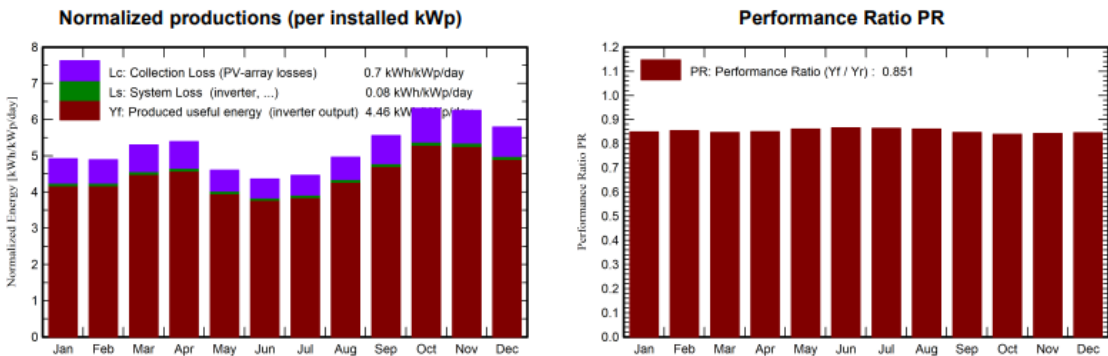
7. Sudut Kemiringan 30°



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	171.1	74.00	24.79	156.7	153.4	1934	95381	1900	-0.367	93481
February	151.2	73.53	24.76	140.4	137.6	1744	84605	1714	-0.350	82891
March	177.0	80.75	25.02	167.5	164.5	2068	93670	2034	-0.399	91636
April	180.0	61.70	24.76	166.1	162.7	2056	90648	2022	-0.389	88626
May	159.9	65.07	24.82	146.7	143.1	1837	93670	1807	-0.403	91863
June	143.2	54.21	23.68	133.9	130.6	1690	90648	1662	-0.391	88986
July	154.0	54.92	23.41	141.8	138.3	1787	93670	1757	-0.403	91913
August	171.1	61.87	23.44	157.9	154.6	1981	93670	1948	-0.403	91721
September	182.2	66.98	23.80	170.7	167.6	2110	90648	2074	-0.368	88574
October	217.2	65.48	25.12	201.2	197.5	2457	95381	2415	-0.373	92965
November	200.8	68.85	25.13	191.8	188.4	2352	92304	2313	-0.361	89991
December	197.1	69.03	24.99	184.1	180.8	2268	95381	2230	-0.373	93151
Year	2104.9	796.40	24.47	1958.9	1919.1	24284	1109674	23875	-4.580	1085799

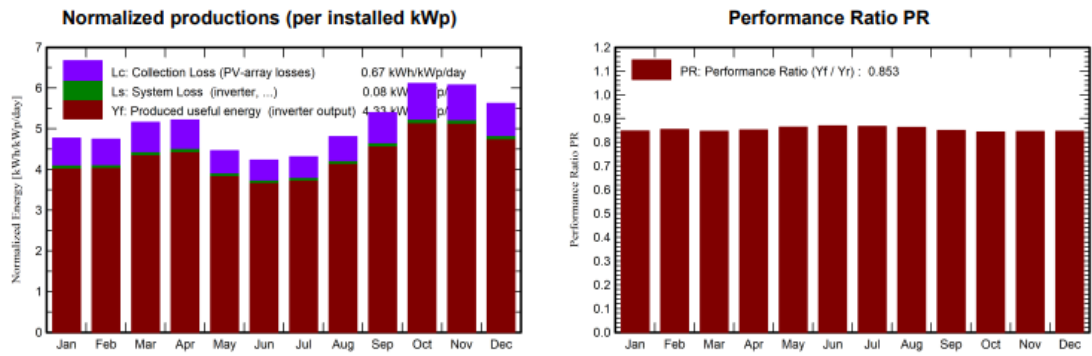
8. Sudut Kemiringan 35°



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_User kWh	E_Solar kWh	E_Grid kWh	EFrGrid kWh
January	171.1	74.00	24.79	152.5	149.3	1885	95381	1851	-0.370	93530
February	151.2	73.53	24.76	136.9	134.1	1702	84605	1673	-0.350	82932
March	177.0	80.75	25.02	164.2	160.9	2024	93670	1990	-0.400	91680
April	180.0	61.70	24.76	161.7	158.1	1999	90648	1965	-0.389	88683
May	159.9	65.07	24.82	142.7	139.1	1786	93670	1756	-0.403	91913
June	143.2	54.21	23.68	130.7	127.3	1648	90648	1620	-0.391	89028
July	154.0	54.92	23.41	138.2	134.4	1738	93670	1708	-0.403	91962
August	171.1	61.87	23.44	153.9	150.3	1928	93670	1896	-0.403	91774
September	182.2	66.98	23.80	166.8	163.3	2056	90648	2020	-0.371	88628
October	217.2	65.48	25.12	195.7	191.7	2389	95381	2348	-0.373	93033
November	200.8	68.85	25.13	187.6	183.8	2299	92304	2260	-0.361	90044
December	197.1	69.03	24.99	179.7	176.1	2212	95381	2174	-0.373	93207
Year	2104.9	796.40	24.47	1910.7	1868.5	23663	1109674	23262	-4.587	1086412

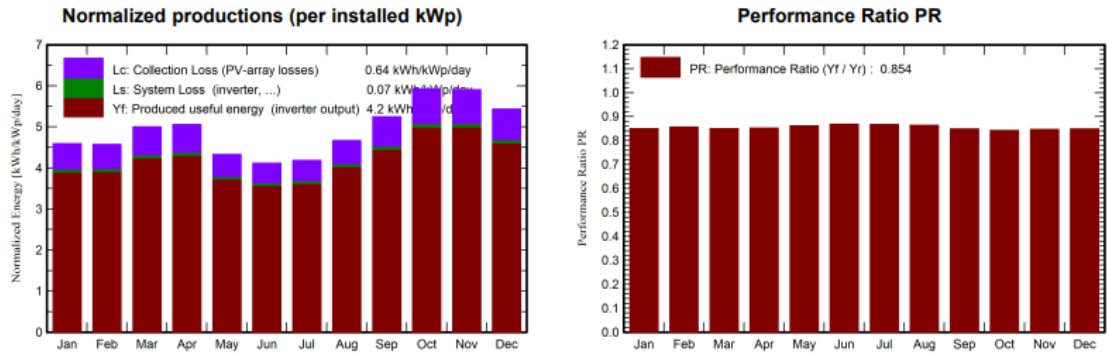
9. Sudut Kemiringan 40°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	147.8	144.4	1825	95381	1793	-0.372	93588
February	151.2	73.53	24.76	132.9	129.8	1651	84605	1622	-0.351	82983
March	177.0	80.75	25.02	160.0	156.5	1970	93670	1937	-0.400	91732
April	180.0	61.70	24.76	156.5	153.3	1941	90648	1908	-0.389	88740
May	159.9	65.07	24.82	138.3	135.1	1738	93670	1709	-0.403	91961
June	143.2	54.21	23.68	127.0	124.0	1607	90648	1579	-0.391	89069
July	154.0	54.92	23.41	133.7	130.5	1688	93670	1659	-0.403	92011
August	171.1	61.87	23.44	149.1	145.8	1873	93670	1841	-0.403	91828
September	182.2	66.98	23.80	161.8	158.9	2002	90648	1967	-0.373	88681
October	217.2	65.48	25.12	189.4	186.1	2324	95381	2284	-0.373	93097
November	200.8	68.85	25.13	182.3	179.0	2243	92304	2205	-0.361	90099
December	197.1	69.03	24.99	174.3	170.6	2146	95381	2110	-0.374	93271
Year	2104.9	796.40	24.47	1853.1	1814.1	23006	1109674	22614	-4.593	1087060

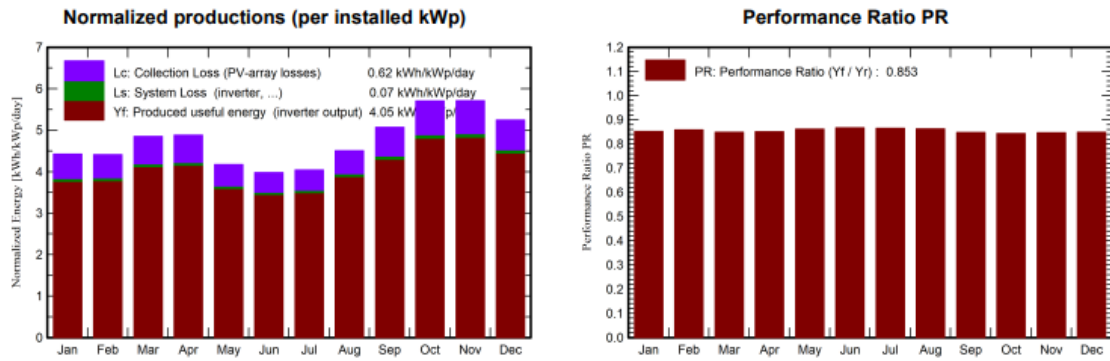
10. Sudut Kemiringan 45°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	142.4	139.2	1763	95381	1732	-0.375	93649
February	151.2	73.53	24.76	128.1	125.3	1596	84605	1569	-0.351	83036
March	177.0	80.75	25.02	155.1	152.1	1917	93670	1884	-0.400	91785
April	180.0	61.70	24.76	151.8	148.5	1882	90648	1850	-0.389	88798
May	159.9	65.07	24.82	134.2	130.7	1683	93670	1655	-0.403	92015
June	143.2	54.21	23.68	123.5	120.2	1560	90648	1533	-0.391	89115
July	154.0	54.92	23.41	129.8	126.4	1637	93670	1609	-0.403	92061
August	171.1	61.87	23.44	144.7	141.4	1819	93670	1788	-0.403	91882
September	182.2	66.98	23.80	157.4	154.2	1945	90648	1912	-0.374	88736
October	217.2	65.48	25.12	183.7	179.9	2253	95381	2214	-0.373	93167
November	200.8	68.85	25.13	177.2	173.7	2183	92304	2146	-0.361	90158
December	197.1	69.03	24.99	168.4	165.1	2082	95381	2046	-0.374	93335
Year	2104.9	796.40	24.47	1796.2	1756.7	22320	1109674	21937	-4.597	1087736

11. Sudut Kemiringan 50°



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
January	171.1	74.00	24.79	137.2	134.0	1702	95381	1671	-0.377	93709
February	151.2	73.53	24.76	123.5	120.8	1543	84605	1516	-0.354	83089
March	177.0	80.75	25.02	150.4	147.1	1858	93670	1827	-0.400	91843
April	180.0	61.70	24.76	146.4	142.7	1813	90648	1782	-0.390	88866
May	159.9	65.07	24.82	129.4	125.7	1621	93670	1594	-0.404	92076
June	143.2	54.21	23.68	119.3	115.9	1506	90648	1480	-0.392	89168
July	154.0	54.92	23.41	125.2	121.6	1577	93670	1549	-0.404	92120
August	171.1	61.87	23.44	139.7	136.1	1753	93670	1724	-0.403	91946
September	182.2	66.98	23.80	152.1	148.6	1878	90648	1845	-0.378	88803
October	217.2	65.48	25.12	176.8	172.7	2169	95381	2132	-0.373	93249
November	200.8	68.85	25.13	171.3	167.4	2110	92304	2074	-0.361	90230
December	197.1	69.03	24.99	162.6	158.9	2008	95381	1974	-0.374	93407
Year	2104.9	796.40	24.47	1734.0	1691.6	21540	1109674	21168	-4.610	1088506