

SKRIPSI

**STUDI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
SURYA (PLTS) ATAP *HYBRID* DI KOMPLEKS RUMAH
JABATAN ANGGOTA DPR RI ULUJAMI**

Disusun dan diajukan oleh:

AIDILLA FITRI CHUMAIRAH

D041201019



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**STUDI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP
HYBRID DI KOMPLEKS RUMAH JABATAN ANGGOTA DPR RI ULUJAMI**

Disusun dan diajukan oleh

Aidilla Fitri Chumairah

D041201019

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 4 Desember 2024
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T
NIP. 197609142008011006

Ketua Program Studi,



Prof. Dr.-Ing. Ir. Faizal Arya Samman, ST, MT, IPU, AseanEng, ACPE
NIP. 197506052002121004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aidilla Fitri Chumairah
NIM : D041201019
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

STUDI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP *HYBRID* DI KOMPLEKS RUMAH JABATAN ANGGOTA DPR RI ULUJAMI

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 9 Desember 2024

Yang Menyatakan



Aidilla Fitri Chumairah

KATA PENGANTAR

Ucapan Syukur tak lupa Penulis haturkan kepada kehadiran Allah SWT. Yang telah memberikan Rahmat dan hidayahnya sehingga Penulis mampu muenyusun penelitian berjudul: **”STUDI PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) ATAP *HYBRID* DI KOMPLEKS RUMAH JABATAN ANGGOTA DPR RI ULUJAMI”** . Sholawat serta salam tak lupa dicurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Yang telah memberi teladan kepada Penulis dalam penyelesaian tugas akhir. Penyusunan penelitian akhir ini tidak akan berjalan lancar tanpa bantuan dari pihak-pihak yang telah memberikan kontribusi bantuan baik dalam hal moril maupun non moril. Oleh sebab itu, Penulis ingin menuliskan banyak terima kasih untuk semua pihak yang terlibat dalam penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih penulish haturkan kepada :

1. Orang tua penulis yang senantiasa mendukung dan mendoakan hingga selesainya peyusunan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Ikhlas Kitta, ST. MT. selaku dosen pembimbing penulis yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberi petunjuk serta memberikan ide, dan evaluasi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Mawar Said, M.T. dan Bapak Yusri Syam Akil, ST., MT., Ph.D selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan saran, koreksi, dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
4. Seluruh dosen pengajar dan pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan di Universitas Hasanuddin yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir
5. Bapak Budiarto selaku Kepala Bagian Pengelolaan RJA (Rumah Jabatan Anggota) DPR RI.
6. Bapak Endang Komar S.T, MT., Selaku Kepala Sub bagian Pengelolaan RJA Ulujami dan Pimpinan Sekretariat Jenderal DPR RI sebagai mentor pendamping penulis.

7. Seluruh staf pengelolaan RJA baik di Ulujami, Kalibata, maupun pimpinan khususnya kepada Mbak Sella, Bapak Maryanto, Bang Mei, Mbak Nana dan staf lainnya yang tidak dapat Saya sebut satu-satu
8. Kedua kakak Perempuan Penulis dan sanak keluarga yang senantiasa mendukung dan bersedia membantu dalam penyelesaian tugas akhir
9. Betsina Theodora Hallatu yang selalu ada memberikan motivasi, dukungan moral, dan membantu saya melalui setiap tantangan selama proses penyusunan skripsi ini.
10. Sahabatku Marvel yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan yang membersamai Penulis dalam suka dan duka dari bangku SMA hingga nantinya menggapai gelar sarjana.
11. Sahabatku Tania dan Amel yang senantiasa menjadi tempat berkeluh kesah penulis dan memberikan motivasi dan dukungan selama penyusunan skripsi.
12. Teman – Teman PBW Yudha, Ahsan, Rifal, Agwin, Fanny, Didan, Aryasuta, Samsul, Kenzi. Yang senantiasa merangkul di segala keadaan.
13. Seluruh rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Energi, Anggota lab riset Infrastruktur Ketenagalistrikan, Lab Riset Instalasi Listrik, dan Keluarga besar PROCEZ20R yang telah membantu dan menemani penulis dari awal hingga akhir penyusunan tugas akhir ini.

ABSTRAK

AIDILLA FITRI CHUMAIRAH *Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap Hybrid di Kompleks Rumah Jabatan Anggota DPR RI Ulujami* (dibimbing oleh Ikhlas Kitta)

Upaya peningkatan pemanfaatan energi surya yang berlimpah di Indonesia dinilai perlu dilakukan secara masif. Dengan peningkatan konsumsi listrik seiring dengan bertambahnya populasi di Indonesia diperlukan untuk mendorong keberlanjutan dalam ketersediaan energi untuk masa depan. Salah satu faktor yang mendorong kemajuan suatu negara dalam mengembangkan energi hijau yaitu regulasi yang mendukung investasi dan pengembangan teknologi energi terbarukan. Dukungan regulasi yang kuat akan mempercepat adopsi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di berbagai sektor, termasuk sektor perumahan dan komersial. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap *hybrid* di Kompleks Rumah Jabatan Anggota (RJA) DPR RI Ulujami, guna mendukung transisi energi terbarukan di sektor perumahan. Penelitian ini melibatkan beberapa tahapan yaitu analisis keadaan lingkungan, estimasi beban harian dengan empat skema yaitu 100%, 75%, 50%, dan 25%, penentuan komponen, analisis kelayakan ekonomi, simulasi *software*, dan desain akhir. Dari hasil yang didapatkan yaitu kelayakan ekonomi dengan NPV tertinggi yaitu untuk skema 100% beban tanpa baterai dengan net metering (penjualan listrik) yaitu Rp147.490.837 dan IRR tertinggi 23,73% oleh skema pembebanan 50% tanpa baterai. Sistem PLTS tanpa baterai dinilai lebih layak secara ekonomis apabila skema penjualan listrik masih diberlakukan.

Kata kunci: PLTS atap, energi surya, kelayakan ekonomi, energi terbarukan

ABSTRACT

AIDILLA FITRI CHUMAIRAH *Design of a Hybrid Rooftop Solar Power Plant (PLTS) in the House of Representatives Ulujami Housing Estate* (Supervised by Iklas Kitta)

Efforts to increase the utilization of Indonesia's abundant solar energy are considered necessary on a large scale. Considering Indonesia's growing electricity consumption and population, there is a need to promote the sustainability of energy supply for the future. One of the factors driving progress in green energy development in the country is regulations that support investment and development in renewable energy technologies. Strong regulatory support will accelerate the deployment of photovoltaic power plants (PLTS) in various sectors such as residential and commercial. The objective of this study is to design a hybrid photovoltaic power plant on the rooftop of the House of Representatives (RJA) Ulujami Housing Estate to support the energy transition in the residential sector. The study includes several phases, including environmental analysis, daily load estimation with four schemes (100%, 75%, 50%, 25%), component selection, economic analysis, software simulation, and final design. From the results obtained, the highest NPV is economical for the 100% load scheme without batteries, which is Rp147.490.837 and the highest IRR is 23.73%. by 50% load scheme without the batteries. If the power feed-in scheme continues, it is considered that the solar power generation system without batteries will be more economically feasible. For a more effective planning, it is necessary to take into account the calculation of energy distribution and losses in the system.

Keywords: rooftop solar power plant, solar energy, economic analysis, renewable

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	5
2.1.1 Jenis-jenis sistem PLTS	6
2.1.2 Komponen pada PLTS <i>hybrid</i>	8
2.1.3 Perhitungan dan pemasangan PLTS.....	14
2.2 Analisis Ekonomi.....	17
2.2.1 <i>Life Cycle Cost</i>	17
2.2.2 Biaya investasi awal.....	18
2.2.3 Biaya pemeliharaan dan operasional	18
2.2.4 Faktor diskonto	18
2.2.5 <i>Cost of Energy</i>	19
2.2.6 <i>Net Present Value</i>	19
2.2.7 <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	20
2.2.8 <i>Profitability Index</i>	20
2.2.9 <i>Payback Periode</i>	21
2.3 Potensi Lokasi Pemasangan PLTS	21

2.4 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2 Jenis Penelitian	30
3.3 Bahan Uji dan Alat	31
3.4 Data yang Diperlukan.....	31
3.5 Alur Penelitian.....	32
3.6 Prosedur Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Lokasi Perencanaan PLTS <i>Hybrid</i>	34
4.2 Bentuk dan Konstruksi Atap.....	34
4.3 Data Iklim dan Lingkungan.....	36
4.3.1 Intensitas cahaya matahari	36
4.3.2 Suhu	37
4.3.3 Curah hujan.....	39
4.3.4 <i>Shading</i>	40
4.4 Estimasi Beban Harian	42
4.5 Perhitungan Kapasitas Komponen Penyusun PLTS	45
4.5.1 Mekanisme dan Regulasi kapasitas daya yang dibangkitkan	45
4.5.2 Menghitung estimasi besar daya yang dibangkitkan PLTS	48
4.5.3 Luas array	52
4.5.4 Kapasitas inverter	52
4.5.5 Menentukan jumlah dan kapasitas baterai	54
4.5.6 Menentukan Pengkabelan dan Proteksi PLTS	56
4.5.7 Rangkaian Kontrol PLTS Hybrid.....	60
4.6 <i>Single Line Diagram</i> PLTS.....	71
4.7 Simulasi dengan <i>software</i> PVSyst 7.4.....	71
4.8 Perbandingan antara perhitungan manual dan <i>software</i> PVsyst.....	82
4.9 Analisis Ekonomi.....	83
4.9.1 <i>Life Cycle Cost</i> (LCC)	83
4.9.2 Faktor pemulihan modal/ <i>Capital Recovery Factor</i> (CRF).....	94
4.9.3 <i>Cost of Energy</i> (COE).....	94
4.9.4 Analisis kelayakan ekonomi dengan <i>Net Present Value</i> (NPV).....	96
4.9.5 Analisis kelayakan ekonomi dengan <i>Internal Rate of Return</i> (IRR) ..	108

4.9.6 Analisis kelayakan ekonomi dengan <i>Profitability Index</i> (PI)	125
4.9.7 <i>Payback Period</i>	127
4.10 Desain akhir.....	129
BAB V PENUTUP	131
5.1 Kesimpulan.....	131
5.2 Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA.....	134
L A M P I R A N	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Skema umum PLTS.....	5
Gambar 2 Skema PLTS on grid.....	6
Gambar 3 Skema PLTS on grid hybrid (Sumber: Bumienergusurya.com).....	7
Gambar 4 Jenis-jenis material panel surya.....	9
Gambar 5 Skema pemasangan SCC secara umum	11
Gambar 6 Alur pemasangan inverter secara umum	11
Gambar 7 Contoh instalasi umum baterai lead acid di rumah baterai	12
Gambar 8 Contoh desain penyangga panel surya	13
Gambar 9 Gambaran Komplek RJA DPR RI Ulujami	30
Gambar 10 Rumah contoh perencanaan PLTS	34
Gambar 11 Bentuk dan struktur atap.....	35
Gambar 12 Struktur atap baja ringan	36
Gambar 13 Grafik intensitas cahaya matahari	37
Gambar 14 Grafik rerata suhu bulanan	38
Gambar 15 Grafik curah hujan bulanan	40
Gambar 16 Kondisi atap pada pagi hari	41
Gambar 17 Kondisi atap pada siang hari	41
Gambar 18 Kondisi atap pada sore hari	42
Gambar 19 Kurva beban harian	44
Gambar 20 Mekanisme PLTS saat mode pengisian.....	45
Gambar 21 Mekanisme PLTS saat pelepasan energi siang hari.....	45
Gambar 22 Mekanisme Pengisian PLTS dengan baterai full atau tidak terpasang.....	46
Gambar 23 Mekanisme Pengisian dengan PLTS dengan baterai kosong	46
Gambar 24 Mode malam hari	47
Gambar 25 Data rerata durasi matahari	49
Gambar 26 Skematik pengontrolan PLTS hybrid	62
Gambar 27 Hasil simulasi jika $V_{panel} \geq 30V$	68
Gambar 28 Hasil simulasi jika $23V \leq V_{Panel} \leq 29V$	69
Gambar 29 Hasil simulasi $V_{Baterai} \geq 23V$	69
Gambar 30 Hasil simulasi sumber listrik dari Grid	70
Gambar 31 Hasil simulasi jika semua sumber tidak aktif.....	70
Gambar 32 Single line diagram dari sistem PLTS	71
Gambar 33 Menu orientation di PVsyst.....	72
Gambar 34 Karakteristik Komponen untuk beban 100%	72
Gambar 35 Karakteristik Komponen untuk beban 75%	73
Gambar 36 Karakteristik komponen untuk beban 50%	73
Gambar 37 Karakteristik untuk beban 25%	74
Gambar 38 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 100% dengan baterai	74
Gambar 39 Diagram rugi-rugi untuk beban 100% dengan baterai	75
Gambar 40 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 100% dengan baterai	76
Gambar 41 Diagram rugi-rugi untuk beban 100% tanpa baterai	76
Gambar 42 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 75% dengan baterai	77

Gambar 43 Diagram rugi-rugi untuk beban 75% dengan baterai	77
Gambar 44 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 75% tanpa baterai	78
Gambar 45 Diagram rugi-rugi untuk beban 75% tanpa baterai	78
Gambar 46 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 50% dengan baterai	78
Gambar 47 Diagram rugi-rugi untuk beban 50% dengan baterai	79
Gambar 48 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 50% tanpa baterai	79
Gambar 49 Diagram rugi-rugi untuk beban 50% tanpa baterai	80
Gambar 50 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 25% dengan baterai	80
Gambar 51 Diagram rugi-rugi untuk beban 25% dengan baterai	81
Gambar 52 Hasil simulasi PVsyst untuk beban 25% tanpa baterai	81
Gambar 53 Diagram rugi-rugi untuk beban 25% tanpa baterai	82
Gambar 54 Tampak atas sebelum dirender	129
Gambar 55 Desain sebelum dirender	130
Gambar 56 Tampak atas setelah dirender	130
Gambar 57 Tampak samping.....	130

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Efisiensi modul panel surya	10
Tabel 2 Data intensitas cahaya matahari	37
Tabel 3 Rerata suhu harian di Jakarta	38
Tabel 4 Beban harian rumah huni	43
Tabel 5 Tabel kuota ketersediaan daya untuk PLTS atap	47
Tabel 6 Besar energi yang dibutuhkan tiap skema pembebanan.....	48
Tabel 7 Total energi pada sistem	49
Tabel 8 Penjabaran skema pembebananan dengan produksi energi yang dihasilkan	52
Tabel 9 Konfigurasi hubungan seri-paralel panel surya.....	53
Tabel 10 Pemilihan kapasitas dan merk inverter.....	53
Tabel 11 Sebaran beban setiap jam	54
Tabel 12 Konfigurasi hubung seri-paralel baterai.....	55
Tabel 13 Pemilihan kabel penghantar berdasarkan PUIL	56
Tabel 14 Pemilihan MCB.....	57
Tabel 15 Pemilihan jenis kabel dari panel surya ke inverter.....	57
Tabel 16 Pemilihan SPD	58
Tabel 17 Pemilihan MCB untuk sambungan inverter ke baterai	59
Tabel 18 Pemilihan MCB untuk sambungan dari inverter ke beban.....	59
Tabel 19 Perbandingan perhitungan manual dan software PVsyst	82
Tabel 20 Harga komponen PLTS untuk beban 100%	83
Tabel 21 Harga komponen PLTS untuk beban 100% tanpa baterai.....	84
Tabel 22 Harga komponen PLTS untuk beban 75% dengan baterai	85
Tabel 23 Harga komponen PLTS untuk beban 75% tanpa baterai.....	86
Tabel 24 Harga komponen PLTS untuk beban 50% dengan baterai	86
Tabel 25 Harga komponen untuk beban 50% tanpa baterai.....	87
Tabel 26 Harga komponen untuk beban 25% dengan baterai	88
Tabel 27 Harga komponen untuk beban 25% tanpa baterai:.....	89
Tabel 28 Investasi awal untuk tiap skema pembebanan.....	89
Tabel 29 Biaya O&M tahunan untuk tiap pembebanan	90
Tabel 30 Biaya operasional untuk masing-masing beban.....	91
Tabel 31 Biaya penggantian baterai dan inverter Untuk beban 100%:	92
Tabel 32 Biaya penggantian baterai dan inverter Untuk beban 75%	92
Tabel 33 Biaya penggantian baterai dan inverter Untuk beban 50%:	92
Tabel 34 Biaya penggantian baterai dan inverter Untuk beban 25%:	92
Tabel 35 Biaya RPW untuk masing-masing beban.....	93
Tabel 36 Biaya LCC untuk masing-masing beban.....	94
Tabel 37 Biaya COE untuk masing-masing daya tahunan.....	95
Tabel 38 Arus kas untuk beban 100% dengan baterai.....	97
Tabel 39 Arus kas untuk beban 100% tanpa baterai (Net metering).....	97
Tabel 40 Arus kas untuk beban 100% tanpa baterai (tanpa Net metering)	98
Tabel 41 Arus kas untuk beban 75% dengan baterai.....	99

Tabel 42 Arus kas untuk beban 75% tanpa baterai (Net metering).....	100
Tabel 43 Arus kas untuk beban 75% tanpa baterai (tanpa net metering).....	100
Tabel 44 Arus kas untuk beban 50% dengan baterai.....	101
Tabel 45 Arus kas untuk beban 50% tanpa baterai (Net metering).....	102
Tabel 46 Arus kas untuk beban 50% tanpa baterai (tanpa net metering).....	103
Tabel 47 Arus kas untuk beban 25% dengan baterai.....	103
Tabel 48 Arus kas untuk beban 25% tanpa baterai (Net metering).....	104
Tabel 49 Arus kas untuk beban 25% tanpa baterai (tanpa net metering).....	105
Tabel 50 Nilai NPV masing-masing pembebanan	108
Tabel 51 Arus kas untuk NPVr beban 100% menggunakan baterai.....	109
Tabel 52 Arus kas untuk NPVt beban 100% dengan baterai.....	110
Tabel 53 Arus kas untuk NPVr beban 100% tanpa baterai (Net metering).....	111
Tabel 54 Arus kas untuk NPVt beban 100% dengan baterai.....	112
Tabel 55 Arus kas untuk NPVr beban 75% dengan baterai.....	113
Tabel 56 Arus kas untuk NPVt beban 75% dengan baterai.....	114
Tabel 57 Arus kas untuk NPVr beban 75% tanpa baterai (Net metering).....	115
Tabel 58 Arus kas untuk NPVt beban 75% tanpa baterai	116
Tabel 59 Arus kas untuk NPVr beban 50% dengan baterai.....	117
Tabel 60 Arus kas untuk NPVt beban 50% dengan baterai.....	118
Tabel 61 Arus kas untuk NPVr beban 50% tanpa baterai (Net metering).....	119
Tabel 62 Arus kas untuk NPVt beban 50% tanpa baterai (Net metering).....	120
Tabel 63 Arus kas untuk NPVr beban 25% dengan baterai.....	121
Tabel 64 Arus kas untuk NPVt beban 25% dengan baterai.....	122
Tabel 65 Arus kas untuk NPVr beban 25% tanpa baterai (Net metering).....	123
Tabel 66 Arus kas untuk NPVt beban 25% tanpa baterai (Net metering).....	124
Tabel 67 IRR masing-masing pembebanan.....	125
Tabel 68 PI untuk masing-masing pembebanan.....	126
Tabel 69 Kelayakan investasi dengan payback period.....	128

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan energi terbarukan untuk saat ini menjadi sebuah tren yang sedang gencarnya diperbicarakan. Mulai dari perkembangan teknologi pembangkitan untuk energi terbarukan hingga strategi pemasaran dari sumber energi listrik terbarukan. Hal ini tentunya didukung oleh tingginya kebutuhan energi listrik di Indonesia. Konsumsi energi listrik di Indonesia pada tahun 2023 menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) Republik Indonesia mencapai 1285 kWh per kapita. Hal ini tentunya menunjukkan peningkatan dari tahun 2022 yaitu 1172 kWh per kapita dan diperkirakan akan terus meningkat pada tahun 2024 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2024). Penyebab peningkatan konsumsi listrik dipicu dari berbagai sektor mulai dari sektor industri sampai dengan sektor rumah tangga.

Kebutuhan energi di sektor rumah tangga tentunya masih didominasi oleh energi listrik. Hal ini dapat dilihat dari tingginya kebutuhan listrik harian mulai dari bidang penerangan, pendinginan, hingga perangkat untuk memasak membutuhkan pasokan energi listrik yang besar. Ditambah lagi dengan tren pengisian energi pada kendaraan listrik yang mulai populer masuk ke sektor rumah tangga di Indonesia membuat kebutuhan energi listrik akan semakin bertambah. Melihat peningkatan permintaan listrik tersebut maka solusi penghematan listrik merupakan langkah yang efektif untuk menjaga ketersediaan listrik di masa yang akan datang.

Indonesia sebagai negara yang terletak pada titik khatulistiwa memiliki potensi yang besar dalam merealisasikan penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang didukung dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 4.8 kWh/m^2 perhari. Dengan potensi yang besar tersebut, sayangnya masih belum didukung dalam pelaksanaannya dalam memanfaatkan potensi yang dimiliki dimana kapasitas PLTS yang terpasang cenderung masih sangat rendah yaitu 147 MW atau 0,05% dari total potensi 208 GW. (Humas EBTKE, 2020) Yang pada

akhirnya membuat Indonesia menempati urutan ke-8 dari pemanfaatan energi surya di Asia Tenggara, dan urutan terakhir di perhelatan G20. (Suroyo & Christina, 2022)

Indonesia telah menunjukkan partisipasinya dalam mendukung transisi energi pada pertemuan KTT G20 di Bali pada tanggal 15-16 November 2022. Pembahasan mengenai transisi energi menjadi salah satu topik penting di samping kesehatan dan transformasi ekonomi dan digital. Transisi energi dinilai penting pada pertemuan G20 sebagai upaya untuk mengalihkan ketergantungan energi dari sistem produksi dan konsumsi energi berbasis fosil (gas alam dan batu bara) ke sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Hal ini dilakukan dalam rangka menekan risiko potensi pemanasan global. (Pribadi, 2022)

Untuk mendukung proses pemanfaatan energi terbarukan yang lebih masif, maka penggunaan energi terbarukan dirasa perlu mendapatkan dukungan sektor perumahan salah satunya yaitu pada lingkungan Kompleks Rumah Jabatan Anggota (RJA) DPR RI di Ulujami. Kompleks RJA Ulujami dibangun pada tahun 2004 dan rampung pada tahun 2005 dengan tanah seluas $20.000m^2$ yang terdiri dari 51 unit rumah jabatan di bawah naungan Biro Pengelolaan Bangunan dan Wisma Sekretariat Jenderal DPR RI.

Penyediaan listrik yang andal pada kompleks perumahan RJA Ulujami sangat penting dalam aspek keamanan dan kenyamanan penghuni. Dengan pemasangan panel surya, maka penyaluran listrik dapat lebih baik dengan tetap menjunjung sistem pembangunan yang berkelanjutan.

Berdasarkan uraian di atas maka dari itu peneliti menganggap perlu dilakukan suatu penelitian dengan judul “**Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap *Hybrid* Di Kompleks Rumah Jabatan Anggota DPR RI Ulujami**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu:

1. Bagaimana mendesain PLTS *rooftop hybrid* yang dapat terpasang berdasarkan besar radiasi pencahayaan matahari dan luasan atap?
2. Bagaimana menentukan spesifikasi panel dan komponen penunjang lainnya?
3. Bagaimana kelayakan investasi pemasangan PLTS dari segi ekonomi Teknik?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tersebut sebagai bentuk untuk:

1. Mengetahui efektivitas desain PLTS *rooftop hybrid* yang dapat terpasang berdasarkan besar radiasi pencahayaan matahari dan luasan atap.
2. Mengetahui spesifikasi panel dan komponen penunjang lainnya.
3. Mengetahui kelayakan investasi pemasangan PLTS dari segi ekonomi teknik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat bermanfaat kepada:

1. Bagi peneliti sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dengan pengaplikasian wawasan dan pengalaman selama menempuh pembelajaran di Universitas Hasanuddin.
2. Bagi Biro Pengelola Bangunan dan Wisma Sekretariat Jenderal DPR RI, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pertimbangan dalam menambah fasilitas dengan perancangan PLTS *rooftop hybrid* di lingkungan rumah jabatan.
3. Bagi dunia akademik, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur ilmiah di bidang energi terbarukan khususnya perancangan PLTS atap sistem *hybrid*.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka ruang lingkup pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian dilaksanakan di lingkungan Kompleks Rumah Jabatan Anggota di Ulujami berdasarkan luasan atap dan intensitas cahaya matahari.

2. Pemantauan data iradiasi, suhu, dan kecepatan angin diambil dari *software PVsyst 7.4*.
3. Pendesainan menggunakan *software* SketchUP Pro.
4. Spesifikasi dari tiap komponen yang dimodelkan berdasarkan ketersediaan dan keterjangkauan harga.
5. Tidak termasuk pengerjaan konstruksi langsung PLTS *rooftop*.

1.6 Sistematika Penelitian

Penyusunan proposal tugas akhir dapat lebih sistematis dan runut apabila garis besarnya dibagi menjadi beberapa bab meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan uraian dari latar belakang dari penelitian, rumusan masalah dari latar belakang, manfaat dari dilakukannya penelitian, batasan penelitian yang membatasi luasan penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas mengenai teori-teori yang menunjang penelitian mengenai perancangan PLTS yang dikumpulkan dari berbagai sumber ilmiah meliputi perhitungan ekonomis serta pembahasan terkait lainnya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang rancangan penelitian, waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat, teknik pengumpulan data, serta langkah-langkah penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan tentang hasil pengambilan data yang didapatkan serta pembahasan dari data penelitian meliputi desain akhir dari penelitian.

BAB V PENUTUP

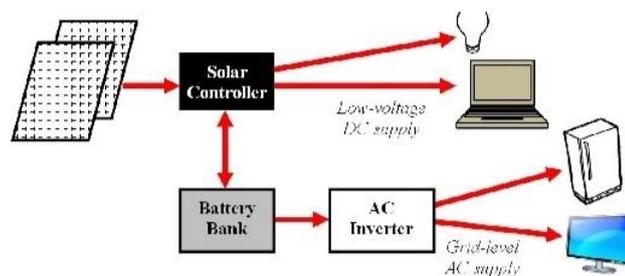
Pada bab ini membahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan serta saran-saran untuk penelitian tugas akhir kedepannya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan suatu inovasi dalam memanfaatkan energi surya yang berlimpah menjadi energi listrik. Proses pemanfaatan ini melibatkan perubahan energi foton dari sinar matahari menjadi energi listrik yang kita gunakan sehari-hari. Proses pengkonversian energi tersebut terjadi pada susunan sel-sel surya yang terdapat pada setiap panel. Sel-sel surya ini terdiri dari lapisan-lapisan tipis Silicon murni atau jenis semikonduktor lainnya. Kemudian setelah bahan tersebut mendapatkan energi foton dari matahari maka akan timbul efek photovoltaik yang menghasilkan tegangan listrik searah.

Prinsip kerja dari PLTS tidak akan lepas dari prinsip dasar dari efek photovoltaic. Efek *photovoltaic* secara singkatnya yaitu penyerapan energi cahaya memasuki sel surya dan memberikan energi kepada beberapa elektron (partikel atom yang bermuatan negatif) untuk melakukan pembebasan dari barier potensial yang berinteraksi dengan elektron sehingga menghasilkan tegangan yang dapat mengalirkan arus listrik (Zweibel & Hersch, 1984). Arus listrik dari panel akan disalurkan ke beban-beban listrik yang digunakan. Dalam skema umum pemasangan PLTS pada Gambar 1 meliputi panel surya menerima cahaya matahari kemudian energi listrik yang dihasilkan masuk ke *charge controller* kemudian disimpan di dalam baterai dan dialirkan langsung ke beban listrik menggunakan inverter. Skema ini dapat dikombinasikan menggunakan jaringan dari suplai utama listrik tergantung dari sistem yang diterapkan (Michael Boxwell, 2021).



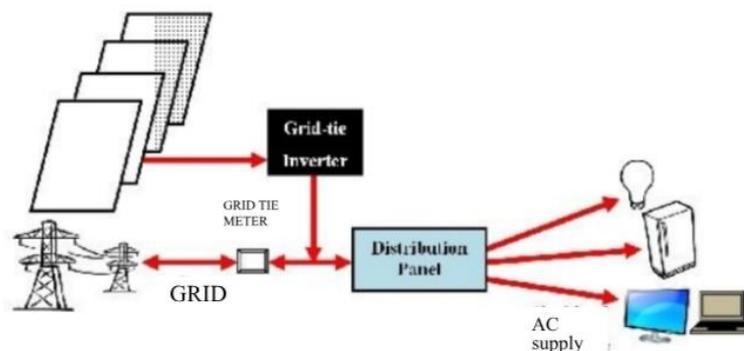
Gambar 1 Skema umum PLTS
(Sumber: Michael Boxwell, 2012)

2.1.1 Jenis-jenis sistem PLTS

Berdasarkan hubung jaringannya, PLTS dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis meliputi:

2.1.1.1 PLTS on grid

PLTS *on grid* yaitu jenis sistem PLTS yang tersambung ke jaringan listrik PLN dimana jaringan listrik PLN ini yang berperan sebagai suplai utama. Pada sistem *on grid*, rumah-rumah dengan PLTS masih akan dialiri listrik pada siang hari selama PLTS masih membangkitkan daya listrik sedangkan saat malam hari ataupun saat PLTS tidak dapat membangkitkan daya maka pelanggan akan membeli listrik dari suplai utama penyedia listrik dalam hal ini PLN. Keunggulan dari sistem ini yaitu Pelanggan pemasangan listrik dapat memotong biaya instalasi awal dalam pemasangan PLTS dan juga menjual kelebihan listrik yang dibangkitkan berdasarkan regulasi dari pihak setempat.



Gambar 2 Skema PLTS *on grid*
(Sumber: Michael Boxwell, 2012)

Dari Gambar 2 menunjukkan bahwa panel surya dihubungkan ke suplai utama menggunakan inverter yang akan memberikan energi ke beban ataupun diberikan kembali ke suplai tergantung permintaan. Inverter tersebut pula yang akan memonitor apabila tidak ada daya dari sumber maka panel surya akan menghentikan catu dayanya ke sumber serta memantau seberapa besar daya yang diambil dari sumber dan daya yang dikembalikan ke sumber (Michael Boxwell, 2021).

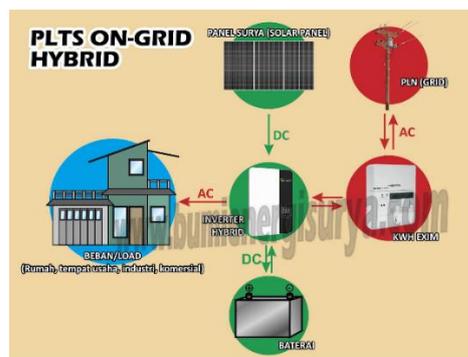
2.1.1.2 PLTS *off grid*

PLTS *off grid* yaitu model sederhana dari penerapan PLTS. Sistem *off grid* memungkinkan untuk PLTS berdiri sendiri tanpa harus terhubung ke pada jaringan listrik penyuplai. Pengaplikasian dari PLTS *off grid* sering dijumpai pada lokasi dengan suplai energi listrik yang sulit diakses. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 1 mengenai skema PLTS, komponen yang membedakan dari sistem PLTS *on grid* yaitu penggunaan baterai. Komponen baterai ini memungkinkan untuk menyediakan listrik dengan tingkat keandalan yang lebih baik mengingat cahaya matahari tidak bersinar dengan kecerahan yang konstan secara terus menerus.

2.1.1.3 PLTS *hybrid*

PLTS dengan sistem hybrid atau gabungan merupakan sistem PLTS yang dikombinasikan dengan sumber energi lainnya. Misalnya dengan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) maupun suplai utama PLN. Penggunaan PLTS dengan sistem hybrid memungkinkan untuk menutupi kekurangan suplai listrik saat suplai utama sedang mengalami pemadaman dan secara otomatis mengembalikan daya dari PLTS ke suplai utama ketika pemadaman telah berhenti. Jenis PLTS sistem *hybrid* sangat cocok digunakan untuk daerah dengan kondisi listrik dengan keandalan yang rendah dan membantu untuk menyalakan perangkat listrik utama saat pemadaman berlangsung misalnya penerangan di malam hari dan mesin penghangat pada musim dingin (Michael Boxwell, 2021)

Skema PLTS sistem *hybrid* dapat ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3 Skema PLTS *on grid hybrid*
(Sumber: Bumienergusurya.com)

PLTS sistem hybrid terbagi menjadi dua tipe yaitu tipe hybrid on grid dan hybrid off grid. Penggunaan kedua jenis tergantung dari prioritas penggunaan jaringan listrik. Apabila untuk jenis beban dan baterai telah penuh diisi oleh PLTS off grid hybrid, maka sisa energi tersebut akan terbuang, sedangkan pada sistem PLTS on grid hybrid, maka sisa energi tersebut akan dijual kembali ke grid sehingga tidak ada energi yang terbuang percuma. Maka dari itu pemanfaatan kWh Meter exim diperlukan untuk kegiatan jual beli energi ini.

Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-grid) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid). Meskipun sistem PLTS tersebar (SHS, solar home system) lebih umum digunakan karena relatif murah dan desainnya yang sederhana, saat ini PLTS terpusat dan PLTS hibrida (PLTS yang dikombinasikan dengan sumber energi lain seperti angin atau diesel) juga banyak diterapkan, yang bertujuan untuk mendapatkan daya dan penggunaan energi yang lebih tinggi serta mencapai keberlanjutan sistem yang lebih baik melalui kepemilikan secara kolektif (komunal) (Ramadhani, 2018).

2.1.2 Komponen pada PLTS *hybrid*

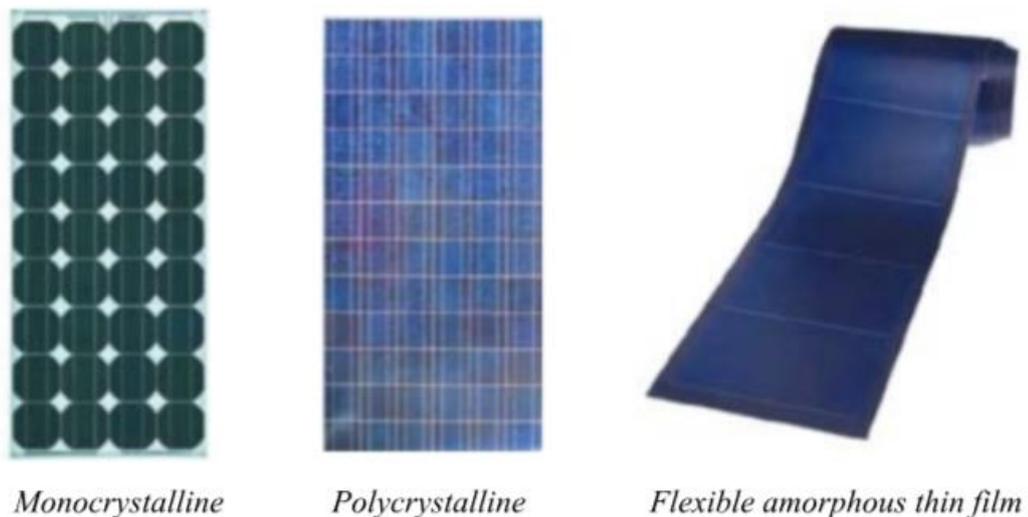
2.1.2.1 Panel surya

Panel sel surya merupakan komponen yang terdiri dari susunan sel surya yang mengubah intensitas cahaya matahari menjadi listrik. Berdasarkan susunannya, kumpulan sel surya disebut sebagai modul fotovoltaik. Modul fotovoltaik merupakan gabungan sel surya yang terhubung secara seri. Kemudian susunan modul fotovoltaik baik secara seri maupun paralel disebut sebagai panel surya, dan sekelompok panel maupun modul surya dengan struktur berbeda yang tersusun dalam satu jaringan listrik.

Efisiensi dari panel surya untuk saat ini dalam mengubah radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik hanya mencapai 15% dengan masa pakai mampu mencapai 20 tahun dengan degradasi penurunan yang rendah tetapi efisiensi penyerapan cahaya matahari menjadi energi listrik yang kecil ini menjadi hambatan

dalam penggunaan panel surya untuk itu riset penelitian masih akan tetap dibutuhkan untuk masa yang akan datang.

Sel surya terbuat dari material semikonduktor yang sensitif terhadap cahaya yang menyerap photon untuk memindahkan elektro untuk membawa arus listrik. Sel surya terdiri dari dua jenis berdasarkan silikon penyusunnya yang umum digunakan meliputi *polycrystalline* dan *monocrystalline* (Ramadhani, 2018). Teknologi *thin film* masih tergolong baru dan digunakan pada skala kecil.



Gambar 4 Jenis-jenis material panel surya
(Sumber: Energy Market Authority, n.d.)

Perbedaan mendasar dari ketiga jenis panel surya tersebut meliputi proses pembuatannya hingga efisiensi penyerapan cahaya matahari menjadi energi listrik. *Polycrystalline* dan *Monocrystalline* termasuk pada silikon berbasis wafer yaitu silikon dengan kemurnian yang tinggi dengan dopingan dari semikonduktor lainnya dan ditambahkan material penyusun seperti kaca maupun besi sehingga mampu diaplikasikan menjadi substrat pada peralatan elektronika yang sangat kecil. Kemudian *thin film silicon* secara sederhana mengurangi penggunaan material tambahan hingga memiliki karakteristik yang tipis.

Ketiga jenis panel surya tersebut memiliki tingkat efisiensi yang berbeda. Tabel efisiensi dari masing-masing panel surya dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 1 Efisiensi modul panel surya

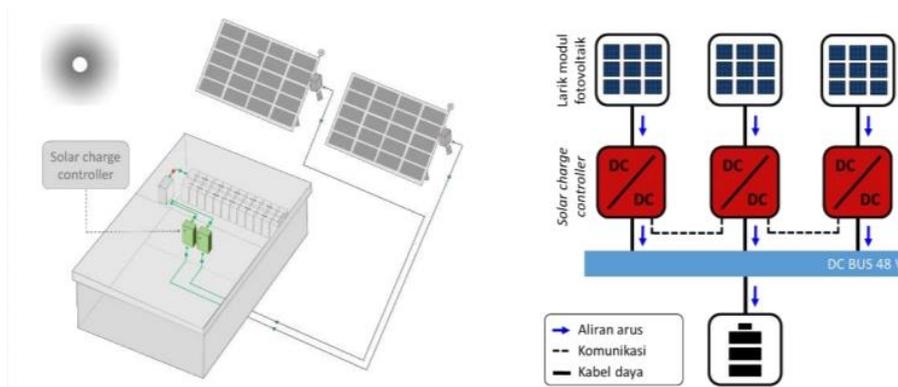
Jenis Panel Surya	Efisiensi Modul
<i>Monocrystalline Silicon</i>	12.5-15%
<i>Polycrystalline Silicon</i>	11-14%
<i>Copper Indium Gallium Selenide (CIGS)</i>	10-13%
<i>Cadmium Telluride (CdTe)</i>	9-12%
<i>Amorphous Thin Film Silicon (a-Si)</i>	5-7%

Sumber: Energy Market Authority, n.d.

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa jenis panel *Monocrystalline Silicon* masih memegang sebagai jenis panel dengan efisiensi tertinggi. Kemudian disusul oleh *Polycrystalline Silicon* dan silikon dengan teknologi *thin film* memiliki tingkat efisiensi penyerapan energi yang paling rendah. Dapat disimpulkan bahwa pengurangan material tambahan juga dapat mengurangi besarnya efisiensi suatu panel walaupun di sisi yang lain pemangkasan biaya pembuatan dan kemudahan dalam mentransportasikan panel surya dapat dipertimbangkan. (Energy Market Authority)

2.1.2.2 *Solar Charge Controller (SCC)*

Solar Charge Controller (SCC) atau biasa disebut sebagai *Battery Charge Regulator (BCR)* merupakan komponen yang berfungsi untuk mengatur muatan pengisian baterai dari panel surya yang telah terpapar cahaya matahari. Perangkat ini mengatur besaran tegangan dan arus pengisian berdasarkan daya yang tersedia dari panel surya dan status pengisian dari baterai (*state of charge*). Hal ini memungkinkan tidak terjadinya *overcharge* pada saat pengisian baterai panel surya (Ramadhani, 2018).

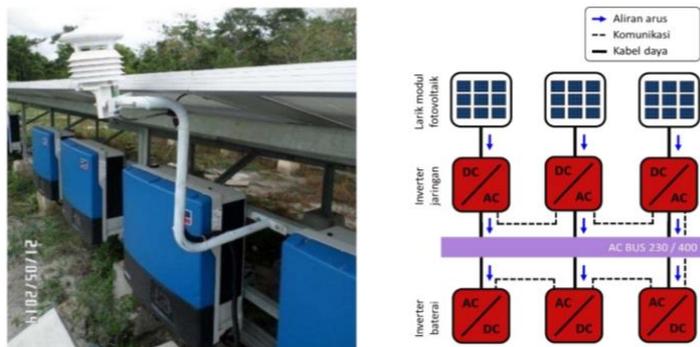


Gambar 5 Skema pemasangan SCC secara umum
(Sumber: Ramadhani, 2018)

Fungsi lain dari SCC yaitu penyeimbangan muatan listrik apabila terjadi degradasi umur baterai. Apabila baterai mengalami penurunan performa dengan pengisian muatan baterai lebih bervariasi maka untuk mengatasi permasalahan tersebut, SCC akan bekerja sebagai penyeimbang muatan yang masuk dan yang masih berada di dalam baterai (Michael Boxwell, 2021).

2.1.2.3 Inverter

Inverter adalah komponen listrik yang mengkonversi besaran listrik DC (*Direct Current*) dari panel surya ataupun baterai menjadi besaran listrik AC (*Alternate Current*) untuk dihubungkan ke beban listrik atau ke grid tergantung dari jenis konfigurasi yang digunakan. Inverter dapat mengoperasikan perangkat AC untuk operasi utama dan menyearahkan listrik DC menjadi besar tegangan yang diinginkan (Samsurizal, Mauriraya, Fikri, Pasra, & Christiono, 2021)

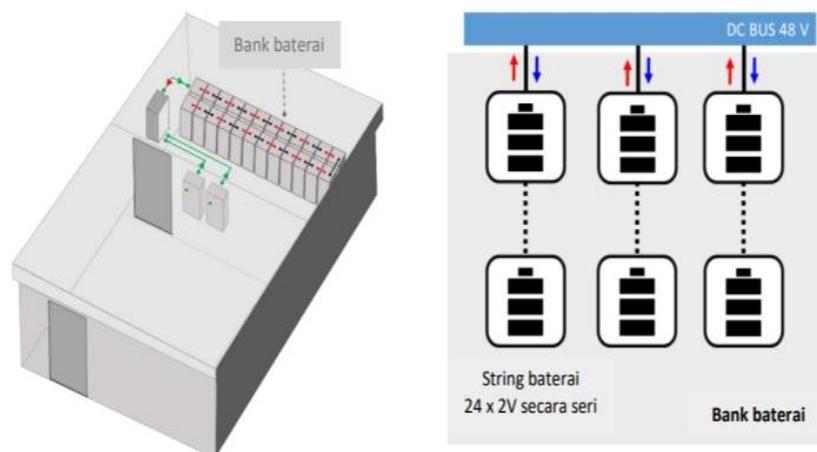


Gambar 6 Alur pemasangan inverter secara umum
(Sumber: Ramadhani, 2018)

Inverter Pada PLTS, inverter satu phase biasanya digunakan untuk sistem dengan beban yang kecil sedangkan untuk inverter tiga phase digunakan untuk sistem dengan beban yang besar maupun sistem yang terhubung dengan jaringan PLN (*grid connected*). Agar gelombang yang dihasilkan berbentuk sinusoidal, teknik yang digunakan adalah *pulse width modulation* (PWM). Teknik PWM ini memungkinkan suatu pengaturan untuk menghasilkan frekuensi yang baik sesuai dengan nilai *root mean square* (rms) dari bentuk gelombang keluaran (Samsurizal, Mauriraya, Fikri, Pasra, & Christiono, 2021).

2.1.2.4 Baterai

Baterai merupakan komponen yang krusial dalam pemasangan panel surya khususnya untuk sistem *off grid*. Baterai digunakan pada sistem PLTS untuk menyimpan energi dari panel surya pada saat matahari bersinar dan kemudian saat malam hari atau kondisi berawan atau cuaca buruk di mana matahari tidak sedang bersinar. Baterai bertindak sebagai penyimpan energi sementara (*buffer*) untuk mengatasi perbedaan listrik dari modul panel surya dan permintaan listrik (Ramadhani, 2018)



Gambar 7 Contoh instalasi umum baterai *lead acid* di rumah baterai
(Sumber: Ramadhani, 2018)

Jenis tipe baterai yang umum digunakan yaitu (Washington State University Extension Energy Program, 2009):

1. Baterai *lead-acid*: Baterai tipe ini paling umum digunakan pada sistem panel surya. Terbagi atas dua jenis yaitu *flooded* dan *sealed*. Jenis *sealed*

lead acid yang paling umum digunakan di sistem *on-grid*. Jenis baterai ini juga tahan tumpahan dan tidak terlalu membutuhkan perawatan periodik. Sedangkan tipe *Flooded lead acid* biasanya lebih terjangkau tetapi membutuhkan penggantian air bulanan untuk menambahkan air yang terbuang selama proses pengisian berlangsung.

2. Baterai alkalin : Penggunaan baterai jenis ini membutuhkan biaya yang lebih mahal dan disarankan untuk digunakan pada suhu yang sangat dingin. Yaitu (direkomendasikan pada 50 derajat Fahrenheit). Keunggulannya meliputi kemampuan untuk menoleransi suhu yang ekstrim, membutuhkan perawatan yang mudah, serta kemampuan untuk melepaskan secara langsung maupun overcharge tanpa mengalami kerusakan.

2.1.2.5 Penyangga modul

Berat dari masing-masing panel surya tentu sangat bervariasi disesuaikan dari jenis dan merk yang digunakan. Umumnya panel surya sendiri memiliki berat sebesar 15-20 kilogram. (Rachmi, et al., 2020) Kemudian, apabila beberapa panel dikombinasikan dalam satu bingkai maka ketika dimiringkan akan memberikan berat yang signifikan. Penyangga modul panel surya dibutuhkan agar atap rumah yang digunakan dapat menyangga panel surya yang dipasangkan.



Gambar 8 Contoh desain penyangga panel surya
(Sumber: id.solar-panel-mounting.com)

Penyangga modul (*support module*) adalah salah satu peralatan pada PLTS yang berfungsi sebagai penopang panel surya (modul fotovoltaic). Penyangga modul biasanya terbuat dari pipa galvanis atau pipa aluminium. Secara teknis, besarnya sudut kemiringan panel surya ditentukan oleh desain kemiringan penyangga modul (Sampeallo, Galla, & Mbakurawang, 2018)

2.1.3 Perhitungan dan pemasangan PLTS

Pembangunan PLTS membutuhkan perhitungan khusus dalam perencanaannya agar mencapai hasil yang lebih efektif dan sesuai dengan kapasitasnya. Perhitungan dalam perencanaan pemasangan PLTS meliputi luasan array panel surya, jumlah panel surya, Arus maksimal dari *charge controller*, serta kapasitas baterai yang akan digunakan (Setiawan, Hendra 2021)

2.1.3.1 Perhitungan luas array panel surya

Hal yang paling pertama yang harus dilakukan pada perencanaan pemasangan panel surya yaitu mengukur besaran luasan array panel surya. Luasan array akan mempengaruhi jumlah panel yang akan digunakan. Besar luasan array dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Gifson, Siregar, & Pambudi, 2020) .

$$Luas\ Array = \frac{ET}{Gav \times TCF \times nPV \times nout} \quad (1)$$

dimana,

Luas array	= Luas permukaan array panel surya (m^2)
ET	= Total pemakaian energi (kWH/hari)
Gav	= Intensitas Radiasi Matahari (kWh/ m^2 /hari)
nPV	= Efisiensi panel surya (%)
nout	= Efisiensi keluaran sistem (%)
TCF	= Faktor koreksi temperatur (%)

2.1.3.2 Perhitungan kapasitas dan jumlah panel surya

Kapasitas daya dari panel dapat ditentukan berdasarkan beberapa faktor yang sudah ada, seperti rata-rata total kebutuhan energi, nilai intensitas radiasi matahari untuk setiap wilayah berbeda-beda, dimana dapat diperoleh melalui dua cara yaitu pengukuran langsung dan melalui data sekunder. Data sekunder diperoleh dari badan atau otoritas yang memiliki kewenangan untuk menerbitkan data iradiasi. Misalnya, NASA, Solargis maupun dari data Meteonorm. Persamaan untuk menghitung kapasitas panel surya dapat dilihat sebagai berikut (Gifson, Siregar, & Pambudi, 2020).

$$PWattpeak = Luas Array \times PSI \times nPV \quad (2)$$

dimana,

$$PSI = Peak Solar Insolation \text{ yaitu } 1.000 \text{ W/m}^2$$

Dari perhitungan kapasitas daya panel surya dapat ditentukan jumlah panelnya sebagai berikut.

$$Jumlah \ modul = \frac{PWattpeak}{PMPP} \quad (3)$$

dimana,

$$PWattpeak = \text{Daya yang dibangkitkan (Wp)}$$

$$PSI = Peak Solar Insulation \text{ yaitu } 1.000 \text{ W/m}^2$$

$$PMPP = \text{Daya maksimum keluaran panel surya (Watt)}$$

2.1.3.3 Perhitungan kapasitas inverter

Kapasitas inverter yang digunakan harus mampu menyalurkan daya yang dikeluarkan dari panel surya (Rachmi, et al., 2020). Kapasitas inverter pada sistem PLTS tidak lagi dibatasi maksimal 100% dari daya yang terhubung dari sumber dalam hal ini PLN. oleh karena itu kapasitas inverter dapat ditentukan berdasarkan besar daya maksimum dari panel surya serta susunan seri paralel array.

$$PMPP = Vmpp \times Impp \quad (4)$$

dimana,

V_{mpp} = Tegangan maksimum saat daya puncak (Volt)

I_{mpp} = Arus maksimum saat daya puncak (A)

2.1.3.4 Perhitungan kapasitas *charge controller*

Penggunaan *charge controller* difungsikan agar dapat mengatur jumlah muatan yang masuk ke dalam baterai agar tidak terjadi *overcharge*. Untuk mendeteksi arus maksimal dari panel surya dapat menggunakan persamaan berikut.

$$I_{max PV} = \text{Arus Puncak } (I_{mpp}) \times \text{Jumlah modul} \quad (5)$$

2.1.3.5 Perhitungan kapasitas baterai

Proses pengisian dan pengosongan disebut satu siklus baterai. Tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge*) baterai biasanya dinyatakan dalam persentase. Misalnya, suatu baterai memiliki DOD 80%, ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia dapat dipergunakan dan 20% tetap berada dalam cadangan. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai dari baterai tersebut. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai maka semakin pendek pula siklus hidup dari baterai tersebut (Diantari, Erlina, & Widyastuti, 2017). Persamaan dalam mengukur kapasitas baterai dapat dilihat sebagai berikut.

$$C = \frac{EL \times N}{V_s \times DoD \times \eta} \quad (6)$$

Keterangan:

C = Kapasitas baterai yang dibutuhkan (Ah)

N = Jumlah hari otonom (hari)

EL = Energi rata-rata di malam hari (kWh)

VS = Tegangan sistem (V)

DoD = *Depth of Discharge* (%)

n = Efisiensi baterai (%)

2.2 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi pada pemasangan PLTS meliputi *Life Cycle Cost*, Biaya investasi awal, Faktor Diskonto, *Cost of Energy*, *Internal Rate of Return*, dan *Payback Periode*.

2.2.1 Life Cycle Cost

Life Cycle Cost (LCC) merupakan Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama sistem tersebut bekerja. LCC merupakan perpaduan biaya investasi awal dan biaya operasional serta perawatannya. Persamaannya sebagai berikut (Hidayat, Winardi, & Nugroho, 2018).

$$LCC = C + MPW \quad (7)$$

dimana,

LCC = Biaya siklus hidup (Rp)

C = Biaya investasi awal + Biaya Penggantian Komponen (Rp)

MPW = Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun umur proyek (Rp)

Besar jumlah pengeluaran tetap untuk biaya pemeliharaan dan operasional tahun sekarang dapat dihitung berdasarkan perkiraan umur proyek yang akan datang. Perhitungan tersebut dapat menggunakan persamaan berikut .

$$MPW = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (8)$$

Keterangan:

MPW = Nilai sekarang biaya tahunan selama umur proyek (Rp)

A = Biaya pemeliharaan tahunan (Rp)

I = Tingkat Diskonto atau Suku bunga (%)

N = Umur proyek (tahun)

2.2.2 Biaya investasi awal

Biaya investasi awal meliputi biaya pembelian komponen-komponen PLTS baik komponen inti maupun penunjangnya, biaya pemasangan, dan upah pekerja

2.2.3 Biaya pemeliharaan dan operasional

Biaya pemeliharaan operasional bergantung pada pembiayaan terhadap komponen yang perlu diganti berdasarkan umur pakai dari baterai. Sedangkan biaya pemeliharaan yaitu penyisihan 1% dari investasi awal selama sistem PLTS berjalan.

$$\text{Biaya Penggantian (RPW)} = \text{Jumlah baterai} \times \text{Biaya Baterai} \quad (9)$$

$$A = 1\% \times I_a \quad (10)$$

dimana,

A = Biaya pemeliharaan

I_a = Total investasi awal

2.2.4 Faktor diskonto

Faktor diskonto merupakan tingkat diskon yang menjadi faktor yang digunakan untuk mendiskon biaya di masa depan dan menerjemahkannya menjadi nilai saat ini. Faktor diskonto dinilai penting untuk membandingkan keuntungan di masa yang akan datang dengan nilai pengeluaran di masa kini.

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (11)$$

dimana,

DF = Faktor Diskonto

I = Tingkat diskonto (%)

N = Periode dalam tahun (umur investasi)

2.2.5 Cost of Energy

Cost of Energy merupakan harga energi dari suatu sistem PLTS adalah hasil bagi antara penjumlahan O&M dengan biaya investasi awal yang telah dikalikan dengan faktor pemulihan modalnya dan total energi yang dihasilkan per tahun. Berikut persamaan dalam menentukan nilai CoE

$$CoE = \frac{LCC+CRF}{A kWh} \quad (12)$$

Keterangan:

CoE = *Cost of Energi* atau Biaya Energi (Rp/kWh)

CRF = Faktor pemulihan modal

A kWh = Energi yang dibangkitkan tahunan (kWh/tahun)

dimana,

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (13)$$

2.2.6 Net Present Value

Net Present Value atau NPV digunakan untuk menganalisis keuntungan dari investasi atau proyek, formula yang digunakan sensitif terhadap perubahan nilai mata uang atau barang. NPV membandingkan nilai uang yang diterima hari ini dan nilai uang pada masa mendatang dengan memasukkan variabel inflasi dan laju pengembalian (Yonata, 2017)

NPV adalah perbandingan antara nilai investasi pasar dan biaya itu sendiri. Jika nilai NPV adalah negatif, maka proyek tidak direkomendasikan untuk dilaksanakan, jika nilainya positif, maka proyek layak untuk dilaksanakan. Nilai NPV bernilai nol berarti tidak ada perbedaan apabila proyek tetap dilaksanakan atau ditolak. (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2016). Rumus untuk menentukan NPV adalah sebagai berikut

$$NPV = -S + \sum_t^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - IA \quad (14)$$

Keterangan:

NCF_t = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n (Rp)

N = Umur investasi (tahun)

I = Suku bunga (%)

IA = Investasi Awal (Rp)

2.2.7 *Internal Rate of Return (IRR)*

Internal Rate of Return mencari suku bunga saat NPV bernilai 0. Hal ini karena pada saat nilai NPV bernilai 0, nilai tingkat bunga yang menjadi titik keseimbangan antara keseluruhan pengeluaran dan pemasukan. Kemudian IRR memberikan informasi mengenai kemampuan pengembalian modal dari aliran dana yang berlangsung (Zacoeb, 2014).

$$IRR = ir \frac{NPV_r}{NPV_t - NPV_r} (it - ir) \quad (15)$$

Keterangan:

IRR = *Internal Rate of Return* (%)

NPV_r = *Net Present Value* dengan suku bunga rendah (Rp)

NPV_t = *Net Present Value* dengan suku bunga tinggi (Rp)

Ir = Suku bunga rendah (%)

It = Suku bunga tinggi (%)

Dimana, NPV_r harus di atas 0 ($NPV_r > 0$) NPV_t harus di bawah 0 ($NPV_t < 0$).

2.2.8 *Profitability Index*

Profitability index adalah alat untuk mengukur potensi suatu nilai investasi atau proyek dengan cara menghitung rasio antara nilai sekarang arus kas masa depan dan investasi awal. Persamaan *Profitability Index* dapat dilihat sebagai berikut (Ross, Westerfield, Jaffe, & Jordan, 2016)

$$PI = \sum_{t=0}^n \frac{NCF_t}{I} \quad (16)$$

Keterangan:

NCFt = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n

II = Investasi awal (Rp)

N = Umur investasi (tahun)

i = Suku bunga (%)

2.2.9 *Payback Periode*

Payback Periode dapat didefinisikan sebagai sejumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya dari investasi. Pada sisi pengguna, investasi ini dikaitkan dengan pemasangan panel surya dalam mengurangi pembiayaan listrik pada periode penggunaannya secara berkelanjutan. Waktu pengembalian modal investasi ini dipengaruhi oleh radiasi matahari. Dimana semakin cerah cahaya matahari yang bersinar, dengan luasan panel surya yang terpasang juga besar maka *payback periode* akan semakin singkat. Persamaan dari *Payback Periode* dapat dilihat sebagai berikut (Jäger, sabella, Smets, Swaij, & Zeman, 2014)

$$PBP = \frac{\text{Modal investasi awal}}{\text{profit}} \quad (17)$$

2.3 Potensi Lokasi Pemasangan PLTS

Komplek Rumah Jabatan Anggota (RJA) Ulujami terletak di kawasan padat penduduk di Kelurahan Ulujami, Kecamatan Pesanggerahan, Jakarta Selatan. Perumahan ini termasuk sebagai perumahan eksklusif yang dikhususkan menjadi rumah tinggal kepada 51 anggota DPR RI dari berbagai fraksi politik. Demi menunjang keberhasilan dalam perancangan, proses pemasangan PLTS tidak akan terlepas dari faktor-faktor lingkungan sekitarnya. Kinerja sistem PLTS dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya: iradiasi matahari yang mudah berubah, perbedaan suhu, posisi (latitude dan longitude), konfigurasi modul, bayangan/shading, dan bentuk permukaan (Setiawan, 2021)

Radiasi matahari merupakan salah satu aspek terpenting dalam menentukan potensi suatu wilayah dalam pemasangan panel surya. Intensitas penyinaran

matahari mengacu pada jumlah energi yang diterima dari sinar matahari dalam bentuk radiasi pada suatu lokasi tertentu dalam satuan waktu tertentu (Pramudita, Aprillia, & Ramdhani, 2021). Semakin besar intensitas penyinaran matahari, maka semakin besar daya yang dihasilkan dari solar panel. Misalnya, pada lokasi kompleks RJA DPR RI Ulujami berdasarkan data dari *software* RETScreen menunjukkan rata-rata radiasi cahaya matahari perhari yaitu 3.98 kWh/m^2 artinya butuh waktu kurang lebih 4 jam untuk menghasilkan 1 kWh daya dari panel surya. Berdasarkan hal tersebut, kondisi intensitas cahaya matahari dinilai baik untuk pemasangan PLTS.

Perbedaan suhu juga mempengaruhi potensi pada pemasangan PLTS. Pada saat permukaan panel surya terpapar matahari, maka seiring waktu menyebabkan peningkatan suhu dan akan menimbulkan panas pada panel akibat kerugian (*losses*) karena cahaya matahari tidak terkonversi secara efisien menjadi energi listrik. Panas yang ditimbulkan menyebabkan perubahan nilai output tegangan dan arus. Suhu rata-rata iklim di lokasi perencanaan PLTS yaitu $22^\circ - 33^\circ$ celcius. Menurut *software* RETScreen menunjukkan rata-rata suhu tahunan yaitu 27° celcius. Adapun suhu ideal untuk panel surya yaitu 25° celcius dengan koefisien resistansi suhu pada tiap produsen panel surya yang berbeda-beda.

Faktor berikutnya yaitu *shading* atau bayangan yang menghalangi cahaya matahari untuk terserap secara maksimal oleh panel surya sehingga mengakibatkan penurunan daya keluaran dari panel. *Shading* ini dapat berupa pohon tinggi yang rimbun, maupun bangunan-bangunan besar di sekitaran lokasi pemasangan PLTS. Untuk kompleks RJA Ulujami, mengingat lokasinya yang terletak di kawasan perumahan padat penduduk maka *shading* dari bangunan besar dapat dihindarkan.

2.4 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Penulis	Metode yang digunakan	Hasil yang Dicapai
1.	ANALISIS TEKNO-EKONOMI TERHADAP DESAIN SISTEM PLTS PADA BANGUNAN KOMERSIAL DI SURABAYA, INDONESIA	KIKI YONATA	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> PVsyst	Tipe modul yang paling sesuai untuk pemasangan PLTS di bangunan komersial yaitu tipe <i>polycrystalline</i> asal pabrikan Indonesia dengan nilai COE Rp965/kWh dengan nilai investasi yang paling murah \$27,566. Kemudian untuk tipe monocrystalline juga, modul berasal dari Indonesia memiliki nilai COE yang paling murah sebesar Rp938/kWh dengan investasi awal untuk membangun sebesar \$26,312.
2.	PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) HYBRID PADA KOMPLEKS PERUMAHAN CITRALAND MAKASSAR	ILHAM AKBAR dan MUHAMMAD ASWAR	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> PVsyst, HOMER, dan SKETCH UP Pro	Perencanaan PLTS menggunakan : Panel surya yang jenis <i>polycrystalline</i> model CS3U-350P HE dengan pabrikan CSI Solar sebanyak 8 unit, konfigurasi panel surya terdiri dari 2 array yang terpasang secara 8 seri dan 4 Paralel. Inverter hybrid model SVP- 4kW pabrikan SAKO sebanyak 1 unit dengan kapasitas 4kW yang telah dilengkapi dengan PWM, SCC, dan ATS. Baterai yang digunakan yaitu baterai jenis LifePO4 dengan spesifikasi 24V 200Ah sebanyak 3 unit.
3.	PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) BERBASIS HOMER DI SMA NEGERI 6 SURAKARTA SEBAGAI	Jaka Windarta, Enda Wista Sinuraya, Ali Zaenal Abidin, Andalas Era Setyawan, Angghika.	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> HOMER.	PLTS yang digunakan akan menggunakan konfigurasi <i>Off-Grid</i> , kapasitas pembangkitan 400 Wp, dilengkapi SCC 40A, Baterai 2×100Ah, dan Inverter 500W. Kemudian dengan menggunakan HOMER, dapat diketahui jumlah daya yang mampu dihasilkan oleh panel surya sebesar 819 kWh/tahun, sedangkan konsumsi beban per tahun sebesar 411 kWh sehingga diperlukan analisis ekonomi sistem PLTS SMAN 6 Surakarta. Dengan investasi awal sebesar \$1493 atau Rp 20.868.600, didapat nilai <i>Net Present Cost</i> sebesar \$1813, nilai <i>Cost of Energy</i> sebesar 0.176 \$/kWh, dan balik modal terjadi pada tahun ke-12.

	SEKOLAH HEMAT ENERGI DAN RAMAH LINGKUNGAN			
4.	ANALISIS EKONOMI ON GRID PLTS UNTUK RUMAH 2200 VA	Brahmantya Aji Pramudita, Bandiyah Sri Aprillia, Mohamad Ramdhani	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> HelioScope	hasil analisis pada rumah teliti diperoleh penurunan daya sebesar 21,89% dibandingkan dengan rumah banding. Sehingga, NPC dapat turun sebesar 13,12%-15,31% dengan rentang tagihan listrik sebesar Rp 23.060.260,00 – Rp 25.195.970,00. Sedangkan, hasil analisis dengan melihat kecepatan modal kembali atau BEP menunjukkan bahwa sistem on grid PLTS pada rumah teliti lebih unggul dibandingkan dengan rumah banding dengan hasil pada jenis BEP <i>Simple Payback</i> sebesar 7,60 tahun dan <i>Discounted Payback</i> sebesar 8,73 tahun.
5.	STUDI PERANCANGAN PHOTOVOLTAIC MODEL ROOFTOP UNTUK SUPLAJ ENERGI LISTRIK FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN	ABDUL MUHAIMIN	Metode observasi lapangan dan menggunakan perhitungan manual.	Hasil dari penelitian membuktikan perancangan PLTS atap di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin membuktikan bahwa perencanaan tanpa menggunakan baterai lebih layak dibandingkan menggunakan baterai. Hal itu dibuktikan dari analisis kelayakan ekonomi dari perancangannya. Dengan kata lain tidak direkomendasikan menggunakan baterai pada sistem ini, karena tidak layak secara ekonomi dan beban hanya digunakan pada siang hari (<i>Working Hours</i>).
6.	ANALISIS EKONOMI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) DI DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS DIPONEGORO	Fian Hidayat, Bambang Winardi, Agung Nugroho	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> PVsyst, HOMER.	Biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk perencanaan sistem PLTS di Departemen Teknik Elektro Universitas Diponegoro adalah sebesar Rp1.586.269.500. Berdasarkan hasil simulasi HOMER besar pendapatan selama 25 tahun sebesar Rp 968.666.432. Setelah dilakukan perhitungan analisis ekonomi teknik untuk sistem PLTS yang akan dirancang dinyatakan tidak layak untuk diinvestasikan, karena pendapatan yang didapat dari penjualan energi listrik dengan harga jual energi listrik ke PLN sebesar Rp 840,2/kWh tidak mampu menutup biaya investasi. Sedangkan pada simulasi PVsyst dengan pendapatan tahun yang sama menghasilkan Rp1.236.214.973. (Tidak layak

				investasi). Pertambahan biaya jual listrik/uji sensitivitas dapat dilakukan untuk menekan investasi awal.
7.	PERANCANGAN TEKNIS DAN ANALISIS EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN SISTEM ON GRID DI KANTOR BUPATI SAMBAS	Ardiansyah, Yandri, Kho Hie Khwee.	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> HelioScope dan Google Earth,	Perancangangan Analisis kelayakan ekonomi PLTS atap di Kantor Bupati Sambas dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu NPV, PI dan DPP. Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai NPV sebesar Rp1.049.692.474,81, yang artinya PLTS atap layak untuk dibangun karena nilai NPV lebih besar daripada 0. Adapun nilai PI yang didapat adalah sebesar 2,09, yang artinya sistem PLTS atap layak untuk dibangun karena Nilai PI lebih besar daripada 0. Sedangkan nilai DPP yang didapat adalah sebesar 8,5 tahun, yang artinya sistem PLTS juga layak untuk dibangun karena nilai DPP lebih kecil dari umur proyek yaitu 25 tahun.
8.	ANALISA KINERJA PLTS ON GRID 50 KWP AKIBAT EFEK BAYANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PVSYSY	Adrian Mansur	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> PVSyst.	Penelitian tersebut membandingkan besar keluaran daya dari PV menggunakan data dari Meteororm dan NASA SSE. Analisis penurunan kinerja dari PLTS disebabkan karena adanya shading (bayangan) dari bangunan dan pohon. Kemudian <i>software</i> PVSyst akan membandingkan besar keluaran apabila dengan pengaruh tersebut. Didapatkan daya keluaran secara real sebesar 70.51 MWh/tahun dengan potensi berdasarkan data meteororm sebesar 72.65 MWh/tahun dan data NASA-SSE sebesar 91.65 MWh/tahun. Sementara berdasarkan simulasi PVSyst dengan data meteororm 7.3 energi produksi dapat dioptimalkan hingga 73.1 MWh/tahun dengan mengatur orientasi azimuth modul sebesar -15° pada kemiringan 12°.
9.	STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS	Retno Aita Diantari, Erlina, Christine Widyastuti	Metode observasi lapangan	Pada penelitian tersebut membuktikan untuk spesifikasi modul panel 260-20 wem. Yang disinari cahaya matahari selama 9 jam dan menghasilkan daya sebesar 1553.82 Watt. Maka mampu mengisi baterai dengan spesifikasi tegangan kerja 12 Volt dan kapasitas arus 150 AH sebanyak empat buah baterai. Maka dari pengujian tersebut maka daya keluaran dari modul yang mengisi baterai dapat bekerja selama 4.63 jam atau 4 jam 38 menit. Adapun daya keluaran dari PLTS

				dapat dipengaruhi beberapa hal seperti intensitas kecerahan cahaya matahari, cuaca, serta bayangan di sekitar panel.
10.	ANALISIS TEKNO EKONOMI PEMASANGAN PLTS ROOFTOP ON GRID 120 KW (STUDI KASUS PLTS DI PT SANTINILESTARI ENERGI INDONESIA)	Muhamad Wahyu Hidayat, Muhammad Jubran Rizqullah, Yogik Indra Lukmanto, Siti Diah Ayu Febriani	Metode observasi lapangan dan perhitungan manual.	Pada penelitian tersebut melakukan analisis tekno-ekonomi untuk memprediksi kelayakan ekonomi yang terpasang pada PLTS di PT Santinilestari Energi Indonesia. Di mana pada penelitian tersebut pembuktian kelayakan menggunakan tiga parameter berupa <i>Net Present Value</i> (NPV), <i>Internal Rate of Return</i> (IRR), <i>Profitability Index</i> (PI), dan <i>Discounted Payback Period</i> (DPP). Dari hasilnya menunjukkan diperoleh nilai NPV sebesar Rp 457.542.400,57; nilai IRR sebesar 8,17% atau lebih besar daripada MARR; nilai PI sebesar 1,32; dan DPP tercapai pada tahun ke-17, sehingga menunjukkan investasi PLTS rooftop On Grid System 120 kW ini layak untuk dilakukan.
11.	ANALISIS LOSSES DAYA SEL SURYA DALAM FABRIKASI MODUL SURYA MONOCRYSTALLINE 330WP PT SANTINILESTARI ENERGI INDONESIA	Yogik Indra Lukmanto, Muhammad Jubran Rizqullah, Mohamad Wahyu Hidayat, Siti Diah Ayu Febriani.	Metode observasi lapangan dan perhitungan manual.	Pada penelitian tersebut membuktikan bahwa dari data modul tester yaitu Pmax tertinggi yang dihasilkan dari fabrikasi modul surya 330WP yaitu sebesar 341,2244 watt dan paling kecil sebesar 337,9535. serta dari hasil Analisa perhitungan daya losses dari perancangan sel surya menjadi modul surya dengan pengetestan akhir pada modul tester, daya losses pada modul surya yang tertinggi yaitu sebesar 4,522% dan losses paling rendah sebesar 3,59% dari daya perancangan awal sel photovoltaic menjadi modul surya. Adapun losses dapat dipengaruhi karena faktor-faktor berikut. Yaitu suhu lingkungan, kualitas kaca pada fabrikasi panel, serta kualitas penyolderan.
12.	ANALISIS SISTEM SUPPLAI LISTRIK DARI PLN DAN PLTS PADA GEDUNG WISMA (SUATU STUDI PENELITIAN DI	Yehezkiel Yuniar Putra,Suyitno M., Imam	Metode observasi lapangan	Pada penelitian tersebut, dilakukan pengukuran menggunakan <i>Power Quality Analyzer</i> untuk melihat sinkronisasi pada sumber PLN dan PLTS di Gedung Utama Pusdiklat Ciracas. Variabel untuk melihat sinkronisasi berupa tegangan, frekuensi, urutan fasa, dan sudut fasa. Dari data pengukuran, rata-rata selisih tegangan pada fasa R adalah 0,396 Volt atau 0,18% dari tegangan utama PLN, rata-rata selisih tegangan pada fasa S adalah 0,22 Volt atau 0,1% dari tegangan

	GEDUNG UTAMA PUSDIKLAT CIRACAS)	Arif Rahardjo.		utama PLN, rata-rata selisih tegangan pada fasa T adalah 0,244 Volt atau 0,11% dari tegangan utama PLN. Sedangkan rata-rata selisih frekuensi PLN dan PLTS adalah 0,036 Hz. Urutan fasa pada sistem PLTS on-grid di gedung wisma sesuai dengan sistem utama PLN, yaitu R-R, S-S, dan T-T. Kemudian, rata-rata selisih sudut fasa pada fasa R adalah 9,76° dengan nilai sudut fasa maksimum 19,7°, rata-rata selisih sudut fasa pada fasa S adalah 4,65° dengan nilai sudut fasa maksimum 10,1°, rata-rata selisih sudut fasa pada fasa T adalah 7,73° dengan nilai sudut fasa maksimum 13,8°. Bila melihat keempat indikator sinkron pada data, maka sistem PLTS on-grid sudah tersinkronisasi dengan sistem PLN.
13.	ANALISIS KELAYAKAN EKONOMI DAN <i>SELF-CONSUMPTION</i> DARI PLTS <i>ON-GRID</i> DAN HIBRID KAPASITAS 1328 KWP	Osea Zebua, Nugraha Wijayawardhana, Zulmiftah Huda.	Metode simulasi dilakukan dengan bahasa pemrograman <i>Phyton</i> .	Pada penelitian ini yaitu menghitung kelayakan ekonomi pada PLTS dengan variabel PLTS <i>on-grid</i> dan hibrida. Kemudian dari hasil perhitungan ditemukan PLTS <i>on-grid</i> memiliki nilai NPV yang lebih besar, nilai persentase IRR yang lebih besar, nilai PBP yang lebih kecil dan nilai PI yang lebih besar dibandingkan dengan PLTS <i>hybrid</i> untuk beban yang sama baik dengan penjualan energi maupun tanpa penjualan energi ke grid. Hal ini berarti secara ekonomis PLTS <i>on-grid</i> lebih layak untuk dipasang dibandingkan dengan PLTS <i>hybrid</i> .
14.	DESIGN AND ECONOMIC ANALYSIS OF A STAND-ALONE PV SYSTEM TO ELECTRIFY A REMOTE AREA HOUSEHOLD IN EGYPT	Abd El-Shafy A. Nafeh	Metode observasi lapangan dan perhitungan manual	Pada penelitian ini yaitu rancang bangun untuk PLTS di yang berdiri sendiri (tanpa terhubung ke sistem jaringan utama) untuk rumah pada daerah terpencil di Mesir. Adapun variabel perhitungannya meliputi beban listrik, data intensitas cahaya matahari. Kemudian dilakukan analisis LCC (<i>Life Cycle Cost</i>) untuk mengetahui biaya investasi dan operasional selama pemasangan. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa penggunaan sistem PV bermanfaat dan cocok untuk investasi jangka panjang khususnya saat biaya pemasangan menurun dan efisiensi berkembang menjadi lebih baik..
15.	PERFORMANCE OF ROOFTOP PHOTOVOLTAIC SYSTEM WITH ADDITIONAL	Subur Priyon, Wahyu Wilopo,	Metode observasi lapangan	Pada penelitian tersebut, membuktikan keefektivitas dari PLTS yang diberikan sistem pendinginan bersifat loop. Panas dapat menimbulkan rugi-rugi yang menyebabkan tingkat penyerapan energi matahari dapat menurun. Hasil dari penelitian tersebut yaitu performa dari modul surya meningkat 15.7% selama

	WATER COOLING SYSTEM	Mohammad Kholid Ridwan.		pengujian tujuh hari. Walaupun dari sisi ekonomi teknik menunjukkan bahwa sistem pendinginan tersebut baru akan mengembalikan modal investasi ketika mencapai dua tahun.
16.	IMPLEMENTASI PLTS SEBAGAI PENGGANTI SUMBER ENERGI LISTRIK UTAMA RUMAH TANGGA 1300VA	Hendra Setiawan	Metode observasi lapangan	Pada makalah ini, disajikan proses implementasi PLTS tipe hybrid off-grid sebagai sumber utama energi listrik di sebuah rumah yang sebelumnya menggunakan sumber PLN 1300VA. Hasil perhitungan di proses perancangan diperoleh spesifikasi komponen utama PLTS terdiri dari panel surya 3,2kWp, inverter 3000W, dan 48V baterai LiFePO4 200Ah. Total investasi awal implementasi PLTS tersebut sekitar 53 juta rupiah. Selama 4 bulan implementasi, total energi yang dihasilkan dari panel surya selama 4 bulan sebesar 1478kWh. Sistem PLTS berhasil menjadi sumber energi utama di siang hari walaupun kondisi sedang berawan atau hujan, dan belum pernah terjadi listrik padam karena tidak tersedianya pasokan dari PLTS dan PLN.
17.	ANALISIS PERENCANAAN PLTS ON GRID MENGGUNAKAN HELIOSCOPE (STUDI KASUS PLTS ON GRID 40 KWP DI GEDUNG ASRAMA PUTRI UNIVERSITAS AIRLANGGA)	Fakhriza Anwar, Tri Rijanto	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> Helioscope	Pada penelitian ini yaitu perencanaan PLTS dengan menggunakan <i>software</i> Helioscope untuk melihat simulasi dari PLTS tersebut selama dua bulan di Gedung Asrama Putri Universitas Airlangga. Dari penelitian tersebut didapatkan kesimpulan bahwa Selama bulan Mei dan Juni, PLTS di Asrama Putri Universitas Airlangga telah menghasilkan total energi listrik sebesar 6202 kWh dengan rata-rata harian sebesar 101,67 kWh. Meskipun performa PLTS tidak optimal, dengan performa ratio (PR) sebesar 55% pada bulan Mei dan 46% pada bulan Juni, hal ini sesuai dengan hasil simulasi yang dilakukan oleh perangkat lunak HelioScope.
18.	STUDI PERFORMANCE PLTS ROOFTOP 3KWP FRAMELESS WITH ON-	Gede Agus Ryzky Martha1, Ida	Metode observasi lapangan dan menggunakan	Pada penelitian ini membahas mengenai perencanaan PLTS dengan standar IEC 61724. Hasil penelitian pada pengukuran sudut kemiringan PLTS dengan Protractor Tool sebesar 18° dengan perhitungan sudut kemiringan optimal PLTS

	GRID SYSTEM DI LINGKUNGAN PERUMAHAN KORI NUANSA JIMBARAN	Ayu Dwi Giriantari, dan I Wayan Sukerayasa.	<i>software</i> PVsyst, HOMER.	sebesar 14,66°. Radiasi rata-rata 4,39 hour dengan hasil energy yield (YF) 4.518,7 kWh/year, energy ideal (YR) 5.311,79 kWh/year dengan Performance Ratio (PR) sebesar 85%. Hal ini telah sesuai dengan standar referensi PR (Performance Ratio) yang ada dimana range antara 70% hingga 90%. Hasil PR menunjukkan performance daripada sistem PLTS baik karena berada diatas 70% sehingga layak dioperasikan selama 25 tahun atau dibawah 25 tahun.
19.	ESTIMASI POTENSI ENERGI DAN BIAYA SISTEM PLTS (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA) SKALA RESIDENSIAL BERBASIS LOKASI DAN KONSTRUKSI BANGUNAN	Lexy Akbar	Metpde observasi lapanga dan perhitungan dengan <i>software</i> Microsoft Excel 2016	Dari analisa yang telah dibahas, penulis dapat menarik kesimpulan bahwa posisi matahari bergantung pada sudut latitude dan longitude suatu tempat. Pada kali ini sudut tersebut berada di Kota Surabaya. Posisi matahari terbentuk atas dua sudut yaitu sudut altitude dan sudut azimuth untuk kemudian kedua sudut ini diperlukan dalam menghitung nilai iradiansi ideal yang terjadi disuatu tempat. Rumah yang terletak di Jl. Keputih 1A no 43 mendapatkan nilai iradiansi total untuk kedua sisi atapnya yang diberikan panel surya adalah sebesar 8.464.500 kWh/tahun. Untuk kebutuhan biaya instalasi yang diperlukan dengan kapasitas maksimum PLTS 3000 Wp adalah Rp. 72.663.400.
20	SIMULASI OPTIMASI KAPASITAS PLTS ATAP UNTUK RUMAH TANGGA DI SURABAYA	Elieser Tarigan	Metode observasi lapangan dan menggunakan <i>software</i> PVSpot dan SolarGIS	Studi kasus dilakukan terhadap sebuah rumah dengan perkiraan beban PLN terpasang 2,2 kVA dan kebutuhan energi listrik sekitar 13 kWh/hari, yang berada di Surabaya. Energi keluaran system PLTS disimulasikan dengan software PVSpot dan SolarGIS. Untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga dalam studi kasus, sistem PLTS yang optimum adalah sekitar 3 kWp dengan sistem inverter yang sesuai. Energi keluaran rata rata bulanan sistem PLTS tersebut adalah 350 kWh dengan rentang terendah dan tertinggi masing-masing 203 kWh dan 350 kWh per bulan. Energi tersebut dapat memenuhi 90% kebutuhan energi rumah yang disimulasikan.