

**ANALISIS TEKNIS DAN DAN EKONOMI TEKNOLOGI SEMI
TRANSPARENT PHOTOVOLTAIC (STPV) TERINTEGRASI
GREENHOUSE DI INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Dijadikan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi



UIN SUSKA RIAU

oleh:

YOGIE VERNANDO

11655103516

UIN SUSKA RIAU

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2021**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa menyebutkan sumber.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS TEKNIS DAN DAN EKONOMI TEKNOLOGI *SEMI TRANSPARENT PHOTOVOLTAIC* (STPV) TERINTEGRASI *GREENHOUSE* DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

oleh:

YOGIE VERNANDO

11655103516

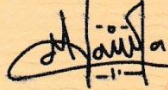
Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro di Pekanbaru, pada tanggal 30 Desember 2021

Ketua Program Studi


Digitally signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.01.12
13:02:51
WIB

Dr. Zulfatri Aini, ST, MT
NIP. 19721021 200604 2 001

Pembimbing



Digitally signed by
Marhama Jelita
Date: 2022.01.12
11:48:57 +07'00'

Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
NIK. 130517054

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN DAN EKONOMI TEKNOLOGI SEMI TRANSPARENT PHOTOVOLTAIC (STPV) TERINTEGRASI GREENHOUSE DI INDONESIA

TUGAS AKHIR

oleh:


YOGIE VERNANDO

11655103516


Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 30 Desember 2021

Pekanbaru, 30 Desember 2021

Mengesahkan,


Dekan
Dr. Drs. Hartono, B.A, M.Pd
NIP. 19640301 199203 1 003

Ketua Program Studi

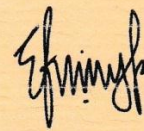

Digitally
signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.01.12
13:03:51 WIB


Dr. Zulfatri Aini, S.T., M.T


NIP. 19721021 200604 2 001

DEWAN PENGUJI:

Ketua : Ewi Ismaredah, S.Kom, M.Kom
Sekretaris : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
Anggota I : Dr. Zulfatri Aini, ST, MT
Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc


Digitally
signed by
Zulfatri Aini
Tanggal:
2022.01.12
13:04:15 WIB


Digitally signed by
Marhama Jelita
Date: 2022.01.12
11:49:41 +07'00'


Digitally signed
by Nanda Putri
Miefthawati
Date: 2022.01.12
08:46:46 +07'00'



Sampiran Surat :

Nomor : Nomor 25/2021
 Tanggal : 10 September 2021

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

: YOGIE VERNANDO
 : 11655103516
 Tempat/Tgl. Lahir : PEKANBARU / 04 DESEMBER 1997
 Fakultas/Pascasarjana : SAINS DAN TEKNOLOGI
 : TEKNIK ELEKTRO

Judul Disertasi/Thesis (Skripsi) Karya Ilmiah lainnya*:
 ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI TEKNOLOGI SEMI TRANSPARENT
 FOTOVOLTAIC (STPV) TERINTEGRASI GREENHOUSE DI INDONESIA

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa :

1. Penulisan Disertai/Thesis (Skripsi) Karya Ilmiah lainnya* dengan judul sebagaimana tersebut di atas adalah hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri.

2. Semua kutipan pada karya tulis saya ini sudah disebutkan sumbernya.

3. Oleh karena itu Disertasi/Thesis (Skripsi) Karya Ilmiah lainnya* saya ini, saya nyatakan bebas dari plagiat.

4. Apa bila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penulisan Disertai/Thesis (Skripsi) (Karya Ilmiah lainnya)* saya tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun juga.

Pekanbaru, 19 JANUARI 2022
 Yang membuat pernyataan



YOGIE VERNANDO
 NIM : 11655103516

• Pilih salah satu sesuai jenis karya tulis

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 Dilarang mengutip, sebagian atau seluruhnya atau membuat karya tulis tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

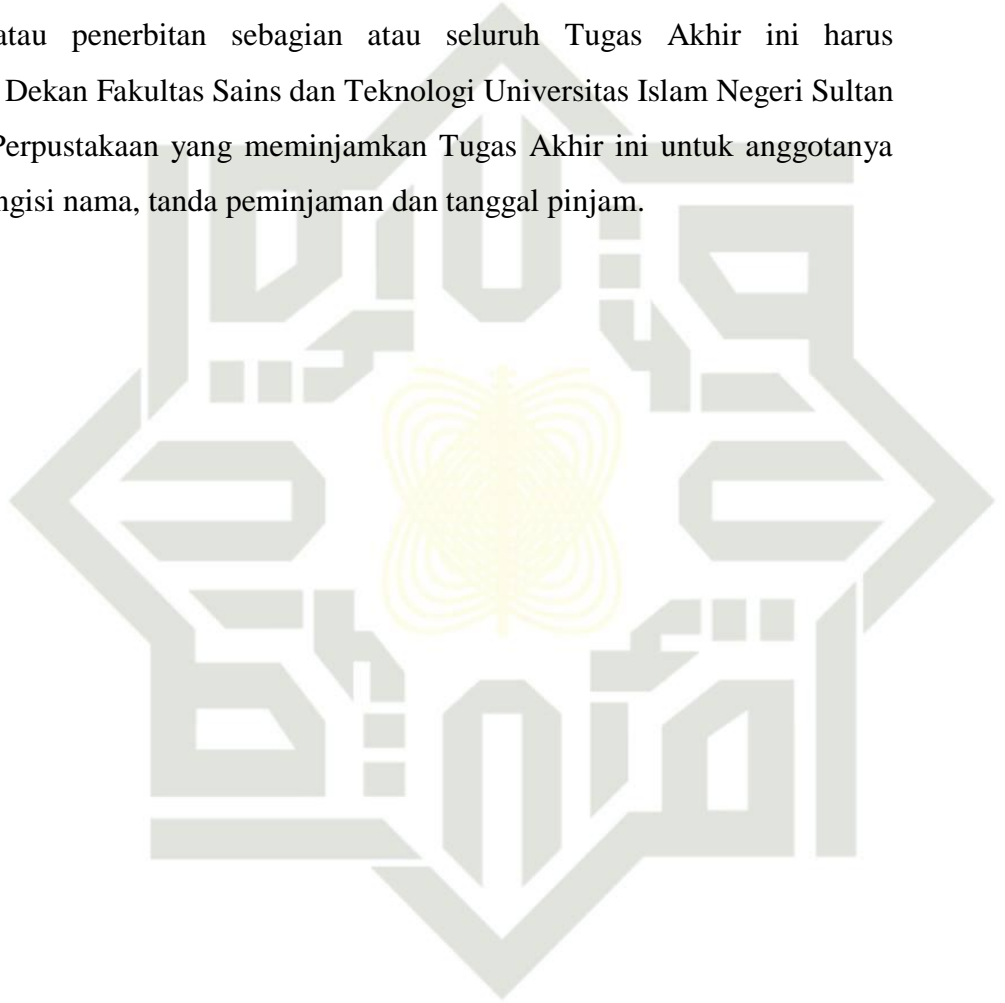


LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan didalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, Desember 2021

Yang membuat pernyataan,

YOGIE VERNANDO

11655103516

UIN SUSKA RIAU

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ۖ وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَبْ ﴿٨﴾

“Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(Q.S Al-Insyirah ayat 7-8)

Alhamdulillahillahi robbil' alamin....

Terima kasih ku ucapkan kepada mu ya Allah tuhan semesta alam, sujud syukur ku kusembahkan kepada-Mu ya Rabb Tuhan yang Maha Agung nan Maha Tinggi nan Maha Adil nan Maha Penyayang, atas takdir mu telah kau jadikan aku manusia yang senantiasa berfikir, berilmu, beriman dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sebuah usaha dengan pemikiran dan keringat telah ku lalui dengan tantangan dan rintangan hebat sehingga saatnya sekarang usaha itu membuah hasil berupa desain dan karya tulis yang menghantarkan ku menjadi seorang sarjana. Semua ini hamba persembahkan kepada Allah yang telah menurunkan tanda-tanda qauliyah-Nya dari Al-Quran.

“Bukankah Dia (Allah) yang memperkenankan (do'a) orang yang dalam kesulitan apabila dia berdoa kepada-Nya, dan menghilangkan kesusahan dan menjadikan kamu (manusia) sebagai khalifah (pemimpin) di Bumi? Apakah di samping Allah ada Tuhan (yang lain)? Sedikit sekali (nikmat Allah) yang kamu ingat”.

(Q.S An-Naml ayat: 62)

Teruntuk....

Kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas kesabaran mu selama ini, terima kasih atas do'a, semangat, motivasi, lidah, dan mulut yang tak pernah lelah menasihati ku walau terkadang nasihat itu sering ku acuhkan. Maafkan atas segala hal kecil dan besar yang pernah anda lakukan sehingga membuat hati Ayah dan Ibu terluka. Terimalah karya kecil ini buah dari hasil pendidikan yang ananda jalani selama masa perkuliahan, sebagai bentuk rasa terima kasihku walau kasih dan sayang mu tak akan pernah bisa tergantikan semoga ahala dan rezeki selalu dilimpahkan oleh Allah SWT kepada Ayah dan Ibu.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



**ANALISIS TEKNIS DAN DAN EKONOMI TEKNOLOGI SEMI
TRANSPARENT PHOTOVOLTAIC (STPV) TERINTEGRASI
GREENHOUSE DI INDOENSIA**

YOGIE VERNANDO
NIM: 11655103516

Tanggal Sidang:

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki iklim tropis yang ditandai dengan kondisi temperatur udara antara 22 – 32 °C. Pada daerah beriklim tropis temperatur udara di dalam bangunan *greenhouse* 30°C untuk mencapai temperatur nyaman tanaman yaitu 18 – 24 °C, *greenhouse* membutuhkan peralatan listrik yaitu *fog cooling system* yang mengkonsumsi energi listrik 5400 kWh. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis aspek teknis dan ekonomis teknologi semi *transparent photovoltaic* (STPV) terintegrasi *greenhouse* di Indonesia. Adapun metode yang digunakan pada perencanaan pembangkit listrik ini adalah STPV *on-grid system* dan analisis aspek teknis pada bagian energi *thermal* serta energi listrik nya menggunakan *software comsol Multiphysic 5.3a*. Hasil aspek teknis, temperatur PV rata-rata yang diperoleh sebesar 302.53 K. Koefisien *heat transfer* dalam rata-rata adalah 46.269 W/m²K. Sedangkan koefisien *heat transfer* luar rata-rata yaitu sebesar 83.173 W/m²K. Berdasarkan hasil perhitungan energi *thermal* yang dimana rata-rata energi *thermal* yang diperoleh sebesar di dapat sebesar 21017.4575 W. Produksi listrik dari pembangkit listrik STPV *On-Grid System* ini sebesar 5.99 MWh/tahun pada tahun pertama dengan *losses* sistem sebesar 13.24%, rasio performa 86.68% dan faktor kapasitas 14.61%. Pembangkit listrik tenaga STPV *on-grid system* yang terintegrasi *greenhouse* memerlukan investasi awal sebesar Rp. 73.863.000 yang terdiri dari biaya operasional dan perawatan sebesar Rp. 663.750 dan biaya penggantian *inverter* pada tahun ke-17 sebesar Rp. 5.378.750. Pada aspek analisis kelayakan ekonomi nilai *Net Present Value* didapatkan positif sebesar Rp. 238.621.311,6, *Internal Rate of Return* sebesar 12,8% dan *Payback Period* sebesar 6 tahun 2 bulan. Berdasarkan analisis kelayakan nilai NPV, IRR dan PBP pembangkit listrik tenaga STPV *on-grid system* yang terintegrasi *greenhouse* layak dibangun.

Kata Kunci: Koefisien *heat transfer*, STPV, *On-Grid*, listrik

**TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF SEMI
TRANSPARENT PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY (STPV)**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



INTEGRATED GREENHOUSE IN INDONESIA

YOGIE VERNANDO

NIM: 11655103516

Date of Final Exam:

*Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas Street. Number 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that has a tropical climate which is characterized by air temperature conditions between 22-32 °C. In tropical climates the air temperature in the greenhouse is 30°C to reach a comfortable plant temperature of 18-24 °C, the greenhouse requires electrical equipment, namely a fog cooling system that consumes 5400 kWh of electrical energy. The purpose of this study was to analyze the technical and economic aspects of semi transparent photovoltaic (STPV) integrated greenhouse technology in Indonesia. The method used in planning this power plant is the STPV on-grid system and analysis of technical aspects in the thermal energy and electrical energy sections using the comsol Multiphysics 5.3a software. The result of the technical aspect, the average PV temperature obtained is 302.53 K. The average heat transfer coefficient is 46,269 W/m²K. Meanwhile, the average external heat transfer coefficient is 83,173 W/m²K. Based on the results of the calculation of thermal energy where the average thermal energy obtained is 21017.4575 W. The electricity production from the STPV On-Grid System power plant is 5.99 MWh/year in the first year with system losses of 13.24%, performance ratio 86.68 % and a capacity factor of 14.61%. The STPV on-grid system integrated greenhouse power plant requires an initial investment of Rp. 73,863,000 consisting of operational and maintenance costs of Rp. 663,750 and the cost of replacing the inverter in the 7th year is Rp. 15,378,750. In the aspect of economic feasibility analysis, the Net Present Value was found to be positive at Rp. 238,621,311.6, Internal Rate of Return of 12.8% and Payback Period of 6 years 2 months. Based on the feasibility analysis of the NPV, IRR and PBP values, the STPV on-grid system integrated greenhouse power plant is feasible to build.

Keywords: Koefisien heat transfer, STPV, On-Grid, electricity

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh,

Alhamdulillah Rabbil Alamin, Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Teknis Dan Dan Ekonomi Teknologi Semi Transparent Photovoltaic (STPV) Terintegrasi Greenhouse Di Indonesia**”. Shalawat beriringan salam penulis hadiahkan kepada junjungan alam Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri tauladan kita semua, semoga kita semua termasuk dalam umatnya yang kelak mendapatkan syafa'at di hari kebangkitan.

Banyak sekali yang telah penulis peroleh berupa ilmu pengetahuan dan pengalaman selama menempuh pendidikan di Program studi Teknik Elektro. Penulis berharap Tugas Akhir ini nantinya dapat berguna bagi semua pihak yang memerlukannya. Penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus nya kepada pihak-pihak yang terkait berikut:

1. Papa, mama, adik dan keluarga yang telah mendo'akan serta memberikan dukungan dan motivasi agar penulis selalu sabar dan tawakal dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Khairunnas Rajab, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Bapak Dr. Drs. Hartono, B.A., M.Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Ibu Dr. Zulfatri Aini S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau sekaligus Dosen Penguji I yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Sutoyo S.T., M.T, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Bapak Oktaf Brillian Kharisma, ST, MT, selaku pembimbing akademik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
7. Bapak Ahmad Faizal S.T., M.T, selaku koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan syarif Kasim Riau.
8. Ibu Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing serta selalu membantu memberikan inspirasi, motivasi, dan kesabaran memberikan arahan maupun kritikan kepada penulis baik dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini maupun dalam proses pendidikan Strata 1 (S1) penulis.



9.

Ibu Nanda Putri Miefthawati, B.Sc, M.Sc, selaku Dosen penguji II yang telah memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.

10. **Hak Cipta, Diindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Rekan-rekan Angkatan 2016 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

4. Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik di masa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca di masa mendatang. Amin.

Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat bermanfaat.

Pimpinan, staff, dan karyawan Program Studi Teknik Elektro serta Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Rekan-rekan seperjuangan (Arif Nugroho, Ahmad Iqbal, Afif Mufadhol, Deri Wahyudi, Dwiki Imannusa, Dara Rulianti, Erdianto, Fadel Muhammad, Fajri Septia Rindi, Hanif Naufal Qasthari, Muhammad Alan Subati, Muhammad Ihsan, Muhammad Tommy Afri.P, Novri Aldy, Raja Reski Eka Putra, Riski Septiadi, Riko Kurniawan, Widho Darmawan, Yahya Khoironi, Zana Azra) yang telah memberikan dukungan semangat dan motivasi selama penulis menempuh perkuliahan.

Rekan-rekan Angkatan 2016 dan Konsentrasi Energi Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Rekan-rekan Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis menerima segala saran serta kritik yang bersifat membangun, agar lebih baik di masa yang akan datang.

Harapan penulis, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi penulis sendiri khususnya, serta memberikan manfaat yang luar biasa bagi pembaca di masa mendatang. Amin.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Pekanbaru, Desember 2021

Yogie Vernando

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR ISI

COVER		i
LEMBAR PERSETUJUAN		ii
LEMBAR PENGESAHAN		iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL		iv
LEMBAR PERNYATAAN		v
LEMBAR PERSEMBAHAN		vi
ABSTRAK		vii
ABSTRACT		viii
KATA PENGANTAR		ix
DAFTAR ISI		xi
DAFTAR GAMBAR		xv
DAFTAR TABEL		xvi
DAFTAR PERSAMAAN		xviii
DAFTAR LAMPIRAN		xix
BAB I PENDAHULUAN		I-1
1.1 Latar Belakang		I-1
1.2 Rumusan masalah		I-6
1.3 Tujuan Penelitian		I-6
1.4 Batasan Masalah		I-6
1.5 Manfaat Penelitian		I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		II-1
2.1 Penelitian Terkait		II-1
2.2 Energi Matahari		II-3
2.3 <i>Greenhouse</i>		II-4
2.3.1 Gambaran Umum <i>Greenhouse</i>		II-4
2.3.2 Klasifikasi <i>Greenhouse</i>		II-5
2.3.2.1 Klasifikasi <i>Greenhouse</i> (berdasarkan bahan atapnya)		II-5
2.3.2.2 Klasifikasi <i>Greenhouse</i> (berdasarkan bentuk)		II-9
2.3.3 Jenis <i>Greenhouse</i> Berdasarkan Tingkatan Teknologi		II-11
2.3.3.1 <i>Greenhouse</i> Teknologi Rendah		II-11
2.3.3.2 <i>Greenhouse</i> Teknologi Menengah		II-11
2.3.3.3 <i>Greenhouse</i> Teknologi Tinggi		II-11



2.4	Pembangkit Listrik Tenaga Listrik [PLTS]	II-11
2.4	Pengertian PLTS	II-11
2.4	Komponen-Komponen PLTS	II-14
2.5	<i>Semi Transparent Photovoltaic (STPV) Terintegrasi Greenhouse</i>	II-18
2.6	Penyelesaian Model Matematika	II-18
2.6	Metode Numerik.....	II-18
2.6	Metode Analitik.....	II-19
2.7	Persamaan Matematika Sistem <i>Photovoltaic Thermal</i>	II-19
2.8	Aspek Teknis	II-21
2.8	Energi <i>Thermal</i>	II-21
2.8	Energi Listrik.....	II-22
2.8.2.1	Pemilihan Modul Surya	II-22
2.8.2.2	Pemilihan <i>Inverter</i>	II-24
2.8.2.3	<i>Array Sizing</i>	II-24
2.8.2.4	Analisis Hasil Produksi Energi Sistem PLTS	II-26
2.9	Aspek Ekonomi Terhadap Teknologi STPV	II-27
2.9.1	Aspek Biaya.....	II-27
2.9.2	Aspek Finansial	II-29
2.10	Comsol Multi-Fisika	II-31
2.11	<i>SketchUp Pro</i>	II-32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Jenis Penelitian.....	III-1
3.2	Alur Proses Penelitian.....	III-1
3.3	Tahap Perencanaan	III-3
3.3	Identifikasi Masalah	III-3
3.3	Penentuan Judul.....	III-3
3.3	Rumusan Masalah.....	III-3
3.3	Tujuan Penelitian.....	III-3
3.4	Studi Literatur	III-3
3.5	Data Sekunder.....	III-3
3.5	Data Intensitas Radiasi Matahari.....	III-3
3.5	Data Temperatur Udara	III-6
3.5	Data Spesifikasi PV	III-9

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau



3.5.4	Data Spesifikasi Properti <i>Greenhouse</i>	III-9
3.5.5	Data <i>Discount Rate</i> , <i>Inflasi</i> Dan Suku Bunga	III-10
3.6	Analisis temperatur dan koefisien <i>heat transfer</i>	III-10
3.6.1	Simulasi COMSOL <i>Multiphysic 5.3a</i>	III-10
3.6.1.1	Melakukan Pemrosesan Awal.....	III-11
3.6.1.2	Perhitungan Numerik.....	III-14
3.6.1.3	Pemrosesan Akhir	III-14
3.6.2	Validasi.....	III-14
3.7	Perhitungan Manual Sistem STPV	III-14
3.7.1	Aspek Teknis	III-14
3.7.1.1	Energi <i>Thermal</i>	III-14
3.7.1.2	Energi Listrik	III-15
3.8	Analisis	III-15
3.8.1	Aspek teknis	III-15
3.8.1.1	Energi <i>thermal</i>	III-15
3.8.1.2	Energi listrik.....	III-15
3.8.2	Aspek Ekonomi	III-16
3.9	Penilaian kelayakan	III-17
3.9.1	Aspek teknis	III-17
3.9.2	Aspek ekonomis	III-17
BAB HASIL DAN PEMBAHASAN		IV-1
4.1	Penilaian Lokasi (<i>Site Assesment</i>)	IV-1
4.1.1	Radiasi Matahari.....	IV-1
4.1.2	Temperatur.....	IV-2
4.1.3	Pemilihan properti <i>greenhouse</i>	IV-3
4.2	Validasi	IV-4
4.3	Perhitungan Temperatur STPV Dan Koefisien <i>Heat transfer</i>	IV-5
4.3.1	Temperatur PV	IV-5
4.3.2	Koefisien <i>Heat Transfer</i>	IV-7
4.4	Perhitungan Energi <i>Thermal</i> Energi Listrik.....	IV-8
4.4.1	Energi <i>Thermal</i>	IV-8
4.4.1.1	Energi Konduksi (Q_{cond}).....	IV-8
4.4.1.2	Energi konveksi bagian dalam (Q_{conv_si})	IV-13

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.4.1.3	Energi konveksi pada luar (Q_{conv_so})	IV-14
4.4.1.4	Energi <i>Thermal</i>	IV-15
4.4.2	Energi Listrik	IV-16
4.4.2.1	Pemilihan Modul Surya	IV-16
4.4.2.2	Pemilihan <i>Inverter</i>	IV-17
4.4.2.3	Menghitung Efisiensi Modul PV	IV-18
4.4.2.4	<i>Losses</i> Efisiensi Akibat Temperatur	IV-19
4.4.2.5	Menentukan Jumlah PV Array	IV-20
4.4.2.6	Matching Array dengan <i>Inverter</i>	IV-22
4.4.2.7	<i>Losses</i>	IV-25
4.4.2.8	Hasil Produksi Listrik	IV-27
4.5	Analisis teknis	IV-29
4.5.1	Energi <i>Thermal</i>	IV-29
4.5.2	Energi Listrik	IV-30
4.6	Analisis Aspek Ekonomi	IV-31
4.6.1	Biaya Investasi Awal	IV-32
4.6.1.1	Biaya Operasional, Pemeliharaan, dan Pergantian Komponen	IV-32
4.6.1.2	Biaya Investasi Total	IV-33
4.6.2	<i>Present Worth Factor</i> (PWF)	IV-34
4.6.3	Manfaat Finansial	IV-35
4.6.4	<i>Cash Flow Benefit</i> (CFB)	IV-35
4.6.5	<i>Cash Flow Cost</i> (CFC)	IV-36
4.6.6	<i>Net Present Value</i> (NPV)	IV-37
4.6.7	<i>Payback period</i> (PBP)	IV-39
4.6.8	<i>Internal Rate Of Return</i> (IRR)	IV-39
4.7	Penilaian kelayakan	IV-41
4.7.1	Aspek Teknis	IV-41
4.7.2	Aspek Ekonomi	IV-41
BAB V PENUTUP		V-1
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA
 LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Greenhouse dengan atap kaca.	II-6
Gambar 2.2	Rumah Plastik.	II-7
Gambar 2.3	Keseimbangan radiasi dan pemanasan pada rumah plastik.	II-8
Gambar 2.4	Greenhouse tipe campuran.	II-9
Gambar 2.5	Greenhouse tipe tunnel.	II-10
Gambar 2.6	Greenhouse tipe Piggy back.	II-10
Gambar 2.7	Representasi Skematik (a) sistem PV DC Sederhana untuk Mendayai Pompa Air tanpa Penyimpanan Energi, (b) sistem PV kompleks termasuk Baterai, conditioner daya, dan beban AC maupun DC.	II-12
Gambar 2.8	Representasi Skematik Sistem PV Grid-Connected.	II-13
Gambar 2.9	Konfigurasi on grid sistem	II-13
Gambar 2.10	PV Monocrystalline.	II-14
Gambar 2.11	PV Polycrystalline.	II-15
Gambar 2.12	PV Thin Film.	II-15
Gambar 2.13	Micro Inverter.	II-16
Gambar 2.14	String Inverter.	II-17
Gambar 2.15	Central Inverter	II-17
Gambar 2.16	STPV terintegrasi greenhouse.	II-18
Gambar 3.1	Flow Chart Penelitian.	II-2
Gambar 3.2	Peta Indonesia.	II-3
Gambar 3.3	Parameter Power single point data access Intensitas radiasi matahari.	II-5
Gambar 3.4	Data Intensitas Radiasi Matahari Indonesia.	II-5
Gambar 3.5	Power single point data access Temperatur.	II-7
Gambar 3.6	Parameter Power single point data access Temperatur	II-7
Gambar 3.7	Data Temperatur Udara Indonesia.	II-8
Gambar 3.8	Diagram Simulasi	II-11
Gambar 3.9	Ikons Comsol.	II-11
Gambar 3.10	Space Dimension	II-12
Gambar 3.11	pemilihanan Add Physics, pilih Fluid Flow, Non-Isothermal Flow Laminar Flow nit.	II-12
Gambar 3.12	Select Study Type	II-12

Hak Cipta dan Hak Moral NIKI UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.13 Kolom Parameter STPV Pada COMSOL <i>Multiphysic 5.3a</i>	II-13
Gambar 3.14 <i>Geometry</i> PV/T Pada Comsol.....	II-13
Gambar 3.15 Material Pada PV/T.	II-13
Gambar 4.1 satuan radiasi matahari pada comsol	IV-1
Gambar 4.2 satuan temperatur dalam Comsol.....	IV-2
Gambar 4.3 Hasil Validasi Profil Temperatur (a) Hasil simulasi (b) Hasil validasi	IV-5
Gambar 4.4 Persamaan Temperatur Sel Pada Comsol	IV-5
Gambar 4.5 Nilai Temperatur Sel PV	IV-6
Gambar 4.6 Persamaan <i>Koefisien heat transfer</i>	IV-7
Gambar 4.7 Nilai <i>koefisien heat transfer</i> dalam (a) dan luar (b).....	IV-7
Gambar 4.8 Modul Surya <i>Amorphous silicone</i> 130 Wp [38].....	IV-21
Gambar 4.9 Penempatan Modul Surya Pada Atap <i>Greenhouse</i>	IV-21
AFTAR LABEL	
Tabel 3.1 Data Intensitas Radiasi Matahari.....	III-6
Tabel 3.2 Data Temperatur.....	III-8
Tabel 3.3 Data Spesifikasi <i>Amorphous Silicone</i>	III-9
Tabel 3.4 Data Spesifikasi Peoperti <i>Greenhouse</i>	III-9
Tabel 4.1 Radiasi Matahari dalam W/m^2	IV-2
Tabel 4.2 Temperatur dalam satuan Kelvin	IV-3
Tabel 4.3 Properti <i>greenhouse</i>	IV-4
Tabel 4.4 Nilai temperatur PV.....	IV-6
Tabel 4.5 Nilai <i>Koefisien Heat Transfer</i> dalam dan luar.....	IV-8
Tabel 4.6 resistansi termal total.....	IV-10
Tabel 4.7 Konduktansi.....	IV-11
Tabel 4.8 Nilai T_{si} dan T_i	IV-11
Tabel 4.9 Energi Konduksi	IV-12
Tabel 4.10 Energi konveksi bagian dalam.....	IV-13
Tabel 4.11 Nilai T_{so}	IV-14
Tabel 4.12 Energi konveksi bagian luar	IV-15
Tabel 4.13 Energi <i>Thermal</i>	IV-16
Tabel 4.14 Spesifikasi PV	IV-17
Tabel 4.15 Spesifikasi <i>Inverter</i>	IV-17
Tabel 4.16 Efisiensi sel PV.....	IV-19

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

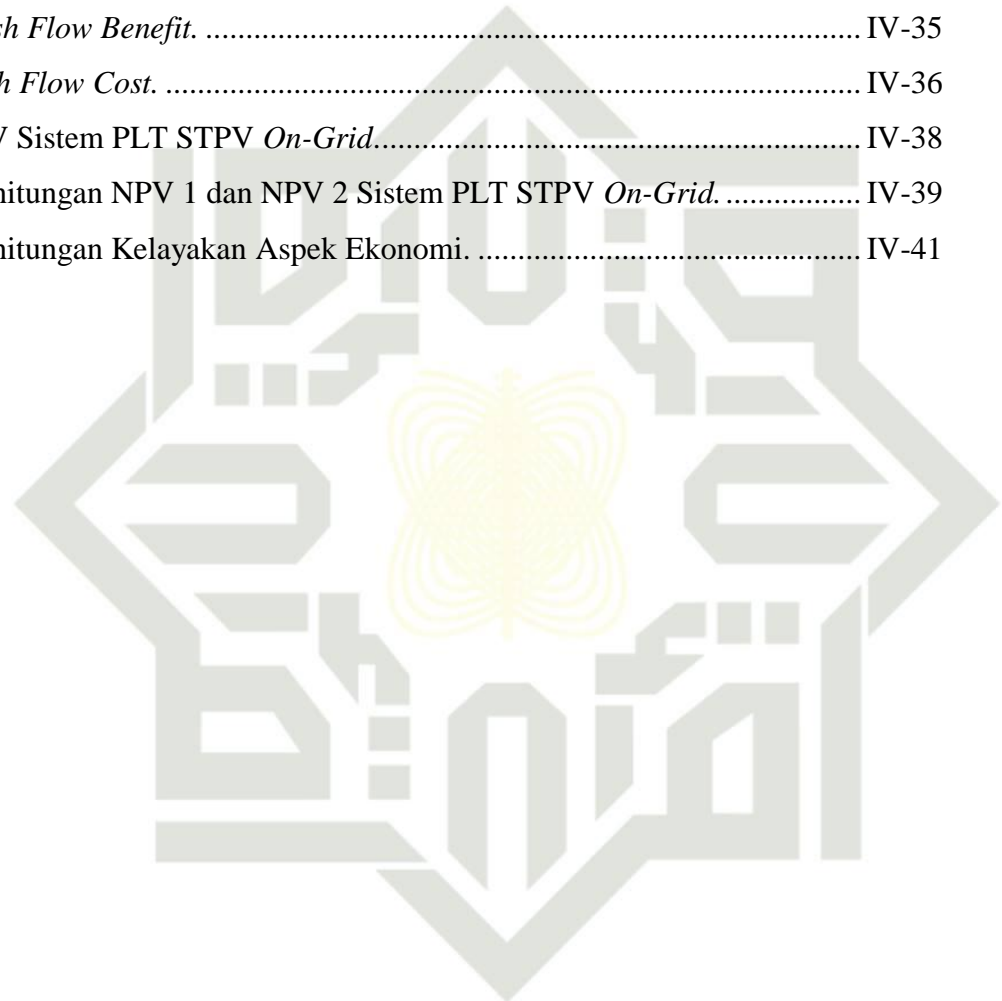


Tabel 4.17	Hasil Perhitungan <i>Losses</i> Efisiensi Akibat Temperatur	IV-20
Tabel 4.18	<i>Losses</i> Perencanaan pembangkit listrik <i>STPV On- Grid System</i>	IV-26
Tabel 4.19	Aspek Teknis Pembangkit Listrik <i>STPV</i>	IV-28
Tabel 4.20	Biaya Investasi Awal	IV-32
Tabel 4.21	Biaya Operasional & Pemeliharaan, dan Pergantian Komponen	IV-32
Tabel 4.22	Total Biaya Investasi PLT <i>STPV On Grid</i>	IV-33
Tabel 4.23	Nilai <i>Present Worth Factor</i>	IV-34
Tabel 4.24	Nilai <i>Cash Flow Benefit</i>	IV-35
Tabel 4.25	Nilai <i>Cash Flow Cost</i>	IV-36
Tabel 4.26	Nilai NPV Sistem PLT <i>STPV On-Grid</i>	IV-38
Tabel 4.27	Hasil Perhitungan NPV 1 dan NPV 2 Sistem PLT <i>STPV On-Grid</i>	IV-39
Tabel 4.28	Hasil Perhitungan Kelayakan Aspek Ekonomi.	IV-41

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



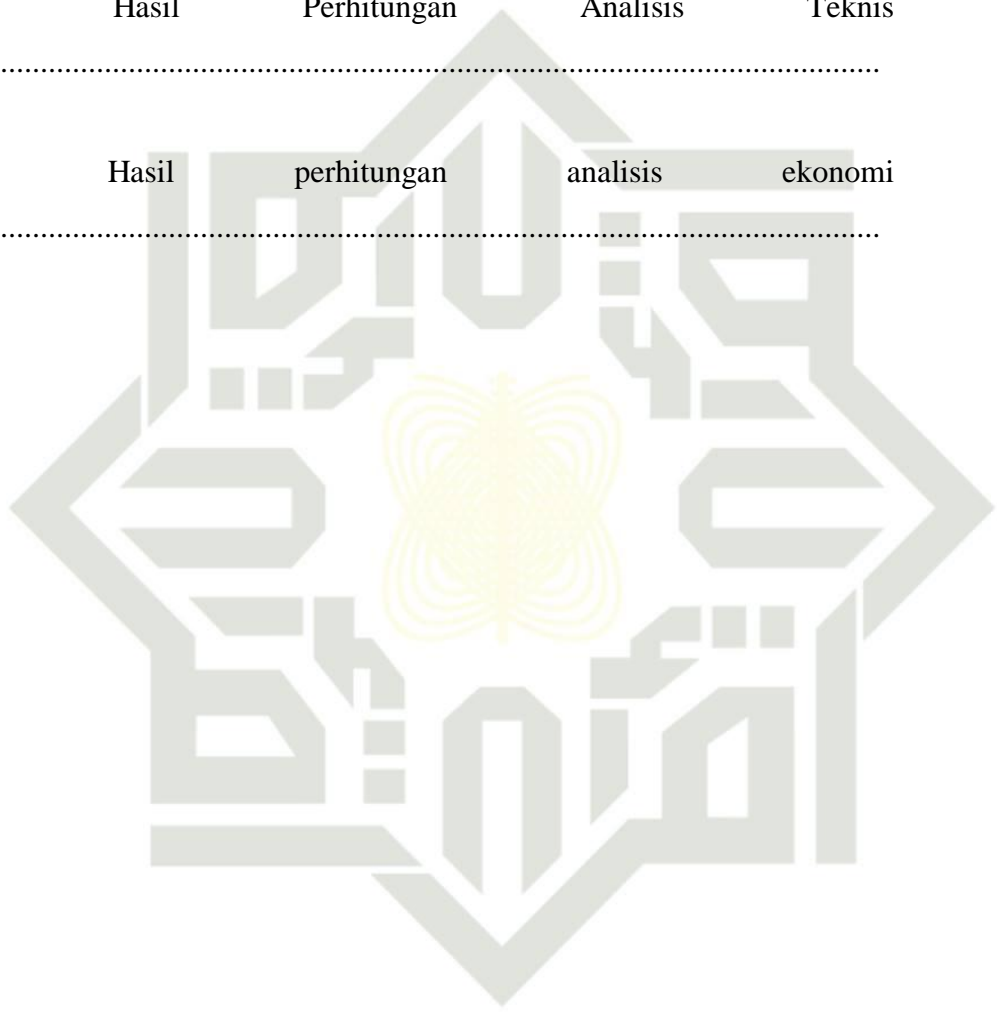
UIN SUSKA RIAU

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Konduksi panas	II-20
Persamaan 2.2	Panas yang dihilangkan	II-20
Persamaan 2.3	Mengatur aliran fluida	II-20
Persamaan 2.4	Perpindahan panas dalam air mengalir.....	II-20
Persamaan 2.5	Energi yang di transfer antara elemen <i>greenhouse</i>	II-21
Persamaan 2.6	Konduksi	II-21
Persamaan 2.7	resistansi termal total.....	II-21
Persamaan 2.8	konduktansi	II-21
Persamaan 2.9	Konveksi bagian luar.....	II-21
Persamaan 2.10	Koefisien perpindahan panas bagian luar.....	II-22
Persamaan 2.11	Konveksi bagian dalam	II-22
Persamaan 2.12	Efisiensi sel surya.....	II-23
Persamaan 2.13	Energi <i>yield</i>	II-23
Persamaan 2.14	Maksimum Tegangan <i>Inverter</i>	II-24
Persamaan 2.15	Tegangan Yang Lebih Tinggi	II-25
Persamaan 2.16	Jumlah Maksimum Modul	II-25
Persamaan 2.17	<i>String Paralel Array</i>	II-25
Persamaan 2.18	<i>String Pada Inverter</i>	II-25
Persamaan 2.19	Maksimum Modul Dalam <i>Array</i>	II-26
Persamaan 2.20	<i>Output</i> Energi Rata-Rata dari <i>Array</i> PV	II-26
Persamaan 2.21	Rasio Performa.....	II-27
Persamaan 2.22	<i>Capacity Factor</i>	II-27
Persamaan 2.23	<i>Life Cycle Cost (LCC)</i>	II-28
Persamaan 2.24	Nilai sekarang (PV) biaya O & M tahunan (Mpw).....	II-28
Persamaan 2.25	<i>Present Worth Factor (PWF)</i>	II-29
Persamaan 2.26	Nilai sekarang (PV) dari biaya penggantian komponen (Rpw)	II-29
Persamaan 2.27	<i>Capital Recovery Factor (CRF)</i>	II-29
Persamaan 2.28	<i>Levelized Cost of Energy (LCOE)</i>	II-29
Persamaan 2.29	<i>Net Present Value (NPV)</i>	II-30
Persamaan 2.30	<i>Cash Flow Benefit (CFB)</i>	II-30
Persamaan 2.31	<i>Cash Flow Cost (CFC)</i>	II-30
Persamaan 2.32	<i>Payback Period (PBP)</i>	II-31

DAFTAR LAMPIRAN

A	Hasil	Simulasi	<i>Comsol</i>	<i>Multiphysic</i>
.....				
B	Hasil	Perhitungan	Analisis	Teknis
.....				
C	Hasil	perhitungan	analisis	ekonomi
.....				



UIN SUSKA RIAU

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pertanian memegang peranan penting bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara. Indonesia adalah negara yang berorientasi pertanian atau yang biasa disebut negara agraris. Menurut badan pusat statistik (BPS), menyebut bahwa jumlah yang bekerja per agustus 2020 sebanyak 128,45 juta orang. Dari angka tersebut diantaranya yang bekerja di sektor pertanian 38,23 juta orang tenaga kerja atau sekitar 29,76%, sektor perdagangan sebesar 9,23%, sektor industri sekitar 13,61% dan sektor pengadaan listrik dan gas sebesar 0,24%. Berdasarkan dari data tersebut jumlah terbanyak bekerja di sektor pertanian [1]. Sebagian besar petani masih menggunakan metode tradisional dalam teknik pertaniannya yang mengakibatkan rendahnya hasil panen pertanian atau perkebunannya. Oleh karena itu dibutuhkan penggunaan teknologi otomasi modern di sektor pertanian untuk meningkatkan hasil panen [2].

Saat ini kondisi petani di daerah khususnya perdesaan kurang memanfaatkan teknologi dalam pengolahan lahan, irigasi maupun hasilnya. Selain itu ketergantungan cuaca membuat hasil petani tidak maksimal, dikarenakan cuaca saat ini kurang bisa diprediksi dalam jangka tanam hingga hasil. Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil panen adalah intensitas hujan. Dikarenakan penurunan intensitas hujan adalah alasan terbesar dari penurunan hasil panen petani dilahan kering. Dimasa ini, kebutuhan akan teknologi sangat penting untuk mempermudah kegiatan manusia [3].

Perkembangan teknologi di era *modern* ini berkembang pesat sehingga teknologi sangat dibutuhkan peranannya dalam pertanian. Salah satu teknologinya yaitu *greenhouse* yang memiliki kemampuan merekayasa iklim untuk kebutuhan pada tanaman yang sangat dibutuhkan. Dengan keterbatasan lahan yang tersedia akibat maraknya pembangunan perumahan maupun kawasan industri, perubahan cuaca pada kondisi tropis dan musim hujan maupun musim kemarau yang tidak bisa diprediksi adalah merupakan suatu hal yang menyebabkan penggunaan teknologi *Greenhouse* menjadi solusi dari pertanian tersebut [4].

Budidaya *greenhouse* adalah jenis produksi tanaman intensif yang populer dengan hasil per unit area yang dibudidayakan lebih dari 10 kali lebih tinggi daripada tanaman ladang.



sayuran, tanaman hias dan buah-buahan dibudidayakan dalam kondisi *greenhouse*. Struktur *greenhouse*, penutup dan instrumen di dalam menyediakan lingkungan yang sangat sesuai dengan kebutuhan untuk menumbuhkan semua jenis tanaman dan menghasilkan hasil yang lebih tinggi, kualitas dan perpanjangan ketersediaan pasar [5].

Pengelolaan lingkungan *greenhouse* bergantung pada manipulasi temperatur. Manipulasi temperatur sangat penting untuk mempengaruhi pertumbuhan tanaman, kualitas fisiologi dan juga merupakan strategi utama dalam modifikasi lingkungan tanaman. Temperatur nyaman tanaman dengan kisaran 18°C - 24°C hampir cocok untuk menumbuhkan semua jenis tanaman, di mana terdapat respons positif hampir linier dalam hal peningkatan pertumbuhan [6].

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki iklim tropis yang berada tepat di lintasan Khatulistiwa ditandai dengan kondisi temperatur udara antara 22 – 32 °C sehingga memiliki potensi energi matahari di Indonesia cukup tinggi. Karena matahari terus ada sepanjang tahun, dengan rata-rata bersinar 6 hingga 8 jam per hari. Rata-rata potensi pancaran matahari di Indonesia sebesar 4.8 kWh/m² perhari. Berdasarkan data *clearness index* (indeks kecerahan langit) Indonesia rata-rata per tahun adalah 0.47, dimana dalam rentang termasuk kategori cerah [7].

Pada daerah beriklim tropis temperatur udara di dalam bangunan *greenhouse* cenderung meningkat sampai melebihi interval temperatur yang dapat ditolerir bagi pertumbuhan tanaman [8]. Adapun Faktor yang mempengaruhi besarnya temperatur *greenhouse* adalah tingkat intensitas panas dari radiasi matahari, apabila intensitas radiasi matahari meningkat maka temperatur yang ada didalam *greenhouse* meningkat dan berubah menjadi energi *thermal*. Energi *thermal* tersebut akan menyebabkan temperatur nyaman tanaman yang ada di dalam *greenhouse* terganggu [9].

Berdasarkan permasalahan meningkatnya nya temperatur *greenhouse*, penelitian [10] yang berjudul “Analisis sebaran suhu udara menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) pada rumah kaca berventilasi alami yang dilengkapi *fog cooling system*”, tujuan dari penelitian ini menganalisis laju ventilasi alami di rumah kaca yang dilengkapi dengan sistem *fog cooling* dan membandingkannya terhadap beberapa kondisi intensitas radiasi matahari dan menguji kinerja sistem *fog cooling* terhadap perubahan suhu dan kelembaban relatif udara di dalam rumah kaca. Hasil penelitian bahwa temperatur di dalam *greenhouse* dapat mencapai



di atas 30°C sebelum menggunakan sistem *fog cooling* sedangkan menggunakan *fog cooling* dapat mencapai syarat tumbuh optimal dengan temperatur nyaman tanaman sesuai dengan *range* dari temperatur nyaman berkisar 18-24°C.

Berdasarkan permasalahan dari penelitian [10] tersebut di dapatkan bahwa temperatur di dalam *greenhouse* menjadi optimal menggunakan sistem *fog cooling*. Sistem *fog cooling* ini memerlukan listrik dengan daya 5400 kWh dengan dimensi 8x8 m dimana kebutuhan listrik di *greenhouse* secara umum masih bergantung oleh listrik PLN. Kendala PLN masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam dalam pengurangan emisi rumah kaca, mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi. Sesuai PP No.79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional (KEN), target bauran energi dan energi baru terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050 [11].

Berdasarkan permasalahan pada penelitian [10], untuk mencapai temperatur nyaman tanaman dengan menggunakan sistem *fog cooling*, pada penelitian ini memanfaatkan sumber EBT yaitu energi matahari untuk mensuplai listrik. Dalam beberapa dekade terakhir, energi surya telah dikembangkan secara intensif baik karena peningkatan teknologi maupun kebijakan pemerintah yang mendukung pengembangan dan pemanfaatan energi terbarukan. Teknologi energi matahari tidak membutuhkan bahan bakar, memiliki emisi karbon rendah, sumber daya surya jangka panjang, waktu pengembalian modal yang lebih sedikit, dan peringkasan hanya memerlukan sedikit perawatan [12].

Potensi Energi matahari yang dipancarkan ke bumi yang berupa cahaya dapat dilakukan dengan mengkonversikan energi matahari menjadi listrik melalui teknologi *photovoltaic* (PV). Prinsip dasar konversi energi matahari menjadi energi listrik terjadi ketika PV menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik [13].

Pada penelitian ini jenis PV yang digunakan yaitu *semitransparent photovoltaic* (STPV). *Greenhouse* memerlukan cahaya masuk kedalam ruangan untuk pertumbuhan tanaman. STPV merupakan pendekatan pembangkit energi cerdas yang mengintegrasikan teknologi PV dalam bangunan untuk memanen energi matahari yang melimpah dalam



berbagai bentuk. Ini dianggap sebagai salah satu teknologi energi terbarukan yang paling menjanjikan di masa depan sejak penemuannya pada tahun 1970-an [14].

Photovoltaic semi-transparent (STPV) dapat digunakan sebagai bahan penutup *greenhouse* sebagai sarana untuk mentransmisikan sebagian kecil sinar matahari sekaligus menyediakan naungan dan produksi listrik surya. Teknologi STPV dianggap sebagai kompromi yang baik antara produksi listrik dan transmisi cahaya dalam sistem *greenhouse* karena mereka biasanya hanya menaungi sebagian kecil dari insiden radiasi matahari dan dapat menjaga keseragaman distribusi cahaya di area *greenhouse*. Produk berbasis silikon multi kristalin atau *amorf* telah diuji serta diaplikasikan integrasi PV dan *greenhouse* [14].

Penelitian yang mengkaji tentang integrasi STPV dengan *greenhouse* sudah banyak dilakukan. Dari penelitian tersebut diperoleh ada pengaruh terhadap tanaman jika terintegrasi PV dengan *greenhouse*. Berdasarkan penelitian [15] dengan judul “*Influences of greenhouse-integrated semi-transparent photovoltaics on microclimate and lettuce growth*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh STPV terintegrasi dengan *greenhouse* serta pengaruh tanaman daun selada. Metode yang digunakan disini adalah *OFF-GRID*. Hasil penelitian menunjukkan energi listrik yang dihasilkan sekitar 637 kWh serta peningkatan pertumbuhan luas daun selada rata – rata 308 cm² untuk sistem dengan STPV dan 264 cm² untuk sistem tanpa STPV setelah 60 hari percobaan.

Penelitian ini mengkaji teknologi STPV terintegrasi *greenhouse* dengan dimensi *greenhouse* berdasarkan penelitian [10] yaitu dengan panjang 8 m, lebar 8 m, tinggi dinding vertikal 5.5 m dan tinggi tiang tengah 5.5 m dengan menggunakan material kaca pada atap *greenhouse*. Dalam penelitian ini digunakan PV dengan *greenhouse* menggunakan model bangunan teknologi *greenhouse* tipe atap *single span (gable)* tanpa ventilasi diaplikasikan pada skala menengah.

Berdasarkan permasalahan dan solusi yang telah diuraikan diatas, sehingga pada penelitian ini akan menganalisis aspek teknis dan ekonomi sistem STPV yang terintegrasi *greenhouse*. Dimana *greenhouse* pada penelitian [10] menjadi studi kasus dalam penelitian ini. Adapun aspek teknis mengkaji energi *thermal* yang dimana menganalisis kesetimbangan energi *thermal* di *greenhouse*, serta menganalisis adanya peningkatan temperatur di dalam *greenhouse* nantinya mengkaji berapa peningkatan temperatur dengan mengaplikasikan STPV terintegrasi *greenhouse*. Kesetimbangan energi *thermal* mencakup energi panas konduksi dan



konveksi . Konduksi adalah transfer energi panas pada selubung atap sedangkan konveksi adalah transfer energi koveksi pada luar dan dalam. Untuk menganalisis kesetimbangan energi parameter yang diperlukan adalah koefisien *heat* konveksi dan temperatur permukaan dalam *greenhouse*. Jadi untuk mendapatkan parameter kesetimbangan energi dilakukan dengan simulasi menggunakan piranti lunak COMSOL *Multiphysics* 5.3b COMSOL *Multiphysics* merupakan piranti interaktif untuk pemodelan dan pemecahan dari semua jenis masalah sains dan teknik berdasarkan pada persamaan *differensial parsial* (PDEs). Dengan menggunakan mode aplikasi ini dapat melakukan berbagai macam tipe analisis termasuk analisis *Stasioner*, analisis *Linear* dan *Non-Linear*.

Selain energi *thermal*, peneliti juga mengkaji energi listrik yang dihasilkan STPV terintegrasi *greenhouse*. Adapun Metode yang digunakan dalam dalam kajian ini adalah pembangkit listrik *on grid*. Adapun konfigurasi PV yang digunakan adalah parallel yang mana susunan parallel sel PV dapat meningkatkan arus tetapi tegangan tetap. Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik STPV dianalisis menggunakan standar GSES (*Global Sustainable Energy Solutions*) yaitu berjudul *Grid-Connected PV System design and installation*. Parameter energi listrik yaitu parameter dianalisis *energy yields*, performa ratio. Parameter output dari energi *yields* berupa energi, parameter yang mempengaruhi nya adalah daya PV, intensitas radiasi dan *losses*. Parameter yang mempengaruhi *losses* adalah temperature sel, *shading*, debu, dan toleransi pabrik. Pada penelitian ini akan menganalisis *losses* akibat temperatur modul PV yang dihitung menggunakan COMSOL. Adapun parameter inputan dari *site assessment* berupa temperatur dan radiasi matahari. Dalam menentukan umlah modul PV yang disini menggunakan *software sketchup pro*.

Selain aspek teknis, peneliti akan menganalisis aspek ekonomi. Untuk dapat mengetahui layak atau tidaknya sistem teknologi semi transparent *photovoltaic* (STPV) ini perlu dilakukan perhitungan manual di masing-masing komponen agar diketahui spesifikasi yang sesuai bagi sistem, dan analisis ekonomi manual dilakukan pada parameter: *net present value* (NPV), waktu pengembalian investasi (*Payback Period*), dan *internal rate of return* (IRR). Analisa aspek ekonomi dilakukan untuk mengetahui biaya- biaya yang dibutuhkan STPV terintegrasi dengan *greenhouse* tersebut sehingga masyarakat dapat mengetahui total biaya investasi keseluruhan dan kapan waktu dari biaya investasi awal kembali. Berdasarkan



permasalahan diatas maka penulis membahas tentang “**Analisis Teknis dan Dan Ekonomi Teknologi Semi Transparent Photovoltaic (STPV) Terintegrasi Greenhouse di Indonesia**”

Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang diatas rumusan masalah pada penelitian ini adalah ?

1. Berapakah temperatur PV dan koefisien *heat transfer* di *greenhouse* yang terintegrasi *semitransparent photovoltaic* (STPV) di Indonesia?
2. Bagaimana analisis aspek teknis teknologi semi *transparent photovoltaic* (STPV) terintegrasi *greenhouse* di Indonesia?
3. Bagaimana analisis aspek ekonomi teknologi semi *transparent photovoltaic* (STPV) terintegrasi *greenhouse* di Indonesia?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis temperatur PV dan koefisien *heat transfer* di *greenhouse* yang terintegrasi *semitransparent photovoltaic* (STPV) di Indonesia.
2. Menganalisis aspek teknis teknologi semi *transparent photovoltaic* (STPV) terintegrasi *greenhouse* di Indonesia.
3. Menganalisis aspek ekonomi teknologi semi *transparent photovoltaic* (STPV) terintegrasi *greenhouse* di Indonesia.

Batasan Masalah

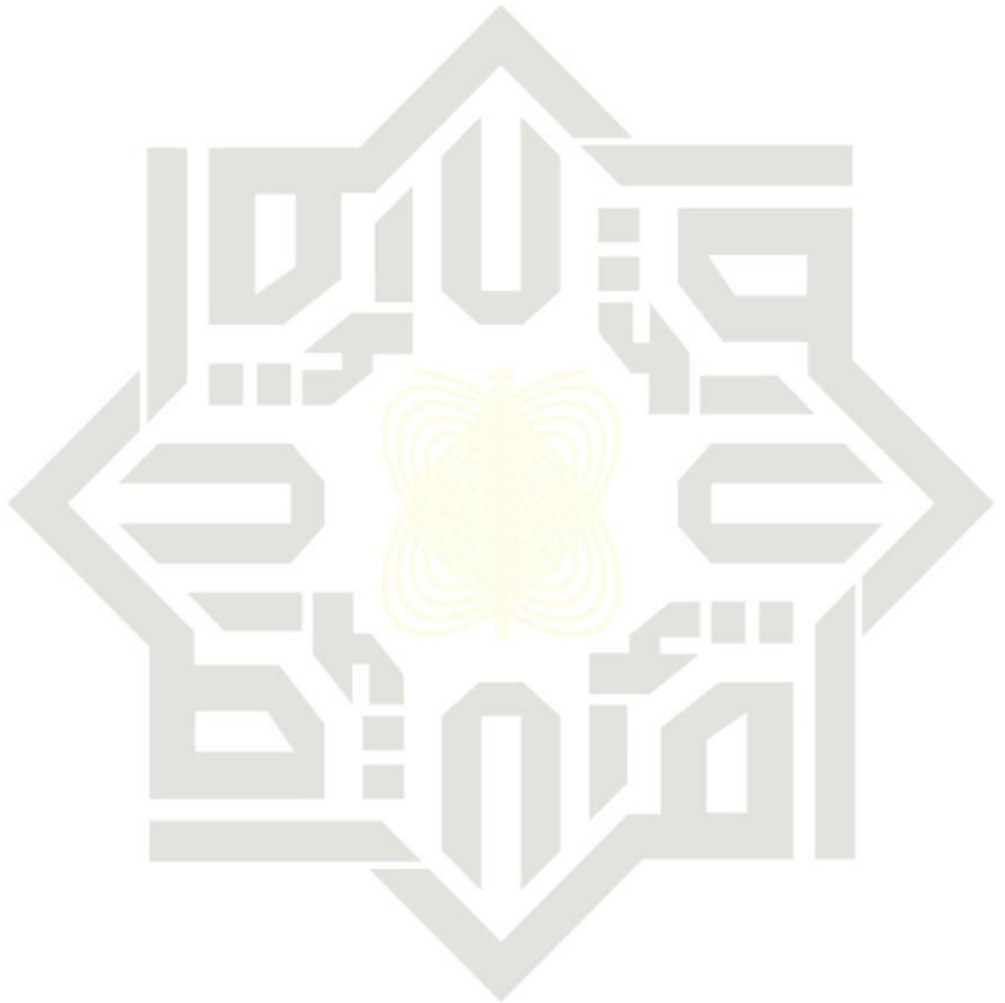
1. Analisa untuk menentukan berapa pembangkit menggunakan standar GSES (*Global Sustainable Energy Solutions*).
2. Untuk analisa konsumsi listrik tidak berdasarkan beban tetapi luas permukaan atap *greenhouse*.
3. Pembangkit listrik yang digunakan adalah *on-grid*.
4. Untuk menentukan jumlah panel PV menggunakan *sketchup pro*.
5. Pada penelitian ini analisis aliran energinya dilakukan dalam keadaan *stasioner*.
6. Parameter energi thermal yaitu energi panas konduksi dan konveksi.
7. Pada penelitian ini akan menggunakan tools COMSOL Multiphysics 5.3b
8. Material solar sel yang digunakan adalah amorphous silicon (a-Si)
9. Radiasi Matahari Indonesia didapatkan melalui NASA POWER
10. Temperatur Lingkungan Indonesia tahun 2019 didapatkan melalui NASA POWER
11. Pada penelitian tidak membahas pengaruh ke tanaman nya .



1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menjadi gambaran secara umum untuk merealisasikan pembangunan pembangkit listrik STPV terintegrasi *greenhouse* di Indonesia.



- 1.5 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terkait

Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan studi literatur dengan tujuan untuk mencari referensi dan referensi untuk penelitian atau masalah tertentu yang relevan yang akan dibahas dari tugas akhir, artikel terkait dan ulasan. Referensi ini diperoleh dari jurnal, buku atau artikel yang berhubungan dengan penelitian ini.

Analisis sebaran suhu udara menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) pada rumah kaca berventilasi alami yang dilengkapi *fog cooling system*, tujuan dari penelitian ini menganalisis laju ventilasi alami di rumah kaca yang dilengkapi dengan *fog cooling system* dan membandingkannya terhadap beberapa kondisi intensitas radiasi matahari dan menguji kinerja *fog cooling system* terhadap perubahan suhu dan kelembaban relatif udara di dalam rumah kaca. Hasil penelitian bahwa temperatur di dalam *greenhouse* dapat mencapai di atas 40°C sebelum menggunakan sistem *fog cooling* sedangkan menggunakan *fog cooling system* dapat mencapai syarat tumbuh optimal dengan temperatur nyaman tanaman sesuai *range* dari temperatur nyaman berkisar 18-24°C [10].

Influences of greenhouse-integrated semi-transparent photovoltaics on microclimate and lettuce growth, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsumsi energi listrik yang dihasilkan oleh STPV terintegrasi dengan *greenhouse* serta pengaruh tanaman daun selada. Metode yang digunakan disini adalah *OFF-GRID*. Hasil penelitian menunjukkan energi listrik yang dihasilkan sekitar 637 kWh serta peningkatan pertumbuhan luas daun selada rata – rata 308 cm² untuk sistem dengan STPV dan 264 cm² untuk sistem tanpa STPV setelah 60 hari percobaan [15].

A numerical simulation of the photovoltaic greenhouse microclimate. Tujuan dari penelitian ini memodelkan iklim mikro terdistribusi menggunakan metode model *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Metode yang digunakan digunakan didini adalah *finite volume method* (FVM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa transmisi radiasi matahari rata-rata di rumah kaca Asimetris adalah 41,6% sedangkan di rumah kaca Venlo adalah 46% [16].

Advances on the semi-transparent modules based on micro solar cells: First integration in a greenhouse system. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui energi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



listrik yang dihasilkan dari STPV. Metode yang digunakan disini adalah *OFF-GRID*. Hasilnya menunjukkan bahwa listrik yang dihasilkan seluruh orientasi arah menghasilkan listrik sekitar 9,3 kWh/m² tahun [17].

Prototype semi-transparent photovoltaic modules for greenhouse roof applications, tujuan penelitian ini untuk mengetahui energi listrik yang di hasilkan STPV. Metode yang digunakan adalah *OFF-GRID*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan adalah sebesar 502 kWh/m² tahun [18].

Electrical Energy Producing Greenhouse Shading System with a Semi-Transparent Photovoltaic Blind Based on Micro-Spherical Solar Cells. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui energi listrik yang dihasilkan dari STPV. Metode yang digunakan adalah *OFF-GRID*. Hasilnya adalah STPV menghasilkan energi listrik sebesar 7,8 kWh/m² tahun [19].

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dijelaskan diatas, penelitian ini adalah modifikasi dari penelitian [10] yang menerapkan sistem pendinginan pengabutan (*fog cooling system*) pada *greenhouse* yang terintegrasi dengan STPV. Selain itu dari penelitian [15],[16],[17],[18] dan [19] menggunakan sistem *off grid* STPV, sedangkan pada penelitian ini akan digunakan sistem *on grid* STPV. Dibandingkan dengan penelitian-penelitian terkait hanya mengkaji berapa energi listrik yang dihasilkan dari STPV yang diintegrasikan dengan *greenhouse* dan masih belum menganalisis aspek teknis berupa energi *thermal* dan energi listrik serta aspek ekonomi sistem STPV terintegrasi *greenhouse*.

Pada penelitian ini akan menganalisis aspek teknis dan ekonomis sistem STPV terintegrasi *greenhouse*. Dari aspek teknis akan dikaji energi *thermal* dan energi listrik. Energi *thermal* yang dikaji adalah menganalisis kesetimbangan energi *thermal* di *greenhouse*, serta menganalisis adanya peningkatan temperatur di dalam *greenhouse* nantinya mengkaji berapa peningkatan temperatur dengan mengaplikasikan STPV terintegrasi *greenhouse*. Kesetimbangan energi *thermal* mencakup energi panas konduksi dan konveksi. Untuk menganalisis kesetimbangan energi *thermal* parameter yang diperlukan adalah koefisien *heat* konveksi dan temperatur dipermukaan dalam *greenhouse*. Jadi untuk mendapatkan parameter kesetimbangan energi *thermal* dilakukan dengan simulasi menggunakan piranti lunak COMSOL *Multiphysics* 5.3b. COMSOL *Multiphysics*, serta energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik STPV dianalisis menggunakan standar GSES (*Global Sustainable Energy Solutions*) yaitu berjudul *Grid-Connected PV System design and instlation*. Parameter energi



listrik yaitu parameter dianalisis *energy yields*, performa ratio. Adapun Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah pembangkit listrik *on grid*. Adapun konfigurasi PV yang digunakan adalah *parallel* yang mana susunan *parallel* sel PV dapat meningkatkan arus tetapi tegangan tetap. Dalam menentukan jumlah modul PV yang disini menggunakan *software sketchup pro*. Dari segi aspek ekonomis, peneliti akan menganalisis biaya yang mana terdiri dari *Life Cycle Cost (LCC)*, *Net present Value (NPV)*, *Payback Period* dan *Internal Rate of Return (IRR)*.

Energi Matahari

Matahari merupakan sebuah bola yang sangat panas dengan diameter 1.39×10^9 meter atau 1.39 juta kilometer. Kalau matahari dianggap benda hitam sempurna, maka energi yang dipancarkan akan sama dengan sebuah benda hitam sempurna yang mempunyai temperatur efektif sebesar 5763 Kelvin, dan temperatur ini sering dianggap sama dengan 6000 Kelvin [20].

Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh bola matahari mempunyai panjang gelombang antara 0.3 sampai dengan 3 mikrometer. Jika bumi tidak mempunyai atmosfer, maka radiasi surya yang mempunyai panjang gelombang seperti disebutkan di atas, akan sampai ke permukaan bumi seluruhnya. Radiasi yang sampai pada bagian luar atmosfer disebut radiasi ekstraterrestrial [20].

Radiasi matahari yang dipancarkan oleh permukaan matahari adalah sama dengan perkalian konstanta *Stefan-Boltzman* pangkat empat temperatur permukaan *absolute* dan luas permukaan. Dengan garis tengah matahari $1,39 \times 10^9$ m, temperatur permukaan matahari 5762 K, dan jarak rata-rata antara matahari dan bumi sebesar $1,5 \times 10^{11}$ m [20].

Radiasi surya yang diterima pada satuan luasan di luar atmosfer tegak lurus permukaan matahari pada jarak rata-rata antara matahari dengan bumi disebut konstanta surya adalah 1353 W/m^2 dikurangi intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai permukaan bumi [20].

Energi surya memiliki potensi yang sangat besar untuk penggunaannya di bangunan perumahan yaitu mendekati 30000 kali lebih banyak energi matahari yang sampai ke bumi dibandingkan dengan yang dibutuhkan oleh manusia. Energi surya juga merupakan sumber energi yang bersih yang tidak menghasilkan CO₂ dan sepenuhnya dapat diperbarui. Akan tetapi, masih terdapat beberapa permasalahan dalam memanfaatkan energi surya yaitu



ketersediaannya yang tidak dapat diprediksikan, intermiten dan seringkali terganggu akibat adanya perubahan cuaca [20].

Greenhouse

Istilah *Greenhouse* berasal dari kata “*green*” yang berarti hijau dan “*house*” yang berarti rumah. Jadi, istilah itu biasa diterjemahkan sebagai rumah hijau. Selain itu, penamaan ini juga disebabkan oleh adanya tanaman yang ditanam di dalamnya yang terlihat hijau dari luar karena dinding *greenhouse* yang tembus pandang, (tembus cahaya) dengan memanfaatkan radiasi matahari untuk pertumbuhan tanaman [21].

Pengertian “*greenhouse*” di negara empat musim pada umumnya mengacu pada suatu bentuk naungan dengan atap kaca. *Greenhouse* tersebut biasanya dibuat permanen dari bahan-bahan yang kuat dan awet, serta dilengkapi dengan peralatan canggih seperti *heater*, *blower*, alat penyiram otomatis dan lainnya. *Greenhouse* dapat menciptakan iklim mikro yang diinginkan [21].

Di daerah tropis, *greenhouse* berfungsi sebagai pelindung tanaman terhadap curah hujan dan sinar matahari yang berlebihan. Selain itu *greenhouse* juga mempunyai fungsi tambahan seperti:

1. Menghindari terpaan air hujan yang dapat merusak tanaman.
2. Menghindarkan lahan dari kondisi yang becek.
3. Mencegah masuknya air hujan ke dalam media tumbuh (karena dapat mengencerkan larutan hara).
4. Mengurangi intensitas cahaya yang masuk sehingga daun tidak terbakar pada saat terik.
5. Mengurangi tingkat serangan OPT.
6. Fotosintesis dapat berlangsung sempurna.

2.3.1 Gambaran Umum Greenhouse

Iklim mikro yang diinginkan *greenhouse* juga bertujuan untuk meningkatkan hasil tanaman baik dari segi kualitas maupun kuantitas. *greenhouse* di daerah subtropis perlu dilengkapi dengan sistem pengendalian iklim, sedangkan di daerah tropis seperti Indonesia yang perlu dipenuhi oleh *greenhouse* adalah melindungi tanaman dari hujan, angin langsung, dan intensitas sinar matahari yang berlebihan [21].



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

- 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Lebar standar untuk *greenhouse* komersial berbasis penelitian di Belanda adalah 3,2m, 4,2m, 5,2m, 6,2m, 7,2m, 8,2m, 9,2m, dan seterusnya. Langkah ini dinilai efektif dari sisi produktivitas dan kenyamanan dalam bekerja. Selain itu, dengan ukuran ini, penggunaan rumah kaca bisa fleksibel, dapat digunakan untuk berbagai tanaman seperti pohon buah-buahan, bunga atau sayuran.

Rumah kaca dalam bentuk rumah lebih cocok untuk diterapkan di tempat-tempat dengan suhu hangat, karena memperhitungkan pertukaran udara di dalam ruangan melalui lubang ventilasi. Sedangkan di daerah pegunungan dengan suhu udara yang relatif dingin, rumah kaca sebaiknya berbentuk atap [21].

Greenhouse lebih efektif diterapkan pada wilayah menggunakan topografinya merata, karena mempertimbangkan produksi pembuatan *greenhouse* lebih mudah serta murah pada wilayah yg topografinya homogen daripada wilayah yang topografinya yang bergelombang, selain itu juga mempertimbangkan penerimaan cahaya matahari yang lebih merata [21].

Hal utama yang terlibat dalam membangun rumah kaca adalah mendapatkan sinar matahari yang cukup dari pagi hingga malam, ini berarti rumah kaca tidak terhalang oleh bangunan lain atau oleh bayangan pohon yang dapat menghalangi sinar matahari.

Selain itu, bahan atap rumah kaca tidak bisa hanya memiliki kaca, salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan adalah harga. Pemilihan bahan atap juga ditujukan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan tanaman di berbagai iklim (terutama kebutuhan sinar matahari) [21].

2.3.2 Klasifikasi *Greenhouse*

2.3.2.1 Klasifikasi *Greenhouse* (berdasarkan bahan atapnya)

- 1. *Greenhouse* kaca
Greenhouse kaca mempunyai kelebihan dari *greenhouse* dengan material lain, lebihannya adalah awet, tahan terhadap curah hujan dan sinar matahari, kuat dan bersifat permanen. Namun *greenhouse* kaca biayanya lebih mahal, maka penggunaannya juga terbatas misalnya untuk kegiatan penelitian [21].





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Resin ini adalah akrilik atau poliester. Seperti plastik lainnya, fiberglass juga transparan dan tahan terhadap pelapukan kimia. Selama penggunaan, fiberglass memiliki daya dukung yang relatif lebih tinggi daripada bahan lainnya [21].

Ada batasan penggunaan rumah plastik di Indonesia, terutama di dataran rendah. Efek rumah kaca dapat meningkatkan suhu di dalam rumah plastik, yang akan menciptakan lingkungan yang tidak sesuai karena suhu tinggi ditambah kelembaban tinggi. Jadi, pada umumnya rumah plastik di Indonesia ditujukan untuk melindungi tanaman dari agen berbahaya. Faktor lingkungan yang tidak sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta terhadap hama dan penyakit [21].

Dinding rumah plastik biasanya terbuat dari kassa atau *screen* dengan tingkat kejarangan 1mm x 1mm berwarna hijau. Dindingnya hanya menutupi 2/3 bagian bawah tiap sisi rumah plastik. Penutupan dinding yang hanya 2/3 ini dimaksudkan untuk mendapatkan sirkulasi udara dari lingkungan luar sehingga suhu di dalam rumah plastik tidak terlalu tinggi [21].

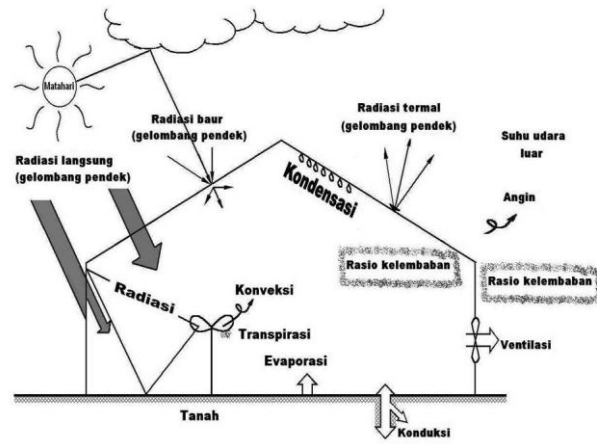


Gambar 2.2 Rumah Plastik [21]

Bentuk rumah plastik di atas merupakan bentuk rumah plastik yang banyak digunakan di Indonesia. Bentuknya sering disebut sebagai rumah monitor plastik, yaitu rumah plastik dengan gaya atap ganda atau model rumah plastik *piggyback*. Sedangkan menurut klasifikasi Nelson termasuk dalam bentuk bentang yang sama yaitu rumah plastik, yang kedua atapnya membentuk sudut tertentu lebar dan tinggi yang sama. Bentuk ini cukup baik untuk daerah tropis dalam kondisi penggunaan sinar matahari. Bentuk ini juga bagus untuk daerah musim dingin karena memudahkan keluarnya salju dari atap plastik [21].



Sejumlah energi radiasi yang memasuki rumah plastik sebagian dipantulkan oleh bermacam-macam permukaan di dalam struktur bangunan dan dilakukan keluar menembus penutup. Sisanya akan diserap oleh tanaman, tanah, benda yang ada dalam rumah plastik. Energi akan dikeluarkan sebagai panas laten oleh transpirasi, hal tersebut memanasi udara rumah plastik oleh konduksi dan konveksi intrenal, atau hal ini diemisikan sebagai gelombang pendek, mengalami perubahan ketika diserap dan dikonversi menjadi bahang, dan suatu bagian dari yang ada saat itu adalah radiasi gelombang panjang yang terperangkap di dalam struktur tanaman. Kejadian terperangkapnya gelombang panjang di dalam rumah plastik, dan meningkat temperatur udara di dalam ruangan di kenal sebagai efek *greenhouse* [21].



Gambar 2. 3 Keseimbangan radiasi dan pemanasan pada rumah plastik [21]

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. *Greenhouse* paranet
 Paranet terbuat dari bahan yang mengandung polietilen dan dibuat dengan menenun. Bahkan, tanaman keras sering digunakan sebagai tanaman peneduh (*shade*) untuk menyeimbangi banyaknya sinar matahari yang diterima. Paranet untuk atap dapat diterapkan pada kaca rumah kaca. Di Indonesia, paranet banyak digunakan sebagai atap rumah lampu led dan pekerjaan pelindung tanaman. Jenis paranet yang dinegosiasikan meliputi 55%, 65 dan 75% paranet [21].
4. *Greenhouse* asbes
 Kelebihanannya adalah sangat mudah ditemukan. Dibandingkan dengan kaca, asbes memiliki risiko yang lebih rendah. Namun, sifat asbes adalah retensi panas jangka



panjang, sehingga bahan ini tidak dapat digunakan untuk melindungi semua tanaman, hanya tanaman tahan panas yang dapat ditempatkan di dalamnya [21].

Greenhouse kasa

Tipe *greenhouse* seperti ini akan menghasilkan sinar masuk yang sangat optimal buat produksi sayuran atau bunga.

2.2.2 Klasifikasi *Greenhouse* (berdasarkan bentuk)

1. Campuran (*single span* dan *multispan*)

Desain tipe ini boleh dikatakan adalah campuran antara tipe *tunnel* dengan tipe *piggy back*. Dari desainnya terlihat tampak, bahwa tipe ini seakan-akan paduan (*hybrid*) antara tipe *tunnel* dengan tipe *piggy back*. Karena itu, maka tipe *greenhouse* ini memiliki kelebihan dari tipe *tunnel* dan tipe *piggy back*, yaitu strukturnya kuat tetapi tetap memiliki ventilasi yang maksimal [21].

Kelebihan lain dari tipe ini adalah beberapa unit *greenhouse* (*single span*) dapat disatukan menjadi satu blok *greenhouse* besar (*multi span*) dimana hal ini sulit dilakukan pada *greenhouse* tipe *tunnel* [21].

Dibandingkan tipe *piggy back*, selain struktur lebih kuat biaya pembuatan tipe campuran ini lebih hemat. Sehingga pada bidang kegiatan yang membutuhkan *greenhouse* luas, maka tipe *multispan* adalah tipe yang paling sesuai.



Gambar 2.4 *Greenhouse* tipe campuran [21]

Tipe ini dari depan tampak seperti lorong setengah lingkaran. Kelebihannya adalah memiliki struktur sangat kuat. Atapnya yang berbentuk melengkung kebawah merupakan bentuk yang sangat ideal dalam menghadapi terpaan angin. Sementara struktur busur dengan kedua kaki terpendam ketanah memegang bangunan lebih kuat.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Kelemahan dari tipe ini adalah minimnya *system* ventilasi. Jika digunakan pada daerah tropis dibutuhkan alat tambahan berupa *exhaust fan* atau *cooling system* untuk mengalirkan dan menurunkan suhu udara di dalam *greenhouse* [21].



Gambar 2.5 *Greenhouse* tipe *tunnel* [21]

2. *Piggy back*

Greenhouse tipe ini banyak digunakan di daerah tropis, dapat dikatakan tipe ini adalah *tropical greenhouse*. Keunggulan tipe ini pada ventilasi udara yang sangat baik. Banyak memiliki struktur bukaan, sehingga memberikan lingkungan mikroklimat yang kondusif bagi pertrumbuhan tanaman [21].

Selain memiliki keunggulan, banyaknya struktur bukaan, merupakan kelemahan dari tipe ini. Pada daerah dengan tiupan angin yang kuat *greenhouse* tipe *piggy back* kurang disarankan. Karena dengan banyaknya struktur terbuka menyebabkan struktur rentan terhadap terpaan angin. Selain itu dari segi biaya dengan penggunaan material atap sama, *greenhouse* tipe ini relatif lebih mahal dibanding tipe lain karena penggunaan material struktur lebih banyak [21].



Gambar 2.6 *Greenhouse* tipe *Piggy back* [21]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2.3.3 Jenis *Greenhouse* Berdasarkan Tingkatan Teknologi

2.3.3.1 *Greenhouse* Teknologi Rendah

Greenhouse teknologi rendah yakni *greenhouse* dengan rencana biaya murah dengan sedikit atau tanpa otomatisasi. Menggunakan plastik tunggal, tidak memiliki dinding vertikal (tiang samping atau tiang tengah) serta tinggi bangunan secara umum tak kurang dari 3 m.

Contoh dari teknologi *greenhouse* rendah adalah *tunnel house* atau rumah terowongan. Rumah terowongan mempunyai *control* minimal terhadap pertumbuhan tanaman, maupun pengendalian hama penyakit (*pest and disease control*) sehingga pengendaliannya lebih sering menggunakan aplikasi pestisida [22].

2.3.3.2 *Greenhouse* Teknologi Menengah

Greenhouse teknologi menengah dibandingkan *greenhouse* teknologi rendah memiliki perbedaan dari segi biaya dan ketinggian. Paling tidak *greenhouse* teknologi menengah memiliki ketinggian dinding vertikal 3-4 m dan tiang tengah 5,5.

Greenhouse teknologi menengah dari segi biaya mahal karena biaya material yang jauh lebih mahal untuk otomatisasinya sudah ada sistem fertisasi otomatis (dengan *timer*). Penggunaan plastik bisa tunggal atau ganda, yang penting penggunaan pestisida kimia bias diminimalisir [22].

2.3.3.3 *Greenhouse* Teknologi Tinggi

Greenhouse teknologi tinggi setidaknya memiliki tinggi dinding atau tiang samping 4 m, maksimal 8 m. Memiliki pertukaran udara aktif berupa ventilasi pada atap maupun dinding sampingnya.

Biasanya memakai plastik ganda untuk atapnya. Untuk *control* tanaman sudah sepenuhnya otomatis, pengairan, pemupukan, serta sensor lain terutama saat suhu tidak stabil. Selain itu manajemen hama penyakitnya sudah canggih, sehingga produktivitas bias meningkat jauh lebih besar [22].

2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Listrik [PLTS]

2.4.1 Pengertian PLTS

Berdasarkan SNI 8395:2017, PLTS adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel *photovoltaic*. Sistem *photovoltaic* mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi (iradiasi) matahari yang mengenai sel *photovoltaic*, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya.

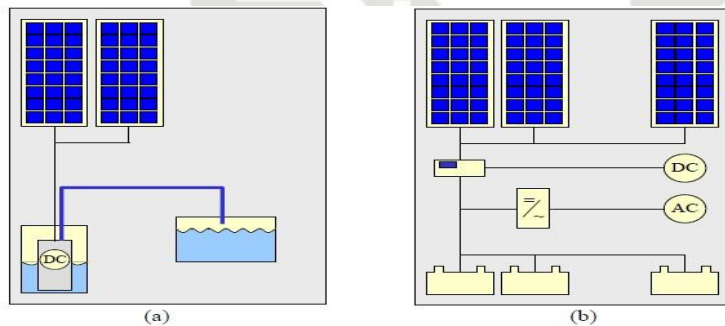


Karena listrik seringkali dibutuhkan sepanjang hari, maka kelebihan daya listrik yang dihasilkan pada siang hari disimpan di dalam baterai sehingga dapat digunakan kapan pun untuk berbagai alat listrik [23].

Sistem *photovoltaic* dapat dianalogikan dengan sistem penampungan air hujan. Jumlah air yang ditampung berubah sesuai dengan cuaca, sehingga terkadang banyak air yang terkumpul, terkadang tidak ada sama sekali. Pada sistem *photovoltaic*, jumlah listrik yang dihasilkan oleh sistem *photovoltaic* tergantung dengan cuaca. Saat hari cerah, banyak listrik dihasilkan, sedangkan saat berawan, sedikit listrik yang dihasilkan [23]. Adapun beberapa sistem pendayaan untuk sistem pembangkit PV atau PLTS ini [23]:

Sistem Stand-alone

Sistem *stand-alone* mengandalkan tenaga PV saja. Sistem ini dapat terdiri hanya modul PV dan beban atau dapat mencakup baterai untuk penyimpanan energi. Bila menggunakan regulator pengisi baterai, yang mematikan modul PV saat baterai terisi penuh, dan matikan beban bila baterai menjadi bawah batasnya. Baterai harus memiliki kapasitas yang cukup untuk menyimpan energi yang dihasilkan pada siang hari untuk digunakan pada malam hari dan selama periode cuaca buruk. Berikut merupakan skematis contoh dari sistem yang berdiri sendiri ; (a) sistem PV DC sederhana tanpa baterai dan (b) sistem PV besar dengan beban DC maupun AC.

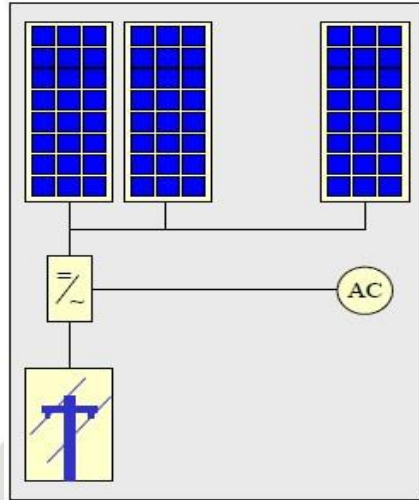


Gambar 2.7 Representasi Skematik (a) sistem PV DC Sederhana untuk Mendayai Pompa Air tanpa Penyimpanan Energi, (b) sistem PV kompleks termasuk Baterai, *conditioner* daya, dan beban AC maupun DC [23]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

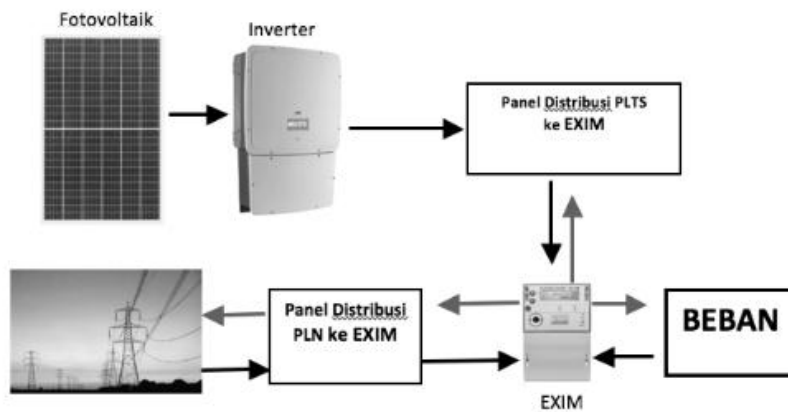
2. Sistem *Grid-Connected*

Sistem *grid-connected* telah menjadi semakin populer sebagai aplikasi yang terintegrasi. PV terhubung ke *grid* melalui *inverter*, dan tidak memerlukan baterai karena *grid* dapat menerima semua listrik yang generator PV suplai. Alternatifnya, PV digunakan sebagai pembangkit listrik untuk *grid*. Sebuah sistem PV *grid-connected* secara skematik adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8 Representasi Skematik Sistem PV *Grid-Connected* [23]

Adapun konfigurasi *on-grid* sistem dapat dilihat sebagai berikut [24]:



Gambar 2.9 Konfigurasi *on grid* sistem [24]

Secara singkat dijelaskan bahwa dari skema konsepnya, hasil energi yang dari PLTS akan diubah oleh *inverter* dari DC ke AC, yang kemudian akan di sesuaikan jalurnya oleh panel distribusi, dan dari antara panel distribusi outputnya akan



masuk ke alat ukur EXIM yang akan mensinkronisasikan ke beban (konsumen) dan ke jaringan jala-jala PLN [24].

2. Komponen-Komponen PLTS

A. Solar Photovoltaic (PV)

Solar Photovoltaic (PV) adalah Modul yang mengonversi langsung cahaya matahari menjadi arus listrik. Bahan-bahan tertentu, seperti silikon, secara alami melepaskan elektron ketika mereka terkena cahaya, dan elektron ini kemudian dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan arus listrik. PV memiliki beberapa tipe, beberapa jenis PV akan di jelaskan sebagai berikut [25]:

Monocrystalline

Monocrystalline juga dikenal sebagai Kristal tunggal (mono-Si), yang paling efisien di kelasnya. Terbuat dari potongan kristal yang sama, sehingga setiap sel memiliki karakteristik yang sama, efisiensi *monocrystalline* dapat mencapai 1520%, sehingga *monocrystalline* lebih mahal di kelasnya.



Gambar 2.10 PV *Monocrystalline* [25]

Kekurangan dari *Monocrystalline* adalah bentuknya yang terpotong pada bagian tepinya atau segi enam, yang bila digabungkan dengan sel lain akan membentuk ruang di tengah antar sel. Hal ini menyebabkan banyak sisa ruang saat dipasang di area yang luas. Kelemahan selanjutnya yang terdapat pada *Monocrystalline* adalah lebih banyak menyerap panas dibandingkan *Polycrystalline*, hal ini dikarenakan warna sel *Monocrystalline* berwarna hitam, sehingga suhu permukaan sel *Monocrystalline* lebih hangat suhu sel.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Polycrystalline.

Polycrystalline dibuat lebih sederhana dari pada *Monocrystalline*, cara pembuatannya adalah dengan melelehkan kristal silikon dan menuangkannya di bawah tekanan lalu didinginkan, karena dengan bantuan cetakan *Polycrystalline* dapat dibentuk sesuai kebutuhan. Efisiensi yang dihasilkan oleh *Polycrystalline* adalah sekitar 1316%.



Gambar 2.11 PV *Polycrystalline* [26]

Warna kebiruan dari *Polycrystalline* berarti suhu permukaan sel tidak setinggi kristal tunggal, tetapi untuk menghasilkan daya listrik yang sama, *Polycrystalline* akan membutuhkan luas permukaan yang lebih besar.

3. *Thin Film*

Thin Film merupakan panel surya yang menggunakan beberapa lapisan material sebagai lapisan penyusunnya, ketebalan material yang terdapat pada panel ini berkisar antara nanometer (nm) hingga mikrometer (μm). Efisiensi PV *Thin Film* (56%) dengan bahan dan biaya produksi yang jauh lebih rendah daripada *Monocrystalline* atau *Polycrystalline*.



Gambar 2.12 PV *Thin Film* [26]



B. Inverter

Inverter adalah perangkat yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik. Pada PLTS, *inverter* bertindak sebagai sistem kontrol dan kondisi daya membantu mengubah arus searah yang dihasilkan oleh modul surya menjadi arus bolak-balik (AC), yang kemudian mengontrol kualitas listrik, jumlah daya yang dilepaskan untuk dikirim ke beban atau jaringan listrik. Ada dua jenis sistem *inverter* di PLTS *inverter* fasa untuk *Solar Home System* (SHS) yang bebannya kecil dan inverter 3 fasa untuk sistem PLTS yang besar dan terhubung dengan jaringan PLN [27].

Terdapat banyak jenis *inverter* yang beredar dipasaran. Jenis-jenis ini mempunyai beberapa perbedaan mulai dari yang

Ada banyak jenis *inverter* di pasaran. Tipe ini memiliki beberapa perbedaan, dari yang digunakan untuk modul tunggal hingga *arrays* dan yang digunakan untuk distribusi dalam kW atau MW. Ada tiga jenis *inverter* yang umum digunakan sebagai *inverter string*, pusat dan mikro. Jenis ini dibedakan berdasarkan jenis kabel yang digunakan:

1. *Micro Inverter*

Inverter mikro juga dikenal sebagai modul *inverter* dipasang di bagian belakang setiap modul surya. *Inverter* ini diproduksi pada rentang daya 100-300W, kelebihan dari *inverter mikro* adalah menggunakan lebih sedikit kabel DC karena output dari modul adalah daya AC yang terhubung langsung secara paralel di masing-masing modul berikut yang terhubung ke jaringan listrik. Keuntungan lainnya adalah jika Anda menambahkan catu daya, Anda hanya perlu menambahkan modul surya dan *inverter* dan tidak perlu membongkarnya. [28].



Gambar 2.13 *Micro Inverter* [28]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. *Inverter String (String Inverter)*

String Inverter biasanya digunakan untuk instalasi kecil yang terhubung ke jaringan (10 kW atau kurang). Biasanya kapasitas *String Inverter* dari 1kW hingga sekitar 12kW, ketika PLTS berkapasitas diatas 5 kW maka *inverter multi string* atau *inverter* terpusat dapat digunakan sebagai *inverter* alternatif. Setiap *inverter* on-grid memiliki fungsi sebagai MPPT dan tegangan DC inputnya bias mencapai 1000 V DC [28].



Gambar 2.14 *String Inverter* [28]

3. *Inverter Terpusat (Central Inverter)*

Inverter terpusat ini biasanya digunakan untuk daya PLTS yang besar, sebagai contoh *inverter* ini digunakan pada daya dari 30 kWp (fronius) dan dari 100 kWp (SMA). *Inverter* terpusat ini sama halnya dengan *inverter string* dan *multi-string* namun yang membedakan dengan *inverter* terpusat adalah *array* pada PLTS dapat dibagi menjadi beberapa *sub-array* [28].



Gambar 2.15 *Central Inverter* [28]



2.5 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Semi Transparent Photovoltaic (STPV) Terintegrasi Greenhouse



Gambar 2.16 STPV terintegrasi *greenhouse* [14]

Semi Transparent Photovoltaic (STPV) adalah pendekatan pembangkit energi cerdas yang mengintegrasikan teknologi *photovoltaic* ke dalam bangunan untuk memanen energi matahari yang melimpah dalam berbagai bentuk. Ini dianggap sebagai salah satu teknologi energi terbarukan yang paling menjanjikan di masa depan sejak penemuannya pada tahun 1970-an [14].

Fotovoltaik semi-transparent (STPV) dapat digunakan sebagai bahan penutup *greenhouse* sebagai sarana untuk mentransmisikan sebagian kecil sinar matahari sekaligus menyediakan naungan dan produksi listrik surya. Teknologi PV *semi-transparent* dianggap sebagai kompromi yang baik antara produksi listrik dan transmisi cahaya dalam sistem *greenhouse* karena mereka biasanya hanya menaungi sebagian kecil dari insiden radiasi matahari dan dapat menjaga keseragaman distribusi cahaya di area *greenhouse*. Produk berbasis silikon multi kristalin atau *amorf* telah diuji dan diaplikasikan di *greenhouse* [14].

2.6 Penyelesaian Model Matematika

2.6.1 Metode Numerik

Metode numerik adalah suatu teknik untuk menyelesaikan masalah matematika dengan menggunakan operasi aritmatika yang meliputi operasi penjumlahan, pengurangan, pembagian, dan perkalian [29].

a. Manfaat Metode Numerik

1. Mampu menangani persamaan besar, geometri non-teknis dan kompleks, yang ada dalam masalah teknik yang tidak dapat diselesaikan secara analitis.
2. Mengetahui secara singkat dan jelas teori matematika yang mendasari paket program.



3. Mampu merancang program sendiri sesuai permasalahan yang di hadapi pada masalah rekayasa.
4. Metode ini dapat menggambarkan daya tahan dan keterbatasan komputer ketika menghadapi masalah teknis yang tidak dapat dianalisis secara analitis.
5. Menyediakan sarana untuk memperkuat pemahaman matematika. Karena salah satu kegunaannya adalah untuk menyederhanakan matematika tingkat tinggi ke operasi dasar.

b. Kelebihan Metode Numerik

1. Selalu dapat memperoleh solusi persoalan
 2. Dengan bantuan komputer, perhitungan cepat dan hasilnya dapat di buat sedekat mungkin dengan nilai sesungguhnya.
 3. Tampilan hasil perhitungan dapat di simulasikan
- #### c. Kekurangan Metode Numerik
1. Nilai yang diperoleh adalah hampiran dan bukan nilai *exact*.
 2. Tanpa bantuan alat hitung, perhitungan umumnya lama dan berulang-ulang.

2.6.2 Metode Analitik

Metode analitik adalah metode pemecahan model matematika dengan menggunakan rumus aljabar standar (umum). Metode analitik disebut juga benar karena memberikan solusi yang benar (*exact solution*) atau solusi nyata, yaitu solusi yang menggunakan kesalahan nol. Metode analitis ini hanya lebih unggul daripada sejumlah masalah yang terbatas, yaitu masalah yang muncul di dunia nyata dan melibatkan jenis proses yang kompleks. Akibatnya, nilai praktis penyempurnaan metode analisis menjadi terbatas [29].

a. Kelebihan metode analitik

1. Nilai yang di peroleh adalah nilai sejati atau *exact*

b. Kekurangan metode analitik

1. Memakan banyak waktu tenaga dan pikiran
2. Kadang tidak menemukan penyelesaian.

2.7 Persamaan Matematika Sistem *Photovoltaic Thermal*

Panas ditransfer di dalam sel PV dan strukturnya melalui konduksi dan panas ditransfer ke PV / T lingkungan panel dengan konveksi bebas dan paksa. Panas juga dikeluarkan dari panel dalam bentuk radiasi gelombang panjang. Perpindahan panas melalui konduksi ke



kerangka struktural panel sering diabaikan karena area titik kontak yang kecil; namun, ini akan dipertimbangkan selama simulasi COMSOL dari permukaan panel PV / T dan melalui sebuah reservoir. Konduksi panas keadaan mapan melalui dari permukaan sel PV / T ke sebuah penutup reservoir diberikan oleh Persamaan di bawah ini [30].

$$\nabla \cdot (k \nabla T) = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

Panel PV menerima energi dari radiasi matahari, mengubah beberapa menjadi listrik melalui efek PV dan istirahat diubah menjadi panas. Tujuan dari memasang panel termal di bawah PV sel untuk menghilangkan panas ini sebanyak mungkin untuk meningkatkan efisiensi. Kehilangan panas akibat konveksi paksa di bagian atas dan bawah permukaan sel PV diberikan oleh Persamaan di bawah [30].

$$q_{conv} = -h_{c,forced} \times A \times (T_{PV} - T_{amb}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Perpindahan panas konvektif total adalah kombinasi perpindahan panas di bagian atas dan permukaan bawah panel PV / T dan panas transfer dari air yang mengalir di waduk.

Perangkat lunak FEA yang digunakan dalam penelitian ini, COMSOL, mengandung laminar non-isotermal aliran dan konjugasi modul fisika perpindahan panas, yang digunakan untuk memodelkan panas konduksi transportasi di dalam sel serta konvektif perpindahan panas di reservoir air di bagian belakang panel PV. Paket ini sesuai untuk penelitian ini, karena bidang waduk tidak homogen yang dibuat saat air mengalir dari saluran masuk ke saluran keluar waduk.

COMSOL secara numerik menyelesaikan persamaan kontinuitas dan momentum, yang merupakan persamaan yang mengatur aliran fluida, dan ditunjukkan di bawah ini dalam Persamaan dan, masing-masing [30].

$$\rho \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = -\nabla p + \nabla \cdot (\mu(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T)) \dots\dots\dots(2.3)$$

Persamaan konduksi-konveksi juga diselesaikan untuk perpindahan panas dalam air yang mengalir, yang ditunjukkan pada Persamaan [30]:

$$\rho C_p \mathbf{u} \cdot \nabla T = \nabla \cdot (k \nabla T) \dots\dots\dots(2.4)$$

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

© Hak cipta ini milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



2.8 Aspek Teknis

2.8.1 Energi Thermal

Model energi dibuat untuk membandingkan dua pilihan desain rumah kaca. Geometri masing-masing rumah kaca dibuat dengan menggunakan *Sketchup pro* dan model energinya diintroduksi dalam *comsol*. Energi yang ditransfer antara elemen *greenhouse* melalui konveksi dan konduksi dinyatakan sebagai berikut [31]:

$$Q_{cond} + Q_{conv_{si}} + Q_{conv_{so}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana Q_{cond} adalah transfer energi panas pada selubung atap, yang didefinisikan oleh:

$$Q_{cond} = U \times A_{si} \times (T_{si} - T_i) \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana
- U adalah konduktansi ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- A_{si} adalah luas permukaan bagian dalam (m)
- T_{si} adalah temperatur permukaan bagian dalam ($^\circ C$)
- T_i adalah temperatur udara *greenhouse* ($^\circ C$)

Dalam menghitung resistansi termal total dapat dihitung sebagai berikut[31]:

$$R_t = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_o} + R1 + R2 + R3 + \dots\dots\dots(2.7)$$

- Dimana :
- h_i adalah koefisien perpindahan panas udara di dalam ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- h_o adalah koefisien perpindahan panas udara di luar ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- $R1$ adalah tahanan termal material 1, ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- $R2$ adalah tahanan termal material 2, ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- $R3$ adalah tahanan termal material 3, ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

Untuk menghitung nilai nilai U adalah sebagai berikut [31] :

$$U = \frac{1}{R_t} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Dimana
- R_t adalah resistansi termal total ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)
- Demikian pula konveksi ($Q_{conv_{so}}$) adalah transfer energi koveksi pada luar dapat dihitung dengan[31]:

$$Q_{conv_{so}} = h_{so} \times A_{so} \times (T_{so} - T_o) \dots\dots\dots(2.9)$$

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.



Dimana:

h_{si} adalah koefisien perpindahan panas konvektif luar ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A_{si} adalah luas permukaan bagian luar (m)

T_{si} adalah temperatur permukaan bagian luar ($^\circ C$)

T_i adalah temperatur udara *greenhouse* ($^\circ C$)

Koefisien perpindahan panas konvektif bagian luar dihitung dengan[31]:

$$h_{si} = 5.7 + 3.8 V_{wind} \dots\dots\dots(2.10)$$

V_{wind} adalah kecepatan angin (m / s)

konveksi (Q_{conv_si}) adalah transfer energi koveksi pada dalam dapat dihitung dengan [32]:

$$Q_{conv_si} = h_{si} \times A_{si} \times (T_{si} - T_i) \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana:

h_{si} adalah koefisien perpindahan panas konvektif dalam ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

A_{si} adalah luas permukaan bagian dalam (m)

T_{si} adalah temperatur permukaan bagian dalam ($^\circ C$)

T_i adalah temperatur udara *greenhouse* ($^\circ C$)

2.8.2 Energi Listrik

Perhitungan kapasitas komponen sistem PLTS dalam tahap ini adalah melakukan perhitungan secara teoritis yang sesuai dengan rumus-rumus yang terdapat pada GSES (*Global Sustainable Energy Solutions*) [28].

2.8.2.1 Pemilihan Modul Surya

Ada tiga jenis utama modul surya fotovoltaik yang tersedia secara komersial, yaitu modul *monocrystalline*, *polycrystalline*, dan *Thin film*. Pemilihan modul surya sangat penting dalam menentukan desain sistem, pemilihan modul surya ditentukan berdasarkan efisiensi modul, luas modul dan biaya.

Sistem panel surya dapat dipilih berdasarkan spesifikasi modul surya yang diinginkan.

Kemudian modul dipilih sesuai dengan [28]:

Bahan sel modul: *mono-kristal*, *polyCrystalline*, *amorphous*, CdTe atau CIS, atau teknologi *Thinfilm*; dan

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang menyalin, menduplikasi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menandatangani dan menandatangani sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

UNIVERSITY OF SULTAN SYARIF KASIRIN



2. Jenis Modul: Modul standar dengan / tanpa bingkai, modul kaca-kaca, genteng PV, dan lain-lain.

Untuk mendapatkan sebuah hasil yang maksimal, dalam pengoperasian panel surya adalah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi dari modul surya. Pengurangan efisiensi panel modul surya karena kenaikan suhu signifikan dan memiliki pengaruh besar pada pengurangan produksi pembangkit listrik tenaga surya. Untuk modul surya silikon, pengurangan efisiensi daya yang khas dengan suhu adalah 0.4–0.5% / C. Diperlukan untuk memperkirakan suhu panel modul surya untuk penilaian efisiensi karena kenaikan suhu panel modul surya. Metode NOCT digunakan dalam penelitian ini. Pabrikan menentukan suhu untuk kondisi eksploitasi nominal untuk setiap panel PV (NOCT *Nominal Operation Cell Temperature*). Dengan menggunakan parameter ini, suhu panel modul surya (T_{panel}) dapat diperkirakan berdasarkan suhu udara *ambient* Tamb dan iradiasi matahari jatuh ke panel. Mengingat bahwa nilai khas dari pengurangan efisiensi daya sel modul surya, karena kenaikan suhu sel surya diatas nilai standar (25 C), adalah 0,5% / C, efisiensi sel modul surya dihitung sesuai dengan persamaan berikut [28]:

$$\eta_{PV} = \eta_{ref}(1 - \beta_{ref}(T_{PV} - T_{ref})) \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan:

- η_{PV} : efisiensi panel
- η_{ref} : efisiensi panel STC
- β_{ref} : koefisien termal panel
- T_{PV} : temperatur panel saat beroperasi
- T_{ref} : temperatur Lingkungan

Untuk mengetahui seberapa besar nilai energi yang dihasilkan, harus lebih dahulu mengetahui energi yang diterima (energi *input*), energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik STPV pada satu panelnya dapat diperkirakan dengan bantuan persamaan berikut [28]:

$$Energy\ Yield = I \times P_{MAX} \times Losses \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan

- $Energy\ Yield$ = Keluaran energi dari PV *array* (Wh)
- = Intensitas radiasi matahari (1PSH=1kWh/m²)
- = Output daya dari nilai modul STC (W_p)

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyalin, mengutip, atau seluruhnya atau sebagian tanpa izin tertulis dari penerbit.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



$\eta_{\text{setelah losses}}$ = Total kerugian diterjemahkan kedalam efisiensi (%)

2.2 Pemilihan Inverter

Pemilihan *inverter* terkait dengan kapasitas modul yang terpasang. *Inverter* mengubah listrik DC dari susunan PV surya menjadi listrik AC dengan memaksimalkan *output* PV *mini-grid*. Ada tiga jenis *inverter* surya yang biasa digunakan: *inverter string*, *inverter sentral*, dan *inverter mikro* [28].

2.3 Array Sizing

Saat merancang sistem PLTS *mini-grid* yang terhubung ke jaringan, jenis modul PV yang akan dipilih dan jenis *inverter* yang akan dipilih. Untuk menghasilkan daya *output* yang optimal, *array* PV harus dicocokkan dengan *inverter*. Langkah-langkah berikut digunakan untuk menentukan ukuran *array*: [28].

1. Menyesuaikan *array* dengan spesifikasi tegangan *inverter*,
2. Menyesuaikan *array* dengan *current rating inverter*.
3. Menyesuaikan *array* dengan *power rating inverter*.

A. Menyesuaikan Array Dengan Tegangan Inverter

1. Minimum Tegangan Inverter

Modul surya memiliki tegangan terendah dalam cuaca hangat. *Array* harus dirancang agar tegangan *array* VMP pada suhu operasi tertinggi tidak turun di bawah tegangan minimum MPPT pada *inverter*. Langkah pertama adalah mencari tegangan modul pada suhu modul maksimum menggunakan persamaan berikut [28]:

$$V_{MP} = V_{MP-STC} - [\gamma_V \times (T - T_{STC})] \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

- V_{MP-STC} = Tegangan MPP pada kondisi pengujian standar (STC),
- γ_V = Koefisien suhu VMP,
- T = Temperatur modul pada suhu udara ambien maksimum
- T_{STC} = Temperatur di STC

Maksimum Tegangan Inverter

Jumlah maksimum modul dihitung dengan suhu terendah ketika tegangan VOC modul maksimum. Tegangan VOC digunakan sebagai pengganti tegangan VMP karena tegangan VOC lebih tinggi dan sesuai dengan tegangan maksimum yang

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

HAK Cipta Dilindungi Undang-Undang
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

disuplai ke inverter saat daya listrik tersambung. Tegangan VOC modul adalah nilai pertama yang dihitung menurut persamaan berikut [28]:

$$V_{OC} = V_{OC-STC} - [\gamma_{VOC} \times (T - T_{STC})] \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan:

- V_{OC-STC} = Tegangan rangkaian terbuka di STC
- T_{VOC} = Koefisien suhu untuk VOC
- T_{STC} = Temperatur Modul STC
- T = Temperatur modul diharapkan terendah yang ditentukan (°C)

Perhitungan VOC tidak diukur untuk modul PV di musim dingin atau musim panas, sehingga nilai STC digunakan bersama dengan faktor keamanan 2% untuk perhitungan tegangan yang lebih tinggi.

$$V_{inverter} = V_{max\ input} \times 0.98$$

Jumlah maksimum modul dapat dihitung dengan persamaan yaitu membagi tegangan *inverter* dengan Voc modul [28]:

$$\text{Jumlah Modul} = \frac{V_{inverter}}{V_{OC\ MOD}} \dots\dots\dots(2.16)$$

B. Menyesuaikan Array dengan Current Rating Inverter

Penting untuk memastikan bahwa arus maksimum yang dihasilkan oleh *array* lebih rendah dari arus input maksimum *inverter*. Jumlah *array string paralel* dihitung menggunakan arus hubung singkat (ISC) [28].

$$I_{sc\ mod} = I_{sc-stc} - [\gamma_{VOC} \times (T - T_{STC})] \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

- I_{sc-stc} = Arus rangkaian terbuka di STC
- γ_{VOC} = Koefisien temperatur untuk VOC
- T = Temperatur modul diharapkan terendah di suhu yang ditentukan.
- T_{STC} = Temperatur modul STC

Untuk menghitung jumlah maksimum *string* yang dapat beroperasi pada *inverter* dapat dihitung dengan persamaan [28]:

$$\text{Jumlah String MPPT 1} = \frac{I_{max\ DC\ input}}{I_{sc\ Mod}} \dots\dots\dots(2.18)$$



Keterangan :

- 1. I_{max} DC input = Arus maksimum *inverter*
- 2. I_{mod} = Arus modul pada suhu TSC

C. Menyesuaikan *Array* dengan *Power Rating Inverter*

Saat mencocokkan *array* dengan *inverter*, perhitungan arus, tegangan, dan daya perlu dilakukan untuk memastikan ukuran sistem PV yang benar. Perhitungan arus dan tegangan dilakukan untuk menghitung jumlah *string* dan jumlah modul dalam sebuah *string*. Perhitungan daya dilakukan untuk menemukan jumlah maksimum modul yang diperbolehkan dalam sistem. Dengan *inverter* dan modul yang dipilih, jumlah maksimum modul dalam *array* adalah [28]:

$$Ukuran\ Array = \frac{Maksimum\ daya\ Inverter}{Daya\ Modul} \dots\dots\dots(2.19)$$

2.8.2.4 Analisis Hasil Produksi Energi Sistem PLTS

Energi listrik yang dihasilkan dari sistem PLTS ditentukan oleh beberapa faktor utama yaitu ukuran PV *array*, radiasi matahari dan efisiensi sistem pada PLTS [28].

A. Menentukan Output dari PLTS *grid-connected*

Dalam merancang suatu sistem PLTS penting untuk dapat memperkirakan yang akan terjadi energi dari sistem itu. Energi yang dihasilkan dari sistem PLTS tergantung pada sejumlah faktor, yaitu Ukuran PLTS, Jumlah iradiasi yang diterima dan total efisiensi sistem.

Output energi rata-rata dari *array* PV dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$E_{array} = P_{stc} \times 365 \times H_{tilt} \times N \times Losses \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

- E_{array} = Rata-rata keluaran energi dari PV *array* (Wh)
- P_{STC} = *Output* daya dinilai modul STC (W)
- H_{tilt} = Radiasi matahari (1 PSH = 1 kWh/m²)
- N = Jumlah modul dalam *array*
- $Losses$ = Total kerugian diterjemahkan kedalam efisiensi (%)

B. Rasio Performa (*Performance Ratio*)

Rasio Performa (PR) didefinisikan sebagai rasio antara jumlah aktual daya PV yang dipasok ke jaringan dalam periode waktu tertentu dan jumlah teoritis energi yang dihasilkan oleh modul PV di bawah kondisi pengujian standar (STC). Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut [28]:

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



$$\text{Rasio Performa} = \frac{\text{Hasil produksi energi}}{\text{Produksi energi tanpa losses}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Faktor Kapasitas (*Capacity Factor*)

Faktor kapasitas / *Capacity Faktor* pembangkit listrik adalah rasio *output* aktual dan faktor daya pembangkit listrik selama periode waktu tertentu dengan *output* potensial jika pembangkit tersebut beroperasi pada kapasitas penuh sepanjang waktu. Faktor rata-rata tenaga surya di Indonesia adalah 18%, yang dipengaruhi oleh kualitas matahari yang melewati Indonesia. Secara matematis, faktor daya adalah jumlah total energi yang dihasilkan pembangkit selama periode waktu tertentu dibagi dengan jumlah energi yang akan dihasilkan oleh mikrogrid PV pada kapasitas penuh. Faktor daya sangat bervariasi tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan dan desain pembangkit. Hal ini juga menyediakan alat untuk perbandingan kinerja dari berbagai jenis pembangkit. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut [28]:

$$\text{Capacity factor} = \text{hasil produksi energi} / \text{kapasitas PV} \times (365 \text{ day/years}) \times 24\text{h} \dots\dots\dots(2.22)$$

2.9 Aspek Ekonomi Terhadap Teknologi STPV

Aspek ekonomi adalah tinjauan investasi dari sudut pandang perusahaan yang merasakan manfaat dari proyek nantinya. Perhitungan manual analisis ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah proyek yang akan dibangun memang memberikan manfaat yang lebih besar dari pada biaya yang akan dikeluarkan atau sebaliknya, sehingga dapat diketahui layak atau tidaknya proyek yang akan dijalankan.

Bagian ini menjelaskan tentang metode estimasi biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan energi surya pada tenaga listrik, biaya dalam sistem teknologi STPV adalah biaya komponen, biaya operasi, pemeliharaan dan penggantian komponen. siklus hidup proyek agar sistem teknologi STPV berfungsi dengan baik [32].

2.9.1 Aspek Biaya

Aspek biaya pengembangan berkisar dari biaya modal awal, yang meliputi biaya semua komponen dan biaya pemeliharaan sistem, hingga biaya penggantian komponen saat sistem sedang berjalan. Aspek biaya sistem teknologi STPV adalah [32]:

a. Biaya Awal (*Initial Cost*)

Biaya modal awal adalah biaya yang dikeluarkan untuk membangun suatu sistem hingga siap digunakan. Biaya ini biasanya dikeluarkan pada tahap awal pengembangan

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dengan jumlah uang yang relatif besar dan memiliki efek yang bertahan lama. Contoh dari investasi awal adalah total biaya bahan baku sistem, biaya tenaga kerja, dan sejenisnya.

Biaya Operasional dan Perawatan (*Operational and Maintenance Cost*)

Biaya operasi dan pemeliharaan adalah biaya yang dikeluarkan pada saat sistem siap digunakan. Biaya ini biasanya dikeluarkan secara teratur atau berkala selama periode waktu dalam jumlah yang kira-kira sama.

Biaya Pergantian Komponen (*Replacement Cost*)

Biaya penggantian komponen adalah biaya yang dikeluarkan untuk memelihara/menjamin kinerja sistem agar sistem selalu dalam kondisi baik dan siap dioperasikan. Contohnya adalah biaya penggantian (*replacement*) salah satu alat pendukung sistem jika terjadi kegagalan.

Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh sistem selama masa pakainya. Biaya siklus hidup ditentukan oleh nilai sekarang (PV) dan total biaya sistem termasuk biaya investasi awal, biaya penggantian komponen, operasi dan pemeliharaan. Biaya siklus hidup (LCC) dihitung sesuai dengan rumus berikut [32]:

$$LCC = C + M_{PW} + R_{PW} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

LCC = *Life Cycle Cost* (Rp)

= Penjumlahan dari biaya investasi awal (Rp)

M_{pw} = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek (Rp)

R_{pw} = Biaya nilai sekarang untuk biaya penggantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek (Rp)

Nilai sekarang (PV) dari biaya O&M tahunan yang akan dikeluarkan di masa depan (selama umur proyek) dengan biaya tetap. Hitung sesuai dengan rumus berikut [32]:

$$M_{PW} = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

A = Biaya O&M tahunan (Rp)



- i = Tingkat diskonto/suku bunga (%)
- n = Umur proyek (tahun)

Sedangkan untuk menghitung *present value* (PV) dari biaya penggantian komponen untuk waktu yang akan datang (selama umur proyek), digunakan rumus 2.23 dibawah ini, namun sebelumnya, *present value* untuk waktu yang akan datang atau sekarang faktor nilai (PWF) harus diketahui. Hitung PWF menggunakan rumus berikut [32]:

$$PWF = \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$R_{pw} = B \times PWF \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana:

B = Biaya penggantian komponen (Rp)

Levelized Cost of Energy (LCOE)

Perhitungan biaya energi atau *energy cost* (COE) dari sistem *ON-GRID* STPV ditentukan oleh *life cycle cost* (LCC), *Return on Investment* (CRF) dan output energi tahunan dari *ON-GRID* STPV. *Return on Equity* adalah faktor yang digunakan untuk mengubah semua arus kas *Lifecycle Cost* (LCC) menjadi serangkaian pembayaran tahunan atau biaya dengan jumlah yang sama. Koefisien pengembalian modal dihitung menurut rumus berikut [32]:

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

i = Tingkat bunga ril tahunan (%)

N = Periode dalam tahun

Biaya produksi energi listrik pada *ON-GRID* STPV dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$LCOE(Rp/kWh) = \frac{LCC \times CRF}{\text{Produksi Energi}} \dots\dots\dots(2.28)$$

2.9.2 Aspek Finansial

Secara umum, ada tiga metode yang umum dipertimbangkan untuk menemukan arus kas dan investasi: *Net Present Value* (NPV), *Payback Period* (PBP), dan *Internal Rate of Return* (IRR) [32].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1. *Net Present Value* (NPV)

NPV adalah metode yang digunakan untuk menghitung nilai bersih pada waktu saat ini. Metode perhitungan ini terdiri dari *cash flow benefit* (CFB) dan *cash flow cost* (CFC). Untuk menentukan NPV menggunakan rumus sebagai berikut [32]:

$$NPV (Rp) = \sum CFB(Rp) - CFC(Rp) \dots\dots\dots(2.29)$$

- NPV > 0, berarti usaha layak untuk dilaksanakan
- NPV < 0, berarti usaha tidak layak untuk dilaksanakan
- NPV = 0, berarti usaha yang dijalankan tidak untung dan tidak rugi

Dalam pengoperasian suatu proyek yang akan menghasilkan pendapatan atau pengeluaran, hal ini dikenal sebagai kas untuk pengeluaran pendapatan, disebut arus kas keuntungan, sedangkan untuk pengeluaran disebut biaya pendapatan uang.

Cash Flow Benefit (CFB)

CFB adalah arus masuk uang tahunan selama sistem berjalan dan berjalan. Arus kas masuk dihitung berdasarkan tingkat bunga untuk tahun tersebut. Hitung nilai CFB sesuai dengan rumus berikut [32]:

$$CFB (Rp) = \sum_{t=0}^n Cost(1 + i) \dots\dots\dots(2.30)$$

Cash Flow Cost (CFC)

CFC adalah arus kas keluar tahunan selama sistem berjalan dan berjalan. Jumlah ini adalah jumlah total yang diinvestasikan dalam sistem selama n tahun. Jika dalam jangka waktu yang ditentukan, pembayaran berulang memiliki nilai yang sama, perhitungan CFC menggunakan faktor pembobotan saat ini (PWF). Menghitung nilai CFC dapat menggunakan rumus berikut [32]:

$$CFC (Rp) = \sum_{t=0}^n investasi - PWF \dots\dots\dots(2.31)$$

Waktu Pengembalian Investasi (*Payback Period*)

Payback period adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk memulihkan modal atau investasi awal setelah proyek dibangun. Periode pengembalian dapat ditemukan dengan menghitung nilai masa kerja proyek dan menghitung nilai sekarang bersih. Selama periode pengembalian modal ini, rencana investasi dikatakan dapat dicapai jika $k \leq n$ dan sebaliknya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

©Hak cipta milik UIN Suska Riau
 Sateh Ismail
 University of Sultan Syarif Kasim



(di mana k adalah jumlah periode pengembalian modal dan n adalah usia investasi). Hitung sesuai dengan persamaan berikut [32]:

$$PPR(\text{tahun}) = \text{Year before recovery} + \frac{\text{investment cost}}{NPV \text{ kumulatif}} \dots\dots\dots(2.32)$$

- Dimana:
- $\text{Year before recovery}$ = Jumlah tahun sebelum tahun pengembalian final (tahun)
- Investment cost = Biaya investasi awal (Rp)
- NPV Kumulatif = Jumlah kas bersih nilai sekarang per tahun (Rp)

Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return adalah metode perhitungan investasi dengan menghitung tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang dari penerimaan-penerimaan kas bersih di waktu mendatang. Diketahui jika [32]:

- IRR lebih besar dari pada suku bunga Bank maka proyek layak dilaksanakan.
- IRR lebih kecil dari pada suku bunga Bank maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

Untuk menghitung IRR dapat menggunakan persamaan berikut [32]:

$$IRR(\%) = i_1 + \left\{ \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1) \right\} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana:

- IRR = *Internal Rate of Return* (%)
- NPV_1 = *Net Present Value* dengan tingkat bunga rendah (Rp)
- NPV_2 = *Net Present Value* dengan tingkat bunga tinggi (Rp)
- i_1 = Tingkat bunga pertama (%)
- i_2 = Tingkat bunga kedua (%)

4.10 Comsol Multi-Fisika

Multiphysics Comsol adalah alat interaktif untuk memodelkan dan memecahkan semua jenis masalah ilmiah dan teknik berdasarkan persamaan *diferensial parsial* (PDE). Dengan perangkat lunak *comsol* ini, dapat dengan mudah memperluas model konvensional untuk satu jenis fisika menjadi model multifisika yang mampu memecahkan fenomena fisik secara sintetis dan sekaligus menyelesaikannya. Dengan menggunakan mode aplikasi ini, dapat melakukan berbagai jenis analisis termasuk analisis statis, analisis linier dan nonlinier, analisis frekuensi alami, dan analisis catu daya [33].

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis atau untuk sebagian atau seluruhnya dengan cara apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

©Harcintamiki UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



Comsol Multiphysics memiliki mode yang dapat dimodelkan dengan mendefinisikan besaran-besaran fisik yang relevan seperti sifat material, beban, tegangan, sumber, dan fluks, sebagai contoh dari mendefinisikan persamaan matematika belajar. Di *comsol* juga dapat menerapkan variabel, simbol, atau angka individual [33].

SketchUp Pro

SketchUp Pro adalah *software* yang berfungsi untuk membuat gambar atau sketsa gambar 2D atau 3D. *SketchUp* merupakan *software* yang cukup populer di dunia karena keunggulannya dalam pengembangan produknya, *SketchUp Pro* terus berinovasi dengan mengembangkan versi terbaru dengan fitur yang lebih menarik [34].

SketchUp Pro umumnya digunakan oleh seorang insinyur sipil, arsitek, mekanik, tukang listrik dan lain-lain. Di era sekarang ini, *SketchUp Pro* banyak diminati terutama untuk menggambar baik 2D maupun 3D, karena dengan bantuan *software* ini kita dapat membuat gambar dalam waktu yang relatif singkat dan tentunya memiliki kualitas gambar yang memuaskan [34].



- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

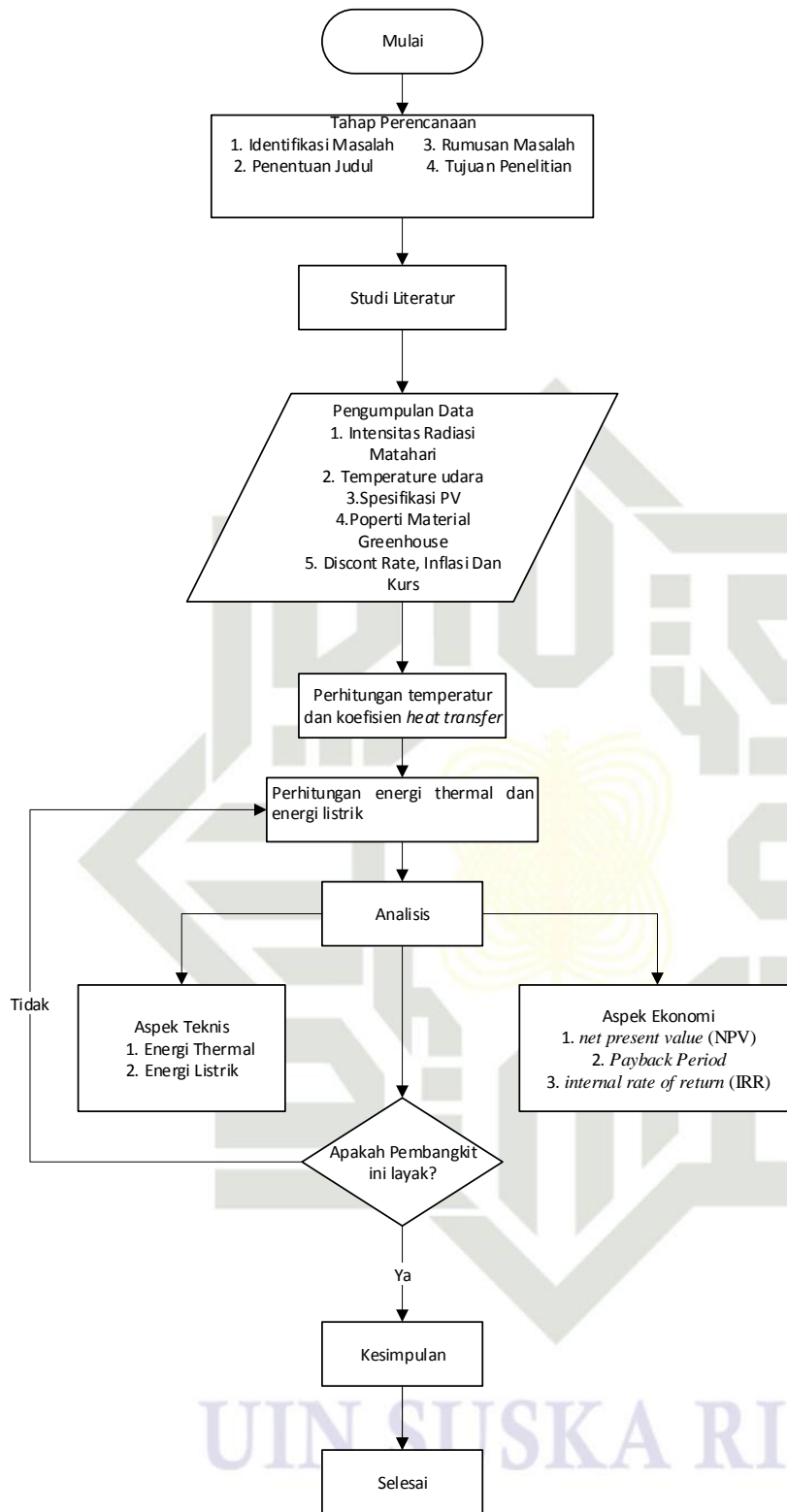
Penelitian ini adalah jenis penelitian kuantitatif dengan pendekatan deskriptif. Penelitian kuantitatif adalah salah satu metode penelitian dengan kriteria sistematis, terencana, terstruktur dengan jelas dan umumnya hasil penelitian berupa data *numeric*/angka. Pendekatan deskriptif merupakan metode pendekatan yang berguna untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah terkumpul. Pendekatan deskriptif bertujuan untuk mendeskripsikan objek penelitian maupun hasil dari penelitian.

3.2 Alur Proses Penelitian

Proses simulasi pada teknologi STPV terintegrasi dimulai dari tahap perencanaan yang terdiri dari indentifikasi masalah, tujuan, penentuan judul, jadwal penelitian, rumusan masalah yang berkaitan dengan penelitian, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur penelitian, lalu langkah selanjutnya melakukan pengumpulan data dan membuat konsep pemodelan dan memasukan parameter yang digunakan, setelah itu malakukan simulasi, dan lakukan validasi yang merujuk pada jurnal bila sesuai dengan yang diharapkan maka melakukan analisis terhadap hasil simulasi dan langkah terakhir melakukan penarikan kesimpulan. Maka selesai dengan tersusunnya dalam bentuk laporan. Dan bila dari simulasi tidak sesuai yang diharapkan maka kembali lagi pada pemodelan simulasi. Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat alur diagram pada bagan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 *Flow Chart* Penelitian.



3.3 Tahap Perencanaan

3.3.1 Identifikasi Masalah

Identifikasi merupakan kegiatan yang meneliti informasi yang akan diteliti. Adapun masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki iklim tropis. Pada daerah beriklim tropis temperatur udara di dalam bangunan *greenhouse* cenderung meningkat. Sehingga *greenhouse* memerlukan peralatan listrik untuk mendinginkan suhu *greenhouse*. Pada penelitian jenis PV yang digunakan yaitu *semitransparent photovoltaic* (STPV).

3.3.2 Penentuan Judul

Permasalahan yang sudah di dapat maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Analisis Teknis Dan ekonomi Teknologi Semi *Transparent Photovoltaic* (STPV) Terintegrasi *Greenhouse* di Indonesia”.

3.3.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini, menganalisis aspek teknis dan ekonomi teknologi *semi transparent Photovoltaic* (STPV) terintegrasi *Greenhouse* di Indonesia . Dimana analisis teknis meliputi energi *thermal* dan energi listrik.

3.3.4 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini bertujuan menganalisis teknis dan ekonomi teknologi *semi transparent Photovoltaic* (STPV) terintegrasi *Greenhouse* di Indonesia.

3.4 Studi Literatur

Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan pengumpulan beberapa penelitian yang dibutuhkan untuk menjadi referensi. Untuk mendapatkan topik yang akan diteliti oleh penulis, penulis mengumpulkan sebuah referensi-referensi penelitian yang berkaitan dengan topik yang akan diteliti melalui jurnal nasional dan internasional untuk dilakukan *literature review* serta dari beberapa artikel.

3.5 Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Sekunder, data sekunder yang digunakan meliputi:

3.5.1 Data Intensitas Radiasi Matahari

Dalam mengaplikasikan teknologi *semi transparent photovoltaic* terintegrasi dengan *greenhouse* hal utama yang perlu diperhatikan adalah radiasi matahari, karena radiasi matahari

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



merupakan sumber energi yang akan dimanfaatkan nantinya oleh teknologi *semi transparent photovoltaic* terintegrasi dengan *greenhouse* untuk menghasilkan listrik. Nilai radiasi matahari dapat diketahui dengan dua cara yaitu pengukuran langsung dilapangan atau dengan mengambil data yang sudah ada dari situs-situs pemerintah, ataupun situs internasional. Penelitian ini dilakukan di Indonesia pada kordinat *latitude* -0.789275 dan *longitudo* 113.921327.



Gambar 3.2 Peta Indoensia [35]

Pada penelitian ini, data intensitas radiasi matahari yang digunakan didapat Dengan memasukkan kordinat *latitudo* -0.789275 dan *longitudo* 113.921327 Indonesia di Situs Pencarian NASA..

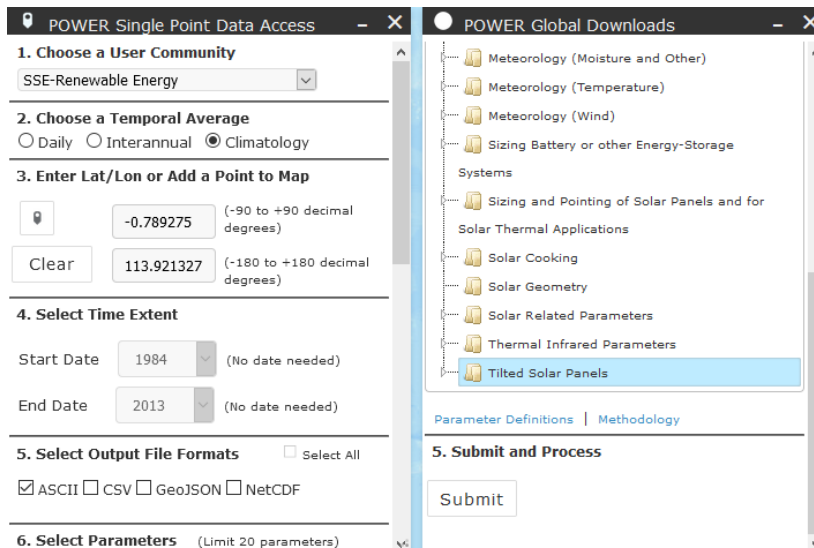
Terdapat beberapa kolom yang harus di isi pada halaman *Power single point data access* yang meliputi:

1. *choose a temporal average*, pada kolom ini peneliti memilih *climatology* (data tahunan)
2. *enter lat* dengan memasukkan data kordinat Indoensia yaitu, *latitudo* -0.789275 dan *longitudo* 113.921327.
3. *select parameter* masukkan parameter yang dibutuhkan, parameter yang dibutuhkan adalah data *titled solar panel*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

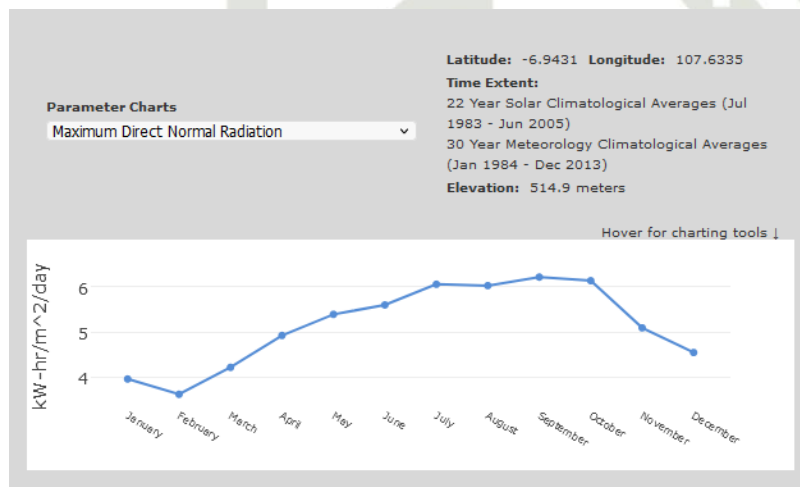
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.3 Parameter *Power single point data access* Intensitas radiasi matahari [36]

Setelah menekan *submit and Process* maka akan muncul data intensitas radiasi matahari Indonesia.



Gambar 3.4 Data Intensitas Radiasi Matahari Indonesia [36]

Untuk melihat tabel radiasi intensitas matahari Indonesia dari bulan Januari sampai bulan Desember pada yang di dapatkan melalui situs NASA POWER dapat di lihat pada tabel

3.1.

Tabel 3.1 Data Intensitas Radiasi Matahari [36]

No	Bulan	Radiasi Intensitas Matahari (kWh/m ² /hari)
1	Januari	4.88
2	Februari	4.73
3	Maret	4.18
4	April	4.42
5	Mei	4.44
6	Juni	5.1
7	Juli	4.75
8	Agustus	4.79
9	September	4.28
10	Oktober	3.99
11	November	4.51
12	Desember	4.47
	Rata-rata	4.54

3.5.2 Data Temperatur Udara

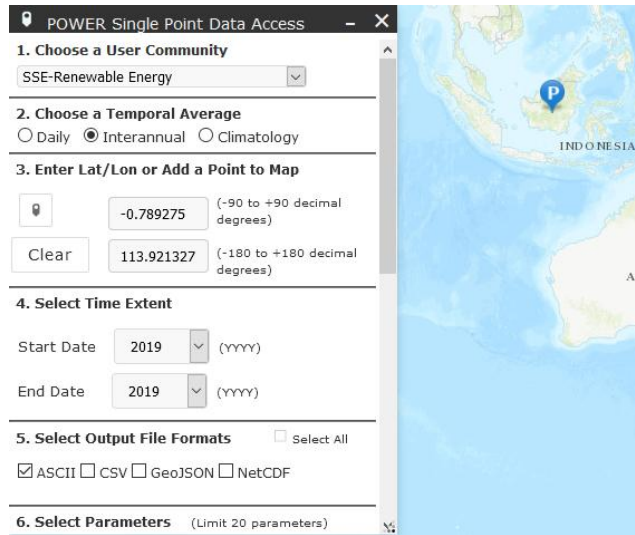
Temperatur merupakan faktor yang paling penting untuk memaksimalkan konversi energi matahari oleh PV menjadi listrik. Apabila temperatur yang dihasilkan oleh matahari terlalu tinggi maka efisiensi panel PV akan berkurang saat beroperasi dari suhu ideal panel PV beroperasi pada 25°C.

Pada penelitian ini, data temperatur yang digunakan didapat melalui situs NASA POWER pada kordinat *latitudo* -0.789275 dan *longititudo* 113.921327 untuk Indonesia. Data temperatur yang peneliti gunakan yaitu data dari bulan januari 2019 sampai dengan bulan desember 2019. Temperatur pada bulan januari sampai desember 2019 dapat dilihat pada tabel 3.2.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengizinkan atau menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.5 Power single point data access Temperatur [36]

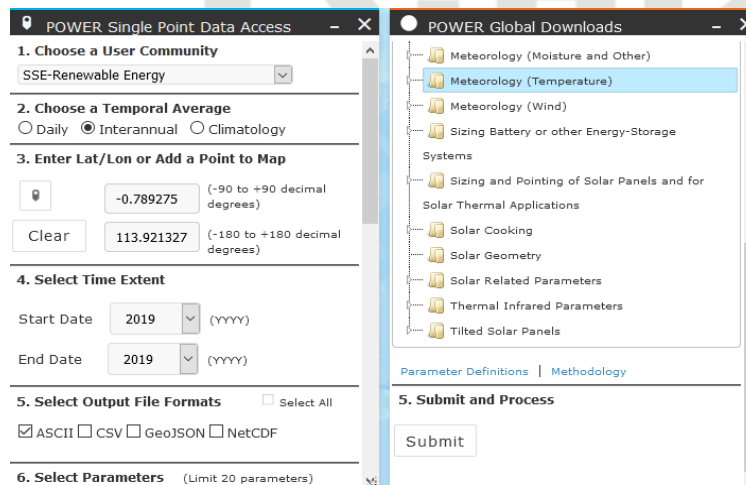
Terdapat beberapa kolom yang harus di isi pada halaman *Power single point data access* yang meliputi:

choose a temporal average, pada kolom ini peneliti memilih interannual (data tahunan).

enter lat dengan memasukkan data kordinat Indoensia yaitu, *latitudo* -0.789275 dan *longititudo* 113.921327.

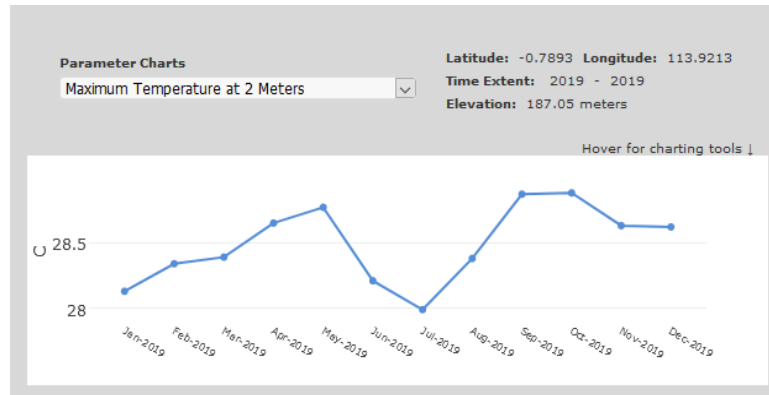
select time extent dari mulai januari 2019-desember 2019.

select parameter masukkan parameter yang dibutuhkan, parameter yang dibutuhkan adalah data temperatur.



Gambar 3.6 Parameter Power single point data access Temperatur [36]

Setelah menekan *submit and Process* maka akan muncul data temperatur Indonesia dari bulan Januari sampai bulan Desember 2019.



Gambar 3.7 Data Temperatur Udara Indonesia [36]

Ditukarkan untuk melihat tabel temperatur Indonesia dari bulan Januari sampai bulan Desember pada tahun 2019 yang di dapatkan melalui situs NASA POWER dapat di lihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Temperatur [36]

No	Bulan	Temperatur (°C)
1	Januari	28.13
2	Februari	28.34
3	Maret	28.39
4	April	28.65
5	Mei	28.77
6	Juni	28.21
7	Juli	27.99
8	Agustus	28.38
9	September	28.87
10	Oktober	28.88
11	November	28.63
12	Desember	28.62
	Rata-rata	28.49

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak cipta milik UIN Suska Riau

Sultan Syarif Kasir



3.5.3 Data Spesifikasi PV

Pada penelitian ini, panel surya yang digunakan adalah jenis *Amorphous silicone*, *amorphous silicone* memiliki warna yang bening (*semitransparent*) sehingga dapat meneruskan cahaya matahari ke dalam ruangan serta memberikan kualitas ruang tersendiri di dalam ruangan. Adapun spesifikasi *Amorphous silicone* yang diperoleh dari alibaba dapat dilihat pada tabel 3.3 sebagai berikut [37]

Tabel 3.3 Data Spesifikasi *Amorphous Silicone* [37]

No	Spesifikasi	Nilai
1	P _{MAX}	130 Wp
2	Efisiensi	9%
3	Max. Voltage (<i>V_{mp}</i>)	134.7 V
4	Current (<i>I_{mp}</i>)	0.965 A
5	Open Circuit Voltage (<i>V_{oc}</i>)	170 V
6	Short Circuit Current (<i>I_{sc}</i>)	1.188 A
7	Length x Height x width	1300 x 6.8 x 1100 mm
8	Temp. Coefficient (<i>P_{max}</i>)	-0.27%/°C
9	Temp. Coefficient (<i>V_{oc}</i>)	0.05%/°C
10	Temp. Coefficient (<i>I_{sc}</i>)	-0.31%/°C

3.5.4 Data Spesifikasi Properti *Greenhouse*

Penelitian ini menggunakan properti *greenhouse* kaca, PV, Udara, EVA, Dan *Thermal Paste*. Adapun spesifikasi dari properti *greenhouse* yang diperoleh dari jurnal “A numerical simulation of the photovoltaic greenhouse microclimate” dapat dilihat pada tabel 3.4 sebagai berikut [6]:

Tabel 3.4 Data Spesifikasi Properti *Greenhouse*

Properti	Kaca	PV	Udara	EVA	Thermal Paste
Mass	2210[kg	2.285[k	1.225	950[kg/	2600[kg/m ³]
Density	/m ³]	g/m ³]	Kg/m ³	m ³]	
Specific	730[J/(k	700[J/(1006.43	500[J/(k	700[J/(kg*K)]

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1	<i>heat</i>	g*K)]	kg*K)]	J/Kg.K	g*K)]
	<i>Thermal</i>	1.4[W/(0.25[W	0.0242	0.311[W
	<i>Conductivit</i>	m*K)]	/(m*K)	W/m.k	/(m*K)]
	<i>y</i>]		
	<i>Ketebalan</i>	3 mm	6.8 Mm	0,1 mm	1 mm
					0,1 mm

3.5 Data Discont Rate, Inflasi Dan Suku Bunga

Pada Penelitian ini dalam menentukan data *discount rate*, *inflasi* dan suku bunga di dapatkan melalui standar bank indoensia [38][39].

3.6 Analisis temperatur dan koefisien *heat transfer*

Pada tahap ini dalam menganalisis temperatur dan heat transfer menggunakan simulasi COMSOL *Multiphysic* 5.3a. Parameter inputannya berupa *site assessment* (intensitas radiasi matahari, temperatur), spesifikasi PV, properti PV dan *greenhouse*. Adapun tahap melakukan simulasi COMSOL *Multiphysic* 5.3a adalah sebagai berikut :

3.6.1 Simulasi COMSOL *Multiphysic* 5.3a

Melakukan simulasi membutuhkan aliran, yang digunakan untuk menyederhanakan simulasi. Berikut ini adalah alur simulasi penelitian menggunakan *software* COMSOL *Multiphysic* 5.3a

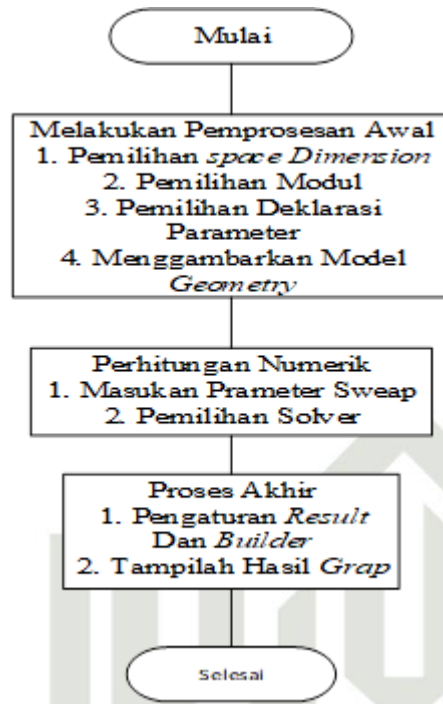
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.8 Diagram Simulasi

Melakukan simulasi membutuhkan aliran, yang digunakan untuk menyederhanakan simulasi. Berikut ini adalah alur simulasi penelitian menggunakan *software* COMSOL *Multiphysic* 5.3a

Pada alur diagram simulasi ini memiliki beberapa proses tahapan yang harus dilaksanakan dalam penelitian ini dengan menggunakan piranti lunak comsol ini diantaranya.

3.6.1.1 Melakukan Pemrosesan Awal

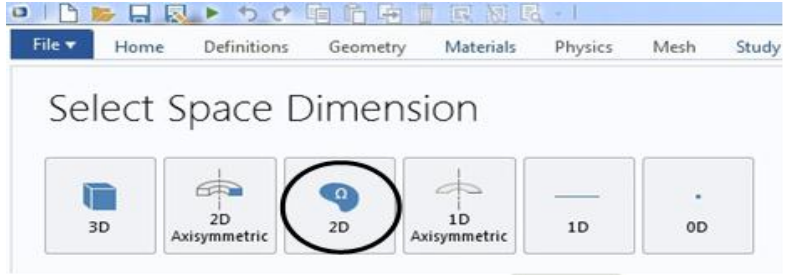
1. Pemrosesan awal Klik ganda ikon COMSOL *Multiphysic* 5.3a



Gambar 3.9 Ikon Comsol



2. Selanjutnya akan muncul halaman utama piranti muncul. Maka langkah awal dilakukan menentukan *Select space dimension* dengan meklik pada “2 dimensi” pada piranti lunak comsol.
1. **Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
 - a. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - b. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



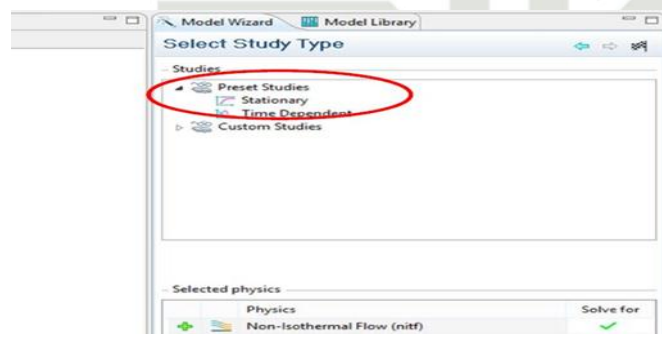
Gambar 3.10 *Space Dimension*

3. Kemudian Pada pemilihan *Add Physics*, pilih *Fluid Flow>Non-Isothermal Flow>Laminar Flow nitf*



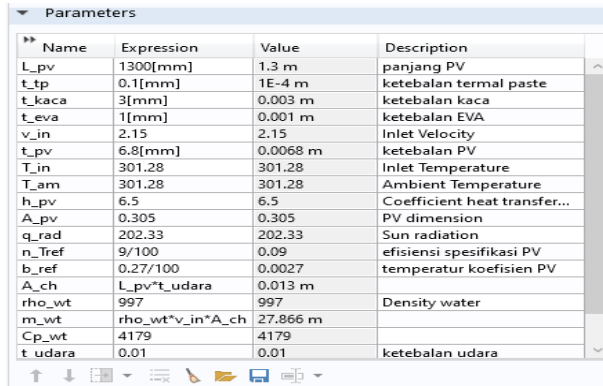
Gambar 3.11 pemilihan *Add Physics*, pilih *Fluid Flow, Non-Isothermal Flow Laminar Flow nitf*

4. Setelah pemilihan *add physics* nya ,maka Temukan *Preset Studies*, kemudian pilih *Stationary* dan setelah di klik *stationary* nya klik *finish*



Gambar 3.12 *Select Study Type*

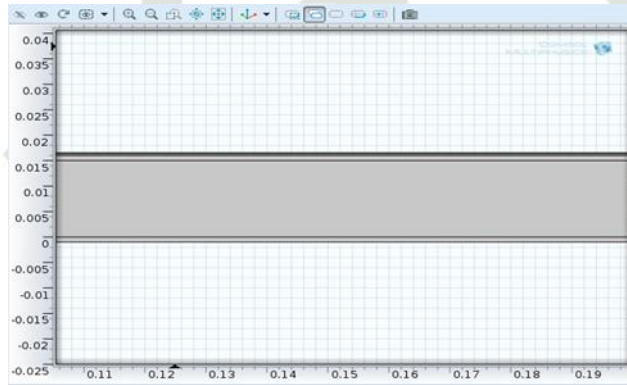
5. Selanjutnya memasukkan parameter yang digunakan berdasarkan kebutuhan yang disimulasikan pada kolom parameter.



Name	Expression	Value	Description
L_pv	1300[mm]	1.3 m	panjang PV
t_tp	0.1[mm]	1E-4 m	ketebalan thermal paste
t_kaca	3[mm]	0.003 m	ketebalan kaca
t_eva	1[mm]	0.001 m	ketebalan EVA
v_in	2.15	2.15	Inlet Velocity
t_pv	6.8[mm]	0.0068 m	ketebalan PV
T_in	301.28	301.28	Inlet Temperature
T_am	301.28	301.28	Ambient Temperature
h_pv	6.5	6.5	Coefficient heat transfer...
A_pv	0.305	0.305	PV dimension
q_rad	202.33	202.33	Sun radiation
n_Tref	9/100	0.09	efisiensi spesifikasi PV
b_ref	0.27/100	0.0027	temperatur koefisien PV
A_ch	L_pv*t_udara	0.013 m	
rho_wt	997	997	Density water
m_wt	rho_wt*v_in*A_ch	27.866 m	
Cp_wt	4179	4179	
t_udara	0.01	0.01	ketebalan udara

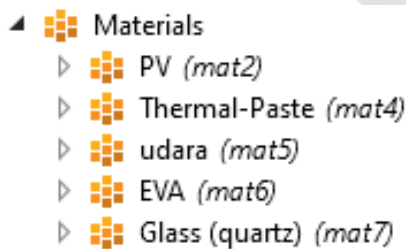
Gambar 3.13 Kolom Parameter STPV Pada COMSOL Multiphysics 5.3a

6. Setelah memasukan parameternya, selanjutnya mengambarkan *geometry* yang akan digunakan dengan memilih pada “Model” dan masukan *geometry* sebanyak yang digunakan lalu masukan nilai ukuran pada *geometry*.



Gambar 3.14 *Geometry* PV/T Pada Comsol

7. Langkah selanjutnya melakukan pemilihan material yang digunakan dalam PV/T. Adapun material konduktor yang digunakan berupa *thermal paste* Lalu membuat batasan *selection* dari material pada kolom *geometry entity selection*.



Gambar 3.15 Material Pada PV/T.



3.6.1.2 Perhitungan Numerik

Melakukan Numerik merupakan proses yang dilakukan berdasarkan parameter variabel yang berdasarkan nilai yang di inputkan. Perhitungan numerik akan dilakukan oleh piranti lunak COMSOL *Multiphysic* 5.3a di dalam aplikasi secara otomatis dengan memilih *solver*.

3.6.1.3 Pemrosesan Akhir

Pemrosesan akhir adalah suatu proses dimana tahapan akhir dari melakukan sebuah simulasi COMSOL *Multiphysic* 5.3a yang mana pada proses pemrosesan akhir ini adalah pengaturan *Result* yang mana menampilkan hasil *Grap* dari simulasi yang telah dilakukan.

3.6.2 Validasi

Validasi merupakan suatu tindakan membuktikan suatu penelitian itu benar dengan suatu alat ukur sehingga mencapai hasil yang diinginkan. Tujuan dari validasi adalah memastikan hasil dari suatu penelitian mendekati nyata dan mempertahankan kredibilitas dari penelitian tersebut.

Pada penelitian ini, validasi dilakukan dengan menggunakan persamaan dari penelitian *Modelling A Combined Photovoltaic Thermal Solar Panel* akan disimulasi terlebih dahulu menggunakan *comsol multiphysic 5*.

3.7 Perhitungan Manual Sistem STPV

Pada tahap ini dilakukan perhitungan manual dan menganalisis sistem STPV berupa aspek teknis, dan ekonomi.

3.7.1 Aspek Teknis

Untuk mengetahui aspek teknis dibedakan menjadi energi *thermal* dan energi listrik.

3.7.1.1 Energi Thermal

Energi *thermal* yang dimaksud disini adalah energi konversi intensitas radiasi matahari. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Koefisien temperatur
2. R adalah resistansi termal total. Dalam menghitung resistansi termal total dapat dihitung dengan persamaan (2.7)
3. U adalah Konduktansi. Dalam menghitung nilai U dapat dihitung dengan persamaan (2.8)



4.

Q_{cond} merupakan transfer energi panas pada selubung atap dapat dihitung dgn persamaan (2.9)

1.

$Q_{konv-si}$ merupakan transfer energi koveksi pada luar dapat dihitung dengan persamaan

2.

$Q_{konv-so}$ adalah transfer energi koveksi pada luar dapat dihitung dengan persamaan

2.

3.1.2 Energi Listrik

Menentukan jumlah PV *array*

Kapasitas panel surya dirancang dan dihitung berdasarkan luas atap yang akan dibangun di Indonesia. Dalam penentuan kapasitas panel surya, terkait didalamnya melakukan pemilihan modul surya disesuaikan dengan kebutuhan area yang tersedia. Dalam menentukan jumlah PV array nya menggunakan *software sketchup pro*.

B. Pemilihan *Inverter*

Kapasitas *inverter* ditentukan sesuai dengan kebutuhan panel surya yang dibutuhkan.

Inverter berfungsi mengubah arus listrik DC menjadi arus listrik AC agar energi listrik yang diproduksi sel surya dapat digunakan pada peralatan listrik yang membutuhkan listrik AC.

C. *Array Sizing*

Perhitungan terkait dalam menyesuaikan *array* dengan spesifikasi tegangan *inverter* sesuai yang dibutuhkan. Pada *matching array* dengan *inverter* ini menggunakan persamaan (2.14 s/d 2.19).

3.8 Analisis

3.8.1 Aspek teknis

3.8.1.1 Energi *thermal*

Pada tahap analisis energi *thermal* disini menggunakan kesetimbangan energi *thermal* dengan persamaan (2.5)

3.8.1.2 Energi listrik

Pada tahap ini akan mengkaji energi listrik menggunakan persamaan (sub bab 2.8.2.).

Adapun parameter energi listrik yaitu parameter dianalisis *energy yields*, performa *ratio*.

Hak Cipta Dindingi Tandang-Undang
 1. Dilang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

©Hak cipta milik UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



Energi yields

Untuk mengetahui berapa nilai energi yang dihasilkan, harus lebih dahulu mengetahui energi yang diterima (*energi input*), energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik STPV pada panelnya dapat diperkirakan dengan bantuan persamaan (2.13).

Rasio Performa (*Performance Ratio*)

Rasio performa didefinisikan sebagai rasio dari jumlah sebenarnya energi PV dikirim ke jaringan utilitas dalam jangka waktu tertentu dengan jumlah teoritis energi yang dihasilkan oleh modul PV dibawah kondisi uji standar (STC). Untuk mendapatkan nilai dari rasio performa dapat dihitung menggunakan persamaan (2.21).

3.8.2 Aspek Ekonomi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan manual dan analisis aspek ekonomi system pembangkit listrik tenaga surya *on-grid*. Perhitungan manual analisis ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah proyek yang akan dibangun memang memberikan manfaat yang lebih besar daripada biaya yang akan dikeluarkan atau sebaliknya.

Parameter/kriteria yang digunakan pada penelitian ini dalam analisis meliputi *Life Cycle Cost* (LCC) dan *Levelized Cost of Energy* (LCOE) . Berikut alur perhitungan manual aspek ekonomi, yaitu:

- a. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*), yang berguna untuk mengetahui nilai sekarang atau *present value* (PV) dan biaya total sistem *on-grid* yang terdiri dari biaya investasi awal, penggantian komponen, operasional dan pemeliharaan. Menghitung nilai LCC digunakan persamaan 2.22
- b. *Net Present Value* (NPV), yang berguna untuk menghitung nilai sekarang dari setiap arus kas masuk (*Cash Flow Benefit*) berupa biaya CER dengan persamaan 2.29 dan serta arus kas keluar (*Cash Flow Cost*) dengan persamaan, yang didiskontokan pada biaya modal. Menghitung nilai NPV digunakan persamaan 2.29.
- c. *Payback Period* (PBP), berguna untuk mengetahui berapa lama waktu pengembalian biaya investasi. Menghitung nilai PBP digunakan persamaan 2.32
- d. *Internal Rate of Return* (IRR), parameter ini berguna menghitung tingkat bunga yang dapat menyamakan antara present value dari semua aliran kas dari suatu investasi proyek. Menghitung nilai IRR digunakan persamaan 2.33



3.9 Penilaian kelayakan

3.9.1 Aspek teknis

Standar kelayakan aspek teknis pada energi listrik adalah mampu memproduksi listrik untuk memenuhi kebutuhan beban/peralatan listrik pada *greenhouse* secara kontinyu selama umur proyek. Untuk energi *thermal* didapatkan nya harus menurun berdasarkan penelitian [10]

3.9.2 Aspek ekonomis

Evaluasi dari ketiga parameter kelayakan ekonomi yang digunakan adalah ketika nilai $NPV > 0$, nilai IRR lebih besar dari pada suku bunga Bank berarti proyek layak untuk dilaksanakan, dan dalam *payback period* ini rencana investasi dikatakan layak (*feasible*) jika nilai PBB lebih kecil atau sama dengan umur investasi proyek (*life time*). Dikarenakan rencana pembangunan pembangkit akan dilakukan di tahun 2024, maka untuk melakukan analisis ekonomi ini mengikuti arah suku bunga yang ada.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



5.2 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

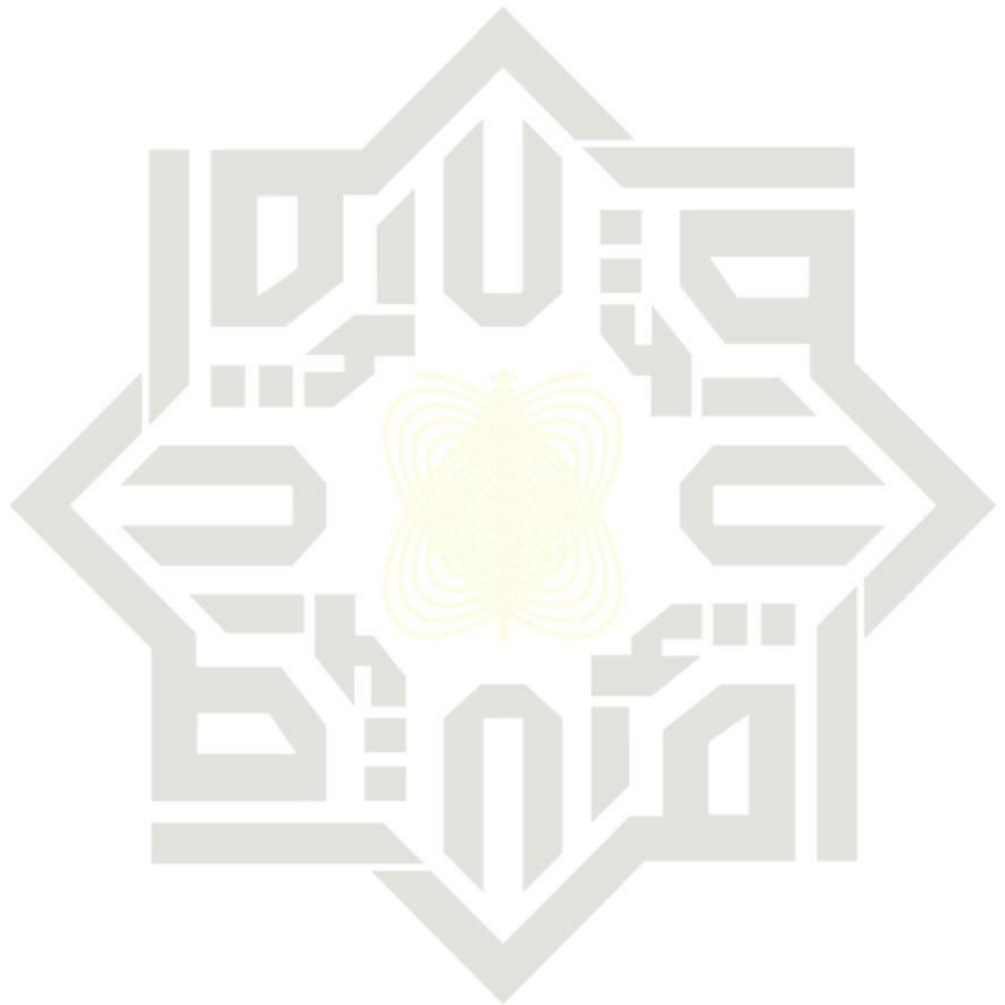
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Saran

Dari penelitian yang sudah dilakukan, ada beberapa saran yang perlu dipertimbangkan untuk peneliti selanjutnya yaitu:

Disarankan ke penelitian selanjutnya mengkaji aspek lingkungan dan aspek sosial

Karena penelitian ini menggunakan simulasi diharapkan penelitian selanjutnya dapat membuat rancang bangunnya.





DAFTAR PUSTAKA

- (BPS) Badan Pusat Statistik Indonesia 2020.
- Fitriawan, I. B. M. Dwipakresna, S. R. Sulistyanti, and A. Trisanto, "Pemantauan dan Pengendalian Kondisi Lingkungan Greenhouse Tanaman Paprika dengan Teknologi ZigBee," *Semin. Nas. Tek. Elektro 2018*, pp. 185–188, 2018.
- Effendi, D. M. Darajat, and S. Lestari, "Multitek Indonesia : Jurnal Ilmiah Multitek Indonesia : Jurnal Ilmiah," *Multitek Indones. J. Ilm.*, vol. 12, no. 2, pp. 114–121, 2018.
- Abbas, R. Syam, and B. Jaelani, "Rancang Bangun Sebagai Tempat Budidaya Tanaman Menggunakan Solar Cell Sebagai Sumber Listrik," *Proceeding Semin. Nas. Tek. Mesin*, no. Snttm Xiv, pp. 7–8, 2015.
- Taki M, Ajabshirchi Y, Ranjbar SF, Rohani A, Matlooi M. "Heat transfer and MLP neural network models to predict inside environment and energy lost in a semi-solar greenhouse," *Energy Build*;110:314–29, 2016.
- Nelson PV. "Greenhouse operation and management. 6th ed," Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall; ,p. 692, 2002.
- Meiveirina hanum dan chairul Murod. 2011. "Efisiensi Energi pada 'Smart Building' untuk Arsitektur Masa Depan". Prosiding seminar nasional AvoERISBN 979-587-395-4, Oktober 2011.
- H. A. Ahemd, A. A. Al-Faraj, and A. M. Abdel-Ghany, "Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: A review," *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 201, pp. 36–45, 2016.
- Climax Conseil, Quebec, Canada. Personnel communications; 2014.
- Hasan, R., "Analisis laju ventilasi alami dirumah kaca berventilasi alami yang dilengkapi dengan fog cooling system," Skripsi, Universitas padjadjaran : Jawa barat, 2016.
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, *Indonesia Energy Out Look 2019*, vol. 5, no. 9. 2019.
- Temilsina GR, Kurdgelashvili L, Narbel PA. *Solar energy: markets, economics and policies. Renew Sustain Energy Rev* ;16:449–65, 2012.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



[13] Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Ima Rochimawati, "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Strateg. J. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 169–180, 2019.
- Emmott C.J.M., Röhr J.A., Campoy-Quiles M., Kirchartz T., Urbina A., Ekins-Daukesa N.I. and Nelson J. , "Organic photovoltaic greenhouses: a unique application for semi-transparent PV," *Energy Environment Science*, 8 1317-1328, 2015.
- R. H. E. Hassanien and M. Li, "Influences of greenhouse-integrated semi-transparent photovoltaics on microclimate and lettuce growth," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 10, no. 6, pp. 11–22, 2017.
- H. Fatnassi, C. Poncet, M. M. Bazzano, R. Brun, and N. Bertin, "A numerical simulation of the photovoltaic greenhouse microclimate," *Sol. Energy*, vol. 120, pp. 575–584, 2015.
- M. Cossu et al., "Advances on the semi-transparent modules based on micro solar cells: First integration in a greenhouse system," *Appl. Energy*, vol. 162, pp. 1042–1051, 2016.
- A. Yano, M. Onoe, and J. Nakata, "Prototype semi-transparent photovoltaic modules for greenhouse roof applications," *Biosyst. Eng.*, vol. 122, pp. 62–73, 2014.
- Z. Li, A. Yano, M. Cossu, H. Yoshioka, I. Kita, and Y. Ibaraki, "Electrical energy producing greenhouse shading system with a semi-transparent photovoltaic blind based on micro-spherical solar cells," *Energies*, vol. 11, no. 7, 2018.
- Maridjo, "petunjuk praktikum mesin konversi energi: untuk mahasiswa teknik energi," p. 5b, Bandung, 1995.
- Riduwan, A., "Perancangan Hydroponic Research Center Di Lumajang," Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim : Malang, 2016.
- K. Bayuaji et al., Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat. Jakarta Selatan: Ditjen EBTKE, 2018.
- [23] Department Of Primary Industries. nsw.gov. <https://www.dpi.nsw.gov.au/> [diakses 15 November 2019].
- [24] M. Zeman, "Photovoltaic systems," in *solar cells, delft university of technology*, 2012.
- [25] R. Hariyati, M. N. Qosim, and A. W. Hasanah, "Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah," vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.



[26] D. Hadiyanto and T. H. Tua, *Komponen PLTS Terpusat*. Jakarta Timur: Pusdiklat Ketenagalistrikan EBTKE, 2016.

[27] T. Ong dan CH. Thum, “*Net Present Value and Payback Period for Building Integrated Photovoltaic Projects in Malaysia*,” *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, Februari 2013.

[28] Global Sustainable Energy Solution (GSES). 2013. *Grid-Connected PV Systems Design and Instalations*. India

[29] Sri D.W,2010 “Metode Analitik Dan Nmetode Numerik,Jurusan Matematika”. Universitas Jakarta.27 oktober 2010.

[30] Bradley J, Fontenault Dan Ernesto Gutierrez-Miravete, 2012, “*Modeling A Combined Photovoltaic-Thermal Solar Panel* ”, *General Dynamics Electric Boat Corporation, Rensselaer Polytechnic Institsute*

[31] Bambara J., “*A Methodology for the Design of Greenhouses with Semi-Transparent Photovoltaic Cladding and Artificial Lighting*,”

[32] Giatman, *Ekonomi Teknik*, 1st ed. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada, 2006.

[33] M. Jelita. *Modul Perkenalan Comsol Multipysic*, Pekanbaru, 2019.

[34] *SketchUp*, “*Sketch Up Pro 2019*,” *Trimble* 2019. [Online]. Tersedia: <http://www.Sketcup.com> [Diakses: 15 November 2019].

[35] Peta Indonesia. [online]. Tersedia <https://www.googlemaps.com>. [Diakses 15 Novermber 2020].

[36] NASA POWER “*Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)*” [online]. Tersedia : <http://Power.larc.nasa.gov>. [Diakses: 15 November 2019].

[37] Amorphous Silicone. [Online]. Tersedia : <http://www.astronergy.com> [diakses 15 November 2019].

[38] (BPS) Badan Pusat Statistik Daerah, “*Analisis Makro Ekonomi DIY*,” Yogyakarta,2018.

[39] D.R. Kusuma,”*Sri mulyani Ramal Rupiah Tembus Rp15.200 per Dolar AS Di 2024*,” *Kumparan Bisnis*, 2019. [online]. Available: <https://kumparan.com/kumparanbisnis/sri-mulyani-ramal-rupiah-tembus-rp-15-200-per-dolar-as-di-2024-irqgUgDpbJX/full>. [Accessed: 15-November-2020].

[40] <https://www.rasuni.com/collections/sma-sunny-tripower>

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



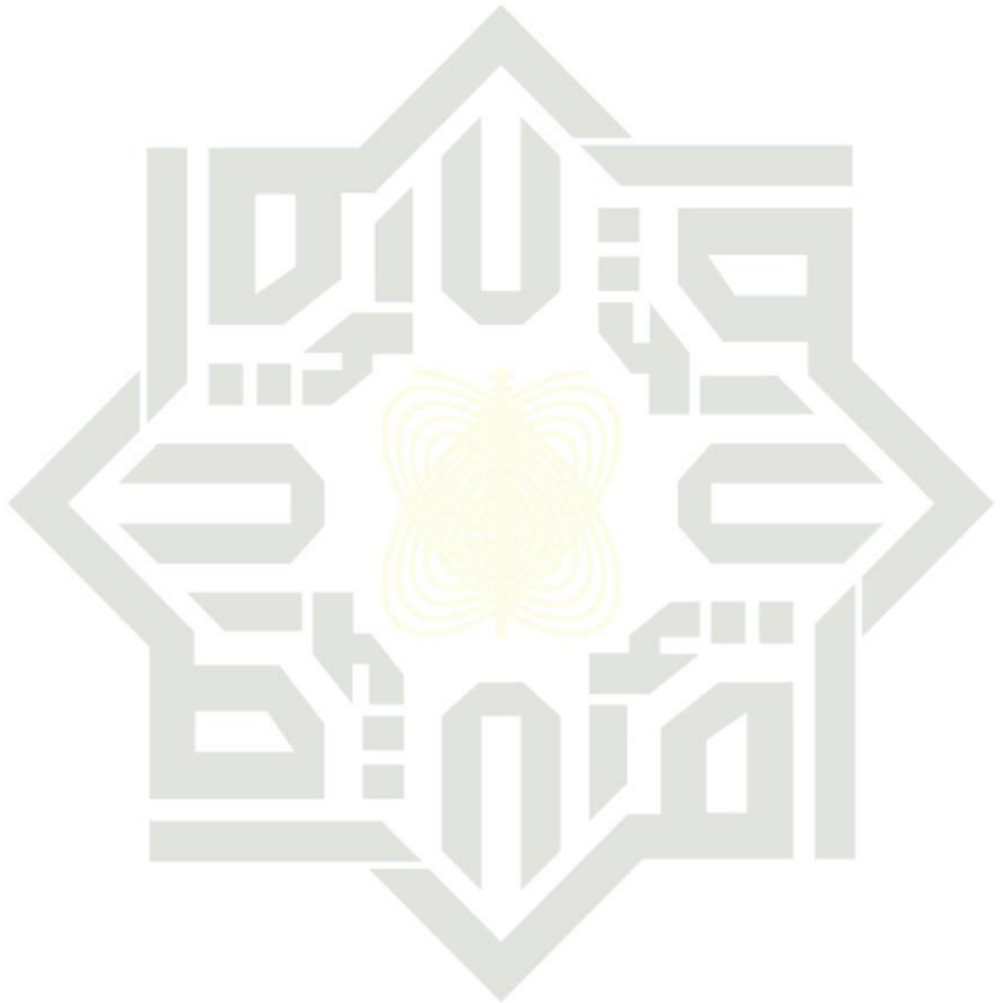
[41]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PT. Suryatek Mulya Abadi, "Biaya Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya" [online]. Tersedia: <http://pt-suryatek-mulia-abadi.indonetwoerk.co.id> (Diakses November 2021).

Global Sustainable Energy Solutions [GSES], Grid-Connected PV Systems Design and Installation, 8th ed. Alexandria NSW: GSES, 2016



LAMPIRAN A

Hasil Simulasi *Comsol Multiphysic*

Hasil simulasi comsol

Bulan	q_rad	T_am	Temperature (K)
Januari	203,33	301,28	302,25
februari	197,08	301,49	302,43
maret	174,17	301,54	302,35
april	184,17	301,8	302,66
mei	185	301,92	302,78
juni	212,5	301,36	302,39
juli	197,92	301,14	302,09
agustus	199,58	301,53	302,48
september	178,33	302,02	302,84
oktober	166,25	302,03	302,79
november	187,92	301,78	302,66
desember	186,25	301,77	302,64

1. Dilarang mengutip dan menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengutip dan menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN B

Hasil Perhitungan Analisis Teknis

Energi Thermal

Bulan	Qconv_so	Qconv_si	Qcond	Q
Januari	710,2214126	18592,8483	73,0685	19376,1382
Februari	712,5935606	19476,4714	74,6097	20263,6747
Maret	634,7751229	19348,1884	73,6578	20056,6213
April	692,6705591	20659,2337	76,2983	21428,2026
Mei	710,2065913	21324,8411	77,6814	22112,7291
Juni	776,3068279	19600,7104	76,2835	20453,3008
Juli	687,4730286	18055,1913	72,1893	18814,8536
Agustus	725,5087566	19689,6632	75,0689	20490,2408
September	703,1641658	21957,3668	79,0790	22739,6099
Oktober	656,5409796	21826,2048	78,5055	22561,2513
November	723,6456247	21101,7663	78,1163	21903,5283
Desember	723,4820472	21207,2606	78,5963	22009,3389
Rata-Rata	704,7157231	20236,6455	76,0962	21017,4575

Resistansi termal total dan konduktansi

Bulan	Resistansi <i>thermal</i> Total(R _t)	Konduktansi (U)
Januari	5.742756068	0.174132418
Februari	5.742485181	0.174140632
Maret	5.743873532	0.174098541
April	5.742505369	0.17414002
Mei	5.742158472	0.17415054
Juni	5.741996266	0.17415546
Juli	5.743402262	0.74112826
Agustus	5.742235307	0.17414821

1. Dilarang
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta dan Hak Moral © Hak Moral Energi Thermal

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Dr. H. Syarif Kasim



September	5.742382315	0.174143752
Oktober	5.743286282	0.174116342
November	5.742307998	0.174146005
Desember	5.742440653	0.174141983
Rata- Rata	5.743	0.174

Energi listrik

Hasil energi listrik per panel

Hasil energi listrik perpanel ini didapatkan menggunakan persamaan:

$$Yield\ energy = total\ losses \times daya\ panel \times radiasi\ matahari$$

total losses efisiensi	daya max panel(pmax)	Radiasi dalam PSH (kWh)	yield Energi (Wh)	yield energi (kWh)
0,8727	130	4,87992	553,634	0,554
0,8732	130	4,72992	536,922	0,537
0,8733	130	4,18008	474,570	0,475
0,8739	130	4,42008	502,171	0,502
0,8742	130	4,44	504,598	0,505
0,8729	130	5,1	578,728	0,579
0,8724	130	4,75008	538,699	0,539
0,8733	130	4,78992	543,792	0,544
0,8745	130	4,27992	486,537	0,487
0,8745	130	3,99	453,591	0,454
0,8739	130	4,51008	512,368	0,512
0,8739	130	4,47	507,801	0,508

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Undang-Undang

sebagian atau seluruh karya

UIN SUSKA R

University of Sultan Syarif Kasim



2.

Hasil energi listrik dalam setahun.

Energi yang dihasilkan dalam setahun didapatkan menggunakan persamaan:

$$Yield\ energy\ pertahun = \frac{(yield\ energy \times jumlah\ hari \times jumlah\ panel\ terpasang)}{1000}$$

Bulan	energi yang dihasilkan perbulan dalam setahun (MWh)
januari	0,617855659
februari	0,599204588
maret	0,529620417
april	0,560422857
mei	0,563131273
juni	0,645860341
juli	0,601188272
agustus	0,60687134
september	0,542974913
oktober	0,506207705
november	0,571803035
desember	0,566706226
total	6,911846626

Tahun	Produksi Listrik Selama 20 Tahun (MWh)
1	5,99
2	5,96
3	5,93
4	5,9
5	5,87
6	5,84
7	5,81
8	5,78

1. Hak Cipta Dilindungi
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah atau
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

9	5,75
10	5,72
11	5,7
12	5,67
13	5,64
14	5,61
15	5,58
16	5,56
17	5,53
18	5,5
19	5,47
20	5,44

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN C

Hasil perhitungan analisis ekonomi

Perhitungan Perhitungan *Present Worth Factor* (PWF)

Nilai diskonto untuk setiap tahun selama present worth factor (PWF) harus diketahui.

Perhitungan PWF menggunakan rumus 2.29 sebagai berikut:

$$PWF = \left(\frac{1 + a}{1 + i} \right)^n$$

$$PWF \text{ (tahun 0)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^0 = 1$$

$$PWF \text{ (tahun 1)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^1 = 0.97$$

$$PWF \text{ (tahun 2)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^2 = 0.94$$

$$PWF \text{ (tahun 3)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^3 = 0.91$$

$$PWF \text{ (tahun 4)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^4 = 0.89$$

$$PWF \text{ (tahun 5)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^5 = 0.86$$

$$PWF \text{ (tahun 6)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^6 = 0.83$$

$$PWF \text{ (tahun 7)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^7 = 0.81$$

$$PWF \text{ (tahun 8)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^8 = 0.78$$

$$PWF \text{ (tahun 9)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^9 = 0.76$$

$$PWF \text{ (tahun 10)} = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{10} = 0.74$$



$$PVF (\text{tahun } 11) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{11} = 0.72$$

$$PVF (\text{tahun } 12) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{12} = 0.69$$

$$PVF (\text{tahun } 13) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{13} = 0.67$$

$$PVF (\text{tahun } 14) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{14} = 0.65$$

$$PVF (\text{tahun } 15) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{15} = 0.63$$

$$PVF (\text{tahun } 16) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{16} = 0.61$$

$$PVF (\text{tahun } 17) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{17} = 0.60$$

$$PVF (\text{tahun } 18) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{18} = 0.58$$

$$PVF (\text{tahun } 19) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{19} = 0.56$$

$$PVF (\text{tahun } 20) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 6,42\%} \right)^{20} = 0.54$$

B. Suku Bunga (1+i) pada Cash Flow Benefit (CFB)

Nilai suku bunga untuk setiap tahun selama umur proyek pada CFB (*Cash Flow Benefit*) harus diketahui. Perhitungan suku bunga menggunakan rumus 2.30 sebagai berikut:

$$\text{Suku Bunga} = (1 + i)^n$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 1)} = (1 + 6.42\%)^1 = 1.064$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 2)} = (1 + 6.42\%)^2 = 1.13$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 3)} = (1 + 6.42\%)^3 = 1.20$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 4)} = (1 + 6.42\%)^4 = 1.28$$

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

c. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

d. Dilarang mengutip sebagai Undang atau Undang-Undang.

e. Dilarang mengutip sebagai Hak Cipta Milik UIN Suska Riau.



$$\text{Suku Bunga (tahun 5)} = (1 + 6.42\%)^5 = 1.36$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 6)} = (1 + 6.42\%)^6 = 1.45$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 7)} = (1 + 6.42\%)^7 = 1.54$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 8)} = (1 + 6.42\%)^8 = 1.64$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 9)} = (1 + 6.42\%)^9 = 1.75$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 10)} = (1 + 6.42\%)^{10} = 1.86$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 11)} = (1 + 6.42\%)^{11} = 1.98$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 12)} = (1 + 6.42\%)^{12} = 2.11$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 13)} = (1 + 6.42\%)^{13} = 2.24$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 14)} = (1 + 6.42\%)^{14} = 2.38$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 15)} = (1 + 6.42\%)^{15} = 2.54$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 16)} = (1 + 6.42\%)^{16} = 2.70$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 17)} = (1 + 6.42\%)^{17} = 2.87$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 18)} = (1 + 6.42\%)^{18} = 3.05$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 19)} = (1 + 6.42\%)^{19} = 3.25$$

$$\text{Suku Bunga (tahun 20)} = (1 + 6.42\%)^{20} = 3.46$$

© Hak Cipta Milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip, mengarang, atau seluruh karya tulis ini tanpa merantarkannya dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



C. Tingkat Bunga Kedua (Pada IRR)

Perhitungan tingkat bunga kedua (I_2) Pada IRR (Internal Rate Of Return) Menggunakan persamaan 2.33 Sebagai Berikut:

$$PWF = \left(\frac{1 + a}{1 + i} \right)^n$$

$$PWF (\text{tahun } 0) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^0 = 1$$

$$PWF (\text{tahun } 1) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^1 = 0.88$$

$$PWF (\text{tahun } 2) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^2 = 0.77$$

$$PWF (\text{tahun } 3) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^3 = 0.67$$

$$PWF (\text{tahun } 4) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^4 = 0.59$$

$$PWF (\text{tahun } 5) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^5 = 0.52$$

$$PWF (\text{tahun } 6) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^6 = 0.46$$

$$PWF (\text{tahun } 7) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^7 = 0.4$$

$$PWF (\text{tahun } 8) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^8 = 0.35$$

$$PWF (\text{tahun } 9) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^9 = 0.31$$

$$PWF (\text{tahun } 10) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{10} = 0.27$$

$$PWF (\text{tahun } 11) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{11} = 0.24$$

$$PWF (\text{tahun } 12) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{12} = 0.21$$

$$PWF (\text{tahun } 13) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{13} = 0.18$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



$$PVF (\text{tahun } 14) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{14} = 0.16$$

$$PVF (\text{tahun } 15) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{15} = 0.14$$

$$PVF (\text{tahun } 16) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{16} = 0.12$$

$$PVF (\text{tahun } 17) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{17} = 0.11$$

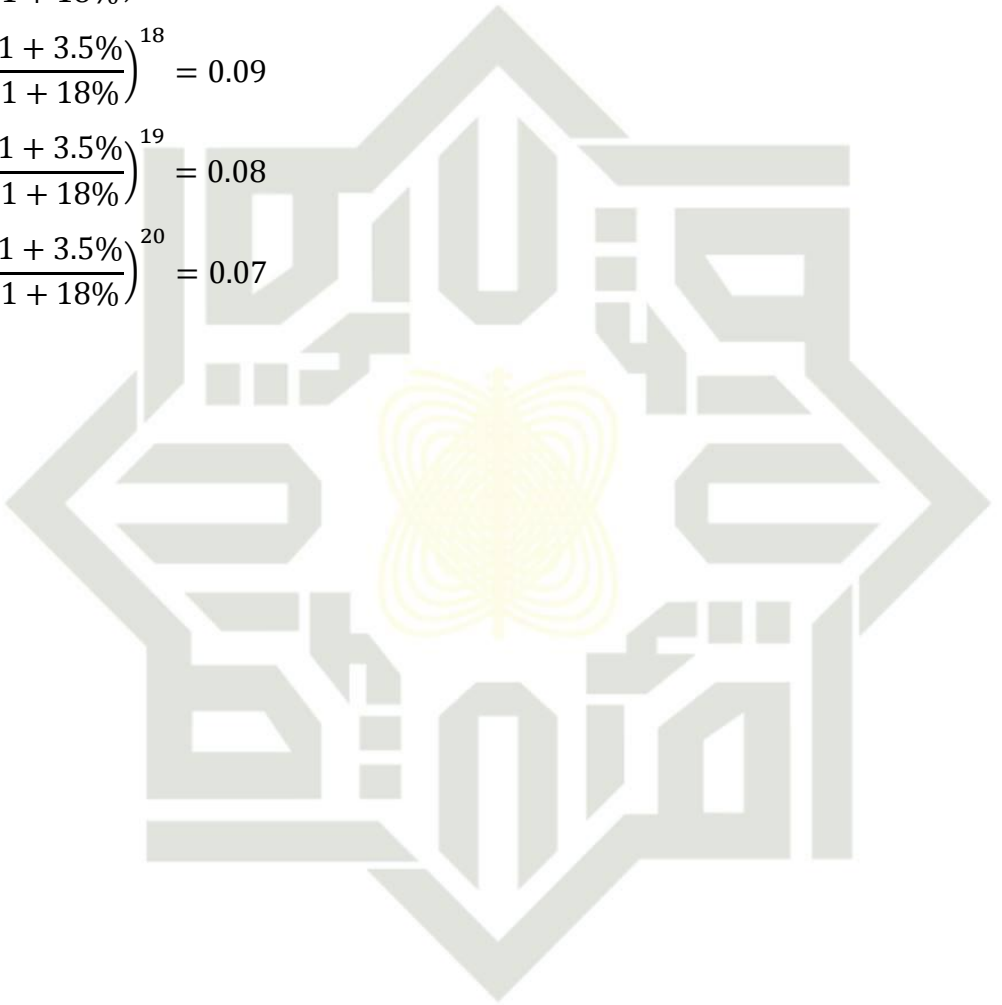
$$PVF (\text{tahun } 18) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{18} = 0.09$$

$$PVF (\text{tahun } 19) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{19} = 0.08$$

$$PVF (\text{tahun } 20) = \left(\frac{1 + 3.5\%}{1 + 18\%} \right)^{20} = 0.07$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Yogie Vernando kelahiran Duri, 04 Desember 1997 merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Nasrul dan Ibu Zainani. Penulis menempuh pendidikan SD Negeri 040 mandau dan lulus pada tahun 2010, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 15 Mandau dan lulus pada tahun 2013, kemudian melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 04 Mandau dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan ke Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dengan mengambil program Studi Teknik Elektro dan lulus pada tahun 2021.

Dengan Rahmat Allah SWT, ketekunan serta motivasi dan kemauan keras untuk belajar dan berusaha penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga dengan Penulisan tugas akhir mampu memberikan manfaat dan kontribusi untuk siapa saja yang membutuhkan.

Akhir kata penulis ucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul: “**Analisis Teknis dan Dan Ekonomi Teknologi Semi Transparent Photovoltaic (STPV) Terintegrasi Greenhouse di Indonesia**”

HP/WA : 082286830471

Email : Yogiv48@gmail.com