

**SKRIPSI**

**STUDI KELAYAKAN PENAMBAHAN PLTB PADA SISTEM  
HYBRID PULAU KARANRANG KABUPATEN PANGKEP**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**SAHID PANGAMPE  
D041 19 1090**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****STUDI KELAYAKAN PENAMBAHAN PLTB PADA SISTEM  
HYBRID PULAU KARANRANG KABUPATEN PANGKEP**

Disusun dan diajukan oleh

**Sahid Pangampe**

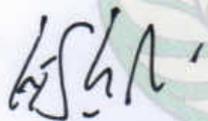
**D041191090**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada Tanggal 23 Januari 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



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



Ir. Hasniaty A., S.T., M.T., Ph.D.  
NIP 197412052000122001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. IPM  
NIP 19691026 199412 2 001



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sahid Pangampe  
NIM : D041191090  
Program Studi : Teknik Elektro  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **STUDI KELAYAKAN PENAMBAHAN PLTB PADA SISTEM *HYBRID* PULAU KARANRANG**

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, 25 Januari 2024

Yang Menyatakan



Sahid Pangampe



## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulisan tugas akhir dengan judul “**Studi Kelayakan Penambahan Turbin Angin Pada Sistem Hybrid Pulau Karanrang Kabupaten Pangkep**” dapat terselesaikan. Salam dan shalawat senantiasa selalu terkirim kepada Nabi Muhammad SAW, suri tauladan bagi semua umat manusia.

Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam penyelesaian studi program sarjana di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Tentunya dalam menyelesaikan tugas akhir ini banyak rintangan yang dihadapi, namun penulis tetap berusaha untuk menyelesaikan tugas akhir dengan sebaik-baiknya. Hal tersebut tentu tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, maka dari itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Orangtua penulis **Usman** dan **Salwiah** yang senantiasa memberikan dukungan dalam bentuk moral dan materi.
2. Bapak **Dr. Ir. Ikhlas Kitta, S.T., M.T.** selaku pembimbing I dan Ibu **Ir. Hasniaty A., S.T., M.T., Ph.D** selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu memberikan arahan, masukan, dan motivasi.
3. Bapak **Ir. Gassing, M.T.** dan Bapak **Ir. Tajuddin Waris, M.T.** selaku penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ibu **Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.** selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak **Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc.** selaku Rektor Universitas Hasanuddin.



7. Seluruh dosen dan pegawai Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu dan bantuan yang diberikan selama penulis menempuh masa studi.
8. Seluruh aparat dan warga Pulau Karanrang terkhusus Ibu **Masnia** yang telah memfasilitasi penulis selama pengambilan data.
9. **Zilpa, Edo, Tasya, dan Nurfadil** yang telah membantu penulis mengambil data pada Pulau Karanrang.
10. Teman-teman **TR19GER** yang selalu kebersamai dan mewarnai kisah penulis selama masa studi.
11. Keluarga **Himpunan Mahasiswa Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin** yang menjadi tempat berproses penulis dengan berbagai cerita baik suka maupun duka.
12. Kanda-kanda senior yang telah mengarahkan dan membantu penulis selama masa studi.
13. Seluruh pihak yang telah terlibat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang penulis tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu saran dan kritik sangat diharapkan dalam penyempurnaan penulisan ini.

Gowa, 31 Desember 2023

Penulis



## ABSTRAK

**SAHID PANGAMPE.** *STUDI KELAYAKAN PENAMBAHAN PLTB PADA SISTEM HYBRID PULAU KARANRANG* (dibimbing oleh Ikhlas Kitta dan Hasniaty A.)

Kebutuhan akan energi semakin besar seiring dengan penambahan penduduk dan meningkatnya aktivitas masyarakat, sehingga kita dituntut untuk mencari sumber-sumber energi lain yang dapat diperbaharui seperti energi angin. Daerah pesisir dan kepulauan memiliki potensi energi angin yang besar, salah satunya yaitu Pulau Karanrang Kabupaten Pangkep. Sistem kelistrikan pada Pulau Karanrang saat ini menggunakan PLTD yang beroperasi pada malam hari dan PLTS yang beroperasi pada siang hari. Namun, kondisi kelistrikan Pulau Karanrang pada siang hari masih belum optimal dikarenakan PLTS memiliki sifat yang intermiten. Maka dari itu, penelitian ini mengkaji kelayakan turbin angin untuk ditambahkan pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang. Analisis dilakukan menggunakan *software* HOMER yang membutuhkan variabel profil beban listrik, dan profil pembangkit eksisting pada Pulau Karanrang. Pada penelitian ini dilakukan perkiraan kebutuhan beban dengan pola 24 jam, kemudian pengujian 4 skenario sistem pembangkit yaitu Skenario 1 (PLTD), Skenario 2 (PLTS), Skenario 3 (PLTD+PLTS+PLTB), dan Skenario 4 (PLTS+PLTB). Kebutuhan energi listrik pada Pulau Karanrang sebesar 4.113,9 kWh/hari. Hasil yang didapat pada skenario 1 yaitu pembangkit tidak mampu memenuhi kebutuhan beban, skenario 2, skenario 3, dan skenario 4 yaitu pembangkit mampu memenuhi kebutuhan beban. Skenario 3 dengan total produksi energi 2.338.549 kWh/tahun merupakan skenario terbaik, karena memiliki kelebihan energi yang paling sedikit yaitu dan nilai NPC (*Net Present Cost*) terendah.

Kata Kunci: Turbin Angin, Hybrid, HOMER



## ABSTRACT

**SAHID PANGAMPE.** *FEASIBILITY STUDY OF SUPPLEMENTARY HYBRID WIND ENERGY POWER PLANT SYSTEM IN KARANRANG ISLAND PANGKEP DISTRICT* (supervised by Ikhlas Kitta and Hasniaty A.)

The demand for energy is increasing in parallel with population growth and the rise in community activities, prompting the exploration of alternative renewable energy sources, such as wind energy. Coastal and island regions, including Karanrang Island in Pangkep Regency, have substantial wind energy potential. The power system on Karanrang Island currently utilizes a hybrid of PLTD, which functions during the night, and PLTS, which functions during the day. However, due to the intermittent nature of PLTS, Karanrang Island's daytime electrical supply is still inadequate. Hence, this study investigates the feasibility of integrating wind turbines into the Karanrang Island hybrid system. The analysis was conducted using the HOMER software, which requires variables such as the electrical load profile and the existing generation profile on Karanrang Island. This study involved a 24-Hour load demand profile, followed by evaluating four generating system scenarios. These scenarios include Scenario 1 (PLTD), Scenario 2 (PLTS), Scenario 3 (PLTD+PLTS+PLTB), and Scenario 4 (PLTS+PLTB). The electrical energy demand on Karanrang Island is 4113.9 kilowatt-hours per day. In scenario 1, the plant fails to fulfill load requirements, while in scenarios 2, 3, and 4, the plant successfully meets load requirements. The optimal scenario is Scenario 3, which generates a total energy production of 2,338,549 kWh/year. This scenario is preferred due to its little extra energy and the lowest Net Present Cost (NPC) value.

Keywords: Wind Turbine, Hybrid, HOMER



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Penelitian Terkait.....	5
2.2 Pulau Karanrang .....	6
2.3 Potensi Energi.....	6
2.3.1 Potensi energi surya .....	8
2.3.2 Potensi energi angin .....	9
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga <i>Hybrid</i> (PLTH).....	13
2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) .....	14
2.5.1 Komponen PLTS .....	15
2.5.2 Sistem PLTS .....	17
2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).....	20
2.6.1 Komponen PLTB.....	20
2.6.2 Sistem PLTB .....	23
2.6.3 Jenis-Jenis PLTB .....	25
2.7 Homer .....	26
2.8 Analisis Ekonomi dan Kelayakan Investasi .....	27
2.8.1 Analisis Ekonomi .....	27
2.8.2 Analisis Kelayakan Investasi .....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>32</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	32
3.2 Waktu Penelitian .....	32
3.3 Alat dan Bahan .....	32
3.4 Variabel Penelitian .....	33
3.5 Prosedur Penelitian.....	33
3.6 Teknik Analisis.....	33
3.7 Simulasi HOMER.....	33
3.7.1 Skenario 1 (PLTD) .....	34
3.7.2 Skenario 2 (PLTS).....	34
3.7.3 Skenario 3 (PLTD+PLTS+PLTB) .....	35
3.7.4 Skenario 4 (PLTS+PLTB) .....	35
Diagram alir penelitian .....	36



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	37
4.1 Profil beban Pulau Karanrang .....	37
4.2 Perancangan sistem <i>hybrid</i> .....	44
4.2.1 Data kecepatan angin .....	44
4.2.2 Data Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) .....	45
4.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	45
4.2.4 Baterai .....	46
4.2.5 Inverter .....	46
4.2.6 Turbin angin .....	47
4.2.7 Data asumsi proyek.....	48
4.3 Hasil pengujian skenario .....	49
4.3.1 Skenario pertama (eksisting 1).....	49
4.3.2 Skenario kedua (eksisting 2) .....	51
4.3.3 Skenario ketiga.....	53
4.3.4 Skenario keempat.....	57
4.4 Evaluasi penambahan PLTB pada sistem <i>hybrid</i> Pulau Karanrang .....	60
4.5 Evaluasi lahan pemasangan turbin angin .....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65
LAMPIRAN .....	67



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Potensi dan kapasitas pembangkit listrik EBT tahun 2021 .....	7
Tabel 2. Waktu pelaksanaan penelitian .....	32
Tabel 3. Alat dan bahan .....	32
Tabel 4. Data pembangkitan Pulau Karanrang .....	40
Tabel 5. Perkiraan beban pola 24 jam Pulau Karanrang .....	41
Tabel 6. Hasil penjabaran beban pola 24 jam .....	42
Tabel 7. Data kecepatan angin pada Pulau Karanrang .....	44
Tabel 8. Data PLTD .....	45
Tabel 9. Data modul surya .....	45
Tabel 10. Data baterai .....	46
Tabel 11. Data Inverter .....	46
Tabel 12. Data turbin angin .....	48
Tabel 13. Data asumsi proyek .....	48
Tabel 14. Data produksi skenario pertama .....	50
Tabel 15. Ringkasan produksi PLTD 1 skenario 1 .....	50
Tabel 16. Ringkasan produksi PLTD 2 skenario 1 .....	50
Tabel 17. Ringkasan produksi PLTD autosize skenario 1 .....	50
Tabel 18. Data produksi skenario kedua .....	51
Tabel 19. Ringkasan produksi PV skenario 2 .....	52
Tabel 20. Ringkasan produksi baterai skenario 2 .....	52
Tabel 21. Ringkasan produksi inverter skenario 2 .....	52
Tabel 22. Data produksi skenario ketiga .....	53
Tabel 23. Ringkasan produksi PLTD 1 skenario 3 .....	54
Tabel 24. Ringkasan produksi PLTD 2 skenario 3 .....	54
Tabel 25. Ringkasan produksi PV skenario 3 .....	54
Tabel 26. Ringkasan produksi turbin angin skenario 3 .....	54
Tabel 27. Ringkasan produksi baterai skenario 3 .....	55
Tabel 28. Ringkasan produksi inverter skenario 3 .....	55
Tabel 29. Data produksi skenario keempat .....	57
Tabel 30. Ringkasan produksi PV skenario 4 .....	58
Tabel 31. Ringkasan produksi turbin angin skenario 4 .....	58
Tabel 32. Ringkasan produksi baterai skenario 4 .....	58
Tabel 33. Ringkasan produksi inverter skenario 4 .....	58
Tabel 34. Ringkasan evaluasi penambahan PLTB .....	60



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sirkulasi angin laut dan darat (Sumber : Budiyanto, 2021) .....	10
Gambar 2. Sirkulasi angin lembah dan gunung (Sumber : Budiyanto, 2021) .....	11
Gambar 3. Sirkulasi angin musim (Sumber : Budiyanto, 2021) .....	11
Gambar 4. Rata-rata kecepatan angin Pulau Karanrang (Sumber : Global Wind Atlas, 2023) .....	13
Gambar 5. Topologi PLTS standalone .....	18
Gambar 6. Topologi PLTS on-grid .....	19
Gambar 7. Topologi PLTS hybrid .....	20
Gambar 8. Komponen penampang turbin angin ( Sumber : ESDM, 2019) .....	21
Gambar 9. Topologi PLTB sistem standalone (Sumber : ESDM, 2019) .....	23
Gambar 10. Topologi PLTB sistem hybrid bus AC (Sumber : ESDM, 2019) .....	24
Gambar 11. Topologi PLTB sistem on-grid (Sumber : ESDM, 2019) .....	24
Gambar 12. Turbin angin tipe HAWT .....	25
Gambar 13. Turbin angin tipe VAWT .....	26
Gambar 14. Lokasi Penelitian (Sumber : Google Earth, 2018) .....	32
Gambar 15. Skematik Skenario 1 .....	34
Gambar 16. Skematik Skenario 2 .....	34
Gambar 17. Skematik Skenario 3 .....	35
Gambar 18. Skematik Skenario 4 .....	35
Gambar 19. Diagram alir penelitian .....	36
Gambar 20. PLTD 1 Pulau Karanrang .....	37
Gambar 21. PLTD 2 Pulau Karanrang .....	37
Gambar 22. PLTD emergency Pulau Karanrang .....	38
Gambar 23. Panel surya Pulau Karanrang .....	38
Gambar 24. Inverter Pulau Karanrang .....	38
Gambar 25. Baterai Pulau Karanrang .....	39
Gambar 26. Grafik pembangkitan Pulau Karanrang .....	39
Gambar 27. Grafik beban pola 24 jam Pulau Karanrang .....	42
Gambar 28. Tampilan profil beban pada HOMER .....	43
Gambar 29. Grafik kecepatan angin Pulau Karanrang (Sumber : NASA, 2013) ..	45
Gambar 30. Karakteristik pembangkitan daya listrik pada PLTB .....	47
Gambar 31. Skematik skenario pertama .....	49
Gambar 32. Ringkasan biaya skenario 1 .....	51
Gambar 33. Skematik skenario kedua .....	51
Gambar 34. Ringkasan biaya skenario kedua .....	53
Gambar 35. Skematik skenario ketiga .....	53
Gambar 36. Produksi energi listrik bulanan skenario 3 .....	55
Gambar 37. Ringkasan biaya skenario 3 .....	56
Gambar 38. Grafik aliran biaya investasi skenario 3 .....	56
Gambar 39. Skematik skenario keempat .....	57
Gambar 40. Produksi energi listrik bulanan skenario 4 .....	59
Gambar 41. Ringkasan biaya skenario 4 .....	59
Gambar 42. Opsi pemasangan turbin angin .....	61
Gambar 43. Opsi pertama lokasi pemasangan turbin angin .....	62
Gambar 44. Opsi kedua lokasi pemasangan turbin angin .....	62



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuesioner penelitian .....	68
Lampiran 2. Inflation Rate Indonesia.....	69
Lampiran 3. Discount Rate Indonesia.....	69
Lampiran 4. Spesifikasi panel surya .....	70
Lampiran 5. Spesifikasi turbin angin .....	71
Lampiran 6. Spesifikasi Baterai .....	72
Lampiran 7. Spesifikasi inverter .....	74
Lampiran 8. Report skenario 1 .....	76
Lampiran 9. Report skenario 2.....	88
Lampiran 10. Report skenario 3.....	99
Lampiran 11. Report skenario 4.....	113



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi listrik semakin besar seiring dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya aktivitas masyarakat. Pertumbuhan ini harus diimbangi dengan penambahan sumber-sumber energi baru. Sebagian besar energi yang kita gunakan sekarang berasal dari minyak bumi, tidak bisa diperbaharui dan akan habis jika kita gunakan secara terus menerus. Berdasarkan *Outlook Energi Indonesia 2022*, produksi minyak bumi selama 10 tahun terakhir menunjukkan kecenderungan menurun, dari 315 juta barel pada tahun 2012 menjadi sekitar 240 juta barel di tahun 2021. Sehingga kita dituntut untuk mencari sumber-sumber energi lain yang sedapat mungkin sumber energi tersebut dapat diperbaharui atau terbarukan.

Energi angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber energi alternatif dari minyak bumi. Berdasarkan survei Lembaga Antariksa dan Penerbangan Nasional (LAPAN) di dua puluh daerah di Indonesia, kecepatan angin rata-rata di Indonesia per tahun sekitar 2 sampai 6 m/s. Survei tersebut diperkuat dengan *Outlook Energi Indonesia 2019* dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (ESDM), yaitu potensi energi angin di Indonesia sebesar 60,6 GW. Hal ini dikarenakan wilayah Indonesia sebagian besar terdiri dari pulau-pulau, di mana potensi kecepatan tiup angin lebih besar terjadi pada daerah pesisir dan pulau-pulau kecil. Salah satu pulau yang terdaftar di Direktori Pulau-Pulau Kecil Indonesia yaitu Pulau Karanrang, yang secara administratif masuk pada wilayah Desa Mattiro Bulu, Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan.

Sistem kelistrikan di Pulau Karanrang menggunakan Pembangkit Listrik Diesel (PLTD) dan Pembangkit Listrik tenaga Surya (PLTS). Di mana operasi setiap harinya selama 12 jam yaitu pada pukul 18.00 sampai .00 dan PLTS beroperasi setiap harinya kurang lebih selama 8 jam dari



pukul 08.00 sampai pukul 16.00. Namun berdasarkan hasil survei langsung di Pulau Karanrang, terdapat kondisi tidak ada penyaluran tenaga listrik pada siang hari karena sistem PLTS sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari. Intensitasnya akan menurun jika cuaca mendung atau curah hujan tinggi dan datangnya waktu malam hari (Yuliananda, Sarya, & Hastijanti, 2015). Hal inilah yang menyebabkan suplai energi listrik di Pulau Karanrang belum optimal.

Maka dari itu perlu dilakukan penelitian mengenai “**STUDI KELAYAKAN PENAMBAHAN PLTB PADA SISTEM *HYBRID* PULAU KARANRANG KABUPATEN PANGKEP**”. Agar potensi energi yang ada pada Pulau Karanrang dapat dimanfaatkan dengan baik dan masyarakat dapat menikmati fasilitas listrik dengan lebih baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang dijelaskan diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan tersebut dalam beberapa poin sebagai berikut:

1. Bagaimana prospek sistem pembangkit listrik *hybrid* pada Pulau Karanrang sebelum di tambahkan PLTB?
2. Apakah penambahan PLTB pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang dapat memenuhi beban listrik pada Pulau Karanrang dengan optimal?
3. Bagaimana analisis ekonomi dari penambahan PLTB pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sesuai dengan rumusan masalah yang ada yaitu :

1. Mengetahui prospek sistem pembangkit listrik *hybrid* pada Pulau Karanrang sebelum di tambahkan PLTB.
2. Mengetahui seberapa optimal penambahan PLTB pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang.
3. Mengetahui analisis ekonomi dari penambahan PLTB pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang.



## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah:

1. Memberikan wawasan tentang penambahan PLTB pada sistem *hybrid*.
2. Sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan.

## 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dimaksud ditujukan agar menghindari penyimpangan maupun pelebaran pokok penelitian. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penambahan PLTB diterapkan pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang.
2. Kapasitas dari tiap-tiap komponen pembangkit listrik sistem *hybrid* berdasarkan data komponen pembangkit pada Pulau Karanrang dan tidak dilakukan perhitungan kembali untuk penambahan PLTB.
3. Pengambilan data kecepatan angin tidak dilakukan pengukuran langsung pada lokasi, tetapi berdasarkan pada data NASA.
4. Pembahasan dari aspek teknis dan keekonomian berupa perhitungan biaya energi dan analisis kelayakan investasi penambahan PLTB pada sistem *hybrid* Pulau Karanrang menggunakan analisis dari *software* HOMER.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini yaitu :

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian yang diperoleh dari sumber yang relevan dengan penelitian ini.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

la bab ini berisi tentang lokasi penelitian, waktu penelitian, alat dan uriabel penelitian, prosedur penelitian, teknik analisis, simulasi HOMER, am alir penelitian.



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

Pada bab ini berisi tentang kondisi kelistrikan Pulau Karanrang, potensi energi angin pada Pulau Karanrang, profil beban, perancangan sistem *hybrid*, dan hasil simulasi skenario dengan HOMER.

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

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian ini dan saran yang ditujukan untuk pembaca maupun penelitian selanjutnya yang berkaitan agar penelitian ini lebih optimal.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian pertama yang berkaitan yaitu penelitian dengan judul “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* Surya Bayu di Kota Bandung” dengan penulis Hadiatna, F. dkk (2023). Penelitian ini dilakukan analisis studi kelayakan potensi pembangkit listrik tenaga *hybrid* dengan sumber energi terbarukan surya dan bayu untuk skala rumah tangga di daerah Kota Bandung, dengan beban yang digunakan sebesar 4.896 Wh setiap harinya. Analisis dilakukan dengan *software* HOMER untuk menentukan nilai investasi dari pembangkit yang dirancang serta produksi energi listrik yang dihasilkan. Hasil dari penelitian ini adalah sistem pembangkit *hybrid* yang dirancang mampu menghasilkan daya sebesar 2.313 kWh/tahun dengan perbandingan 48,7% dari sumber energi angin, 20,8% surya, serta 9,7% dari PLN. Nilai investasi dari sistem pembangkit yang dirancang yaitu Rp32.910.770 untuk NPC, dengan IRR yang dihasilkan adalah 13%.

Penelitian kedua yang berkaitan yaitu penelitian dengan judul “Studi Perencanaan Sistem Tenaga Listrik *Hybrid* Untuk Penerapan Daerah Terisolir (Studi Kasus : Pulau Barrang Lompo)” dengan penulis ((Riskawati, 2022). Pada penelitian ini dilakukan analisis perencanaan pembangkit listrik *hybrid* penerapan PLTS terhadap pembangkit eksisting pada Pulau Barrang Lompo dengan beban 6.065 kWh/hari. Analisis kelayakan investasi dan produksi energi listrik dilakukan menggunakan *software* HOMER terhadap beberapa skenario, yaitu skenario 1 (PLTD), skenario 2 (PV), skenario 3 (PLTD+PV+*Storage*), dan skenario 4 (PLTD+PV). Hasil yang didapat adalah skenario dengan optimasi terbaik berdasarkan NPC terendah yaitu skenario 3, dimana total NPC sebesar Rp69.064.739.070 dengan energi yang dihasilkan sebesar 2.916.609 kWh/tahun.



## 2.2 Pulau Karanrang

Pulau Karanrang merupakan salah satu pulau yang ada di Provinsi Sulawesi Selatan dan secara administratif masuk pada wilayah Desa Mattiro Bulu, Kecamatan Liukang Tupabbiring Utara, Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan. Secara geografis, Pulau Karanrang terletak pada titik koordinat  $4^{\circ}51'24.000''\text{LS}, 119^{\circ}23'5.000''\text{BT}$ , dimana jarak dari Pelabuhan Paotere Makassar ke Pulau Karanrang yaitu  $\pm 29$  km dan jarak dari Dermaga Maccini Baji Pangkep ke Pulau Karanrang yaitu  $\pm 15$  km. Pulau Karanrang memiliki wilayah seluas  $213.558,7460980 \text{ m}^2$  dengan jumlah penduduk yang cukup padat yaitu sekitar 4000 jiwa dan 900 kepala keluarga.

Pulau Karanrang memiliki PLTD berjumlah 3 unit, dimana 2 unit dengan kapasitas terpasang 130 kW beroperasi selama 12 jam pada waktu 18.00 sampai 06.00 dan 1 unit dengan kapasitas terpasang 100 kW berfungsi sebagai generator *emergency*. Pada Pulau Karanrang terdapat juga PLTS yang digunakan sebagai pasokan listrik ketika siang hari dengan waktu operasi kurang lebih selama 8 jam tergantung kondisi sinar matahari pada saat itu. Pada saat kondisi PLTS tidak beroperasi, masyarakat menggunakan *Generator Set* (Genset) pribadi untuk memenuhi kebutuhan listrik seperti pada masjid dan fasilitas umum lainnya.

## 2.3 Potensi Energi

Energi dibutuhkan bagi aktivitas manusia terutama untuk kegiatan perekonomian, rumah tangga, industri, bisnis serta transportasi. Sebagian besar suplai energi di dunia berasal dari bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya non-terbarukan. Kebutuhan energi diperkirakan terus meningkat, sementara sumber cadangan minyak bumi dan batu bara jumlahnya semakin menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil sebagai energi berkontribusi terhadap kelebihan karbon di atmosfer sehingga menyebabkan pemanasan global. Oleh karenanya, perlu adanya suplai dari energi alternatif selain minyak bumi dan batu bara.

Energi baru dan terbarukan menjadi salah satu sumber alternatif penyediaan karena selain memiliki dampak yang rendah terhadap kerusakan alam, juga menjamin keberlanjutan energi hingga masa mendatang (Ulina, Farman, & Nugraha, 2022)



Dalam istilah dasar, daya berkelanjutan dicirikan sebagai energi yang dapat dipulihkan (tidak habis-habisnya) seperti siang hari, air, panas bumi dan angin. Sumber daya berkelanjutan tidak berbahaya bagi ekosistem sumber energi yang tidak mencemari iklim dan tidak menambah perubahan lingkungan dan perusakan atmosfer berbahaya seperti sumber konvensional lainnya. Inilah pembenaran mendasar mengapa energi berkelanjutan begitu erat kaitannya dengan isu-isu alam dan lingkungan menurut banyak orang. Tenaga ramah lingkungan di Indonesia terdiri dari energi berorientasi matahari, energi angin, biomassa, energi air, energi panas bumi dan lain-lain. Energi berbasis matahari di Indonesia menggunakan PV bertenaga matahari yang menggunakan sebagian cahaya matahari secara langsung untuk menghasilkan tenaga. Kecepatan angin di Indonesia memiliki potensi yang luar biasa, khususnya di daerah tepi laut (Ulina et al., 2022).

Tabel 1. Potensi dan kapasitas pembangkit listrik EBT tahun 2021

Komoditas EBT	Total potensi 2021 (GW)	Kapasitas pembangkit listrik (GW)	Pemanfaatan (%)
Samudera	17,9	-	-
Panas Bumi	23,9	2,3	9,6
Bioenergi	56,9	2,3	4
Bayu	154,9	0,2	0,1
Hidro	95	6,6	7
Surya	3.294,4	0,2	0,01
Total	3.643	11,6	0,3

Sumber : (DewanEnergiNasionalRI, 2022)

Berdasarkan data *Outlook* Energi Indonesia tahun 2022 seperti yang tertampil pada tabel diatas, potensi energi matahari yang dimiliki Indonesia yaitu 3.294,4 GW dan total potensi pembangkit EBT yaitu 3.643 GW. Namun pemanfaatan yang dilakukan hanya 0,3% dari total potensi energi 2021. Minimnya pemanfaatan EBT untuk ketenagalistrikan, disebabkan masih relatif tingginya harga produksi pembangkit berbasis EBT, sehingga sulit bersaing dengan pembangkit fosil terutama batubara. Selain itu, kurangnya dukungan industri dalam negeri terkait komponen pembangkit energi terbarukan serta masih sulitnya mendapatkan pendanaan berbunga rendah, juga menjadi penyebab terhambatnya pengembangan energi terbarukan (DewanEnergiNasionalRI, 2022).



onesia merupakan negara kepulauan yang terletak di kawasan Asia , dimana berada disekitar garis khatulistiwa. Menurut Badan Koordinasi an Pemetaan Nasional Indonesia, jumlah pulau di nusantara adalah

13.466, dimana 922 di antaranya berpenghuni secara permanen. Negara ini memiliki luas total 1.904 569 km<sup>2</sup>, dari 6° LU hingga 11° LS dan dari 95° BT hingga 141° BT. Indonesia beriklim tropis yang memiliki dua musim yaitu musim hujan dan kemarau, dimana musim hujan terjadi pada bulan Desember hingga Maret sedangkan musim kemarau terjadi pada bulan Juni hingga September. Temperatur rata-rata Indonesia di daerah dataran pantai adalah 28 °C dan di daerah pegunungan yang lebih tinggi adalah 23 °C. Jumlah curah hujan rata-rata adalah 238.35 mm/bulan. Temperatur dan lamanya waktu siang hari relatif konstan sepanjang tahun akibat kestabilan dari radiasi matahari sehingga energi matahari dapat menjadi sumber energi yang dapat diandalkan sebagai solusi bagi permasalahan energi di Indonesia. Indonesia memiliki banyak pulau kecil yang butuh akan energi listrik. Pulau-pulau tersebut juga belum memiliki jaringan listrik dari pulau besar. Penyaluran listrik ke pulau terpencil tersebut membutuhkan transportasi yang memadai sehingga biaya yang dibutuhkan akan tinggi. Energi surya dengan sistem *Photovoltaic* (PV) merupakan teknologi yang dapat menjadi salah satu solusi energi listrik pada daerah tersebut sehingga rasio elektrifikasi di Indonesia akan semakin membaik (Afif & Martin, 2022).

### 2.3.1 Potensi energi surya

Energi surya adalah salah satu sumber energi terbarukan yang cukup menjanjikan dan memiliki potensi terbesar daripada sumber daya lainnya untuk memecahkan masalah energi dunia serta ramah lingkungan. Ketersediaan energi matahari di permukaan tanah merupakan salah satu faktor pertimbangan penerapan sistem energi matahari di suatu wilayah. Indonesia merupakan negara beriklim tropis dan terletak di garis khatulistiwa, sehingga negara ini memiliki potensi energi matahari yang melimpah. Wilayah Indonesia sebagian besarnya mendapatkan radiasi matahari yang cukup stabil dan intens dengan nilai radiasi harian rata-rata sekitar 4 kWh/m<sup>2</sup>. Berdasarkan data yang dikumpulkan dari 18 lokasi di Tanah Air, sebaran radiasi matahari memiliki sedikit perbedaan pada



barat dan timur. Diperkirakan sebaran radiasi matahari untuk Wilayah esar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>/hari dan untuk Wilayah Timur sebesar 5,1 kWh/m<sup>2</sup>/hari ariasi berkisar 9-10% (Kurniawan, 2016).

Indonesia memiliki distribusi radiasi matahari yang cukup stabil setiap bulannya dibandingkan beberapa negara seperti Jerman dan Jepang. Salah satu faktor utamanya adalah Indonesia memiliki iklim tropis dan berada di garis khatulistiwa. Hal ini menunjukkan bahwa energi surya memiliki potensi yang menjanjikan di Indonesia (Hardianto, 2019).

### 2.3.2 Potensi energi angin

Angin merupakan sumber energi yang berjumlah besar dan bersifat terus-menerus selama siklus alam masih terjadi. Pemanfaatan tenaga angin dapat dilakukan dengan cara mengubah kecepatan angin menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi angin tidak membutuhkan pembakaran sehingga tidak menghasilkan gas buang berupa gas rumah kaca yang memiliki dampak negatif untuk lingkungan.

Angin adalah udara yang bergerak sejajar dengan permukaan bumi yang bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara yang tinggi ke daerah yang memiliki tekanan udara yang rendah. Angin memiliki besaran fisis yaitu arah dan kecepatan yang mengakibatkan perbedaan tekanan udara. Kecepatan angin adalah kecepatan dari udara yang bergerak secara horizontal yang dipengaruhi oleh tinggi dari suatu daerah, keadaan geografi daerah, dan topografi daerah. Arah angin adalah arah dari mana angin tersebut berhembus yang dinyatakan dalam *direction degree*. Angin dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu angin global dan angin lokal. Angin global disebabkan karena adanya pemanasan matahari dengan intensitas yang besar di dekat khatulistiwa, dan hal ini menyebabkan peningkatan suhu udara pada daerah tropis yang selanjutnya mengalir melalui atmosfer atas ke arah kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke daerah khatulistiwa (Sudarti, 2022).

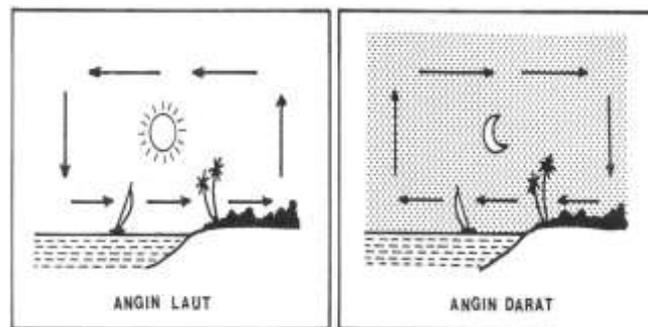
Angin dapat dibedakan dalam beberapa jenis berdasarkan prinsip terbentuknya, yaitu

#### a. Angin laut dan angin darat



Angin laut adalah angin yang timbul akibat adanya perbedaan suhu antara daratan dan lautan. Seperti yang diketahui bahwa sifat air dalam melepaskan panas dari radiasi sinar matahari lebih lambat daripada

daratan, sehingga suhu laut pada malam hari akan lebih tinggi dibandingkan dengan daratan. Semakin tinggi suhu, tekanan udara akan semakin rendah. Akibat adanya perbedaan suhu ini akan menyebabkan terjadinya tekanan udara di atas daratan dan lautan. Hal ini yang menyebabkan angin akan bertiup dari arah daratan ke laut. Sebaliknya, pada siang hari pada pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 angin akan berhembus dari laut ke darat akibat sifat air yang lebih lambat menyerap panas matahari (Budiyanto, 2021).

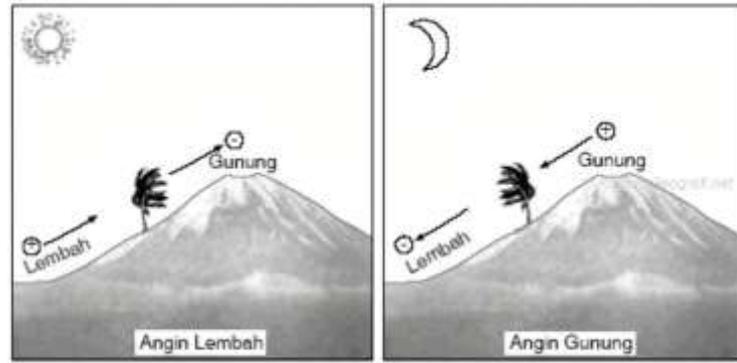


Gambar 1. Sirkulasi angin laut dan darat (Sumber : Budiyanto, 2021)

b. Angin lembah dan angin gunung

Angin lembah adalah angin yang bertiup dari arah lembah ke arah puncak gunung yang biasa terjadi pada siang hari. Prinsip terjadinya hampir sama dengan angin laut dan angin darat yaitu akibat adanya perbedaan suhu antara lembah dan puncak gunung. Pada siang hari, suhu di lembah lebih dingin karena tertutup vegetasi sementara di puncak gunung terpaan sinar tidak terhalang sehingga terpaan sinar matahari dengan mudah menaikkan suhu. Akibatnya, tekanan udara di puncak gunung minimum dan lembah maksimum sehingga angin bergerak dari lembah ke puncak gunung. Pada malam hari kejadiannya terbalik. Puncak gunung lebih cepat mengeluarkan panas atau lebih cepat dingin dibandingkan di lembah. Tekanan udara di puncak menjadi maksimum dan lembah minimum sehingga angin bergerak dari puncak gunung ke lembah (Budiyanto, 2021).

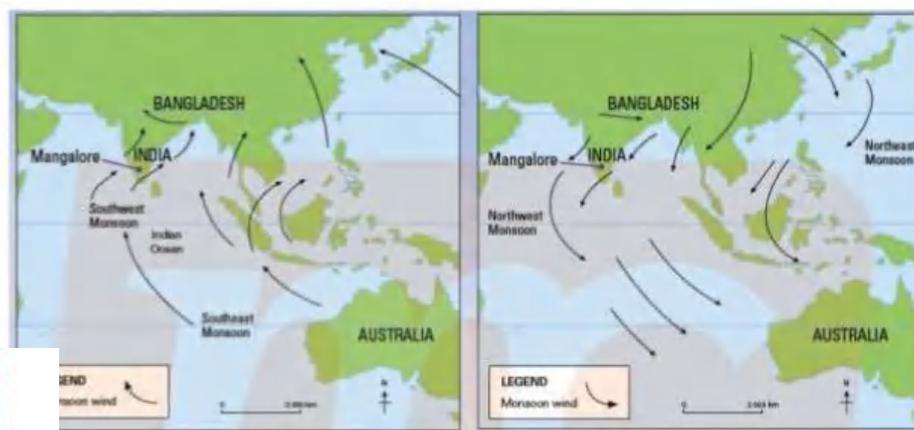




Gambar 2. Sirkulasi angin lembah dan gunung (Sumber : Budiyanto, 2021)

c. Angin musim

Angin musim dibedakan menjadi 2, yaitu angin musim barat dan angin musim timur. Angin musim barat (angin muson barat) adalah angin yang mengalir dari Benua Asia (musim dingin) ke Benua Australia (musim panas). Apabila angin ini melewati tempat yang luas seperti perairan dan samudra, maka angin ini mengandung curah hujan yang tinggi. Angin musim barat menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan. Angin ini terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, maksimal pada bulan Januari dengan kecepatan 3 m/s. Sedangkan angin musim timur adalah angin yang mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas). Angin ini menyebabkan Indonesia mengalami musim kemarau karena melewati celah-celah sempit dan berbagai gurun (Gibson, Australia Besar dan Victoria). Musim kemarau di Indonesia terjadi pada bulan Juni, Juli dan Agustus, maksimal pada bulan Juli (Budiyanto, 2021).



Gambar 3. Sirkulasi angin musim (Sumber : Budiyanto, 2021)



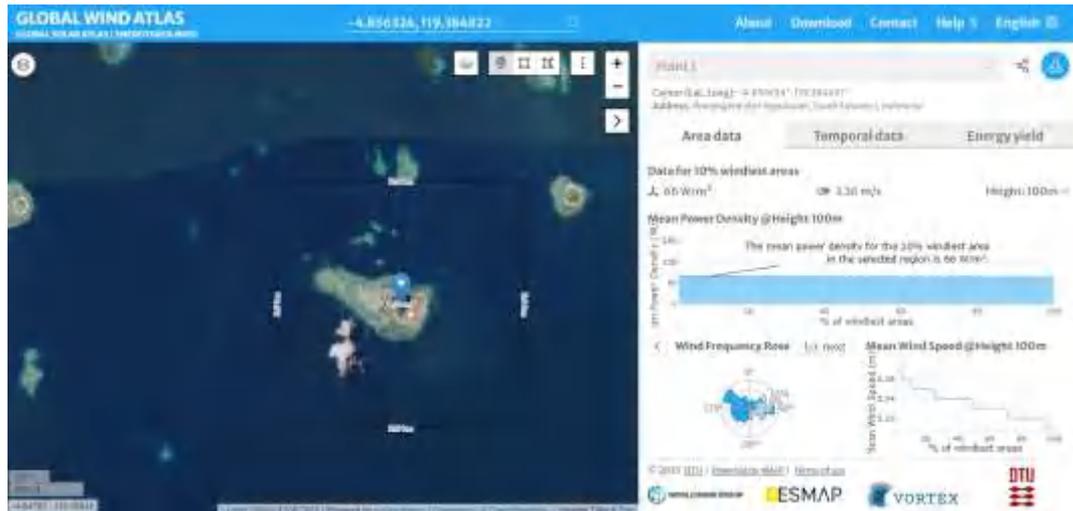
d. Angin permukaan

Kecepatan dan arah angin ini dipengaruhi oleh perbedaan yang diakibatkan oleh material permukaan bumi dan ketinggiannya. Secara umum, suatu tempat dengan perbedaan tekanan udara yang tinggi akan memiliki potensi angin yang kuat. Ketinggian mengakibatkan pusat tekanan menjadi lebih intensif. Selain itu perbedaan tekanan udara, material permukaan bumi juga mempengaruhi kuat lemahnya kekuatan angin karena adanya gaya gesek antara angin dan material permukaan bumi juga mempengaruhi kemampuan dalam menyerap dan melepaskan panas yang diterima dari sinar matahari. Sebagai contoh, belahan bumi utara didominasi oleh dataran, sedangkan selatan didominasi oleh lautan. Hal ini saja sudah mengakibatkan angin di belahan bumi utara dan selatan menjadi tidak seragam (Budiyanto, 2021).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 paling sedikit 23% dan 31% pada tahun 2050. Target kapasitas PLTB pada tahun 2025 yaitu 255 MW. Sementara hingga tahun 2020, PLTB baru terpasang sekitar 135 MW. Sebagai salah satu upaya untuk mempercepat pemanfaatan sumber energi angin, Badan Litbang ESDM telah mengembangkan metode perhitungan potensi energi angin dengan membuat peta potensi angin Indonesia pada tahun 2016. Berdasarkan hasil pemetaan distribusi kecepatan angin di Indonesia, didapat kecepatan angin yang tinggi yaitu 6 – 8 m/s terjadi di pesisir selatan pulau Jawa, Sulawesi Selatan, Maluku, dan NTT (Widyaningsih, 2017).

Berdasarkan data dari *Global Wind Atlas*, rata-rata kecepatan angin pada Pulau Karanrang sebesar 3,36 m/s, dan *output* yang dihasilkan sebesar 66 W/m<sup>2</sup> pada ketinggian 100 meter.





Gambar 4. Rata-rata kecepatan angin Pulau Karanrang (Sumber : Global Wind Atlas, 2023)

Potensi energi angin tersebut dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik menggunakan turbin angin. Turbin angin saat ini banyak digunakan untuk mengakomodasi listrik masyarakat dengan menggunakan konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin.

## 2.4 Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH)

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* (PLTH) adalah gabungan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik berbasis diesel dengan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan. PLTH merupakan solusi tepat untuk mengatasi krisis bahan bakar minyak dan ketiadaan listrik di daerah-daerah terpencil dan pulau-pulau kecil seluruh wilayah Indonesia. PLTH dapat dibangun dengan pola *microgrid*, yaitu pembangkitan terdistribusi yang bisa melingkupi berbagai macam sumber energi. Sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk PLTH adalah generator diesel, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), mikrohidro, pembangkit listrik tenaga Angin.

Suatu sistem PLTH biasanya dibangun dari inverter dengan rating daya kontinu 60% dari daya beban, satu atau dua mesin dan generator diesel yang memiliki kapasitas yang sama hingga 1,5 kali rating daya inverter dan sistem kontrol otomatis, sistem penyimpanan yang biasanya berupa baterai dengan kapasitas penyimpanan minimum tertentu, sistem pembangkit tenaga surya seperti *Photovoltaic* dilengkapi Regulator, dan sistem kontrol



berbasis mikroprosesor untuk keperluan *monitoring* dan otomasi manajemen sistem (Kunaifi, 2015).

Tujuan utama dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat mencapai keandalan suplai dan efisiensi ekonomis pada tipe beban tertentu. Untuk setiap tipe beban yang berbeda, akan diperlukan sistem *hybrid* dengan komposisi tertentu, agar dapat mencapai sistem yang optimum. Oleh karenanya, sistem *design* dan sistem *sizing* memegang peranan penting untuk mencapai target dibuatnya sistem *hybrid*. Sebagai contoh, beban yang relatif konstan selama 24 jam dapat dicatu secara efisien dan ekonomis oleh genset (dengan kapasitas yang sesuai), akan tetapi beban dimana penggunaan listrik pada siang hari berbeda jauh dibandingkan dengan malam hari, akan membuat penggunaan genset saja tidak optimum. Sistem *hybrid* dapat melibatkan 2 atau lebih sistem pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk *hybrid* adalah genset, PLTS, mikrohidro, tenaga angin. Di Indonesia, sistem *hybrid* telah banyak digunakan, baik PLTS Genset, PLTS-Mikrohidro, maupun PLTS- Tenaga Angin-Mikrohidro. Namun demikian *hybrid* PLTS-Genset yang paling banyak dipakai. Umumnya digunakan pada *isolated grid* atau *stand-alone* genset, yakni genset yang tidak di interkoneksi (Nuryanto, 2022).

## 2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah peralatan pembangkit listrik yang mengubah daya matahari menjadi listrik. PLTS sering juga disebut *Solar Cell*, atau *Solar Photovoltaic*, atau *Solar Energy*. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik. DC (*direct current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*alternating current*) apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS dapat menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada dasarnya adalah 1 daya (alat yang menyediakan daya), dan dapat dirancang untuk kebutuhan listrik yang kecil sampai dengan besar, baik secara mandiri,



maupun dengan *Hybrid* yaitu dikombinasikan dengan sumber energi lain, seperti PLTS-Genset, PLTS-Angin (Utami & Wijayanti, 2022).

Prinsip kerja sel surya dimulai dari partikel yang disebut “Foton” yang merupakan partikel sinar matahari yang sangat kecil. Ketika foton tersebut menghantam atom semikonduktor sel surya sehingga dapat menimbulkan energi yang besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif akan bebas bergerak pada daerah pita konduksi dari material semi konduktor, sehingga atom yang kehilangan elektron kekosongan pada strukturnya dan disebut “*hole*” dengan muatan positif (Nugroho, 2016).

Daerah semikonduktor dengan elektron bebas bersifat negatif dan bertindak sebagai donor elektron yang disebut dengan semikonduktor tipe N. Sedangkan daerah semikonduktor “*hole*” sebagai penerima elektron dinamakan semikonduktor tipe P. Persimpangan daerah positif dan negatif akan menimbulkan energi yang mendorong elektron dan *hole* bergerak ke arah berlawanan. elektron bergerak menjauhi daerah negatif, dan *hole* menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu atau perangkat listrik lainnya, maka akan menimbulkan arus listrik (Nugroho, 2016).

### 2.5.1 Komponen PLTS

Dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), diperlukan komponen-komponen yang sesuai dan saling berkesinambungan agar PLTS dapat beroperasi sebagaimana mestinya dan dapat menghasilkan energi listrik secara maksimal sesuai dengan potensi energi sinar matahari yang ada pada lokasi tersebut.

#### 1. Modul PV

Dalam sebuah modul surya, terdapat sel-sel fotovoltaik yang merupakan tempat terjadinya efek fotovoltaik. Apabila beberapa modul surya dirangkai, maka akan terbentuk suatu sistem yang disebut pembangkit listrik tenaga surya.

sebuah modul surya dapat dinilai berdasarkan efisiensinya dalam versi radiasi sinar matahari menjadi listrik DC. Modul surya yang efisiensi lebih tinggi akan menghasilkan daya listrik yang lebih besar



dibandingkan modul surya yang memiliki efisiensi lebih rendah untuk luasan modul yang sama.

## 2. Charge controller

*Battery storage* dalam sistem PLTS dengan *DC-coupling* harus dikendalikan dengan baik untuk menghindari kondisi operasi yang membahayakan seperti *charging* berlebihan maupun *deep discharging* yang terlalu sering dan dapat merusak baterai. *Operasi battery storage* yang buruk merupakan salah satu penyebab sebagian besar kegagalan sistem PLTS dan berkontribusi secara signifikan pada *initial cost* dan biaya penggantian komponen. *Charge controller* mengatur transfer muatan dan mencegah baterai agar tidak *charge* maupun *discharge* secara berlebihan. Dalam memilih *charge controller*, ada dua aspek yang harus diperhatikan, yaitu tegangan dan kapasitas arus. Pada aspek tegangan, pilihlah *charge controller* yang sesuai dengan tegangan sistem. Konfigurasi standarnya adalah 12 V, 24 V, dan 48 V. Untuk aspek kapasitas arus, gunakan *charge controller* yang bisa menerima keluaran arus terbesar dari PLTS. Keluaran arus maksimum dari sebuah modul (atau *array*) adalah arus hubung singkat. Oleh karena itu, nilai ini harus dipertimbangkan untuk menentukan kapasitas arus dari *charge controller* (M. Afkar Gumintang, 2020).

## 3. Inverter

Pengkondisian tenaga listrik (*power condition*) dan sistem *control* pada sistem PLTS diperankan oleh inverter, yang memiliki fungsi mengubah arus listrik searah (*direct current*) yang dihasilkan oleh *solar modul* menjadi listrik arus bolak balik (*alternating current*) dan dikontrol kualitas dari daya listrik yang dikeluarkan untuk dikirim ke beban atau ke jaringan listrik. Pada PLTS penggunaan inverter satu fasa biasanya untuk sistem yang bebannya kecil, sedangkan untuk sistem yang besar dan terhubung dengan jaringan utilitas (PLN) biasanya digunakan inverter 3 fasa. PLTS berkapasitas besar pada umumnya menggunakan inverter PV terpusat, sementara pembangkit listrik yang lebih kecil beroperasi lebih baik dengan inverter PV tersebar (string) karena fleksibilitas dan lainnya. Namun, tidak ada pendekatan yang paling tepat dalam penentuan sistem terpusat atau tersebar karena banyaknya faktor kondisi dan lokasi yang dipertimbangkan (M. Afkar Gumintang, 2020).



#### 4. Baterai

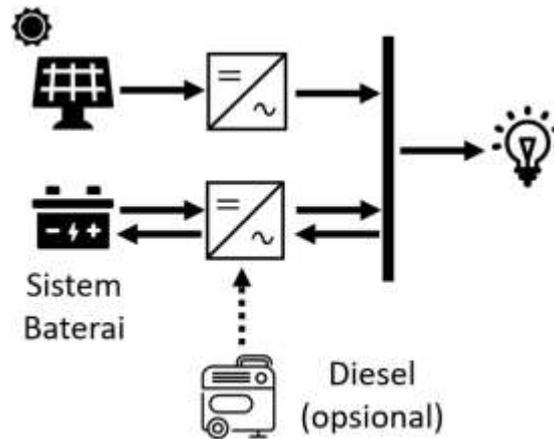
Baterai atau aki adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam listrik. Baterai di dalam sistem PLTS digunakan sebagai komponen penyimpan energi listrik arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya pada saat siang hari, lalu memasok ke beban listrik pada saat malam hari atau pada saat cuaca berawan. Baterai merupakan salah satu komponen sebagai penyimpanan daya yang paling umum digunakan. Baterai adalah salah satu komponen penting yang mempengaruhi sistem PLTS terpusat secara keseluruhan. Kinerja dari PLTS dapat dipengaruhi oleh perawatan baterai, masa pakai, daya dan efisiensi yang merupakan parameter dari baterai itu sendiri. Energi yang disimpan pada baterai berfungsi sebagai cadangan (*backup*), yang biasanya dipergunakan pada saat panel surya tidak menghasilkan energi listrik, contohnya pada saat malam hari atau pada saat cuaca mendung, selain itu tegangan keluaran ke sistem cenderung lebih stabil (Utami & Wijayanti, 2022).

### 2.5.2 Sistem PLTS

#### 1. Sistem PLTS *standalone*

Pada sistem *standalone*, PLTS adalah satu-satunya sumber energi listrik. Sistem ini sering diimplementasikan pada daerah yang belum terjangkau PLN dan tidak bergantung pada pembangkit listrik lain (tidak terhubung dengan jaringan utilitas). Untuk membentuk jaringan listrik yang berdiri sendiri dan mengimbangi *intermittency* sistem ini, umumnya digunakan sistem penyimpanan energi dalam bentuk baterai. Pada topologi ini terdapat dua skema suplai, yakni suplai sebagian hari atau suplai 24 jam. Kapasitas baterai yang dipilih harus mampu diaplikasikan secara kontinu untuk durasi yang sesuai dengan skema suplai yang direncanakan (M. Afkar Gumintang, 2020).





Gambar 5. Topologi PLTS *standalone*

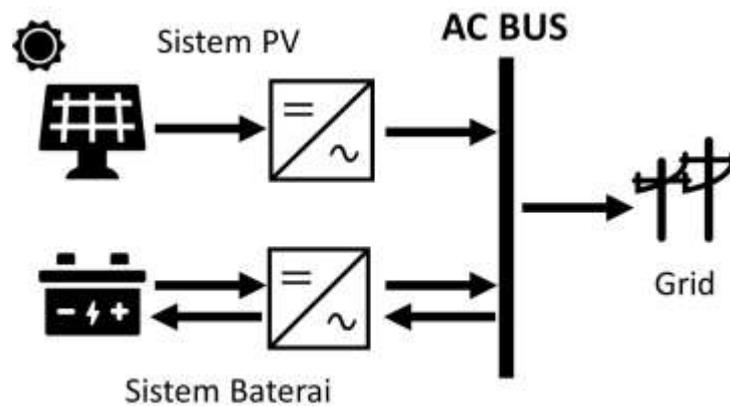
Pada sistem ini, inverter baterai akan bertindak sebagai *grid-former* (*voltage source*) sebagai referensi tegangan. Energi yang dihasilkan oleh PV akan disimpan di dalam baterai ketika energi yang dibangkitkan PV lebih tinggi dari pada beban selama *State of Charge* (SoC) baterai belum mencapai SoC maksimum. SoC menunjukkan tingkat energi yang tersimpan di dalam baterai. SoC maksimum menunjukkan bahwa baterai sudah terisi penuh, dan SoC minimum menunjukkan bahwa baterai sudah tidak bisa lagi menyuplai energi. Jika baterai sudah terisi penuh, baterai akan berada pada mode *floating* sehingga baterai bisa tetap menjadi *grid-former* dan daya keluaran PV harus dikurangi hingga mencapai nilai yang dibutuhkan beban (*curtailing*). Ketika daya PV lebih kecil dibandingkan permintaan beban (waktu sore, malam, atau kondisi berawan), baterai akan menyuplai daya ke beban selama SoC baterai masih lebih tinggi dibanding SoC minimum yang ditentukan (M. Afkar Gumintang, 2020).

## 2. Sistem PLTS *on-grid*

Pada sistem PV *On-Grid* dengan baterai untuk *smoothing*, sistem PLTS dan jaringan utilitas menjadi sumber energi listrik, dan baterai sebagai sistem penyimpanan energi melengkapi sistem PLTS untuk mempertahankan daya keluaran tetap stabil (*smoothing*). Sistem ini terhubung dengan jaringan utilitas sebagai referensi tegangan dan frekuensi sehingga sistem ini akan berhenti operasi ketika tidak ada koneksi dengan jaringan utilitas (dikarenakan tidak ada referensi).



Berbeda dengan topologi *standalone*, pada topologi ini, terdapat pembangkit-pembangkit lain yang tergabung di dalam jaringan utilitas sehingga sebagian dampak intermittency PLTS dapat ditanggulangi oleh pembangkit-pembangkit lain tersebut. Hanya saja, respons dari utilitas sangat bergantung kepada ketersediaan dan spesifikasi masing-masing pembangkit karena pembangkit-pembangkit tersebut tidak secara langsung diintegrasikan dengan PLTS. Sistem ini cocok untuk menyuplai sebagian kecil beban pada jaringan utilitas.



Gambar 6. Topologi PLTS on-grid

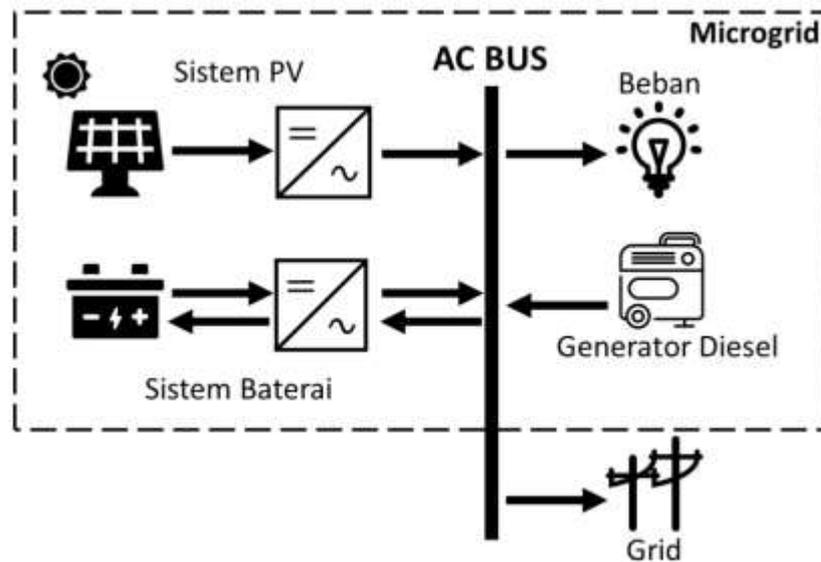
Saat sistem penyimpanan energi beroperasi, inverter baterai bertindak sebagai *load-follower* dengan operasi *charge-discharge*. Ketika *shading* terjadi pada sistem PV dan menyebabkan frekuensi jaringan turun, baterai akan dengan cepat menggantikan daya untuk kembali menstabilkan frekuensi selama SoC baterai masih di atas SoC minimum. Pada saat frekuensi jaringan naik, *excess energy* dari PV dapat disimpan dalam baterai selama SoC baterai masih di bawah SoC maksimum. Jika frekuensi masih belum stabil, suplai PLTS akan dikurangi (*curtailing*) hingga frekuensi menjadi stabil (M. Afkar Gumintang, 2020).

### 3. Sistem PLTS *hybrid*

Mikrogrid didefinisikan sebagai kumpulan dari sumber pembangkit listrik dan beban yang beroperasi saat terhubung dengan jaringan utilitas, namun juga dapat tetap beroperasi saat terputus dari jaringan utilitas. Pada sistem ini, terdapat PLTS dan generator diesel sebagai sumber energi listrik, sistem penyimpanan energi dalam bentuk baterai, dan beban lokal. Sistem PLTS pada Mikrogrid Interaktif dapat beroperasi pada mode *on-grid* (dengan



menggunakan jaringan utilitas sebagai referensi frekuensi dan tegangan) ataupun *islanded* (tanpa terhubung dengan jaringan utilitas).



Gambar 7. Topologi PLTS *hybrid*

## 2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

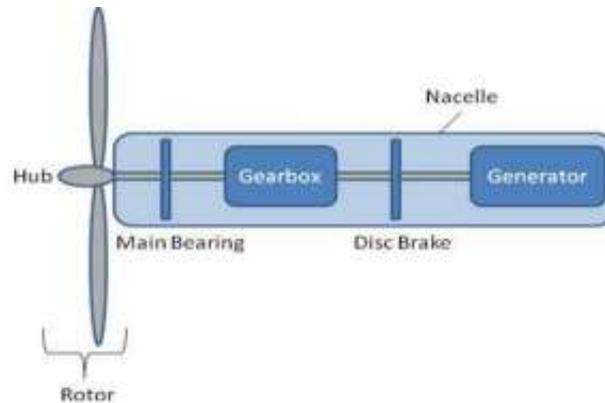
Salah satu energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik adalah energi angin. Pembangkit listrik tenaga angin umum memiliki dua konverter energi utama untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik, yaitu turbin angin untuk mengkonversikan daya angin menjadi daya mekanik yang akan menggerakkan generator dan generator listrik untuk mengkonversikan daya mekanik dari turbin angin menjadi daya listrik. Daya *output* yang dihasilkan generator ditentukan oleh daya angin yang ditangkap turbin, dimana daya angin ini ditentukan oleh kecepatan angin yang mengenai turbin angin. Kecepatan angin ini tidak bisa dikendalikan, sementara turbin angin dan generator yang ada pada pembangkit listrik tenaga angin memiliki kemampuan yang terbatas. Generator tidak boleh beroperasi di atas nilai rating-nya, baik *rating* daya maupun kecepatan putarannya (Gusriani & Yuhendri, 2020).

### 2.6.1 Komponen PLTB



Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah sebuah sistem pembangkit yang terdiri dari turbin angin yang dilengkapi dengan sistem transmisi,

distribusi dan fasilitas pendukung lainnya. Turbin angin adalah suatu sistem yang mengubah energi angin menjadi energi listrik dan memiliki komponen utama yang terdiri atas rotor, nasal, unit transmisi mekanik, *main bearing*, rem dan kopling, generator, baterai, *charge controller* dan *inverter* (ESDM, 2019).



Gambar 8. Komponen penampang turbin angin ( Sumber : ESDM, 2019)

### 1. Rotor

Rotor berfungsi untuk mengubah energi angin menjadi energi putaran rotor yang selanjutnya digunakan untuk memutar generator baik melalui unit transmisi maupun sambungan langsung. Rotor terdiri dari sudu dengan bentuk tertentu dengan permukaan aerodinamis. Bahan rotor umumnya adalah *Glass Fibre Reinforced* (GFR) atau *epoxy*. Diameter rotor menentukan besarnya daya yang dihasilkan oleh sistem. jumlah sudu, umumnya 3 sudu karena pertimbangan stabilitas dan biaya dibandingkan dengan 2 atau 4 sudu.

### 2. Nasal

Nasal merupakan bagian dari turbin angin yang berfungsi untuk penempatan/*housing* beberapa komponen turbin angin antara lain unit transmisi, poros, generator, kopling mekanik, rem mekanik, agar terlindung dari pengaruh lingkungan yang membahayakan. Pada umumnya bahan nasal terbuat dari bahan aluminium, besi cor, atau komposit.



### 3. Unit transmisi mekanik

Unit transmisi berfungsi untuk menyalurkan daya putar dari rotor ke generator dan mengubah kecepatan putaran dari lambat dan torsi yang besar menjadi putaran cepat dan torsi yang rendah.

### 4. *Main bearing*

Poros utama berfungsi untuk menyalurkan daya dari rotor ke generator dapat langsung atau melalui *gearbox*. Poros utama menyalurkan daya dengan torsi tinggi pada kecepatan putar yang rendah yang dihasilkan oleh rotor. Besarnya dimensi poros tergantung besarnya daya/torsi yang disalurkan dan kekuatan bahan. Bahan utama poros rotor adalah baja keras yang dibuat khusus untuk keperluan ini.

### 5. Rem dan kopling

Pada turbin angin skala kecil, umumnya tidak dilengkapi dengan rem dan kopling mekanik. Namun untuk keamanan dan perawatan, turbin angin kecil menggunakan rem elektrik, yaitu dengan menghubungkan singkatkan kabel *output* generator secara berulang, sampai rotor berhenti berputar. Pada turbin angin skala kecil, rem sangat diperlukan karena pengeraman elektrik tidak lagi dapat digunakan. Rem mekanik ini dapat berupa rem drum atau *disk*, bergantung pada konstruksi yang diinginkan dan tempat pemasangan serta besarnya torsi yang dilakukan pengereman. Rem mekanik dapat dipasang pada torsi tinggi (poros utama) atau pada poros torsi rendah (putaran tinggi).

### 6. Generator

Generator listrik merupakan perangkat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik bolak balik dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. Umumnya turbin angin skala kecil menggunakan generator magnet permanen atau generator sinkron yang menghasilkan arus bolak balik dengan frekuensi yang berubah-ubah.



## 7. Baterai

Sistem penyimpanan berupa baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh turbin angin.

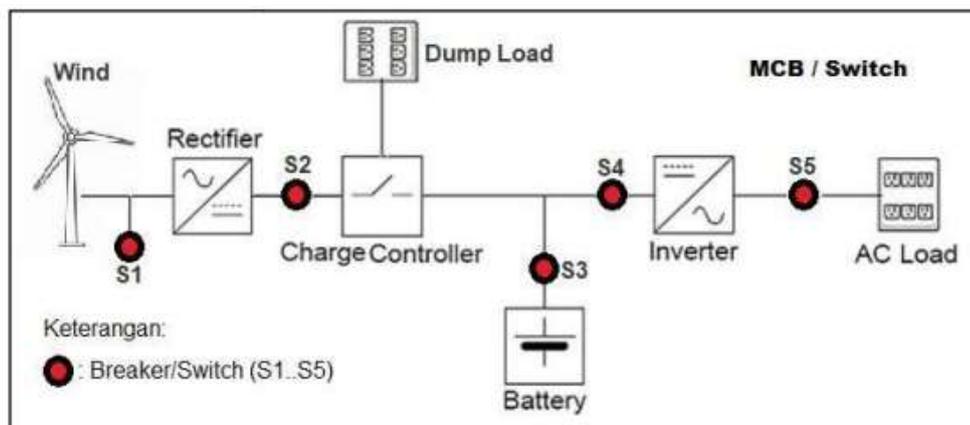
## 8. Charge controller dan inverter

*Charge controller* berfungsi mengoptimalkan arus pengisian ke baterai dan mengatur atau membatasi arus pemakaian beban serta membuang arus keluaran turbin angin ke *dump load* saat baterai dalam kondisi penuh. *Inverter* berfungsi untuk mengubah arus listrik searah menjadi arus listrik bolak-balik.

### 2.6.2 Sistem PLTB

#### 1. PLTB *stand alone*

Pada sistem *stand alone*, turbin angin dipasangkan dengan baterai, *charge controller*, *dump load* serta *inverter* sebelum dihubungkan ke beban. Baterai digunakan sebagai penyimpanan sekaligus sebagai *buffer* agar keluaran *inverter* bisa dipertahankan stabil. Komponen yang berguna untuk melindungi sistem dari kelebihan energi produksi pembangkit. Dibutuhkan kajian untuk menetapkan besarnya kapasitas turbin angin, kapasitas baterai agar dapat memasok kebutuhan beban listrik tanpa pemadaman. Meskipun demikian, keandalan sistem ini relatif rendah terhadap perubahan pasokan energi angin setiap harinya (ESDM, 2019).



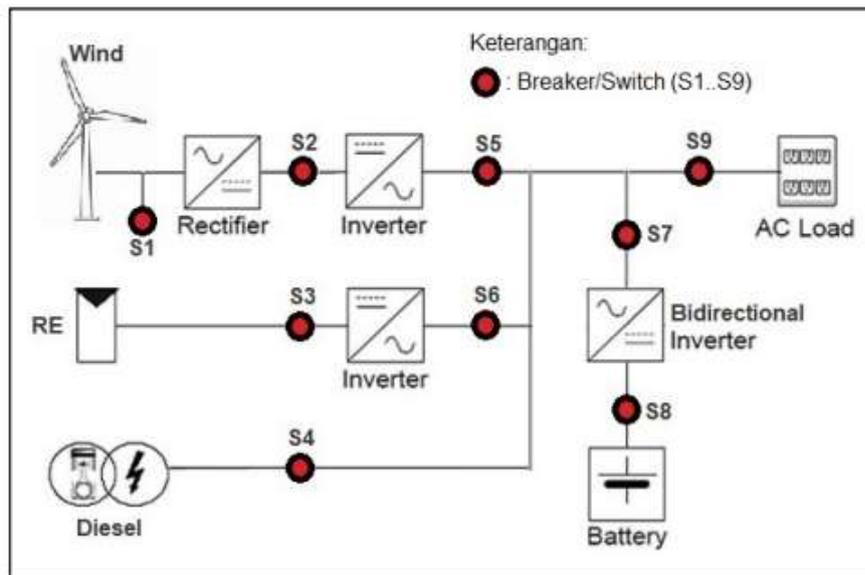
Gambar 9. Topologi PLTB sistem *standalone* (Sumber : ESDM, 2019)



ybrid dengan Bus AC

la sistem *hybrid* dengan bus AC, semua keluaran pembangkit isasi pada level tegangan AC. Keluaran arus searah PLTB diubah oleh

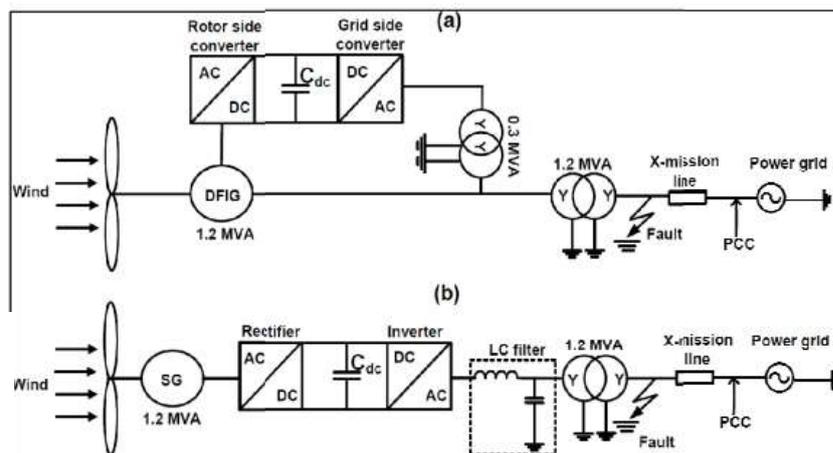
*inverter* selanjutnya bersama dengan genset digunakan untuk melistriki beban bolak-balik. Jika terdapat kelebihan energi, maka sisanya disimpan ke dalam baterai. Seluruh *inverter* yang digunakan memiliki fitur kemampuan bersinkronisasi dengan jaringan listrik. Umumnya sistem hibrida memiliki *main controller* yang berfungsi mengendalikan kontaktor/*switch* seluruh perangkat yang ada didalam sistem. Pembangkit diesel beroperasi hanya dalam kondisi darurat (*backup*), saat baterai dalam kondisi kosong dan pembangkit energi terbarukan tidak mampu mengisi baterai secara normal.



Gambar 10. Topologi PLTB sistem *hybrid bus AC* (Sumber : ESDM, 2019)

### 3. PLTB *on-grid*

PLTB dengan sistem *on-grid* adalah turbin angin yang tersambung langsung dengan jaringan listrik tanpa penyimpanan baterai.



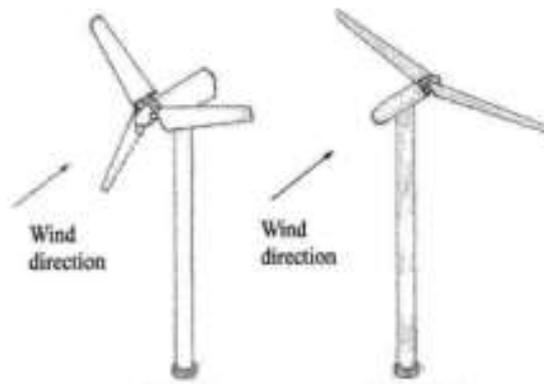
Gambar 11. Topologi PLTB sistem *on-grid* (Sumber : ESDM, 2019)



### 2.6.3 Jenis-Jenis PLTB

#### 1. *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*

Turbin angin sumbu horizontal merupakan turbin angin yang paling banyak digunakan saat ini, bentuknya mirip dengan kincir angin. Pada turbin tipe ini memiliki poros horizontal yang terhubung pada rotor dan generator pada puncak menara. Turbin tipe ini akan berputar saat angin menabrak turbin dari arah depan, sehingga biasanya turbin ini dilengkapi dengan ekor turbin yang berfungsi untuk membantu generator bergerak menyesuaikan arah angin yang berhembus dengan kecepatan yang paling tinggi, sehingga turbin tipe ini memerlukan menara yang tinggi untuk mendapatkan kecepatan angin yang maksimal (Haikal, 2021).

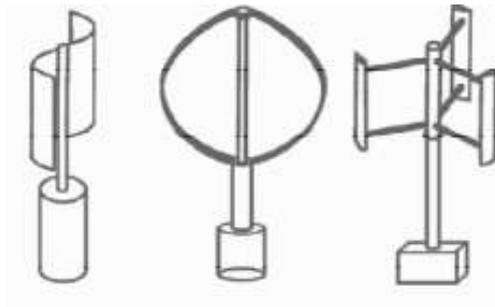


Gambar 12. Turbin angin tipe HAWT

#### 2. *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*

Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin dengan poros atau sumbu rotor yang dipasang dengan tegak lurus, sumbu rotor utama yang vertikal ini akan memungkinkan untuk turbin dapat menerima dan menangkap angin dari segala penjuru arah angin. Kelebihan turbin tipe ini akan berguna pada wilayah yang memiliki keadaan angin yang sering berganti-ganti atau bervariasi sehingga lebih efisien dalam memanfaatkan energi angin dan sangat cocok untuk konstruksi pembangkit listrik pada daerah pesisir pantai. Pada tipe turbin ini konstruksi menara tidak diperlukan karena generator dapat ditempatkan lebih dekat dari an tanah dan lebih memudahkan dalam segi perawatan (Haikal, 2021).





Gambar 13. Turbin angin tipe VAWT

## 2.7 Homer

Perangkat lunak HOMER ini dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory* (NREL), USA yang bekerjasama dengan *Mistaya Engineering*, dimana hak ciptanya dilindungi oleh Midwest Research Institute (MRI) dan digunakan oleh Departemen Energi Amerika Serikat (DOE). HOMER digunakan untuk mendesain sistem pembangkit listrik hibrida dengan menggabungkan energi konvensional dan energi terbarukan (Bachtiar & Syafik, 2016).

Homer bekerja berdasarkan 3 hal yaitu, simulasi, optimasi, dan analisis sensitivitas. Ketiga hal tersebut bekerja secara berurutan demi mendapatkan hasil yang optimal. Tahap pertama adalah simulasi, dimana tahap ini menentukan bagaimana konfigurasi dari sistem, kombinasi dari besarnya kapasitas komponen-komponen sistem, dan strategi operasi yang menentukan bagaimana komponen-komponen tersebut dapat bekerja bersama dalam periode waktu tertentu (Windarta, Sinuraya, Abidin, Setyawan, & Angghika, 2020).

Tahap selanjutnya adalah proses optimasi, proses optimasi dilakukan setelah proses simulasi dilakukan. Proses simulasi memodelkan dan merancang konfigurasi sistem secara khusus, maka proses optimasi dilakukan untuk menentukan kemungkinan teroptimal dalam konfigurasi sistem. Pada daftar hasil optimasi, Homer mengurutkan nilai *Net Present Cost* (NPC) yang terendah hingga tertinggi. Sebuah sistem dikatakan optimal, apabila salah satu konfigurasi sistem

can NPC terendah untuk jangka waktu yang telah ditentukan.

mer mensimulasikan konfigurasi sistem yang berbeda-beda, apabila isi sistem tidak layak, maka Homer tidak akan menampilkan hasil



optimasi sistem tersebut. Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa melakukan simulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya sekarang (NPC) terendah, dan bisa menggunakan parameter sensitivitas untuk hasil yang lebih bagus dan akurat (Lambert, Gilman, & Lilienthal, 2006).

Analisis sensitivitas ini akan menunjukkan bagaimana hasil konfigurasi sistem yang optimal apabila nilai parameter masukan (*input*) berbeda-beda. Pengguna dapat menunjukkan analisis sensitivitas dengan memasukkan beberapa nilai variabel sensitivitas. Pada tahap ini, pengguna homer dapat memasukkan rentang nilai untuk nilai variabel tunggal maupun nilai variabel ganda yang dinamakan variabel sensitivitas. Contohnya termasuk harga listrik pada jaringan transmisi, harga bahan bakar, suku bunga pertahun, dan lain-lain dimana parameter tersebut dapat berubah setiap tahunnya

## 2.8 Analisis Ekonomi dan Kelayakan Investasi

### 2.8.1 Analisis Ekonomi

#### 1. Biaya siklus hidup (*Life cycle cost*)

Biaya siklus hidup suatu sistem adalah semua biaya yang dikeluarkan oleh suatu sistem, selama kehidupannya. Biaya siklus hidup (LCC) diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (Hidayat, Winardi, & Nugroho, 2019) :

$$LCC = C + M_{PW} + R_{PW} \quad (1)$$

Dimana,

LCC : Biaya siklus hidup (*Life cycle cost*)

C : Biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk pembelian komponen-komponen PLTS, biaya instalasi dan biaya lainnya.

$M_{PW}$  : Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun atau selama umur proyek.

$R_{PW}$  : Biaya nilai sekarang untuk biaya pergantian yang harus dikeluarkan selama umur proyek.



Nilai sekarang biaya tahunan yang akan dikeluarkan beberapa waktu mendatang (selama umur proyek) dengan jumlah pengeluaran yang tetap, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n} \right] \quad (2)$$

Dimana,

P : Nilai sekarang biaya tahunan selama umur proyek

A : Biaya tahunan

i : Tingkat diskonto

n : Umur diskonto

Faktor diskonto (*Discount factor*) adalah faktor yang digunakan untuk menerjemahkan penerimaan-penerimaan di masa mendatang sehingga dapat dibandingkan dengan pengeluaran pada masa sekarang (Santiari & Sri, 2011). Sedangkan tingkat diskonto yang digunakan untuk menilai penerimaan-penerimaan tersebut dapat berupa tingkat suku bunga pasar (tingkat suku bunga bank). Adapun rumus faktor diskonto adalah sebagai berikut:

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (3)$$

Dimana,

DF : Faktor diskonto

i : Tingkat diskonto

n : Periode dalam tahun (umur investasi)

## 2. Biaya energi (*cost of energy*)

Biaya energi merupakan perbandingan antara biaya total per tahun dari sistem dengan energi yang dihasilkannya selama periode yang sama. Faktor pemulihan modal adalah faktor yang digunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi rangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama (Santiari & Sri, 2011). Faktor pemulihan modal diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:



$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4)$$

Dimana,

CRF : Faktor pemulihan modal

i : Tingkat diskonto

n : Periode dalam tahun (umur investasi)

Biaya energi (*cost of energy*) PLTB diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$COE = \frac{LCC + CRF}{A \text{ kWh}} \quad (5)$$

Dimana,

COE : *Cost Of Energy* atau biaya energi (Rp/kWh)

CRF : Faktor pemulihan modal

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

## 2.8.2 Analisis Kelayakan Investasi

### 1. Net Present Value (NPV)

*Net Present Value* (NPV) menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilai sekarangkan atas dasar faktor diskonto (*discount factor*). Teknik ini menghitung selisih antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal yang ditanamkan (Santiari & Sri, 2011). Untuk menghitung *Net Present Value* (NPV) dipergunakan rumus sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NFC_t}{(1+i)^t} - II \quad (6)$$

Dimana,

NFC<sub>t</sub> : *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai ke-n

II : Investasi awal (*Initial Investment*)

i : Tingkat diskonto

n : Periode dalam tahun (umur investasi)



Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut :

- Investasi dinilai layak, apabila NPV bernilai positif ( $>0$ ).
- Investasi dinilai tidak layak, apabila NPV bernilai negatif ( $<0$ ).

## 2. *Profitability Index* (PI)

*Profitability Index* merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Teknik ini juga sering disebut dengan model rasio manfaat biaya (*benefit cost ratio*). Teknik *Profitability Index* dihitung dengan rumus sebagai berikut (Nugroho, 2016):

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n NFCT(1+i)^{-t}}{II} \quad (7)$$

Dimana,

NFCT : *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai ke-n.

II : Investasi awal (*Initial Investment*).

*i* : Tingkat diskonto.

*n* : Periode dalam tahun (umur investasi).

Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah sebagai berikut :

- Investasi dinilai layak, apabila PI bernilai lebih besar dari satu ( $>1$ ).
- Investasi dinilai tidak layak, apabila PI bernilai lebih kecil dari satu ( $<1$ ).

## 3. *Discounted Payback Period* (DPP)

*Payback Period* adalah periode lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan nilai investasi melalui penerimaan-penerimaan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Sedangkan *Discounted Payback Period* adalah periode pengembalian yang didiskontokan. *Discounted Payback Period* (DPP) dapat dicari dengan menghitung berapa tahun kas bersih nilai sekarang (PVNCF) kumulatif yang ditaksir akan sama dengan



investasi awal. Kriteria pengambilan keputusan apakah usulan investasi layak diterima atau layak ditolak adalah:

- Investasi dinilai layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih pendek dari umur proyek (periode cut off).
- Investasi dinilai tidak layak, apabila DPP memiliki periode waktu lebih Panjang dari umur proyek (periode cut off).

#### 4. Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah tingkat suku bunga yang menghasilkan nilai NPV sama dengan nol (karena nilai sekarang dari arus kas masuk sama dengan investasi awal).

$$0 = \sum_{t=0}^T \frac{X_t}{(1+IRR)^t} \quad (8)$$

Dimana,

$X_t$  : Cashflow di tahun ke-t

IRR: Rate of Return

Apabila IRR digunakan untuk membuat keputusan diterima atau ditolak, kriteria keputusan adalah sebagai berikut(Nugroho, 2016):

- Jika IRR lebih besar dari biaya modal, proyek diterima.
- Jika IRR lebih kecil dari biaya modal, proyek ditolak.

