

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok masyarakat dalam era modern saat ini. Seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi, permintaan akan energi listrik terus meningkat. Namun, sumber energi fosil yang saat ini masih menjadi sumber utama energi listrik memiliki keterbatasan dan dampak negatif bagi lingkungan[1]. Oleh karena itu, pengembangan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan menjadi sangat penting, dan energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang bisa menjadi salah satu permasalahan tersebut[2].

Di Indonesia, pengembangan PLTS telah mengalami pertumbuhan yang pesat. Potensi energi surya yang besar didukung oleh kondisi geografis Indonesia yang beriklim tropis. Namun, masih terdapat beberapa kendala dalam pengembangan PLTS, salah satunya adalah kurangnya pemahaman masyarakat tentang cara kerja dan sistem monitoring PLTS[3]. Pemahaman yang baik mengenai sistem monitoring PLTS penting untuk memastikan kinerja PLTS yang optimal. Sistem monitoring PLTS dapat digunakan untuk memantau parameter-parameter penting seperti tegangan, arus, daya, dan suhu. Dengan adanya sistem monitoring, pengguna PLTS dapat mengetahui kondisi PLTS secara real-time dan mengambil tindakan yang tepat jika terjadi gangguan[4].

Penyediaan listrik di lahan pertanian, khususnya di wilayah pegunungan dengan lahan terbatas, merupakan tantangan yang nyata dan mendesak di Indonesia. Banyak petani yang mengoperasikan lahan kecil kesulitan mendapatkan pasokan listrik yang stabil dan terjangkau dari PLN. Kebutuhan energi listrik di sektor pertanian semakin meningkat seiring dengan penggunaan teknologi modern seperti pompa air untuk irigasi, sistem penyiraman otomatis, dan alat pemrosesan paska-panen. Di wilayah pegunungan, jaringan listrik PLN sering kali sulit dijangkau[5]. Hal ini menyebabkan ketergantungan pada sumber listrik alternatif seperti generator berbahan bakar dan panel surya, yang keduanya memiliki tantangan tersendiri. Generator berbahan bakar memerlukan biaya operasional yang tinggi, sedangkan panel surya konvensional membutuhkan ruang instalasi yang tidak selalu tersedia di lahan terbatas. Banyak petani di daerah terpencil harus memilih antara menggunakan lahan untuk produksi pertanian atau mengorbankan sebagian lahan untuk infrastruktur energi.

Sebagai alternatif, berdasarkan permasalahan tantangan penyediaan listrik dilahan pertanian terbatas, solusi yang menjanjikan yaitu dengan mendesain bentuk panel surya untuk mengurangi penggunaan lahan pertanian jika panel surya digunakan dengan tetap memperhatikan daya yang dihasilkan, diketahui bersama bahwa saat ini bentuk panel surya yang populer adalah bentuk datar yang tentunya jika diterapkan di lahan pertanian maka akan mengambil banyak luas tanah produktif petani khususnya daerah pegunungan[6].

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan teknologi panel surya yang sudah ada saat ini dengan desain terbaru yang di khsususkan di daerah pertanian dengan lahan terbatas, dengan fokus optimasi desain panel surya untuk mencapai daya dan efisiensi lahan yang optimal. Penelitian ini akan menguji beberapa desain panel surya seperti desain ombak, pohon, atap lengkung, guna mengidentifikasi bentuk panel surya yang terbaik[7]. Setelah pemilihan desain yang terbaik pada pembuatan sistem hardware akan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroller dan juga menggunakan INA219 untuk mendeteksi arus dan voltase pada panel surya dan daya baterai lithium yang digunakan sebagai penyimpanan energi pada malam hari ketika panel surya sudah tidak memproduksi energi listrik. Selain itu, penelitian ini juga akan mengembangkan sistem monitoring berbasis website dengan menggunakan teknologi Tailwind CSS sebagai antarmuka website, Javascript untuk mengolah data, dan PHP Mysql yang digunakan sebagai database, website memiliki beberapa fitur yang diharapkan mampu mempermudah petani dalam memonitoring panel surya yang dimilikinya yang berupa fitur live monitoring arus dan voltase panel surya, kemudian fitur search history live monitoring panel surya, fitur notifikasi kerusakan yang berguna ketika sensor INA219 tidak mendeteksi arus dan voltase pada panel surya notifikasi berupa bot telegram akan ditampilkan pada hp petani, dan terdapat fitur service panel surya yang bertujuan untuk transparansi biaya kerusakan ketika perbaikan dilakukan pada panel surya jika terjadi masalah. Oleh karena itu, dengan dibuatnya solusi penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas petani di wilayah dengan keterbatasan lahan dan listrik dan berkurang nya lahan pertanian yang digunakan untuk penggunaan panel surya[8].

1.2 Analisis Masalah

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di daerah pegunungan memiliki tantangan permasalahan yang kompleks terkait penyediaan listrik pada wilayah pegunungan dengan lahan yang terbatas, meskipun teknologi PLTS menawarkan solusi energi terbarukan yang mandiri namun penerapannya dihadapkan pada tantangan kompleks yang mencakup beberapa aspek sebagai berikut[9].

1.2.1 Aspek Teknis

Dari segi teknis, salah satu kendala utama dalam pembangunan PLTS di daerah pegunungan adalah kebutuhan lahan yang cukup luas untuk penempatan panel surya[10]. Topografi daerah pegunungan yang dengan potensi bayangan dari gunung, bukit, vegetasi bukit tinggi dapat mempengaruhi penyerapan energi matahari, yang seringkali dilakukan perataan tanah secara signifikan. Proses ini tidak hanya menghilangkan vegetasi alami tetapi juga mengubah struktur tanah secara drastis, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kesuburan tanah dan mengganggu sistem drainase alami di wilayah tersebut[11].

Tantangan selanjutnya yang dialami adalah tantangan monitoring kinerja PLTS, petani seringkali berada jauh dari lokasi lahan pertanian mereka, membuat pemantauan kinerja panel PLTS secara manual menjadi tidak praktis dan memakan waktu[12].

1.2.2 Aspek Lingkungan

Pembangunan PLTS di daerah pegunungan dapat meningkatkan terjadinya erosi, erosi tanah terjadi karena perataan lahan dan hilangnya vegetasi alami, dengan terjadinya erosi maka akan meningkatkan potensi longsor, vegetasi alami sangat penting pada wilayah pegunungan karena berguna untuk produktifitas ekosistem lokal. Selain itu dengan penggunaan PLTS yang luas pada wilayah pegunungan memiliki dampak jangka panjang yang merugikan bagi sistem pertanian serta ketahanan pangan lokal[13].

1.2.3 Aspek Ekonomi

Biaya investasi awal PLTS, terutama dengan menggunakan sistem Off-grid dengan baterai dan inverter, masih tergolong tinggi bagi petani kecil dengan keterbatasan modal. Desain yang tidak optimal yang butuh lebih banyak panel untuk daya tertentu akan semakin meningkatkan biaya. Selain itu, perhitungan *return on investment (ROI)* PLTS menjadi kurang menarik jika harus mengorbankan lahan produktif petani yang menghasilkan pendapatan yang langsung dan berkelanjutan[14].

1.3 Analisa Solusi yang Ada

Penyediaan Listrik mandiri melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi fokus untuk mengatasi permasalahan energi di wilayah pertanian terpencil. Namun, dalam konteks lahan pertanian pegunungan yang terbatas, implementasi PLTS telah dilakukan berbagai pendekatan oleh peneliti terdahulu. Analisis berikut menguraikan solusi-solusi yang sudah diterapkan atau diteliti[15].

1.3.1 PLTS Atap Bangunan Pertanian

Pemasangan panel surya di atas atap bangunan yang sudah ada pada lahan seperti gudang, kandang, rumah petani, atau fasilitas pertanian yang memiliki atap. Dengan memanfaatkan permukaan yang sudah ada seperti atap memiliki kelebihan tidak mengorbankan lahan pertanian produktif secara langsung, kemudian mengurangi biaya konstruksi struktur penyangga panel surya karena sudah menggunakan atap yang sudah ada, dari segi lingkungan dapat meminimalisir dampak lingkungan karena tidak menggunakan lahan yang baru. Namun dari penggunaan atap sebagai tempat panel surya memiliki beberapa kekurangan seperti dalam aspek teknis luas atap yang tersedia mungkin tidak mencukupi untuk kebutuhan energi pertanian yang tinggi, terutama jika bangunan pada lahan pertanian kecil, di tambah karena mengandalkan bangunan yang beratap, maka hal tersebut hanya dapat diterapkan pada bangunan yang sesuai lokasi strategis saja[16].

1.3.2 PLTS di Lahan Kosong/Non Produktif

Panel surya di atas tanah menggunakan struktur penyangga yang ditematkan pada area lahan pertanian yang tidak digunakan untuk bercocok tanam. Pemilihan pemasangan menggunakan konsep ini memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam menentukan sudut kemiringan optimal untuk penangkapan sinar matahari secara optimal. Selain itu, karena ditempatkan di lahan yang tidak produktif bagi petani, maka dampak lingkungan nya akan minimal[17].

1.3.3 Agrivoltaics Solar

Konsep panel surya ini dilakukan dengan cara pemasangan panel surya yang ditinggikan di atas lahan pertanian produktif, yang memungkinkan lahan dibawahnya tetap digunakan untuk pertanian. Konsep ini sangat menguntungkan bagi beberapa jenis tanaman saja. dengan menerapkan konsep ini petani mendapatkan hasil pendapatan dari hasil pertanian dan penjualan listrik jika energi yang didapatkan lebih banyak dari yang dibutuhkan oleh lahan pertanian. Namun terdapat resiko potensi penurunan hasil panen jika tidak optimal maka hasil panen tanaman bisa menurun[18].

1.3.4 PLTS Portable

PLTS *portable* merupakan panel surya kecil yang mudah dipindahkan, seringkali sistem panel surya ini di integrasikan dengan baterai dan inverter mini, dan untuk kebutuhan daya yang sangat spesifik. Desain PLTS ini memiliki fleksibilitas yang sangat tinggi karena bisa dipindahkan sesuai kebutuhan, namun sistem ini tentunya memiliki kekurangan yaitu kapasitas yang sangat terbatas yang hanya cocok dengan beban yang sangat kecil karena sistem yang kecil[19].

1.4 Kesimpulan

Ketersediaan Listrik pada lahan pertanian terbatas merupakan tantangan yang krusial di Indonesia. Kondisi geografis yang sulit, keterbatasan akses terhadap jaringan listrik konvensional, serta permasalahan petani yang tidak ingin mengorbankan lahan pertanian produktif demi instalasi panel surya, secara kolektif menghambat adopsi teknologi modern dan produktifitas pertanian. Dengan tingginya biaya investasi awal dan potensi hilangnya pendapatan pertanian serta aspek lingkungan terkait dengan penggunaan lahan dan dampak terhadap ekosistem alam. Berdasarkan analisis peneliti permasalahan ini berakar pada efesiensi pemanfaatan lahan dan optimasi penangkapan energi surya.

Dengan dilakukan nya banyak percobaan terkait dengan cara pemasangan PLTS yang cocok pada lahan pertanian pegunungan seperti di atas atap, dibawah tanah yang tidak produktif, kemudian dengan metode Agrivoltaics pemasangan yang di tinggikan pada lahan produktif, dan terakhir menggunakan panel surya mini *portable*. Namun, metode-metode pemasangan masih memiliki kekurangan masing-masing, Seringkali, solusi yang ada belum bisa mengatasi lahan yang sempit, biaya yang mahal, dan sulit dalam pemeliharaan panel surya di lahan pegunungan.

Karena permasalahan tersebut, penelitian akan menjadi penting untuk mengembangkan PLTS dengan desain panel surya. Desain yang akan kami uji yaitu desain panel surya dengan bentuk desain ombak, desain pohon, dan desain atap lingkaran. Desain tersebut akan kami uji penggunaan luas lahan yang digunakana serta seberapa banyak perbedaan energi yang dihasilkan dibandingkan dengan desain panel surya pada umumnya yaitu bentuk panel surya datar. Peniliti berharap, solusi ini bisa mengatasi permasalahan petani di daerah pegunungan. Ditambah dengan penggunaan website monitoring petani dapat lebih mudah dalam memelihara panel surya yang mereka miliki secara jarak jauh.