

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Secara umum pembangkit daya listrik berasal dari dua sumber energi, yaitu pembangkit yang berasal dari energi primer terbarukan (*renewable*) dan sumber yang berasal dari sumber energi primer tidak terbarukan (*non-renewable*). Semakin lama ketersediaan sumber energi primer tidak terbarukan mengalami pengurangan yang sangat signifikan dan berdampak negatif pada lingkungan [1].

Oleh karena itu diperlukan penghematan dan pengurangan energi *non-renewable* dengan cara memanfaatkan sumber energi primer. Salah satu energi terbarukan yang bisa dimanfaatkan sebagai energi terbarukan alternatif pembangkit tenaga listrik adalah energi surya. Walaupun sudah populer, energi surya pemanfaatannya masih terbilang kurang optimal dibandingkan dengan sumber energi terbarukan yang lainnya seperti energi panas bumi. Dengan potensi surya di Indonesia sebesar 207,9 GW, sumber energi primer surya baru mencapai 78,5 MW atau 0,038% pada tahun 2016 [1] [2].

Komponen utama yang digunakan untuk mengkonversi energi surya menjadi energi listrik adalah panel surya (*polar photoltaic*, atau disebut solar PV). Pada energi surya besarnya energi yang dihasilkan tergantung pada intensitas energi surya yang di terima. Panel surya dapat dibedakan menjadi tiga sistem yang berbeda, yaitu sistem sistem *on-grid*, sistem *hybrid* dan *off-grid* atau *stand-alone* [3].

Sistem *off-grid* atau *stand alone* merupakan PLTS yang menggunakan sumber energi matahari sebagai bagian utamanya. Sistem *off-grid* memiliki keuntungan ketika suplai listrik dari PLN padam, maka PLTS sistem *off-grid* akan berperan sebagai suplai listrik cadangan untuk kebutuhan beban pada rumah tinggal, sehingga konsumen tidak bergantung pada listrik PLN. PLTS sistem *off-grid* mempunyai komponen utama, yaitu fotovoltaik (PV), *inverter*, baterai sebagai cadangan penyimpanan energi dan *solar charge controller* (SCC).

Berdasarkan data statistik PLN tahun 2020, sektor rumah tangga merupakan pengguna terbesar dari energi listrik yang dikelola PT. PLN, dengan persentase

mencapai 46,04% dari seluruh energi listrik yang disediakan oleh PLN dengan jumlah pelanggan 100% dari keseluruhan jumlah pelanggan PLN [4].

Dari permasalahan terkait energi surya, diperlukan suatu media agar energi surya dapat dimanfaatkan yaitu dengan membuat prototipe PLTS sebagai media pemanfaatan energi surya. Prototipe adalah sebuah metode dalam pengembangan produk dengan cara membuat rancangan, sampel, atau model dengan tujuan pengujian konsep atau proses kerja dari produk [5].

Dengan latar belakang terkait sektor rumah tangga dan keuntungan dari sistem *off-grid*, maka fokus utama penelitian ini adalah memanfaatkan energi surya menggunakan prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai perencanaan sistem *off-grid* pada beban rumah tinggal. Komponen utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu fotovoltaik (PV) *polycrystalline*, *inverter*, *Solar Charge Control* (SCC), aki jenis *Deep Cycle Battery*, relai MK3P 220 VAC, dan beban yang di pakai sebagai objek penelitian adalah lampu 15 watt, televisi 35 watt, *receiver* 8 watt dan *router* 4 watt.

## 1.2 State of the Art

Referensi utama yang mendasari penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Referensi penelitian.

JUDUL	PENULIS	TAHUN
Perencanaan dan Simulasi PLTS <i>Off-grid</i> untuk Penerangan Gedung Fakultas Teknik UNKRIS	Abdul Kodir Al Bahar, Achmad Teguh Maulana	2018
<i>Economic Viability and Socio-Environmental Impacts of Solar Home Systems for Off-grid Rural Electrification in Bangladesh</i>	Swati Anindita Sarker, Shouyang Wang, K M Mehedi Adnan, Muhammad Khalid Anser, Zeraibi Ayoub, Thu Hau Ho, Riffat Ara Zannat Tama, Anna Trunina and Md Mahmudul Hoque	2020
<i>Off-grid solar power plant for refrigeration system: A case study in Bandung, Indonesia</i>	A Setyawan dan T Sutandi	2020

JUDUL	PENULIS	TAHUN
<i>Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria</i>	Olusola Charles Akinsipe, Diego Moya and Prasad Kaparaju	2020
Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya <i>Off-grid</i> Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru	Renaldi Rahman	2021

Penelitian Abdul Kodir Al Bahar dan Achmad Teguh Maulana [6] menganalisis perencanaan dan simulasi sitem PLTS *off-grid* untuk penerangan gedung Fakultas Teknik UNKRIS. Perencanaan ini dilakukan dengan *software* PVSyst dengan modul AE Solar M5-72 190 Wp berjumlah 60 buah dengan biaya *Cost of Energy* (CoE) sebesar Rp. 2.818,70/kWh. Dengan investasi awal PLTS sebesar Rp. 510.287.265,00, berdasarkan analisis ekonomi *Net Present Value* (NPV), *Profitability Index* (PI), dan *Payback Period* (PP), dari ketiganya menyatakan bahwa PLTS yang telah dirancang layak untuk diterapkan.

Penelitian Swati Anindita Sarker dkk [7] menganalisis kelayakan finansial dan dampak sosial-lingkungan dari *Solar Home System* (SHS) di daerah pedesaan Bangladesh. Ada 15 studi kasus yang diuji kelayakan ekonominya. Hasilnya sebagian besar menunjukkan NPV positif dan periode pengembalian yang rendah dan nilai IRR mulai dari 16% hingga 131%, menandakan tingkat yang tinggi pengembalian investasi. Studi ini juga menemukan bahwa SHS dengan kapasitas 30 Wp keatas adalah pilihan yang paling ekonomis dan SHS dapat mengurangi sekitar 6,15 hingga 7,34 ton emisi CO<sub>2</sub> selama siklus hidupnya. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa SHS ekonomis dan pilihan yang layak secara sosial-lingkungan untuk usaha kecil dan rumah tangga dengan pendapatan rendah pembangkit listrik daripada rumah tangga yang menggunakannya hanya untuk penerangan. Hambatan terbesar untuk mengadopsi SHS adalah biaya investasi yang tinggi dan pengetahuan teknis yang tidak memadai. Namun, penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembuat kebijakan dalam memperkenalkan kebijakan SHS untuk elektrifikasi pedesaan *off-grid* agar lebih nyaman, mudah melakukan akses dan ramah pengguna.

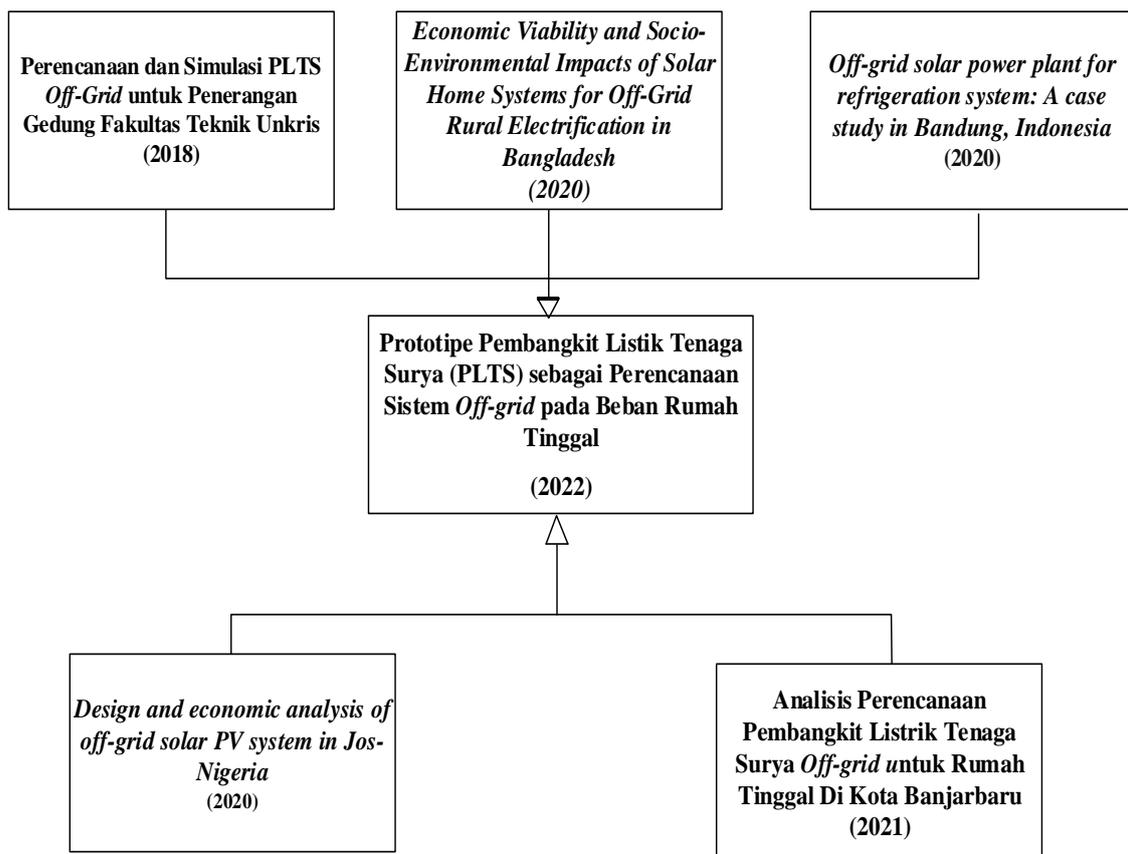
Penelitian A Setyawan dan T Sutandi [8] melakukan pengujian terhadap penggunaan panel surya *off-grid* 200 Wp untuk memasok energi *freezer* mini. Pengujian ini dilakukan pada siang hari dan menunjukkan radiasi matahari rata-rata 5,33 kWh/m<sup>2</sup> dengan puncak pada 992-1038 W/m<sup>2</sup>, data radiasi 35,6% lebih tinggi dari 500 W/m<sup>2</sup>, dan 24,6% lebih tinggi dari 800 W/m<sup>2</sup>. Untuk periode 12 jam dari pukul 06.00 hingga 12.00, daya rata-rata untuk pengisian adalah 98 W. Daya rata-rata meningkat menjadi 130,5 W pada pukul 08.00 hingga 16.00, dengan maksimum 157 W dan minimum 83,6 W. Jika 100 W dianggap minimum, periode 08.30-15.30 adalah direkomendasikan. Dalam percobaan pengisian baterai, daya rata-rata 126,5 W dari panel PV dihasilkan pada periode pukul 09.00 s/d 13.20. Pengujian baterai 60-Ah untuk memberi energi pada *freezer* dengan a pengaturan kapasitas baterai minimum 40% menghasilkan waktu pengoperasian 8,92 jam. Oleh karena itu, dua baterai masing-masing 60 Ah diperlukan untuk operasi terus menerus di malam hari.

Penelitian Olusola Charles Akinsipe dkk [9] melakukan perancangan sistem PLTS *off-grid* untuk perumahan di Jos, Nigeria menggunakan pemodelan matematika. Parameter teknisnya yaitu evaluasi terhadap daya puncak PV, kapasitas baterai, ukuran *inverter*, pengontrol muatan dan solar penyinaran daerah. Dari aspek teknis, memenuhi 8,58 kWh per hari untuk perumahan konsumsi listrik rumah dimungkinkan dengan mengadopsi area PV, daya puncak PV, kapasitas baterai, kapasitas *charge controller* dan ukuran sistem *inverter* dengan nilai 16.56 m<sup>2</sup>, 2566.80 Wp, 24 V, 440.00 Ah, 120 A dan 2500 W masing-masing. Analisis ekonomi, biaya siklus hidup (LCC), biaya siklus hidup tahunan (ALCC) dan biaya unit energi listrik dianalisis dan dihitung masing-masing menjadi US\$10.110,85, US\$593,73 dan US\$0,18/kWh.

Penelitian Renaldi Rahman [10] menganalisis perencanaan PLTS *Off-grid* untuk rumah tinggal tipe 45 di Kota Banjarbaru yang berdekatan dengan garis khatulistiwa sehingga mendapat sinar matahari melimpah. Metode yang digunakan yaitu analisis kuantitatif dengan menggunakan teknik pengumpulan data literatur dan pengukuran yang selanjutnya diperhitungkan dengan rumus. Pada penelitian ini didapatkan hasil kebutuhan daya perharinya sebesar 8.108 W. Panel surya yang

digunakan tipe *Monocrystalline* 300 Wp sebanyak 8 buah. Jumlah hari otonomi selama 3 hari, maka diperoleh biaya investasi awal sebesar Rp. 139.862.500 dan biaya pemeliharaan tahunan selama periode 25 tahun sebesar Rp. 13.986.250.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa PLTS *off-grid* sekarang ini sudah banyak digunakan contohnya untuk penerangan di suatu universitas, mini *freezer* dan banyak diaplikasikan baik di industri maupun rumah tinggal. Pada penelitian sebelumnya menganalisis perencanaan menggunakan *software* dan ada juga yang menggunakan metode kuantitatif dan pengumpulan data kemudian hasil akhirnya dihitung menggunakan rumus. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu menggunakan prototipe PLTS *off-grid* sebagai media analisis dan perencanaan pada beban rumah tinggal. Gambar 1.1 merupakan *State of the Art* penelitian yang dijadikan acuan referensi pada penelitian ini.



Gambar 1. 1 *State of the art*.

### 1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat prototipe PLTS sistem *off-grid* pada beban rumah tinggal?
2. Bagaimana kinerja prototipe PLTS sistem *off-grid* untuk perencanaan pada beban rumah tinggal?

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan membuat prototipe PLTS sistem *off-grid* pada beban rumah tinggal.
2. Melakukan uji analisis hasil perencanaan prototipe sistem *off-grid* dengan menggunakan beban lampu 15 watt, televisi 35 watt, *Receiver* 8 watt dan *router* 4 watt.

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat akademis yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah memperkaya khazanah bidang ilmu pengetahuan konsentrasi Power, mata kuliah Sistem Tenaga Listrik, dan teori Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
2. Manfaat praktis yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah PLTS *off-grid* yang akan digunakan dapat memberikan kontribusi terhadap pengguna rumah tinggal dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumbernya.

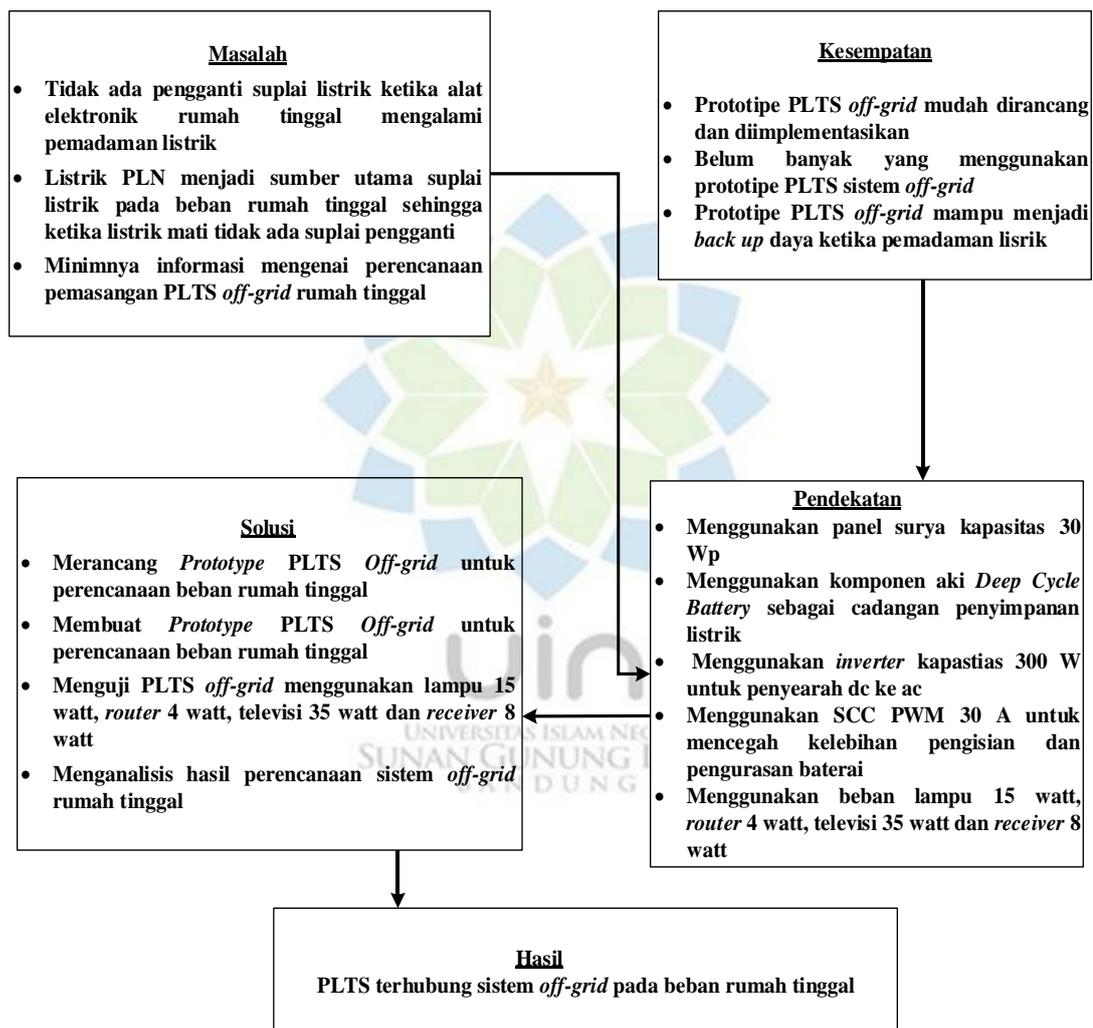
### 1.6 Batasan Masalah

1. Fokus utama perencanaan yaitu pada beban rumah tinggal menggunakan lampu 15 watt, televisi 35 watt, *receiver* 8 watt dan *router* 4 watt sebagai objek penelitian.
2. Panel surya yang digunakan jenis *polycrystalline* berkapasitas 30 Wp.
3. *Inverter* yang digunakan berkapasitas 300 Watt.
4. SCC yang digunakan berkapasitas 12/24 V dengan maksimal arus 30 Ampere.
5. Aki yang digunakan jenis *Deep Cycle Battery* dengan kapasitas 12 V 12 Ah
6. Menggunakan relai MK3P 220 VAC.
7. Prototipe berfokus pada pengumpulan data berupa nilai arus, tegangan serta daya yang mampu dihasilkan oleh PLTS.

8. Data yang digunakan untuk analisis adalah data arus, tegangan, dan daya DC.

### 1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir memuat uraian sistematis mengenai alur pemikiran hasil perumusan masalah penelitian yang dirancang. Secara umum, kerangka pemikiran penelitian ini digambarkan pada pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Alur kerangka berpikir.

### 1.8 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan awal dari penulisan tugas akhir ini. Dalam bab ini memuat hal-hal pokok dari awal sebuah tulisan, yaitu: latar belakang, rumusan

masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, *state of the art*, kerangka berpikir serta sistematika penulisan.

## **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian, penguasaan teori yang berhubungan dan menunjang dalam Prototipe PLTS *off-grid*, seperti teori tentang PLTS *off-grid*, komponen utama PLTS *off-grid*, perhitungan kapasitas PLTS *off-grid*, dan jenis beban rumah tinggal yang digunakan.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi diagram alir serta tahapan-tahapan proses untuk pemecahan masalah yang terdapat pada penelitian dengan sistematis agar mendapatkan hasil yang diinginkan serta diimplementasikan dari penelitian Prototipe PLTS sistem *off-grid* untuk beban rumah tinggal.

## **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini menjelaskan tentang realisasi rencana penelitian dengan merancang PLTS sistem *off-grid* untuk perencanaan beban rumah tinggal dan untuk mengetahui pengujian performa dari alat yang di buat di lapangan.

## **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini berisi tentang hasil-hasil uji penelitian yang telah dirancang yaitu hasil keluaran daya, arus, watt, *watthour*, *wattpeak* pada panel surya. Selain itu pengujian *Automatic Transfer Switch* pada beban rumah tinggal untuk membandingkan antara pengujian lampu dan televisi dan dilakukan analisis parameter nya.

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari analisis yang dilakukan mengenai kinerja PLTS *off-grid*. Selain itu hal-hal batasan yang tidak bisa dilakukan di penelitian ini kedepannya bisa dilakukan oleh peneliti lain untuk disempurnakan di kemudian hari.