

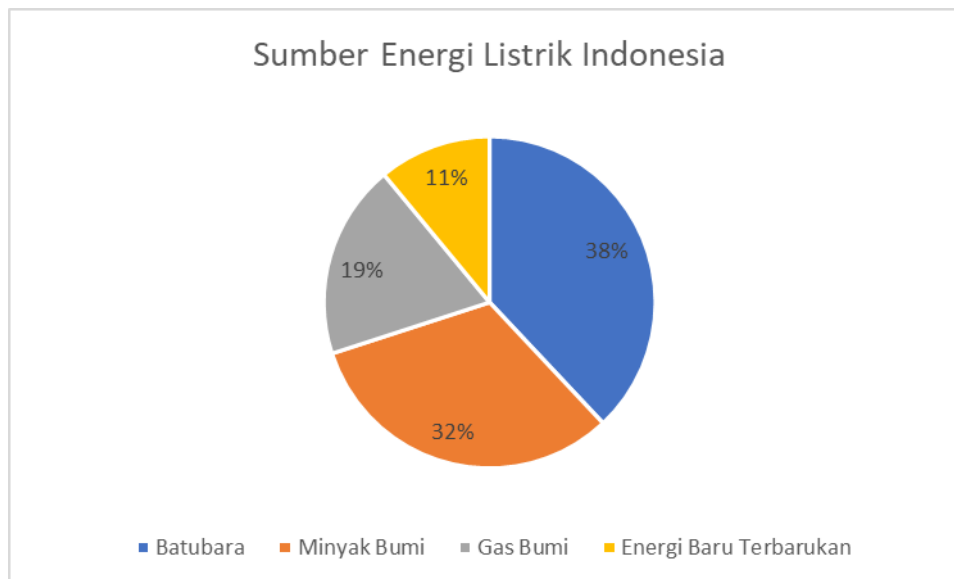
BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

I.1.1 Peningkatan Kebutuhan Energi Listrik

Dalam dekade terakhir, konsumsi listrik di Indonesia telah mengalami peningkatan yang signifikan setiap tahunnya. Pada tahun 2019, konsumsi listrik mencapai lebih dari 278 TWh, yang berarti konsumsi listrik telah meningkat dua kali lipat dalam satu dekade (Khayam et al., 2023). Selain itu, proyeksi kebutuhan listrik untuk sektor rumah tangga di Indonesia menunjukkan peningkatan rata-rata 1,15% per tahun hingga tahun 2030 (Habibah et al., 2022).

Namun, saat ini kebutuhan energi listrik yang terus meningkat tersebut masih dipenuhi oleh pembangkit listrik yang menggunakan energi fosil seperti batu bara dan gas. Ketergantungan yang tinggi pada energi fosil ini menimbulkan kekhawatiran, mengingat dampak negatifnya terhadap lingkungan dan ketersediaannya yang semakin menipis.



Gambar I. 1 Sumber Energi Listrik di Indonesia

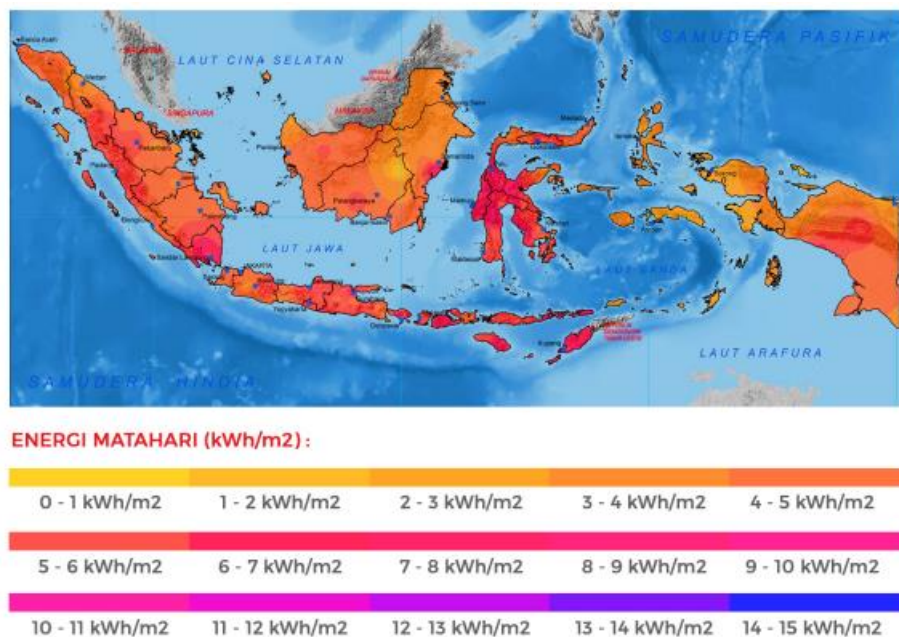
Sumber : (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021)

Berdasarkan hal tersebut, penggunaan energi baru terbarukan perlu ditingkatkan untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mewujudkan rencana pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2023 pada

Rencana Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) yang telah menetapkan target penggunaan energi baru terbarukan (EBT) sebesar 23% pada tahun 2025. Pemerintah Indonesia juga bertujuan untuk mengurangi emisi sebesar 29% tanpa syarat atau 41% dengan syarat pada tahun 2030, dengan fokus pada peningkatan penggunaan energi baru dan terbarukan (Surya Husada & Erar Joesoef, 2022). Selain itu, dalam siaran pers nomor 303.Pers/04/SJI/2021, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral mendorong masyarakat untuk bergotong-royong dalam pemasangan PLTS atap dengan target kapasitas 3.600 MW secara bertahap hingga tahun 2025.

I.1.2 Potensi Energi Surya Di Indonesia

Salah satu sumber energi baru terbarukan yang sesuai dengan kondisi di Indonesia adalah tenaga matahari. Paparan sinar matahari di Indonesia cukup tinggi karena terletak di wilayah beriklim tropis dan berada tepat pada garis khatulistiwa sehingga distribusi pemanfaatan energi surya pada tiap provinsi dapat mencapai 207 GW (Sijabat & Mostavan, 2021).



Gambar I. 2 Peta Paparan Sinar Matahari di Indonesia

Sumber : (BMKG, 2023)

Data dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (2023) juga menunjukkan bahwa intensitas sebaran radiasi matahari di Indonesia berkisar antara

4-6 kWh/m²/hari. Namun, penggunaan energi surya di Indonesia masih terbatas karena kurangnya infrastruktur dan teknologi yang tepat serta kebijakan pemerintah yang belum sepenuhnya mendukung pengembangan dan pemanfaatan energi surya. Meskipun ada beberapa inisiatif, namun implementasi dan insentif yang diberikan masih kurang memadai. Kebijakan yang lebih fokus pada energi fosil juga menjadi penghambat utama. Salah satu kebijakan yang menjadi penghambat pemanfaatan energi surya adalah PLN tidak mencatat ekspor daya oleh konsumen yang melakukan pemasangan panel surya serta pembatasan kapasitas pada konfigurasi *on-grid* (Sijabat & Mostavan, 2021).

I.1.3 Jenis Konfigurasi Sistem Panel Surya

Terdapat tiga jenis konfigurasi sistem panel surya yaitu konfigurasi *off-grid* yaitu sistem panel surya berfungsi sebagai sumber listrik satu satunya dan arus listrik yang dihasilkan di siang hari akan disimpan pada baterai untuk digunakan di malam hari, konfigurasi *on-grid* yaitu sistem panel surya yang terhubung dengan jaringan penyedia listrik seperti PLN, dan konfigurasi *hybrid* yang merupakan kombinasi *off-grid* dan *on-grid* yang menggunakan baterai namun terdapat proses peralihan sumber arus listrik ke jaringan PLN ketika suplai dari panel surya dan baterai tidak tersedia atau habis (Subramaniam et al., 2020).

Sistem panel surya *hybrid* lebih baik dalam penggunaan di daerah dengan suplai listrik yang kurang stabil (Subramaniam et al., 2020). Selain itu, listrik tetap tersedia ketika paparan matahari berkurang saat cuaca berawan karena ketika daya PLTS tidak mencukupi karena sumber listrik akan berpindah atau *switching* dengan perangkat ATS atau *Automatic Transfer Switch* ke penyedia listrik atau sebaliknya saat terjadi gangguan pada jaringan listrik (Subramaniam et al., 2020). Sehingga berdasarkan sistem kerja tersebut konfigurasi *hybrid* lebih baik digunakan pada instalasi rumahan karena sistem panel surya tidak harus memenuhi seluruh kebutuhan daya rumah menjadikannya lebih ekonomis dan pengguna dapat meningkatkan kapasitasnya secara bertahap untuk beralih ke energi surya selain itu dapat berperan sebagai sumber daya cadangan (Al Bahar A.K & Kusuma C.W, 2021). Sistem peralihan juga pemasangan sistem panel surya *hybrid* tidak terdampak pembatasan PLN karena sistem panel surya yang terpisah dengan jaringan PLN.

I.1.4 Distribusi Dan Kestabilan Suplai Listrik Di Indonesia

Sebaran jaringan listrik atau elektrifikasi masih belum merata dan terpusat pada daerah Sumatera, Jawa dan Bali saja sehingga aliran listrik masih belum dapat dimanfaatkan seluruh masyarakat Indonesia (Hertadi et al., 2022). Selain itu, indeks durasi gangguan rata-rata dari PLN menunjukkan bahwa suplai listrik masih belum stabil dan setiap pelanggan mengalami pemadaman selama 12.72 jam pada tahun 2020 dan selama 9 jam di tahun 2021 serta indeks frekuensi gangguan menunjukkan setiap pelanggan pada tahun 2020 mengalami pemadaman 9.25 kali dan tahun 2021 mengalami pemadaman sebanyak 6.7 kali gangguan listrik (Hertadi et al., 2022). Sistem panel surya *hybrid* dapat berfungsi sebagai suplai daya cadangan ketika gangguan atau pemadaman listrik (Subramaniam et al., 2020). Oleh karena itu, pemanfaatan sistem panel surya *hybrid* dapat menjadi solusi terhadap permasalahan distribusi dan kestabilan listrik di Indonesia.

I.1.5 Perangkat ATS Eksisting

Saat ini biaya perangkat ATS yang terintegrasi masih tinggi menyebabkan perangkat yang diperlukan pada sistem PLTS *Hybrid* tersebut masih sulit dijangkau masyarakat (Kasali et al., 2019). ATS konvensional di pasaran masih belum dapat menjaga siklus baterai yang diperlukan untuk mempertahankan usia pakai dan ATS terintegrasi *inverter* selain masih sulit dijangkau juga memerlukan konfigurasi yang sangat spesifik.

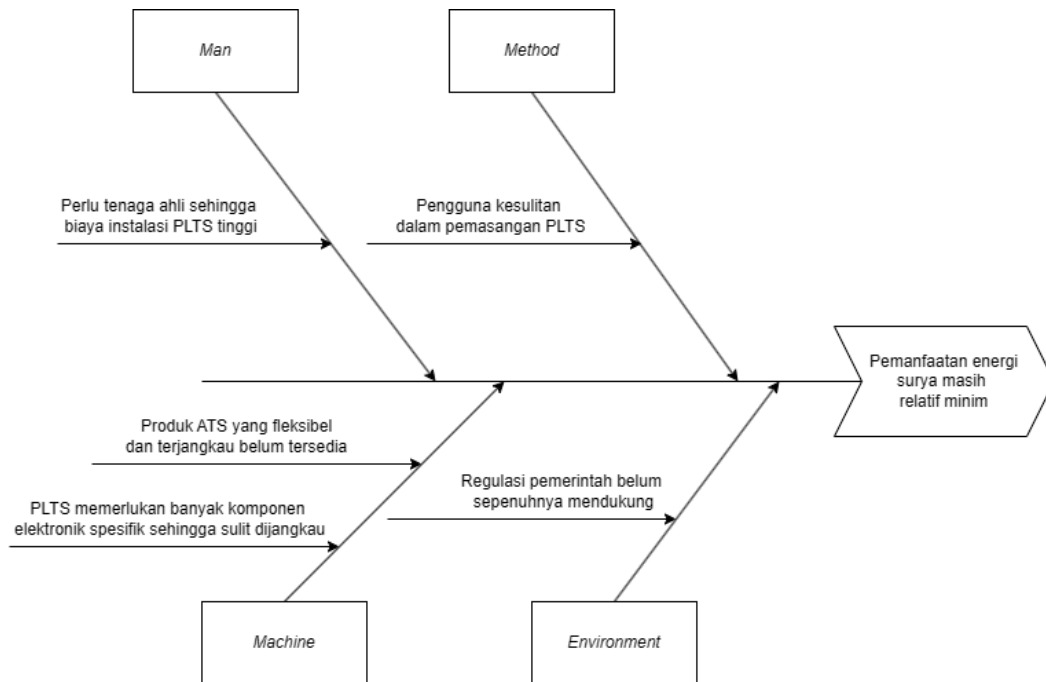
I.1.6 Pengembangan ATS PLTS *Hybrid*

Didasari hal tersebut, perlu dilakukan pengembangan produk ATS yang dapat meningkatkan penggunaan energi surya di Indonesia. Pada penelitian ini Metode *Quality Function Deployment* (QFD) digunakan untuk merancang *Automatic Transfer Switch* (ATS) untuk sistem panel surya *hybrid* kapasitas rendah berbasis *microcontroller*. Metode ini dipilih karena dapat mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan mengintegrasikan kebutuhan tersebut ke dalam spesifikasi teknis pada desain produk. Dengan menggunakan metode QFD, produk yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan dan memiliki kualitas yang baik (Ficalora & Cohen, 2010).

Penelitian ini menggunakan komunitas *online* "Grup Diskusi PLTS & Renewable Energi Indonesia" di Facebook untuk memahami kebutuhan dan pengalaman pengguna panel surya, terutama sistem *hybrid*. Grup ini, dengan lebih dari 25.286 anggota per Agustus 2024, terdiri dari pengguna rumah tangga, instalator, peneliti, dan profesional energi terbarukan. Responden dipilih berdasarkan kriteria tertentu, yaitu aktif menggunakan atau memiliki pengalaman dalam instalasi PLTS, familiar dengan sistem dan konfigurasi PLTS, khususnya sistem *hybrid*, serta memiliki pengetahuan tentang tantangan dan kebutuhan dalam penggunaan PLTS *hybrid*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *Automatic Transfer Switch* (ATS) untuk sistem panel surya *hybrid* kapasitas rendah berbasis *microcontroller* dengan metode *Quality Function Deployment* (QFD) dan produk yang dihasilkan diharapkan dapat meningkatkan pemanfaatan energi surya di Indonesia dan mengurangi ketergantungan pada energi fosil serta dapat menjadi solusi terhadap masalah distribusi dan kestabilan listrik di Indonesia.

I.1.7 Alternatif Solusi

Diperoleh permasalahan berdasarkan latar belakang di atas, yaitu tingginya kebutuhan konsumsi listrik di Indonesia yang saat ini sebagian besar masih dipenuhi oleh energi fosil yang menimbulkan isu lingkungan dan keberlanjutan sedangkan potensi EBT berupa tenaga surya sangat potensial di Indonesia namun implementasinya masih terbatas karena biaya awal yang cukup besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencarian alternatif solusi terhadap permasalahan tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan metode *fishbone diagram*. *Fishbone diagram* atau juga dapat disebut diagram Ishikawa dan diagram sebab-akibat mengidentifikasi sebab permasalahan dengan menggunakan beberapa kategori yaitu 4M dan 1E yaitu *Man, Method, Machine, Materials*, dan *Environment* (Holifahtus Sakdiyah et al., 2022).



Gambar I. 3 *Fishbone Diagram* Alternatif Solusi

Berdasarkan *fishbone diagram* di atas, permasalahan dikategorikan ke dalam 4 aspek yaitu *man*, *machine*, *method* dan *environment* yang menyebabkan pemanfaatan energi surya masih relatif minim. Pada aspek *man* perlunya tenaga ahli dalam instalasi PLTS menyebabkan tingginya biaya instalasi sistem PLTS. Pada aspek *machine* sistem PLTS memerlukan serangkaian komponen elektronik spesifik agar dapat bekerja seperti panel surya, *solar charge controller*, baterai, inverter dan *automatic transfer switch* yang menyebabkan tingginya biaya awal pemasangan PLTS di rumah selain itu produk ATS yang fleksibel dan terjangkau belum tersedia di pasaran. Pada aspek *method* pengguna kesulitan untuk melakukan pemasangan PLTS dan pada aspek *environment* regulasi pemerintah yang belum sepenuhnya mendukung pemanfaatan energi surya. Berikut beberapa alternatif solusi untuk pemecahan masalah tersebut.

Tabel I. 1 Alternatif Solusi

| No. | Akar Masalah | Alternatif Solusi |
|-----|--|---|
| 1 | Perlu tenaga ahli sehingga biaya instalasi PLTS tinggi | Pengembangan perangkat PLTS yang mudah dipasang dan dilengkapi petunjuk pemasangan sehingga mengurangi kebutuhan pemasangan oleh tenaga ahli khusus |
| 2 | Pengguna kesulitan dalam pemasangan panel surya karena proses instalasinya yang cukup kompleks | Pengembangan perangkat ATS dengan konfigurasi yang fleksibel dan terjangkau |
| 3 | PLTS memerlukan banyak komponen elektronik sehingga biaya awal tinggi dan produk ATS yang fleksibel dan terjangkau belum tersedia di pasaran | Pengembangan perangkat ATS yang sesuai dengan regulasi pemerintah yaitu dalam konfigurasi <i>hybrid</i> menyesuaikan dengan pembatasan pada konfigurasi dan kapasitas <i>on-grid</i> serta biaya yang tinggi pada konfigurasi <i>off-grid</i> |
| 4 | Regulasi pemerintah belum sepenuhnya mendukung | |

Berdasarkan alternatif solusi pada uraian tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan perangkat PLTS yang fleksibel, terjangkau, instalasinya mudah dan sesuai dengan regulasi yang ada sehingga penelitian ini difokuskan pada pengembangan produk ATS PLTS *Hybrid* dengan metode *quality function deployment* yang dapat mengintegrasikan kebutuhan yang ada ke dalam spesifikasi teknis produk.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, berikut adalah rumusan masalah pada tugas akhir ini:

1. Bagaimana kebutuhan pengguna sebagai dasar rancangan produk *Automatic Transfer Switch* PLTS *Hybrid* dengan metode *Quality Function Deployment*?
2. Bagaimana rancangan produk *Automatic Transfer Switch* PLTS *Hybrid* yang dapat mengatur peralihan antara sumber energi listrik PLN dan Sistem Panel Surya secara otomatis?

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis kebutuhan pengguna sebagai dasar rancangan produk *Automatic Transfer Switch PLTS Hybrid* menggunakan metode *Quality Function Deployment*.
2. Menghasilkan rancangan produk *Automatic Transfer Switch PLTS Hybrid* yang dapat mengatur peralihan antara sumber energi listrik PLN dan Sistem Panel Surya secara otomatis.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Masyarakat, dapat dijadikan alat pengatur peralihan antara sumber energi listrik PLN dan PLTS secara otomatis sehingga dapat beralih ke sumber energi baru terbarukan dan dapat menghemat biaya penggunaan energi listrik yang lebih fleksibel dan terjangkau serta sesuai dengan regulasi yang ada.
2. Bagi pemerintah, dapat mendukung realisasi rencana penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Indonesia.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab, meliputi:

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini berisi latar belakang rancang bangun produk *Automatic Transfer Switch PLTS Hybrid*. Selain itu, terdapat rumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir dan sistematika penulisan.

BAB 2 Landasan Teori

Pada bab ini berisi studi terhadap literatur-literatur terkait dengan penelitian ini. Fokus bab ini adalah melibatkan teori-teori terkait dengan pengembangan produk, perancangan ATS dan metode QFD yang berasal dari buku, artikel dan berbagai sumber lain.

BAB 3 Metodologi Perancangan

Pada bab ini berisi gambaran mengenai pendekatan dan langkah-langkah metodologi yang digunakan dalam perancangan produk secara terstruktur dan sistematis dari tahapan pendahuluan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis serta kesimpulan. Selain itu, pada bab ini juga terdapat identifikasi sistem terintegrasi.

BAB 4 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada bab ini berisi tahap pengumpulan data, pengolahan data dan rancangan sistem yang diusulkan, termasuk bagaimana ATS akan diintegrasikan dengan sistem panel surya kapasitas rendah. Pembahasan mencakup detail teknis, diagram, serta bagaimana *microcontroller* akan diterapkan dalam sistem.

BAB 5: Analisis

Pada bab ini berisi tahap verifikasi dan validasi hasil rancangan produk yang telah terbentuk dalam bab sebelumnya dan bertujuan untuk memastikan bahwa hasil rancangan telah sesuai.

BAB 6 Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi rangkuman keseluruhan penelitian, kesimpulan dari hasil analisis, dan saran.