

**ANALISIS STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN *SELF CONSUMPTION*  
PLTS *ON-GRID* DAN *HYBRID* KAPASITAS 1.328 kWp**

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**NUGRAHA WIJAYAWARDHANA**

**1915031039**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2023**

## ABSTRAK

### ANALISIS STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN *SELF CONSUMPTION* PLTS *ON-GRID* DAN *HYBRID* KAPASITAS 1.328 kWp

Oleh

**NUGRAHA WIJAYAWARDHANA**

Energi terbarukan menjadi energi alternatif yang akan menggantikan peran bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat. Permen ESDM nomor 26 tahun 2021 energi listrik pelanggan PLTS atap di ekspor sebesar 100%, namun nantinya akan di revisi bahwasanya energi dari PLTS atap tidak akan di ekspor ke PLN, maka dilakukan upaya meningkatkan *self-consumption* pada sistem PLTS serta menganalisa penghematan dan keuntungannya. Dalam penelitian ini dilakukan Analisis Studi Kelayakan Ekonomi Dan *Self-Consumption* Plts *On-Grid* Dan *Hybrid* dengan kapasitas 1.339,2 kWp memiliki tujuan untuk mengetahui nilai *self-consumption* pada PLTS *On-Grid* dan *Hybrid*, menganalisis kelayakan ekonomi berdasarkan nilai *self-consumption* pada sistem PLTS *On-Grid* dan *Hybrid*. Dengan menggunakan bahasa pemrograman python dan perhitungan PBP, NPV, IRR, PI, menghasilkan kesimpulan berupa nilai *self-consumption* dipengaruhi oleh besarnya kebutuhan beban listrik semakin besar kebutuhan beban listrik maka nilai *self-consumption* akan semakin besar, nilai *self-consumption* mempengaruhi kelayakan ekonomi semakin besar nilai *self-consumption* maka kelayakan ekonominya semakin besar.

*Kata kunci* — PLTS *On-grid*, PLTS *Hybrid*, PBP, NPV, IRR, PI, Kelayakan ekonomi

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN *SELF CONSUMPTION* PLTS *ON-GRID* DAN *HYBRID* KAPASITAS 1.328 kWp**

**By**

**NUGRAHA WIJAYAWARDHANA**

Renewable energy has emerged as an alternative to replace the role of fossil fuels in meeting society's electricity needs. According to Regulation of the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM) No. 26 of 2021, electricity generated by rooftop solar power plants (PLTS) is initially mandated to be exported at 100%. However, there is a plan to revise this regulation, indicating that energy from rooftop solar power plants will no longer be exported to the national electricity company (PLN). Consequently, efforts are being made to enhance self-consumption in solar power systems, accompanied by an analysis of the associated savings and benefits. This study conducts an Economic Feasibility and Self-Consumption Analysis of On-Grid and Hybrid Solar Power Plants with a capacity of 1,339.2 kWp. The primary objectives are to determine the self-consumption values in On-Grid and Hybrid solar power systems and to analyze the economic feasibility based on the self-consumption values in both systems. Employing the Python programming language and calculations involving Payback Period (PBP), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Profitability Index (PI), the study concludes that self-consumption values are influenced by the magnitude of electricity demand. As the electricity demand increases, the self-consumption value also increases, subsequently affecting the economic feasibility. A higher self-consumption value correlates with greater economic feasibility.

Keywords: *On-grid* Photovoltaic System, *Hybrid* Photovoltaic System, Payback Period, Net Present Value, Internal Rate of Return, Profitability Index, Economic Feasibility.

**ANALISIS STUDI KELAYAKAN EKONOMI DAN *SELF CONSUMPTION*  
PLTS *ON-GRID* DAN *HYBRID* KAPASITAS 1.328 kWp**

Oleh

**Nugraha Wijayawardhana**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDARLAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : ANALISIS STUDI KELAYAKAN EKONOMI  
DAN *SELF-CONSUMPTION* PLTS *ON-GRID*  
DAN *HYBRID* KAPASITAS 1328 kWp

Nama Mahasiswa : Nugraha Wijayawardhana

Nomor Pokok Mahasiswa : 1915031039

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik



1. Komisi Pembimbing

Osea Zebua, S.T., M.T.  
NIP 197006091999031002

Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng.  
NIP 198806242019031015

\ 2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Herlinawati, S.T., M.T.  
NIP 197103141999032001

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr.Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.  
NIP 197404222000122001

MENGESAHKAN

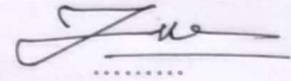
1. Tim Penguji

Ketua : Osea Zebua, S.T., M.T.



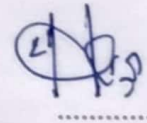
.....

Sekretaris : Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng



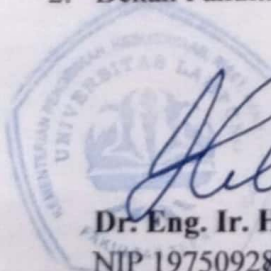
.....

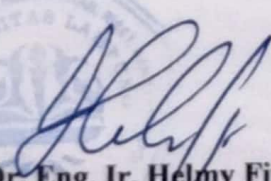
Penguji  
Bukan Pembimbing : Ir.Herri Gusmedi, S.T., M.T.



.....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



  
Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ♪  
NIP 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 08 November 2023

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 November 2023



Nugraha Wijayawardhana

NPM 1915031039

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Yogyakarta, pada tanggal 18 September 2000, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara, dari bapak Krisna Wardhana dan ibu Elia Lastinawati. Riwayat Pendidikan penulis dimulai dari TK Asih Sejati Kota Yogyakarta pada tahun 2006 hingga 2007, SD Wirosaban pada tahun 2007 hingga 2013, SMP Negeri 2 Yogyakarta pada tahun 2013.

Hingga 2016, dan SMA Negeri 1 Sewon Kab. Bantul pada tahun 2016 hingga 2019. Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2019 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis berkesempatan menjadi asisten Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dari tahun 2021. Selain itu, penulis juga bergabung dalam organisasi intra kampus Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) yang pada tahun 2020 diamanahkan sebagai anggota Divisi Humas Departemen Kominfo melakukan program kerja visitasi perusahaan dan pada tahun 2021 diamanahkan sebagai Wakil Ketua Himpunan melakukan tugas membantu ketua himpunan dalam mengatur himpunan. Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. Syntek Otomasi Indonesia, Jakarta dalam divisi Operational & Maintenance serta melakukan penggantian kabel DC bawah tanah di WTP dan WWTP KIIC Karawang.



## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT, atas limpahan nikmat dan karunia -Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, suri teladan yang mampu membuka sesuatu yang terkunci, penutup dari semua yang terdahulu, penolong kebenaran dengan jalan yang benar, dan petunjuk kepada jalan-Mu yang lurus. Tugas akhir dengan judul “Analisis Studi Kelayakan Ekonomi dan *Self-Consumption* PLTS *On-Grid* dan *Hybrid* Kapasitas 1328 kWp” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
4. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang selalu memberikan motivasi dan pandangan kehidupan, mengarahkan dan membimbing dengan tulus dan penuh kesabaran.
5. Bapak Zulmiftah Huda, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan saran, bimbingan dan arahan dengan baik dan ramah.
6. Bapak Ir. Herri Gusmedi, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, masukan, kritik dan arahan.

7. Sumadi, S.T., M.T., selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan nasihat, arahan, bimbingan dengan baik dan tulus bagi penulis selama perkuliahan
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran dan pandangan hidup selama perkuliahan.
9. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
10. Mas Renaldi, Mas Riza, Mas Sayyid, Mas Akhid, Mas Rafli mengucapkan terimakasih banyak atas ilmu dan pengalaman yang sudah diberikan.
11. Alif Ghia Khairan Selaku teman seperjuangan terimakasih telah memberikan ilmunya dan pandangannya yang sangat berarti.
12. Hardi Nuari Cesar mengajari penulis pemrograman dalam skripsi. Terimakasih banyak
13. Segenap Keluarga Besar Laboratorium Sistem Tenaga Listrik; Pak Rahman atas kerjasamanya selama menjadi asisten laboratorium; Al Hadi, Aqila, Muchlas, Adam, Fatur, Adhi, Natasya, dan Adrian sebagai asisten laboratorium semoga segera menyusul dan dipermudah segala urusan tugas akhir, dan tidak lupa adik-adik 2020, Rizki, Aymanul, Arnes, Ipna, dan Syawal.
14. Keluarga besar Angkatan ETERNITY 2019, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
15. Keluarga besar Himatro Unila, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
16. Semua pihak yang terlibat dalam proses perkuliahan dan penulisan skripsi ini penulis ucapkan terima kasih atas bantuan dan kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak ke kurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Bandar lampung, 28 November 2023

Nugraha Wijayawardhana  
1915031039

**“Nugraha Persembahkan dan  
dedikasikan Skripsi ini untuk Kedua  
Orangtua Nugraha, Bapak Krisna  
Wardhana dan Ibunda Elia  
Lastinawati yang memberikan semua  
yang terbaik untuk Nugraha agar  
mencapai keselamatan dunia dan  
akhirat”**

## **Motto**

**“Apapun yang dilakukan oleh seseorang itu, hendaknya dapat bermanfaat bagi dirinya sendiri, bermanfaat bagi bangsanya dan bermanfaat bagi manusia di dunia pada umumnya”. – Ki Hadjar Dewantara**

## DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Hipotesis .....	3
1.7. Sistematika Penulisan.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	1
2.1. Penelitian Terdahulu.....	1
2.2. Self-consumption.....	10
2.3. Aliran Kas Masuk (Net Cash Inflow).....	11
2.4. Aliran Kas Keluar (Net Cash Outflow).....	11
2.5. Levelized Cost of Energi (LCoE).....	11
2.6. Net Present Value .....	11
2.7. <i>Pay Back Period (PBP)</i> .....	12
2.8. <i>Internal Rate Return</i> .....	12
2.9. <i>Profitable Index</i> .....	12
III. METODE PENELITIAN.....	6
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	6
3.2. Alat dan Bahan .....	14
3.3. Tahapan Penelitian .....	14
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	16
3.5. Pemodelan Sistem PLTS .....	17
3.6. Diagram alir program .....	21
3.7. Diagram alir program dispatch.....	22
3.8. Diagram alir program dispatch PLTS <i>On-grid</i> .....	23
3.9. Diagram alir program <i>self-consumption</i> dan ekonomi .....	24
3.10. Perhitungan Analisis kelayakan Ekonomi .....	25
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14

4.1.	Profil beban dan suplai daya PV .....	14
4.2.	Perhitungan jumlah baterai Baterai Eve LiFePO4 3,2V 100 Ah.....	32
4.3.	Hasil simulasi program utama PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> beban 15%..	36
4.4.	Hasil simulasi program utama PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> beban aktual	38
4.5.	Analisis Self-consumption PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> .....	40
4.6.	Analisis SCR dan SSR PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> beban 15% dan aktual 54	
4.7.	Analisis Kelayakan Ekonomi PLTS .....	55
4.8.	Hubungan parameter kelayakan ekonomi PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> ...	67
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1.	Kesimpulan.....	74
5.2.	Saran .....	74
	DAFTAR PUSTAKA .....	75

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	7
Gambar 2 Sistem PLTS <i>On-grid</i> .....	7
Gambar 3 Sistem DC Coupling .....	8
Gambar 4 Sistem AC Coupling .....	8
Gambar 5 Sistem PLTS <i>Hybrid</i> .....	9
Gambar 6 PV-Module .....	9
Gambar 7 Inverter .....	10
Gambar 8 <i>Self-Consumption</i> .....	10
Gambar 9 Contoh arus kas masuk.....	11
Gambar 10 Contoh arus kas keluar.....	11
Gambar 11 Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 12 Pemodelan PLTS <i>On-grid</i> .....	17
Gambar 13 Pemodelan PLTS <i>Hybrid</i> .....	19
Gambar 14 Diagram Alir Program.....	21
Gambar 15 Diagram alir program dispatch.....	22
Gambar 16 Diagram alir program dispatch PLTS <i>On-grid</i> .....	23
Gambar 17 Diagram alir program <i>Self-consumption</i> dan ekonomi .....	24
Gambar 18 profil beban tanggal 4 januari dengan dan tanpa interpolasi.....	30
Gambar 19 Grafik energi dari <i>PV module</i> dan beban perminggu .....	31
Gambar 20 Jumlah energy PV dan Beban pada saat <i>weekday</i> dan <i>weekend</i> .....	32
Gambar 21 Grafik daya <i>pv-module</i> , kebutuhan beban, residu <i>PV</i> . .....	33
Gambar 22 1 pack baterai, 9 baterai seri, 432 V 100 Ah .....	35
Gambar 23 4 pack baterai paralel, 528 V 400 Ah.....	36
Gambar 24 2 pack baterai paralel, 528 V 200 Ah.....	36
Gambar 25 Grafik <i>Self-Consumption</i> PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> perhari pada beban 15%. .....	43
Gambar 26 Grafik hasil permintaan energi, <i>self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>On-grid</i> beban 15%.....	44
Gambar 27 Grafik hasil permintaan energi, <i>self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>Hybrid</i> beban 15% .....	45
Gambar 28 Grafik Konsumsi Energi <i>PV-module</i> pada beban 15% .....	45
Gambar 29 Grafik hasil penggunaan energi PLTS <i>Hybrid</i> perminggu beban 15% .....	46
Gambar 30 Grafik hasil permintaan energi, <i>Self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>On-grid</i> beban aktual. ....	51
Gambar 31 Grafik hasil permintaan energi, <i>Self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>Hybrid</i> beban aktual.....	52
Gambar 32 Grafik Konsumsi Energi <i>PV-module</i> pada beban aktual.....	52
Gambar 33 Grafik hasil penggunaan energi PLTS <i>Hybrid</i> perminggu beban aktual .....	53
Gambar 34 Grafik analisa SCR dan SSR beban aktual dan 15% .....	54



Gambar 35 Grafik PBP PLTS <i>On-Grid</i> .....	57
Gambar 36 Grafik PBP PLTS <i>On-grid</i> .....	58
Gambar 37 Grafik Payback Period PLTS <i>On-grid</i> tanpa penjualan ke grid.....	59
Gambar 38 Grafik PBP PLTS <i>On-grid</i> .....	60
Gambar 39 Grafik PBP PLTS <i>Hybrid</i> .....	63
Gambar 40 Grafik PBP PLTS <i>Hybrid</i> .....	65
Gambar 41 Grafik PBP PLTS <i>Hybrid</i> .....	66
Gambar 42 Grafik NPV PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual dengan penjualan ke grid .....	67
Gambar 43 Grafik NPV PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual tanpa penjualan ke grid .....	68
Gambar 44 Grafik IRR PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual dengan penjualan ke grid. ....	69
Gambar 45 Grafik IRR PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual tanpa penjualan ke grid. ....	69
Gambar 46 Grafik PBP PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual dengan penjualan ke grid .....	70
Gambar 47 Grafik PBP PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual tanpa penjualan ke grid.....	71
Gambar 48 Grafik PI PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual dengan penjualan ke grid.....	71
Gambar 49 Grafik PI PLTS <i>On-grid</i> dan <i>Hybrid</i> pada beban 15% dan aktual tanpa penjualan ke grid.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jadwal Penelitian.....	6
Tabel 2 Profil beban harian tanggal 4 Januari pukul 00.00-23.00 .....	14
Tabel 3 Profil beban harian tanggal 4 Januari pukul 00.00-23.00 setelah interpolasi .....	29
Tabel 4 total kebutuhan energi dan produksi <i>PV-module</i> .....	30
Tabel 5 data produksi <i>PV-module</i> perminggu.....	30
Tabel 6 data kebutuhan beban 15 % perminggu .....	31
Tabel 7 data kebutuhan beban aktual perminggu.....	31
Tabel 8 Rata-rata energy PV dan kebutuhan beban <i>weekday</i> dan <i>weekend</i> .....	32
Tabel 9 Data daya <i>PV module</i> , kebutuhan beban, residu PV tanggal 3 januari 2023 .....	32
Tabel 10 datasheet baterai LiFePO4 EVE LF 100 LA 3,2V 100 Ah.....	33
Tabel 11 Dataheet ATESS HPS 150.....	34
Tabel 12 Hasil simulasi PLTS <i>On-grid</i> beban 15% .....	36
Tabel 13 Hasil simulasi PLTS <i>Hybrid</i> beban 15% .....	37
Tabel 14 Hasil simulasi PLTS <i>On-grid</i> beban aktual .....	38
Tabel 15 Hasil simulasi PLTS <i>Hybrid</i> beban aktual.....	39
Tabel 16 Nilai parameter pemodelan <i>self-consumption</i> .....	40
Tabel 17 Data hasil <i>self-consumption</i> PLTS <i>On-grid</i> perhari pada beban 15% ...	40
Tabel 18 Data hasil <i>self-consumption</i> PLTS <i>Hybrid</i> perhari pada beban 15% .....	41
Tabel 19 Data hasil permintaan energi, <i>self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>On-grid</i> beban 15% .....	44
Tabel 20 Data hasil permintaan energi, <i>self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>Hybrid</i> beban 15%.....	44
Tabel 21 Data hasil penggunaan energi PLTS <i>Hybrid</i> perminggu beban 15% ....	46
Tabel 22 Data hasil <i>self-consumption</i> PLTS <i>On-grid</i> perhari pada beban aktual .	47
Tabel 23 Data hasil <i>self-consumption</i> PLTS <i>Hybrid</i> perhari pada beban aktual ..	48
Tabel 24 Data hasil permintaan energi, <i>self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>On-grid</i> beban aktual.....	51
Tabel 25 Data hasil permintaan energi, <i>self-consumption</i> , pembelian energi PLTS <i>Hybrid</i> beban aktual. ....	51
Tabel 26 Data hasil penggunaan energi PLTS <i>Hybrid</i> perminggu beban aktual..	53
Tabel 27 Data hasil SCR dan SSR pada beban aktual dan 15% .....	54
Tabel 28 Biaya investasi awal pemasangan PLTS <i>On-grid</i> .....	55
Tabel 29 Hasil Analisa kelayakan ekonomi PLTS <i>On-grid</i> dengan penjualan ke grid beban 15% .....	56
Tabel 30 Hasil analisa Ekonomi PLTS <i>On-Grid</i> bila energi tidak di ekspor ke grid .....	57
Tabel 31 Hasil Analisa kelayakan ekonomi PLTS <i>On-grid</i> dengan penjualan ke grid beban aktual .....	58
Tabel 32 Hasil analisa Ekonomi PLTS <i>On-Grid</i> bila energi tidak di ekspor ke grid beban aktual .....	60

Tabel 33 Biaya investasi awal pemasangan PLTS <i>Hybrid</i> .....	61
Tabel 34 Hasil Analisa Ekonomi PLTS <i>Hybrid</i> dengan penjualan ke grid .....	62
Tabel 35 Hasil Analisa Ekonomi PLTS <i>Hybrid</i> tanpa penjualan ke grid .....	63
Tabel 36 Grafik PBP PLTS <i>Hybrid</i> .....	64
Tabel 37 Hasil Analisa Ekonomi PLTS <i>Hybrid</i> dengan penjualan ke grid beban aktual.....	64
Tabel 38 Hasil Analisa Ekonomi PLTS <i>Hybrid</i> tanpa penjualan ke grid beban aktual .....	66
Tabel 39 Data hasil analisis kelayakan ekonomi. ....	67

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Beberapa tahun ini energi terbarukan memiliki peranan yang penting dalam perkembangan jaman. Energi terbarukan menjadi energi alternatif yang akan menggantikan peran bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat. Selain ramah lingkungan, energi terbarukan secara alami dapat diperbaharui dengan cepat dan ketersediaannya melimpah di alam. Di Indonesia sendiri PLTS telah dimanfaatkan sebagai energi baru terbarukan pada sektor rumah maupun perusahaan untuk mengurangi penggunaan listrik dari PLN.

Menurut PP No.79 tahun 2014 pemenuhan target bauran EBT minimal sebesar 23% mulai tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 [1]. Melalui kebijakan pemerintah Permen ESDM nomor 26 tahun 2021 energi listrik pelanggan PLTS atap di ekspor sebesar 100% [2], namun nantinya akan di revisi bahwasanya energi dari PLTS atap tidak akan di ekspor ke PLN, maka dari itu pada sistem PLTS yang harus menjadi perhatian [3].

Menurut jurnal penelitian yang berjudul *Collective Self-Consumption Of Solar Photovoltaic And Batteries For A Micro-Grid Energy System*, dengan melakukan percobaan penambahan kapasitas baterai hingga presentase kenaikan *self-consumption* yang rendah maka menunjukkan kapasitas maksimalnya, hasil dari penelitian ini adalah *self-consumption* sebesar 91,1% [4].

Berdasarkan data di atas maka peneliti memilih judul berupa Analisis Studi Kelayakan Ekonomi Dan *Self-Consumption* PLTS *On-Grid* Dan *Hybrid* dengan kapasitas 1.339,2 kWp, yang mana untuk mengantisipasi kebijakan tidak ada ekspor ke PLN maka dilakukan upaya meningkatkan *Self Consumption* pada sistem PLTS serta menganalisa penghematan dan keuntungannya.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai *self-consumption* pada PLTS *On-Grid* dan *Hybrid*
2. Menganalisis kelayakan ekonomi berdasarkan nilai *self-consumption* pada sistem PLTS *On-Grid* dan *Hybrid*.

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang di atas, maka peneliti merumuskan permasalahannya sebagai berikut:

1. Bagaimana proses untuk mendapatkan hasil *self-consumption* sistem PLTS *On-Grid* dan *Hybrid* serta membandingkannya?
2. Bagaimana cara mengetahui kelayakan ekonomi berdasarkan *self-consumption* yang telah dibandingkan sebagai rekomendasi sistem PLTS untuk mengantisipasi kebijakan pemerintah tidak ada ekspor listrik dari PLTS?

## 1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diterapkan oleh penulis dalam melaksanakan penelitian ini meliputi beberapa hal, yaitu sebagai berikut:

1. Data *real* produksi PV dan beban hanya dari bulan Januari hingga Februari 2023.
2. Fungsi ekonomi pada penelitian ini hanya sebatas Cash Flow, NPV, Payback Period, IRR, PI.
3. Batas maksimum kapasitas PLTS yang dibahas pada penelitian ini adalah 1.339 kWp yang disesuaikan dari 15% jumlah beban mempertimbangkan kebijakan dari PLN.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi dan gambaran bagi perusahaan-perusahaan yang ingin menerapkan PLTS *on-grid* dan *hybrid*.
2. Dengan menerapkan PLTS *on-grid* dan *hybrid*, perusahaan dapat mengurangi biaya listrik dalam jangka panjang.

### **1.6. Hipotesis**

Adapun Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Pada penelitian ini dapat menjawab tantangan kebijakan pemerintah yang akan menghapuskan tarif ekspor listrik PLTS dengan menggunakan simulasi sistem kelistrikan pada PLTS *On-grid* dan *hybrid* serta perhitungan kelayakan ekonomi yang meliputi *LCC*, arus kas masuk, *NPV*, *Payback Period* menunjukkan sistem PLTS tersebut tetap layak untuk dilaksanakan.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan akhir bertujuan guna memberikan suatu gambaran secara sederhana terkait pembahasan yang ada di dalam tugas akhir skripsi dan untuk memudahkan dalam memahami isi yang disajikan dalam skripsi ini. Adapun sistematika yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

## **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan latar belakang dan masalah, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penelitian

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan teori pendukung materi tugas akhir yang merupakan pengantar dalam pemahaman terkait materi tugas akhir yang dikutip dari berbagai sumber ilmiah, seperti jurnal, proseding, dan buku yang digunakan sebagai panduan dalam penulisan laporan tugas akhir ini

## **BAB III. METODE PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang waktu dan tempat penelitian tugas akhir, alat dan bahan yang digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, metode yang digunakan, dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

## **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan tentang hasil dan pembahasan data simulasi dan memaparkan data yang didapat dari tugas akhir ini.

## **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan pada laporan tugas akhir dan saran yang berhubungan dengan pokok-pokok pembahasan tugas akhir ini.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Hassan Qusay et al makalah ini melakukan analisis tekno-ekonomi untuk mendapatkan kapasitas penyimpanan baterai yang optimal hubungannya dengan array fotovoltaik yang dapat mencocokkan beban rumah tangga yang diinginkan pada *Self Consumption* setinggi mungkin. Selain itu, menentukan kelayakan ekonomi dari mikro-sistem yang diusulkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa susunan fotovoltaik pada kapasitas 2,7kWp dapat menghasilkan energi tahunan sekitar 4295,4 kWh dan kapasitas baterai optimal yang dapat memenuhi 91,1% konsumsi sendiri dan biaya energi sebesar \$0,256/kWh adalah 14,4 kWh. Selanjutnya, dua hubungan polinomial orde ketiga antara konsumsi sendiri dan biaya sekarang bersih dengan biaya energi dipecahkan [4].

Quoilin et al. Jurnal ini membahas tentang penggunaan sistem baterai rumah dengan panel surya untuk meningkatkan penggunaan energi mandiri dan mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik konvensional. Penulis melakukan analisis statistik dan ekonomi untuk menentukan berapa banyak energi yang dihasilkan dan dikonsumsi oleh sistem baterai rumah. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan sistem baterai rumah dapat meningkatkan penggunaan energi mandiri hingga 70%, tergantung pada ukuran sistem dan kebiasaan pengguna. Penulis juga melakukan analisis ekonomi untuk mengevaluasi biaya dan manfaat penggunaan sistem baterai rumah. Hasilnya menunjukkan bahwa, meskipun biaya instalasi sistem baterai rumah relatif mahal, penggunaan sistem ini dapat menghemat biaya energi listrik selama jangka waktu yang cukup lama. Dalam banyak kasus, penghematan biaya ini dapat mencapai 30% dari biaya listrik konvensional [5].



Syamsudin Zalmandi et al tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan penggunaan PLTS di stasiun kereta api Cirebon, Jawa Barat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dan analisis data. Hasil dari penelitian ini adalah perencanaan instalasi PLTS di stasiun kereta api Cirebon yang dapat menghasilkan listrik sebesar 100 kWp dengan memasang 330 panel surya. Instalasi PLTS ini diharapkan dapat menghasilkan energi bersih dan ramah lingkungan serta dapat mengurangi biaya operasional stasiun kereta api. Berdasarkan aspek ekonomis, perencanaan ini membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 1.278.710.000 untuk sistem PLTS kebutuhan daya listrik kegiatan utama berupa alat-alat yang penting. Perencanaan ini bersifat menguntungkan jika dikembangkan dan pengembalian modal terjadi pada tahun ke-22 dari umur proyek 25 tahun. Keuntungan pertahun diperoleh dari bunga sebesar 11% [6].

Sugiarta I.B.K. et al Dalam penelitian ini, dilakukan analisis keekonomian tarif listrik dari pembangkit listrik tenaga surya 1 MWP di Bangli menggunakan metode *Life Cycle Cost*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga surya 1 MWP di Bangli dapat memberikan keuntungan keekonomian yang lebih baik daripada pembangkit listrik tenaga surya dengan kapasitas yang lebih kecil. Selain itu, hasil analisis juga menunjukkan bahwa biaya investasi awal dalam pembangkit listrik tenaga surya 1 MWP di Bangli cukup tinggi, namun dapat diimbangi oleh biaya operasional yang lebih rendah dalam jangka panjang. Oleh karena itu, investasi dalam pembangkit listrik tenaga surya 1 MWP di Bangli dapat dianggap sebagai investasi yang menguntungkan dalam jangka panjang [7].

### 2.1.1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sistem fotovoltaik atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik berbasis energi terbarukan ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk listrik di daerah pedesaan terpencil di mana sinar mataharnya melimpah dan bahan bakar sulit didapat dan relatif mahal. Alasan utama menggunakan teknologi fotovoltaik ini adalah sebagai berikut: sumber energi yang melimpah dan tanpa

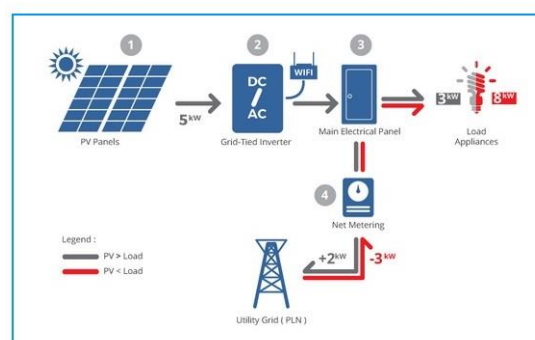
biaya, sumber energi tersedia di tempat dan tidak perlu diangkut, biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem PLTS yang relatif kecil, tidak perlu pemeliharaan yang sering dan dapat dilakukan oleh operator setempat yang terlatih, ramah lingkungan, tidak ada emisi gas dan limbah cair atau padat yang berbahaya [8].



Gambar 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

### 2.1.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya *On-Grid*

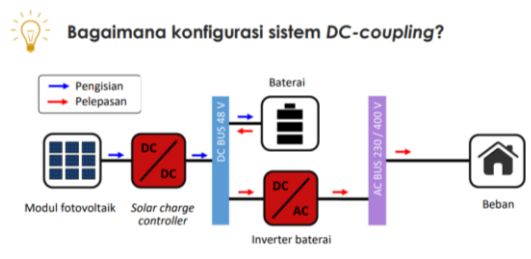
Sebuah sistem yang bekerja secara langsung di panel surya. Teknologi sistem ini tidak memakai baterai, dan listrik yang dihasilkan langsung digunakan untuk berbagai keperluan. Listrik yang dihasilkan adalah AC sehingga sistem panel surya *on-grid* ini dapat diterapkan bersama-sama dengan jaringan PLN [9].



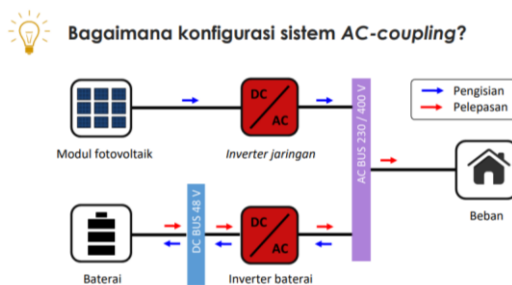
Gambar 2 Sistem PLTS *On-Grid*

### 2.1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Off-Grid*

Suatu PLTS *off-grid* adalah yang dikelola secara komunal atau yang sering disebut sistem PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*), beroperasi secara independen tanpa terhubung dengan Jaringan PLN. Sistem ini membutuhkan baterai untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan di siang hari untuk memenuhi kebutuhan listrik di malam hari. Ada dua konfigurasi sistem PLTS *off-grid* yang umum digunakan, yaitu sistem penyambungan AC atau *AC-coupling* dan penyambungan DC atau *DC-coupling* [10].



Gambar 3 Sistem *DC Coupling*



Gambar 4 Sistem *AC Coupling*

### 2.1.4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*Hybrid*)

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Hybrid* merupakan sistem yang terinterkoneksi dengan jaringan PLN (*On-Grid*), serta menggunakan baterai (*Off-Grid*) sebagai penyimpan daya (*Critical Load*) ketika PLN padam atau malam hari. Fungsi utama dari PLTS *hybrid* ini adalah ketahanan sistem, karena selain dapat

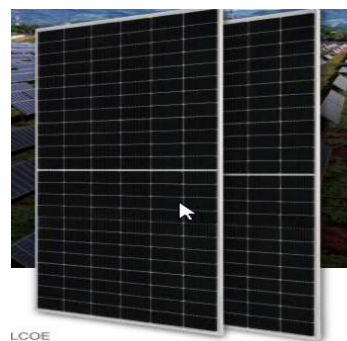
mengurangi penggunaan listrik dari PLN, sistem ini juga dapat menyimpan daya pada baterai [10].



Gambar 5 Sistem PLTS *Hybrid*

#### 2.1.5. Modul PV

Karakteristik modul PV Sel surya menerima penyinaran matahari dalam satu hari sangat bervariasi. Hal ini dikarenakan sinar matahari memiliki intensitas yang besar ketika siang hari dibandingkan pagi hari. Besarnya kapasitas daya yang dihasilkan, dapat diketahui melalui pengukuran terhadap arus ( $I$ ) dan tegangan ( $V$ ) pada gugusan sel surya yang disebut panel atau modul. Pengukuran arus maksimum dilakukan dengan cara kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum yang dinamakan *short circuit current* atau  $I_{sc}$  [10].



Gambar 6 *PV-Module*

### 2.1.6. Inverter

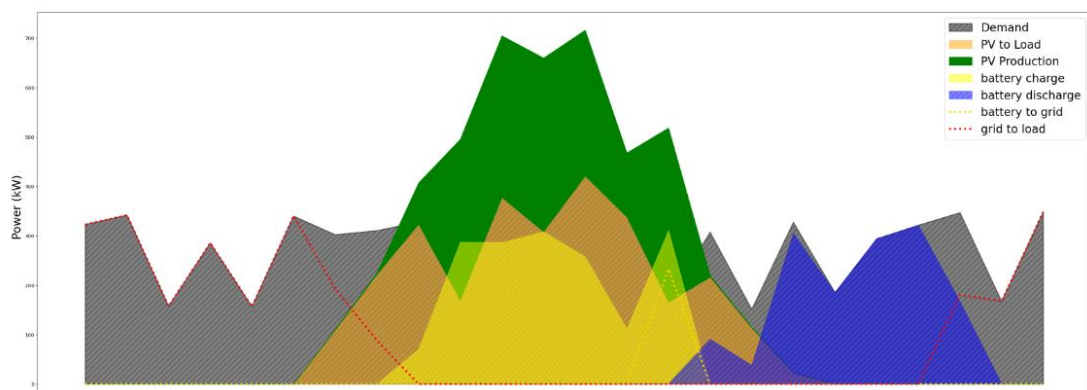
Inverter adalah merubah tegangan DC dari akumulator menjadi tegangan AC yang berupa sinyal sinus setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter. Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu [10].



Gambar 7 Inverter

## 2.2. Self-consumption

*Self-consumption* adalah praktik menggunakan energi listrik yang dihasilkan dari sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) untuk kebutuhan konsumsi sendiri, seperti untuk gedung, rumah tangga, atau industri, dan tidak menjual ke jaringan listrik umum. Dalam konteks energi terbarukan, *Self-consumption* merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan memaksimalkan manfaat dari energi terbarukan [7].



Gambar 8 *Self-Consumption*

### 2.3. Aliran Kas Masuk (Net Cash Inflow)

Adalah sumber pemasukan yang mana diperoleh dari penghematan dan penjualan listrik dari PLTS selama masa umur teknis PLTS.

Arus Kas Masuk (Rp)	
	1,423,326,776
	1,415,663,256
	1,408,584,340
	1,401,542,015
	1,394,534,305
	1,387,561,634
	1,380,623,826
	1,373,720,707
	1,366,852,103
	1,360,017,842
	1,353,217,753

Gambar 9 Contoh arus kas masuk.

### 2.4. Aliran Kas Keluar (Net Cash Outflow)

Adalah pengeluaran selama masa umur dari PLTS yang mana dihitung dari biaya investasi, biaya *operation and maintenance*, biaya penggantian alat.

Arus Kas Keluar (Rp)	
	3,831,433,200
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	38,314,332
	687,585,068
	38,314,332

Gambar 10 Contoh arus kas keluar.

### 2.5. Levelized Cost of Energi (LCoE)

*LCoE* adalah ukuran rata-rata biaya bersih saat ini dari pembangkitan listrik untuk generator atau beban selama masa pakainya. Harga dimana energi listrik yang dibangkitkan dari sumber energi tertentu dapat mencapai break even selama jangka waktu tertentu. Biasanya jangka waktunya ditentukan berdasarkan waktu pakai (life time) dari sistim pembangkit tersebut [7].

### 2.6. Net Present Value

Parameter *NPV* adalah sebuah parameter dengan mempergunakan suatu tingkat bunga yang relevan untuk menghitung selisih antara nilai sekarang investasi dengan nilai sekarang penerimaan kas bersih dengan memperhitungkan operasional cash

flow jika nilai *NPV* positif atau lebih dari 0 maka suatu proyek dinyatakan layak [7].

### **2.7. Pay Back Period (PBP)**

PBP adalah sebuah parameter yang menghitung seberapa cepat waktu yang diperlukan untuk mengembalikan suatu investasi, sehingga satuan yang dipergunakan adalah tahun, bulan dan hari, jika suatu proyek PBP nya lebih cepat dari masa periode suatu proyek maka dinyatakan layak [7].

### **2.8. Internal Rate Return**

Internal Rate of Return adalah tingkat suku bunga yang membuat besarnya *NPV* proyek sama dengan nol. *IRR* digunakan untuk mencari tingkat bunga yang menyamakan nilai sekarang dari arus kas yang diharapkan dimasa datang dengan mengeluarkan investasi awal.

Kriteria penilaian untuk *IRR* yakni jika nilai  $IRR \geq$  Weight Average Cost of Capital (*WACC*) maka usaha yang dijalankan dapat dikatakan layak untuk dilaksanakan sebaliknya jika nilai  $IRR < WACC$  maka usaha tersebut dapat dikatakan tidak layak untuk dilaksanakan.

### **2.9. Profitable Index**

Indeks Profitabilitas (*PI*), juga dikenal sebagai Rasio Investasi Laba (*PIR*) atau Rasio Investasi Nilai (*VIR*), adalah alat analisis yang memvisualisasikan hubungan antara biaya dan manfaat dari suatu proyek yang diusulkan. Cara menghitung *PI* adalah dengan membandingkan nilai sekarang dari arus kas masa depan yang diharapkan dengan jumlah investasi awal pada proyek. Jika nilai *PI* lebih besar dari 1, proyek investasi diterima. Namun, jika nilai *PI* lebih kecil dari 1, maka proyek tersebut ditolak.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu 11 bulan, yaitu pada bulan Januari – November 2023 di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

Tabel 1 Jadwal Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan					
		Januari	Maret	Mei	Juli	September	November
1	Studi literatur dan terbimbing						
2	Pembuatan proposal						
3	Seminar proposal						
4	Pengumpulan data						
5	Pengolahan data dan pembuatan program						
6	Evaluasi hasil simulasi						
7	Penyusunan laporan						
8	Seminar hasil						
9	Ujian Komprehensif						



### 3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu unit laptop dengan spesifikasi Intel Core i7-8550U, 1.80GHz, ~2.0GHz RAM 8 GB, ROM 1TB, SSD 512 GB, serta OS Windows 11 Pro 64-bit sebagai media pemodelan dan simulasi.
2. Perangkat Lunak ANACONDA.NAVIGATOR sebagai platform bahasa pemrograman Python yang bersifat open source.
3. Jupyter notebook digunakan untuk mengeksekusi kode dalam bahasa pemrograman Python.
4. Bahasa Pemrograman Python untuk mensimulasikan analisa sistem dan ekonomi pada PLTS.
5. Perangkat Lunak Microsoft Excel untuk validasi perhitungan analisa ekonomi.
6. Data-data beban, produksi PV, harga beli listrik PLN.

### 3.3. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini penulis melakukan observasi mengenai permasalahan yang terdapat pada PLTS terkait dengan perbandingan sistem PLTS *On-Grid* dengan *Hybrid* diantaranya manakah yang lebih baik untuk skala industrial.

#### 2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian referensi, untuk mendukung keberhasilan penelitian ini yaitu sebagai contoh berbagai sumber seperti buku, skripsi, laporan terdahulu, artikel, jurnal nasional maupun internasional.

#### 3. Studi Terbimbing

Pada tahap ini peneliti melakukan diskusi bersama dosen pembimbing mengenai proses pembuatan, permasalahan, pemecahan masalah dengan cara yang lebih baik. Bagaimana cara menyelesaikan penelitian dengan baik.

#### 4. Pengumpulan Data dan Pengolahan Data

Peneliti melakukan pencarian data yang akan di simulasikan dalam *software*, adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Besar energi beban selama PLTS beroperasi (kWh).
- b. Besar energi dari *PV-Module* selama PLTS beroperasi (kWh).
- c. Kapasitas Baterai
- d. Efisiensi Baterai
- e. Spesifikasi Inverter

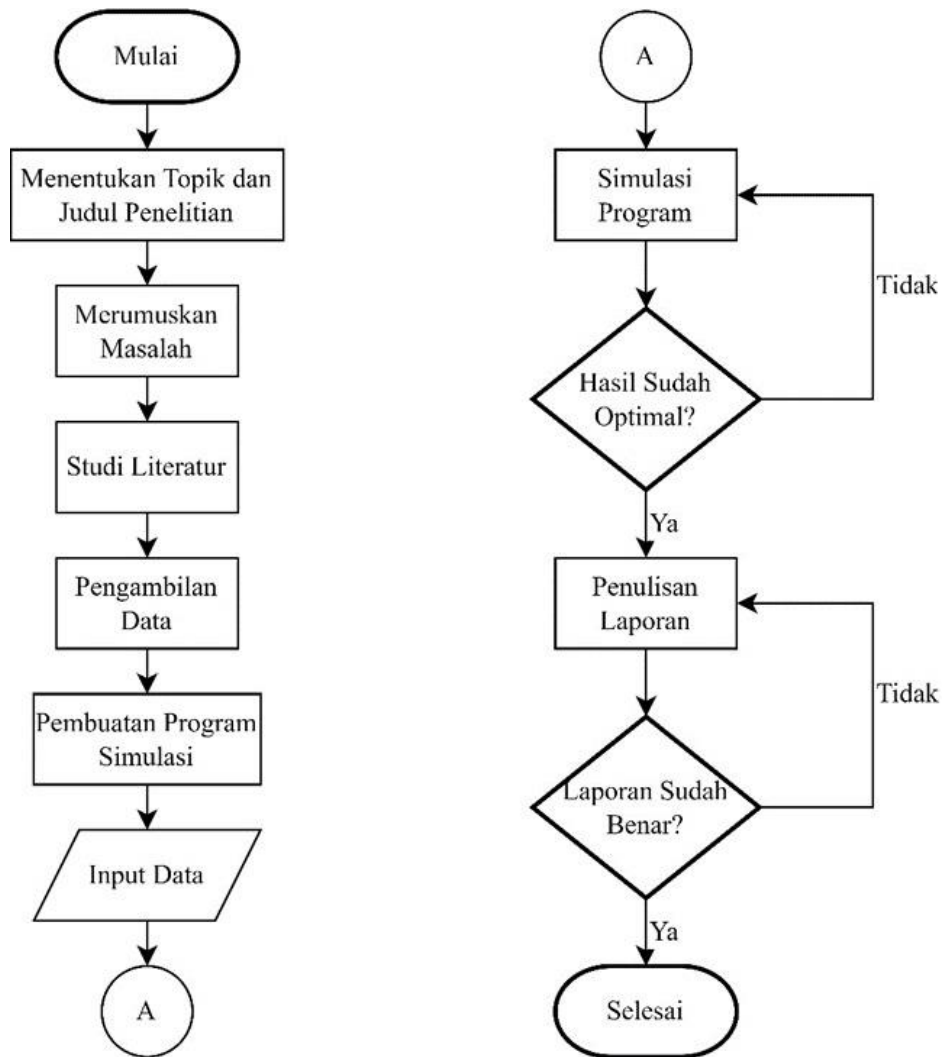
#### 5. Simulasi dan Analisis

Setelah data berhasil di kumpulkan maka data tersebut diolah sehingga dapat di input ke dalam perangkat lunak untuk di simulasikan sebagai sistem PLTS yang sedang beroperasi sehingga nantinya akan di dapat data berupa *self-consumption*, serta dapat dilakukan analisa perhitungan dirumuskan dengan perhitungan *LCC*, arus kas masuk, *Payback Period*.

#### 6. Pembuatan Laporan

Pada tahap ini, penulis membuat laporan terkait hasil yang telah didapatkan dan sebagai sarana pertanggungjawaban terhadap penelitian yang telah dikerjakan. Laporan penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu laporan awal yang digunakan untuk seminar proposal dan laporan akhir yang digunakan untuk seminar hasil.

### 3.4. Diagram Alir Penelitian

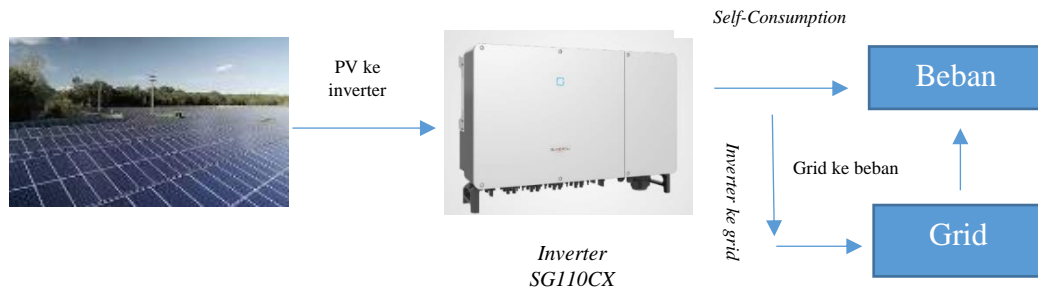


Gambar 11 Diagram Alir Penelitian

### 3.5. Pemodelan Sistem PLTS

#### 1. PLTS *On-Grid*

Pada pemodelan yang akan di analisis pada penelitian ini, yaitu simulasi dan evaluasi ekonomi konsumsi sendiri dari prosumer beskala industrial, dengan menggunakan bahasa pemrograman Python. *Self-Consumption* atau konsumsi sendiri yang akan dibahas adalah sebagai berikut:



Gambar 12 Pemodelan PLTS *On-Grid*

- a. Untuk mengetahui jumlah daya dari *PV-module* ke inverter adalah dengan mengolah data produksi *PV-module* dan beban menggunakan bahasa pemrograman python, data yang digunakan berbentuk CSV yang di interpolasi.

$$f(x) = f(X_0) + \frac{f(X_1) - f(X_0)}{X_1 - X_0} \times (X - X_0) \quad (1)$$

- b. Untuk menghitung *Self-consumption* pada sistem PLTS *On-Grid* menggunakan persamaan 2 dan 3

Jika produksi PV > kebutuhan beban maka:

$$E_{SC} = P_{load} \quad (2)$$

Jika produksi PV < kebutuhan beban maka:

$$E_{SC} = \sum_{i=1}^N (E_{PV} \times \eta_{inv}) \times \Delta t \times 6 \quad (3)$$

- c. Untuk menghitung SCR dan SSR menggunakan persamaan 4 dan 5

$$\text{Self Consumption Rate (SCR)} = \frac{E_{SC}}{E_{PV}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{Self Sufficiency Rate (SSR)} = \frac{E_{SC}}{E_{load}} \times 100\% \quad (5)$$

- d. Untuk mengetahui jumlah energi dari inverter ke grid atau daya yang di jual ke PLN dihitung menggunakan persamaan 6 dan 7.

Jika produksi PV > kebutuhan beban maka:

$$E_{tograd} = R_{PV} = [E_{PV} - \left(\frac{P_{load}}{\eta_{inverter}}\right)] \times \Delta t \times 6 \quad (6)$$

Jika produksi PV < kebutuhan beban maka:

$$E_{tograd} = R_{PV} = 0 \quad (7)$$

- e. Untuk mengetahui energi dari PLN ke beban menggunakan persamaan 8

$$E_{grid} = (P_{load} - E_{SC}) \times \Delta t \times 6 \quad (8)$$

Dimana:

$E_{SC}$ : *Self Consumption* pertahun (kWh)

$E_{PV}$ : Data produksi *PV-module* (kW)

$\eta_{inv}$ : Efisiensi inverter

$P_{load}$ : Data beban konsumsi (kW)

$R_{PV}$ : Residu *PV-module* pertahun (kWh)

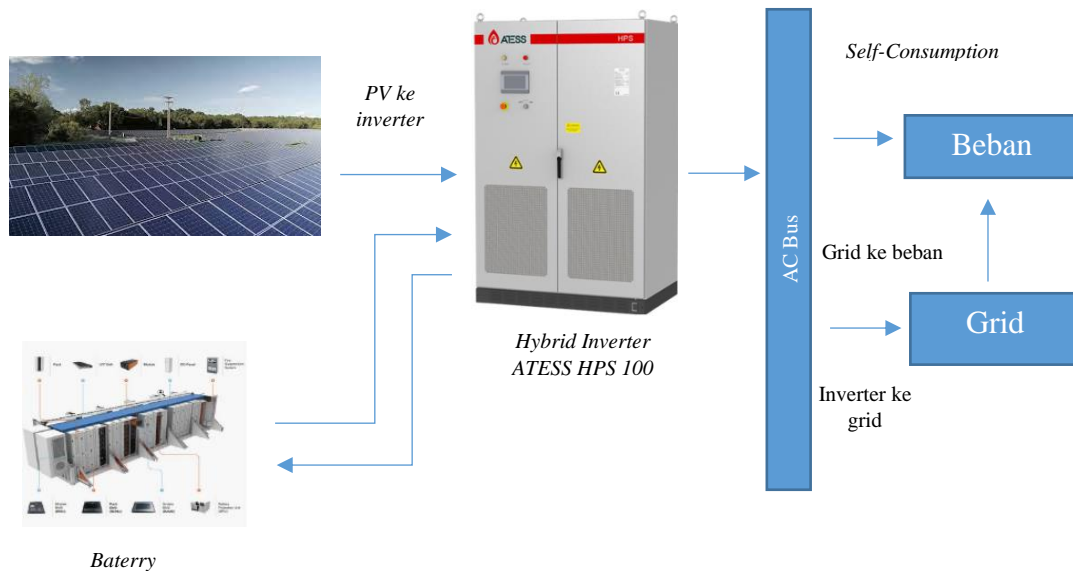
$E_{grid}$ : Energi listrik dari PLN pertahun (kWh)

$E_{tograd}$ : Energi listrik yang di jual ke PLN

$\Delta t$ : Timestep

## 2. PLTS Hybrid

PLTS Prosumer yang akan dibahas dalam penelitian ini berkapasitas 1,3 MWp dengan menggunakan baterai 2MW. *Self-Consumption* atau konsumsi sendiri yang akan dibahas adalah sebagai berikut:



Gambar 13 Pemodelan PLTS Hybrid

- Untuk mengetahui jumlah daya dari *PV-module* adalah dengan mengolah data produksi *PV-module* dan beban menggunakan bahasa pemrograman python yaitu mencari nilai minimum dari data *PV-module* dengan beban serta menginterpolasi dengan menggunakan persamaan 1.
- Untuk menentukan kapasitas baterai dihitung menggunakan persamaan 9

$$\text{Kapasitas baterai} = \frac{E_{\text{residue}}}{\text{DoD} \times \eta_{\text{battery}} \times V} \quad (9)$$

Dimana:

$E_{pv}$  = residue PV (hari)

DoD = konsumsi baterai (%)

$\eta_{\text{inverter}}$  = efisiensi baterai (%)

V = tegangan baterai (volt)

- Untuk menghitung *Self-consumption* pada sistem PLTS Hybrid, menggunakan persamaan 2 dan 3.

- d. Untuk mengetahui jumlah daya dari inverter ke grid atau daya yang di jual ke PLN menggunakan bahasa pemrograman python yaitu mencari sisa produksi *PV-module* yang terpakai ke beban dikurangi dengan sisa *PV-module* ke baterai.

Jika  $SOC >$  kapasitas baterai maka:

$$E_{tograd} = (SOC - CAP_{bat}) \times \Delta t \times 6 \quad (10)$$

Jika  $SOC <$  kapasitas baterai maka:

$$E_{tograd} = 0 \quad (11)$$

- e. Untuk mengetahui daya dari PLN ke beban menggunakan bahasa pemrograman python yaitu data beban di kurangi dengan daya dari inverter ke beban atau *self-consumption*.

$$E_{grid} : (R_{loadpv} - Batt_{load}) \times \Delta t \times 6 \quad (12)$$

Dimana:

$E_{SC}$ : *Self Consumption* (kWh)

$E_{PV}$ : Data produksi *PV-module* (kW)

$P_{load}$ : Data beban konsumsi (kW)

$\eta_{inv}$ : Efisiensi inverter

$R_{loadpv}$ : Residu beban setelah disuplai oleh PV (kW)

$Batt_{load}$ : Pengeluaran baterai

$P_{dis,i}$ : DOD baterai (Ah)

$CAP_{bat}$  : Kapasitas Baterai (Ah)

$P_{max,charge}$ : Kapasitas maksimum pengecasan baterai (kWh)

$R_{PV}$ : Sisa daya *PV module* setelah konsumsi beban (kWh)

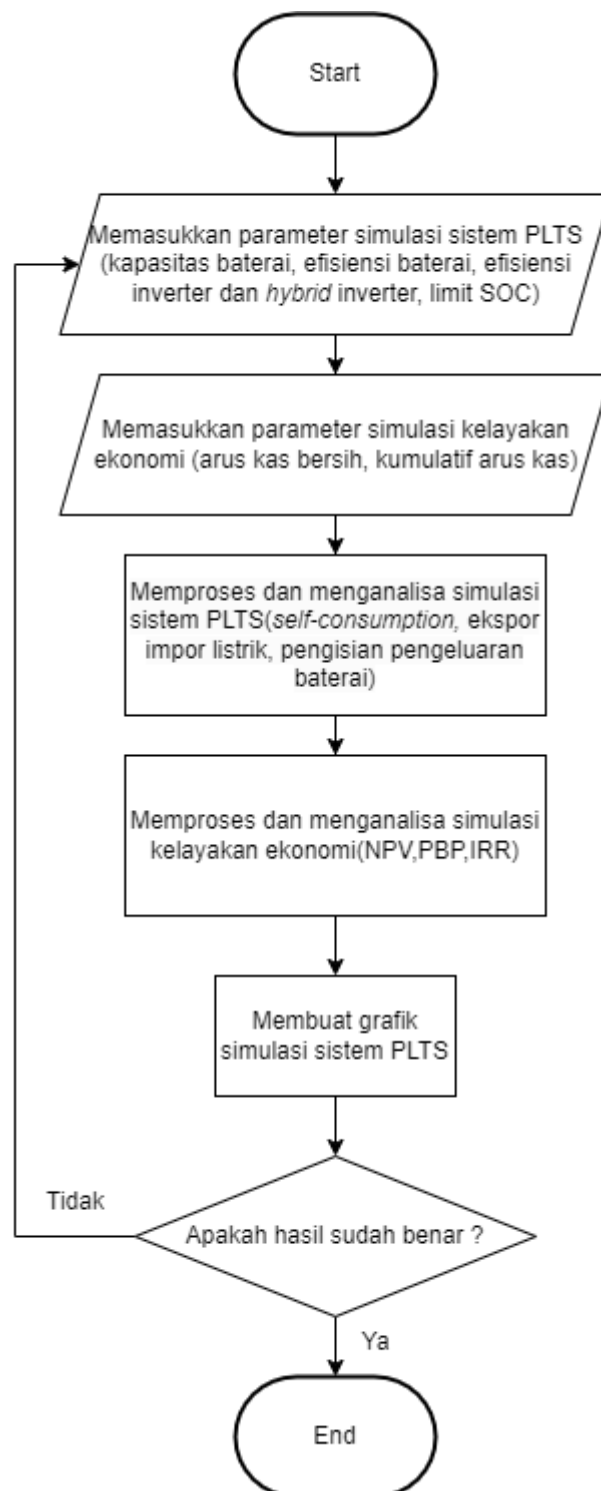
$\Delta t$  : Timestep

$P_{max,bat}$  : Daya maksimal baterai (kW)

$E_{tograd}$ : Energi listrik yang disalurkan ke grid (kWh)

$E_{grid}$  : Energi listrik dari PLN pertahun (kWh)

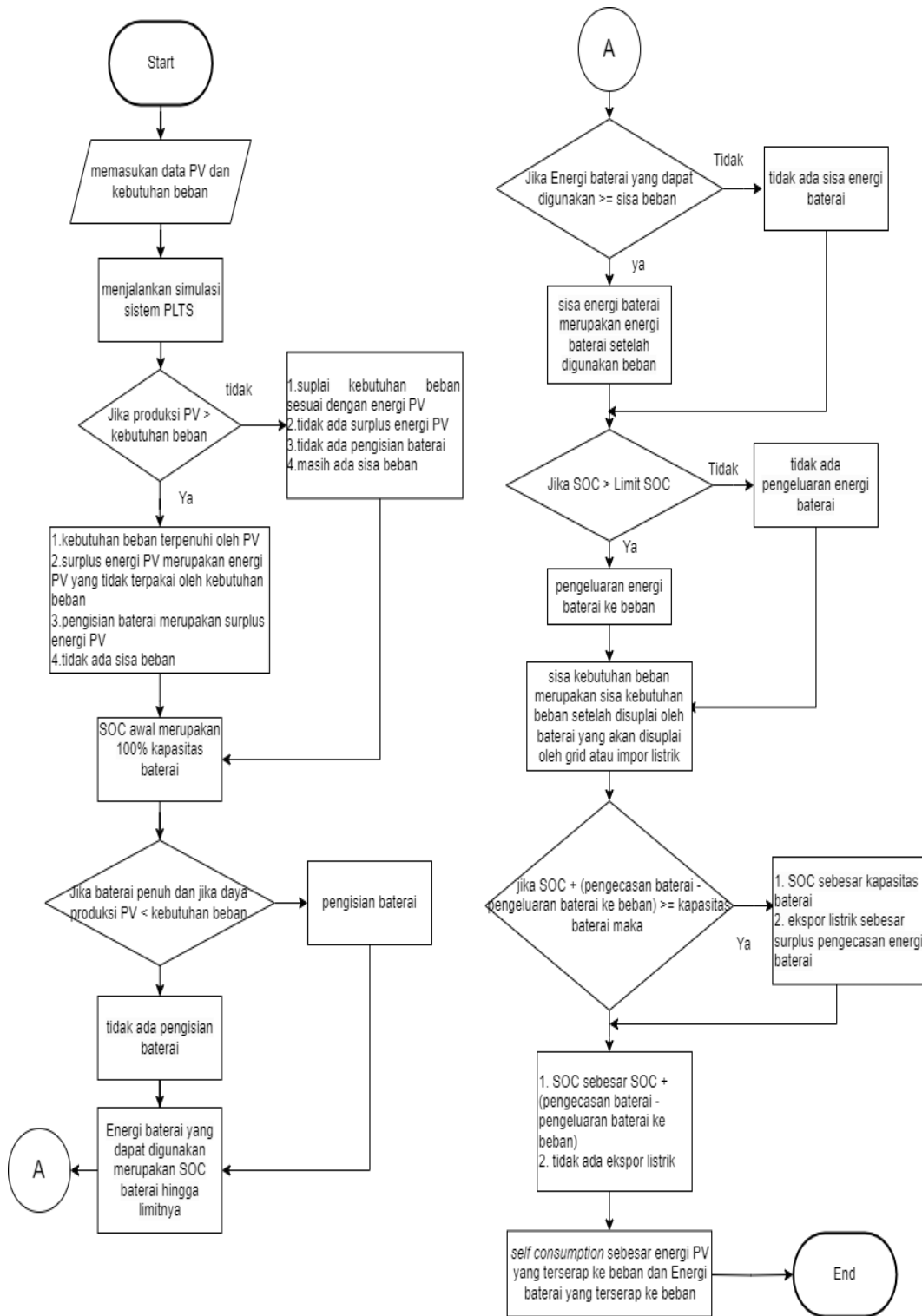
### 3.6. Diagram alir program



Gambar 14 Diagram Alir Program

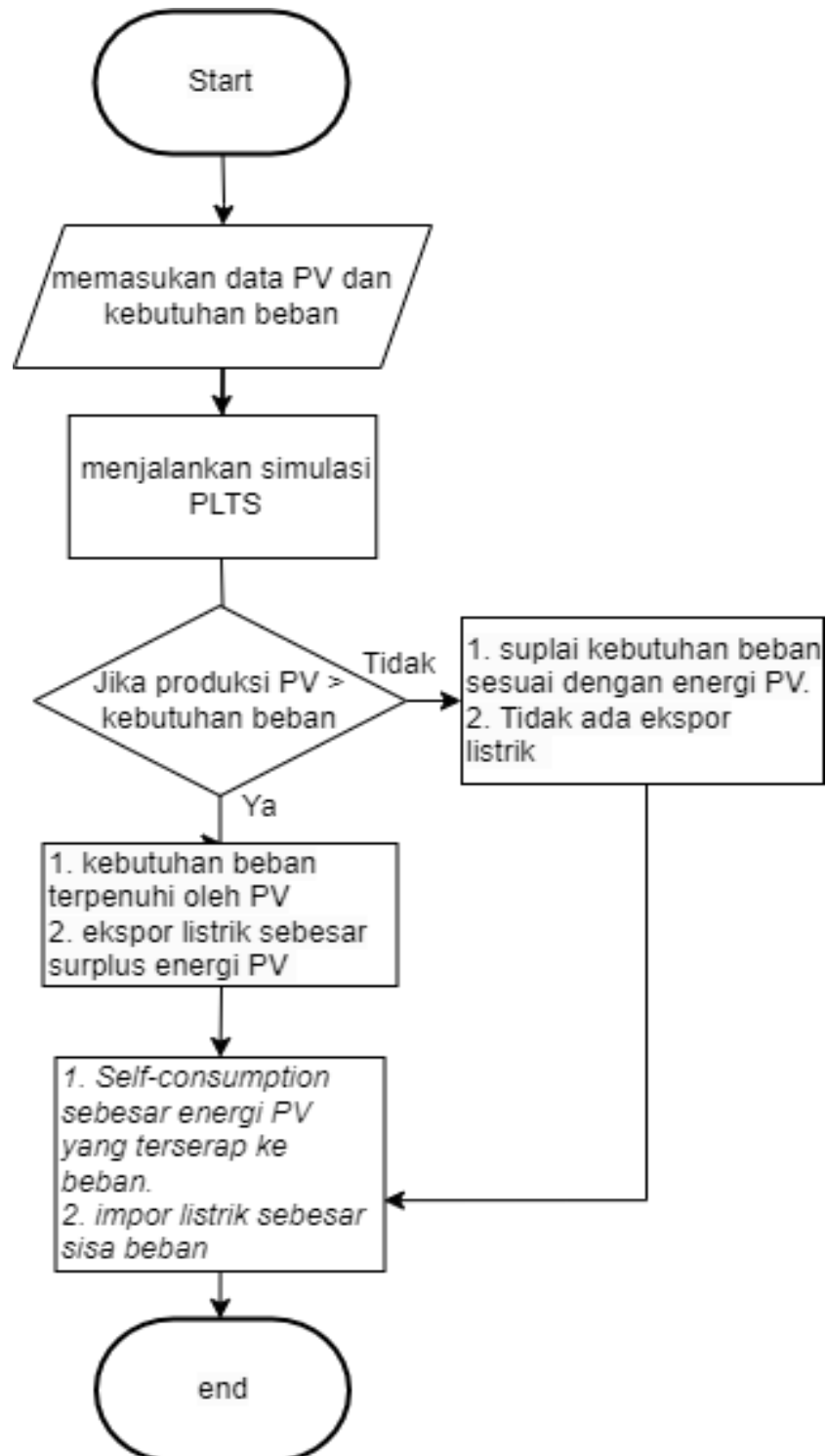


3.7. Diagram alir program dispatch



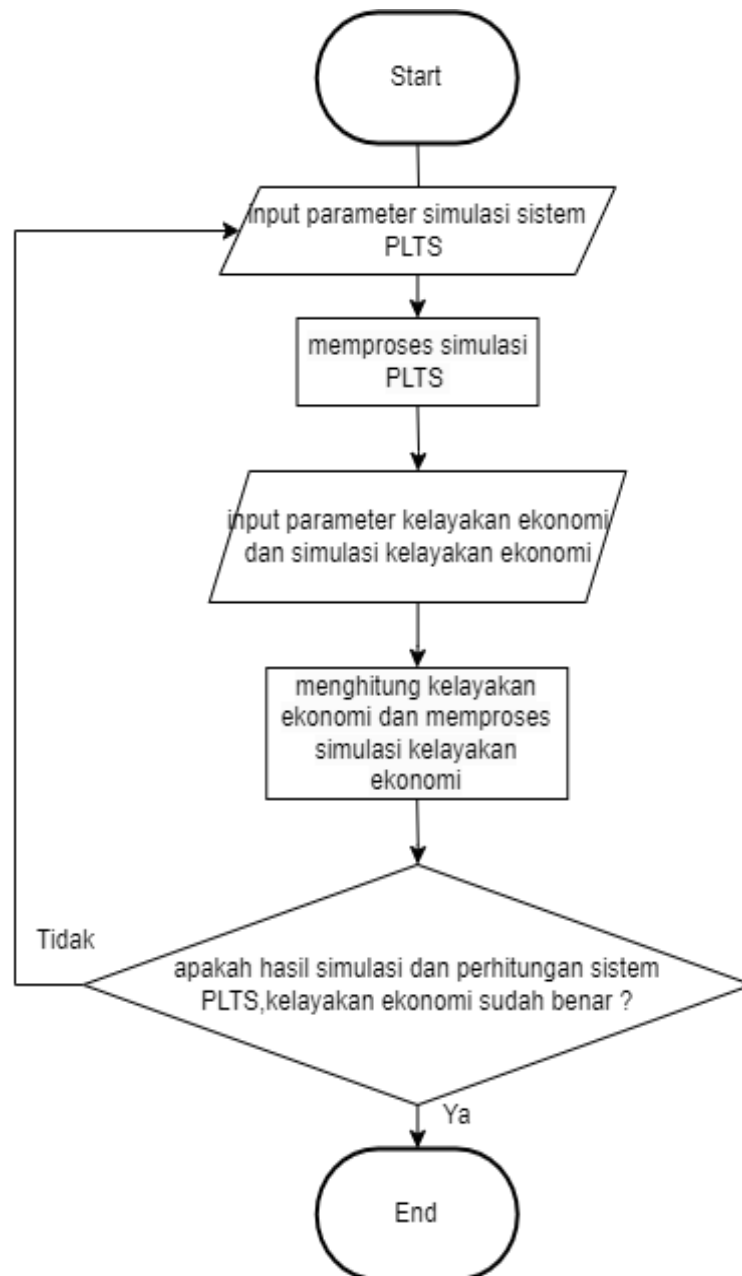
Gambar 15 Diagram alir program dispatch

### 3.8. Diagram alir program dispatch PLTS *On-grid*



Gambar 16 Diagram alir program dispatch PLTS *On-grid*

### 3.9. Diagram alir program *self-consumption* dan ekonomi



Gambar 17 Diagram alir program *Self-consumption* dan ekonomi

### 3.10. Perhitungan Analisis Kelayakan Ekonomi

1. Menghitung biaya investasi yaitu berupa biaya alat pada sistem PLTS *on-grid* maupun *Hybrid*.

2. Menghitung biaya O&M pertahun dengan persamaan 13

$$\text{Biaya O\&M pertahun} = 1\% \times \text{Biaya Investasi} \quad (13)$$

3. Menghitung Arus keluar dengan persamaan 14

$$LCC_n = \sum_{t=1}^n \text{Biaya investasi} + \text{Biaya O\&M pertahun} + \text{penggantian alat} \quad (14)$$

4. Menghitung *LCOE* dan Pembangkitan energi listrik yang dihasilkan pada tahun ke-*t* untuk menentukan harga jual energi listrik PLTS yang dirumuskan pada persamaan 14 dan 15.

$$Et = \sum_{t=1}^n E_{t=i} (1 - d)^t \quad (15)$$

$$LCOE = \frac{I + \sum_{t=1}^n \frac{LCC}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Et}{(1+r)^t}} \quad (16)$$

Dimana:

$I_t$  : Biaya investasi pembangkit perioda tahun ke-*t*

$LCC$  = *Life Cycle cost* atau arus keluar

$\sum_{t=1}^n \frac{LCC}{(1+r)^t}$  : Total present value Life Cycle Cost

$r$  : Nilai suku bunga

$E_t$  : Total Pembangkitan energi listrik yang dihasilkan pada tahun ke-*t*

$\sum_{t=1}^n \frac{Et}{(1+r)^t}$  : Total Present value Pembangkitan energi listrik

$n$  : Umur pakai pembangkit

$d$  : Faktor degradasi

5. Menghitung penghematan, keuntungan, arus kas masuk yang dirumuskan dengan persamaan 17, 18, 19

$$Penghematan = (SC \times TB) \quad (17)$$

$$Keuntungan = (EL \text{ ke PLN} \times LCoE) \quad (18)$$

$$Arus \text{ kas masuk} = Penghematan + Keuntungan \quad (19)$$

Dimana:

*SC*: Self Consumption (kW)

*LCoE*: Tarif jual menurut investasi (Rp)

*TB*: Tarif Beli (Rp)

*EL ke PLN*: Energi Listrik ke PLN (kW)

6. Menghitung arus kas bersih (NCF<sub>t</sub>) dirumuskan dengan persamaan 20

$$NCF_t = \sum_{t=1}^n Arus \text{ kas masuk}_n - LCC_n \quad (20)$$

Dimana:

Arus kas masuk: biaya yang masuk pada saat pengoperasian

LCC: biaya hidup atau arus keluar

7. Menghitung Present value NPV dirumuskan pada persamaan 21

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} \quad (21)$$

Dimana:

*NCF<sub>t</sub>* : Arus kas bersih (Rp)

$\frac{1}{(1+i)^t}$  : Faktor Diskonto

8. Menghitung Payback Periode dirumuskan pada persamaan 22

$$PBP = n + \frac{a-b}{c-b} \times 1 \text{ tahun} \quad (22)$$

Dimana:

n : tahun terakhir dimana arus kas masih belum bias menutupi initial investment.  
(Rp)

a : jumlah initial investment. (Rp)

b : jumlah kumulatif arus pada tahun ke n. (Rp)

c : jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke n+1. (Rp)

9. Menghitung nilai IRR menggunakan persamaan 23

$$IRR = i1 + \frac{NPV1}{NPV1-NPV2} \times (i1 - i2) \quad (23)$$

Keterangan:

I1: nilai suku bunga yang digunakan ketika NPV terakhir bernilai positif

I2: adalah nilai suku bunga yang digunakan NPV terakhir bernilai negatif

NPV1: NPV terakhir bernilai positif

NPV2: NPV terakhir bernilai negative.

10. Menghitung nilai PI (*Profitable index*)

$$PI = \frac{NPV}{I} \quad (24)$$

Dimana:

NPV: Net Present value (Rp)

I: Investasi awal (Rp)

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Nilai *self-consumption* dipengaruhi oleh besarnya beban, semakin besar beban maka nilai *self-consumption* akan semakin besar. Terlihat pada *self-consumption* PLTS *On-grid* beban 15% sebesar 903027.31 kWh, *self-consumption* PLTS *On-grid* beban aktual sebesar 1093996.9 kWh. Pada PLTS *On-grid* beban aktual nilai *self-consumption* lebih besar.
2. Nilai *self-consumption* mempengaruhi kelayakan ekonomi, semakin besar nilai *self-consumption* maka kelayakan ekonominya semakin besar dikarenakan *self-consumption* dikalikan dengan tarif beli PLN yang lebih besar dari tarif jual. Terlihat pada PLTS *On-grid* beban 15% nilai IRR 12.98%, NPV Rp. 2.261.575.562 , PBP 7.14 , PI 1.23. PLTS *On-grid* beban aktual nilai IRR 14.00%, NPV Rp. 3.068.303.457, PBP 6.69, PI 1.31. Pada PLTS *On-grid* beban aktual lebih layak.

### 5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir kedepan adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya pembahasan lebih terperinci mengenai berapa data yang harus digunakan untuk mencari *self-consumption* dan analisis ekonomi.
2. Perlu adanya pembahasan perbandingan di beberapa industri untuk mendapatkan hasil yang lebih umum untuk rekomendasi pemasangan PLTS.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Dewan Energi Nasional, Outlook Energi Indonesia 2019. Jakarta Selatan, 2019. Accessed: Nov. 30, 2022. [Online]. Available: <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-outlook-energi-indonesia-2019-bahasa-indonesia.pdf>
- [2]. “Direktorat Jenderal EBTKE - Kementerian ESDM,” [ebtke.esdm.go.id](https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/07/3071/telah-terbit-peraturan-menteri-esdm-nomor-26-tahun-2021-tentang-plts-atap-yang-terhubung-pada-jaringan-tenaga-listrik-pemegang-iu-ptl-untuk-kepentingan-umu#:~:text=Telah%20Terbit%20%3A%20Peraturan%20Menteri%20ESDM).<https://ebtke.esdm.go.id/post/2022/02/07/3071/telah-terbit-peraturan-menteri-esdm-nomor-26-tahun-2021-tentang-plts-atap-yang-terhubung-pada-jaringan-tenaga-listrik-pemegang-iu-ptl-untuk-kepentingan-umu#:~:text=Telah%20Terbit%20%3A%20Peraturan%20Menteri%20ESDM> (accessed Apr. 05, 2023).
- [3]. Purnama, S. (2022) Aesi Minta Pln Tak Batasi Pemanfaatan Plts Atap di Sektor Industri, Antara News. ANTARA. Available at: <https://www.antaranews.com/berita/2815625/aesi-minta-pln-tak-batasi-pemanfaatan-plts-atap-di-sektor-industri> Accessed: April 5, 2023).
- [4]. Q. Hassan, M. K. Abbas, V. S. Tabar, S. Tohidi, M. Al-Hitmi, M. Jaszczur, A. Z. Sameen, H. M. Salman, “Collective *Self-consumption* of solar photovoltaic and batteries for a micro-grid energy system,” Results in Engineering, vol. 17, pp.100925, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.100925.
- [5]. S. Quoilin, K. Kavvadias, A. Mercier, I. Pappone, A. Zucker, “Quantifying *Self-consumption* linked to solar home battery systems: Statistical analysis and economic assessment,” Applied Energy, vol. 182, pp.58-67, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.08.077.



- [6]. Z. Syamsudin, S. Hidayat, M. N. Effendi, "Perencanaan Penggunaan Plts Di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat," JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN, vol. 9, Jan. 2017.
- [7]. I. B. K. Sugirianta, I. A. D. Giriantari, I. N. S. Kumara, "Analisa Keekonomian Tarif Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 Mwp Bangli Dengan Metode Life Cycle Cost," Teknologi Elektro, vol. 15, no. 2, Des. 2016.
- [8]. Rohana, R., & Zulfikar, Z. (2018). OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS DAYA LISTRIK. Kumpulan Penelitian dan Pengabdian Dosen, 1(1).
- [9]. Nurdiansyah, M., Sinurat, E. C., Bakri, M., Ahmad, I., & Prasetyo, A. B. (2020). Sistem Kendali Rotasi Matahari Pada Panel Surya Berbasis Arduino UNO. Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer, 1(2), 40-45.
- [10]. Ramadhani, Bagus, Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts, 1st ed., Jakarta: GIZ, 2018.
- [11]. Wiriastika, I. Putu Dedi, I. Nyoman Setiawan, and I. Wayan Sukerayasa. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tempat Olah Sampah Setempat Werdi Guna Desa Gunaksa Kabupaten Klungkung." Jurnal SPEKTRUM Vol 9.1 (2022).
- [12]. Harmini, Harmini, and Titik Nurhayati. "Optimalisasi Pemanfaatan Grid Connected Rooftop Solar Photovoltaic (SPV) Sebagai Pengembangan Green Energy System." Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering) 8.1 (2021): 24-32.