

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik menjadi bagian penting untuk mendukung proses perkembangan teknologi dan aktivitas manusia di berbagai sektor. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik, penggunaan energi konvensional yang berasal dari bahan bakar fosil masih mendominasi sistem pembangkit listrik di Indonesia. Kondisi ini menimbulkan berbagai permasalahan seperti terbatasnya sumber energi dari fosil serta dampak negatif untuk lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan energi baru terbarukan diperlukan untuk mendukung keberlanjutan energi. Energi terbarukan yang masih berpotensi dapat dikembangkan salah satunya yaitu energi surya. Salah satu sumber energi terbarukan yang masih berpotensi untuk dikembangkan yaitu energi surya melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Dwisari et al., 2023).

Pemanfaatan sumber energi surya melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang memanfaatkan sumber energi cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik, sehingga menghasilkan listrik yang bisa dikonsumsi dalam berbagai kebutuhan energi listrik. PLTS dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik untuk menjaga operasi sistem yang membutuhkan suplai energi listrik secara berkelanjutan. Selain ramah lingkungan, PLTS juga mampu meningkatkan keandalan sistem karena dapat menyediakan energi listrik tanpa bergantung pada jaringan listrik utama. Pemanfaatan energi surya dapat menjadi alternatif yang efektif untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

Perkembangan teknologi IoT turut mendorong pemanfaatan sistem *monitoring* pada berbagai bidang. Teknologi IoT memungkinkan sensor dan Mikrokontroler saling terhubung melalui suatu jaringan internet yang mampu melakukan pengambilan, pengolahan dan pengiriman data secara otomatis. Teknologi ini dapat membuat kondisi suatu sistem dapat dipantau secara *real-time* tanpa memerlukan pengawasan langsung di lokasi. Data yang didapatkan dari suatu sistem dapat diproses dan dikirim pada platform *monitoring* sehingga pengguna bisa memantau kondisi sistem secara jarak jauh, serta

menerima notifikasi ketika terjadi perubahan atau gangguan pada sistem tersebut. Pemanfaatan IoT memberikan kemudahan dalam proses pemantauan karena mampu meningkatkan efisiensi, kecepatan respons, serta akurasi dalam pemantauan suatu sistem (Razzaqqi et al., 2025).

Salah satu permasalahan dalam sistem distribusi air yang sering terjadi yaitu kebocoran pipa yang menyebabkan kehilangan air, sehingga menimbulkan kerugian berupa pemborosan air dan meningkatnya biaya operasional. Proses pendeteksi kebocoran pipa air yang masih dilakukan secara manual melalui inspeksi lapangan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menemukan lokasi kebocoran sehingga penanganan kebocoran sering mengalami keterlambatan. Kondisi tersebut menunjukkan diperlukannya sistem *monitoring* yang dapat mendeteksi kebocoran pipa air secara otomatis sehingga ketika terjadi kebocoran dapat diketahui lebih cepat. Meskipun sistem *monitoring* berbasis IoT dapat meningkatkan efektivitas proses pemantauan, sistem tersebut membutuhkan sumber energi listrik yang stabil agar dapat beroperasi secara optimal serta ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi listrik menjadi solusi yang potensial untuk mendukung operasional sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air. Integrasi PLTS dengan sistem *monitoring* memungkinkan seluruh perangkat memperoleh suplai energi listrik yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan.

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi listrik pada sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi yang dapat diterapkan dalam mendukung operasional sistem. Integrasi PLTS dan sistem IoT memungkinkan perangkat *monitoring* beroperasi tanpa bergantung pada jaringan listrik utama. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang suplai energi listrik dengan memanfaatkan PLTS pada *Prototipe* sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air berbasis IoT. Dengan demikian, sistem tersebut diharapkan dapat melakukan pemantauan *real-time* dengan dukungan sumber energi listrik dengan memanfaatkan energi surya sebagai energi terbarukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi listrik dalam memenuhi kebutuhan daya pada *Prototipe* sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air?
2. Bagaimana kinerja sistem suplai daya PLTS dalam memenuhi kebutuhan energi listrik pada operasional *Prototipe* sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air?
3. Apakah kapasitas panel surya 100 Wp dan baterai LiFePO₄ 12 V 27 Ah yang digunakan telah sesuai untuk mendukung operasional *Prototipe* sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem suplai energi berbasis PLTS sebagai sumber energi listrik untuk mendukung operasional *Prototipe* sistem pendeteksi kebocoran pipa air.
2. Menganalisis kinerja sistem PLTS sebagai sumber energi listrik berdasarkan energi yang dihasilkan panel surya, proses pengisian baterai, efisiensi pengisian, serta konsumsi energi beban selama periode pengujian.
3. Mengetahui kesesuaian kapasitas panel surya 100 Wp dan baterai LiFePO₄ 27 Ah terhadap kebutuhan energi *Prototipe* selama pengujian serta menentukan kebutuhan kapasitas sistem apabila perlu diimplementasikan untuk operasi yang lebih lama.

1.4 Manfaat

Hasil pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan referensi dalam perancangan dan pengembangan suplai energi listrik berbasis PLTS sebagai sumber energi untuk mendukung operasional sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air.
2. Memberikan alternatif pemanfaatan energi terbarukan melalui sistem PLTS sebagai sumber energi listrik dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan daya

operasional sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air.

3. Memberikan informasi mengenai kinerja integrasi sistem suplai energi berbasis PLTS dengan sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air sehingga dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem di masa mendatang.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Untuk memberikan batasan yang jelas terhadap penelitian ini, maka ruang lingkup penelitian dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem suplai energi listrik berbasis PLTS sebagai sumber energi untuk mendukung operasional sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air.
2. Sistem PLTS yang digunakan terdiri atas panel surya 100 Wp, *Solar Charge Controller* tipe MPPT dan baterai LiFePO₄ sebagai penyimpan energi.
3. Sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air berbasis IoT digunakan sebagai beban pada penelitian ini. Penelitian ini tidak mendalami metode deteksi kebocoran, algoritma pemrograman, akurasi sensor, maupun performa sistem *monitoring*.
4. Parameter kelistrikan yang diamati meliputi iradiasi matahari, tegangan, arus, daya, energi yang dihasilkan panel surya, pengujian proses pengisian baterai (*Charging*), efisiensi pengisian, dan konsumsi energi beban.
5. Pengujian panel surya dilakukan pada kondisi cuaca cerah dan cuaca bervariasi, sedangkan pengujian pengisian baterai dilakukan pada kondisi cuaca cerah.
6. Pengujian operasional *Prototipe* dilakukan selama waktu pengujian yang telah ditentukan dan tidak dimaksudkan sebagai pembuktian kemampuan operasi sistem selama 24 jam.
7. Analisis operasi 24 jam hanya digunakan sebagai skenario pengembangan sistem untuk memperkirakan kebutuhan kapasitas panel surya, baterai, dan komponen pendukung apabila sistem diterapkan pada sistem di lapangan dengan waktu operasi yang lebih lama.

1.6 Kebaharuan

Penelitian mengenai pemanfaatan PLTS sebagai sumber energi pada sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air telah banyak dikembangkan. Namun, penelitian ini memiliki beberapa kebaruan yang membedakan dengan penelitian terdahulu, yaitu sebagai berikut:

1. Integrasi PLTS 100 Wp dengan *Prototipe* sistem *monitoring* pendeteksi kebocoran pipa air berbasis IoT sebagai sumber energi listrik.
2. Penelitian ini mengevaluasi kinerja sistem suplai energi secara menyeluruh, mulai dari energi yang dihasilkan panel surya, proses pengisian baterai, efisiensi pengisian, konsumsi energi beban, hingga ketahanan baterai.
3. Mengetahui keseimbangan energi antara energi yang dihasilkan panel surya, energi yang diterima baterai, rugi-rugi energi, dan energi yang digunakan oleh beban sistem *monitoring*.
4. Mengetahui kesesuaian kapasitas panel surya 100 Wp dan baterai LiFePO₄ 27 Ah berdasarkan hasil pengujian.
5. Penggunaan hasil pengujian aktual sebagai dasar perhitungan *sizing* panel surya dan baterai untuk pengembangan sistem dengan waktu operasi yang lebih besar.
6. Penyusunan rekomendasi pengembangan kapasitas sistem untuk mendukung pengoperasian secara kontinu.
7. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi dan hasil evaluasi, yaitu integrasi sistem PLTS dengan sistem *monitoring* kebocoran pipa dan analisis kinerja energinya.

Tabel 1.1 *Research Gap* Penelitian

Peneliti	Fokus Penelitian	<i>Research gap</i>	Posisi Penelitian ini
Razzaqqi et al. (2025)	Sistem pendeteksi kebocoran pipa berbasis IoT menggunakan ESP32, <i>Water Flow Sensor</i> , GPS,	Berfokus pada sistem deteksi kebocoran, tetapi tidak membahas secara khusus perancangan dan evaluasi PLTS sebagai	Penelitian ini menggunakan sistem <i>monitoring</i> kebocoran sebagai beban dan berfokus pada kemampuan PLTS dalam

	dan <i>Blynk</i>	sumber energi mandiri	menyediakan energi
Liestyowati et al. (2022)	Perancangan PLTS 100 Wp dengan inverter 1000 W	Belum terintegrasi dengan sistem <i>monitoring</i> kebocoran pipa berbasis IoT dan belum mengevaluasi keseimbangan energi terhadap beban tersebut	Penelitian ini mengintegrasikan PLTS 100 Wp, SCC MPPT, baterai LiFePO ₄ , dan beban sistem <i>monitoring</i> IoT
Darmana et al. (2022)	Pemanfaatan dan pemeliharaan PLTS pada kapal nelayan	PLTS digunakan sebagai energi alternatif dan butuh pemeliharaan agar bekerja optimal, Fokus penelitian pada aplikasi kapal dan pemeliharaan PLTS, bukan pada analisis suplai energi untuk sistem <i>monitoring</i> IoT	Penelitian ini mengevaluasi PLTS sebagai sumber energi khusus untuk <i>Prototipe monitoring</i> kebocoran pipa air.
Ilham et al. (2025)	Sistem <i>monitoring</i> ketinggian air berbasis IoT dengan sumber energi surya	Objek yang diamati adalah ketinggian air, sedangkan evaluasi terhadap energi, <i>charging</i> baterai, serta kapasitas PV baterai belum menjadi fokus penelitian	Penelitian ini menitikberatkan pada kinerja sistem suplai energi PLTS yang digunakan untuk <i>monitoring</i> kebocoran pipa
Darmana et al. (2024)	<i>Fuel Save Controller</i> pada integrasi sumber energi matahari	Menggunakan sistem energi hibrida dan fokus pada optimasi FSC, bukan sistem	Penelitian ini menggunakan sistem stand-alone PLTS dan mengevaluasi

	dan angin	PLTS mandiri untuk beban IoT	kemampuan suplai energi terhadap beban tertentu
Sitindaon et al. (2024)	<i>Monitoring</i> air hidroponik berbasis IoT menggunakan energi panel surya	PLTS digunakan sebagai sumber alternatif, tetapi tidak berfokus pada evaluasi penyimpanan baterai, efisiensi <i>charging</i> .	Penelitian ini mengevaluasi rantai energi dari panel surya → SCC → baterai → beban monitoring
Gunoto & Hutapea (2022)	Analisis daya PLTS <i>rooftop on-grid</i>	Iradiasi matahari memengaruhi tegangan, arus, daya, dan energi keluaran panel	Penelitian ini menggunakan PLTS off grid dengan baterai dan menganalisis pengaruh iradiasi terhadap kemampuan menyuplai beban
Purwanto et al. (2022)	Pengaturan suplai beban pada pembangkit listrik tenaga hibrida	SCC berperan dalam pengisian dan perlindungan baterai terhadap <i>overdischarging</i> , Fokus pada sistem hibrida dan pengaturan perpindahan sumber energi, bukan keseimbangan energi	Penelitian ini memanfaatkan SCC MPPT untuk mengatur proses pengisian baterai dan mengevaluasi energi yang sampai ke baterai
Afrianda et al. (2023)	Evaluasi PLTS <i>on-grid</i> berbasis iSolarCloud	Hanya membahas daya masukan, efisiensi dan inverter. Tidak menggunakan sistem baterai	Penelitian ini mengevaluasi sistem PLTS dengan penyimpanan baterai LiFePO ₄ dan beban sistem <i>monitoring</i>