

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik pada sektor pendidikan terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya aktivitas operasional dan penggunaan peralatan listrik pada fasilitas penunjang pendidikan, termasuk asrama mahasiswa. Konsumsi energi listrik yang tinggi untuk penerangan, sistem distribusi air, perangkat elektronik, serta fasilitas pendukung lainnya menyebabkan peningkatan biaya operasional dan ketergantungan terhadap pasokan listrik konvensional. Kondisi tersebut mendorong perlunya pemanfaatan sumber energi terbarukan yang lebih efisien, mandiri, dan berkelanjutan guna mendukung sistem kelistrikan pada lingkungan pendidikan.

Asrama Universitas Andalas memiliki ketergantungan absolut terhadap pasokan listrik dari jaringan utilitas terpusat (PLN). Ketergantungan ini memicu tingginya beban Biaya Operasional dan Pemeliharaan (BOP) institusi. Di Indonesia, sektor bangunan kampus merupakan salah satu konsumen energi listrik terbesar yang sering kali beroperasi tanpa optimalisasi efisiensi yang memadai. Pada fasilitas asrama, beban dasar (*base load*) seperti sistem pemompaan air distribusi, penerangan lorong, dan infrastruktur keamanan menyala secara konstan 24 jam. Di sisi lain, belum ada upaya pemanfaatan potensi energi terbarukan lokal (*on-site energy harvesting*) di dalam kawasan asrama untuk menekan pemborosan tersebut dan membangun ketahanan energi secara desentralisasi[1].

Di sisi lain, sistem distribusi air pada asrama yang memanfaatkan bendungan sebagai sumber air utama, dengan aliran melalui pipa menuju *ground tank*, memiliki potensi energi dalam bentuk tekanan dan energi kinetik fluida. Potensi ini dapat dimanfaatkan melalui penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) yang dipasang pada jaringan pipa sebelum air memasuki tangki penampungan. Pemanfaatan energi pada sistem ini sangat dipengaruhi oleh parameter hidrolik seperti debit aliran, tinggi jatuh (*head*), serta kerugian energi (*head loss*) dalam pipa [2].

Untuk skala fasilitas domestik, Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) berkapasitas di bawah 5 kW merupakan konfigurasi yang sering digunakan karena penempatan instalasi yang tidak memerlukan struktur sipil tambahan berskala besar[3]. Pada penelitian ini, integrasi turbin air berskala piko pada pipa tersebut secara konsisten akan disebut sebagai sistem PLTPH.

Selain itu, kajian numerik dan eksperimental menunjukkan bahwa dimensi pipa (*penstock*), seperti diameter dan panjang, memiliki pengaruh signifikan terhadap potensi daya listrik yang dihasilkan. Kerugian energi akibat gesekan dan turbulensi dalam pipa dapat mengurangi daya keluaran secara signifikan, sehingga desain sistem menjadi faktor kunci dalam optimasi PLTPH.[4]. Penelitian terbaru

di Indonesia juga menunjukkan bahwa dengan desain sistem yang tepat, pembangkit mikrohidro mampu menghasilkan daya yang cukup besar dengan efisiensi tinggi, serta layak diterapkan pada skala kecil[3].

Namun demikian, penerapan PLTPH pada sistem distribusi air skala kecil seperti asrama masih memiliki tantangan yang signifikan. Variasi debit aliran, keterbatasan *head*, serta potensi gangguan tekanan dalam sistem distribusi air menjadi faktor pembatas utama. Selain itu, energi listrik yang dihasilkan harus cukup signifikan untuk memberikan dampak nyata terhadap pengurangan konsumsi energi listrik dari PLN.

Berdasarkan hal tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian dalam pemanfaatan energi pada sistem pipa distribusi air skala kecil di lingkungan asrama, khususnya yang mengintegrasikan analisis teknis dan ekonomi secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan pembangunan PLTPH pada jalur pipa distribusi air menuju *ground tank* asrama dengan menggunakan perangkat lunak HOMER Pro. Analisis difokuskan pada parameter *Break Even Point* (BEP), penghematan biaya operasional, keuntungan setelah BEP, serta efektivitas sistem dalam mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari aliran air pada sistem pipa distribusi menuju *ground tank* asrama berdasarkan parameter debit dan tinggi jatuh (*head*) yang tersedia?
2. Bagaimana pengaruh parameter instalasi jaringan perpipaan transmisi terhadap kerugian tinggi tekan (*head loss*) dan kontinuitas distribusi air menuju *ground tank* asrama?"
3. Bagaimana hasil simulasi integrasi sistem PLTPH dengan jaringan listrik eksisting menggunakan HOMER Pro dalam menghasilkan konfigurasi sistem yang optimal?
4. Bagaimana kelayakan ekonomi pembangunan PLTPH ditinjau dari parameter *Break Even Point* (BEP), biaya investasi, penghematan biaya listrik, dan periode pengembalian investasi?
5. Seberapa besar kontribusi PLTPH dalam mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN (dalam kWh), serta apakah pengurangan tersebut signifikan terhadap total kebutuhan energi asrama?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan potensi daya listrik yang dapat dihasilkan dari aliran air pada sistem pipa distribusi menuju *ground tank* asrama berdasarkan parameter debit (Q) dan tinggi jatuh (*head*).
2. Menganalisis pengaruh parameter instalasi jaringan perpipaan transmisi terhadap kerugian tinggi tekan (*head loss*) dan kontinuitas distribusi aliran air.
3. Melakukan simulasi integrasi sistem PLTPH dengan jaringan listrik eksisting menggunakan HOMER Pro untuk memperoleh konfigurasi sistem yang optimal.
4. Mengevaluasi kelayakan ekonomi pembangunan PLTPH berdasarkan parameter *Break Even Point* (BEP), biaya investasi, penghematan biaya listrik, dan periode pengembalian investasi.
5. Mengukur kontribusi PLTPH dalam mengurangi konsumsi energi listrik dari PLN (dalam kWh) serta menilai tingkat signifikansinya terhadap kebutuhan energi total asrama.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Universitas Andalas

Memberikan acuan teknis dan ekonomis dalam mengevaluasi potensi pemanfaatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) pada jaringan pipa distribusi air. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait pengurangan biaya listrik, peningkatan efisiensi energi, serta optimalisasi pemanfaatan sumber daya air yang tersedia di lingkungan asrama.

2. Bagi Pemerintah dan Regulator

Menyediakan gambaran berbasis analisis dan simulasi mengenai pemanfaatan energi terbarukan skala kecil pada sektor pendidikan, khususnya dalam mengurangi ketergantungan terhadap pasokan listrik eksternal. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam mendukung kebijakan efisiensi energi, elektrifikasi berbasis energi terbarukan, serta pengembangan teknologi mikrohidro pada sistem distribusi air.

3. Bagi Institusi Akademik

Menambah literatur dan menjadi rujukan bagi penelitian selanjutnya di bidang energi terbarukan, khususnya terkait pemanfaatan energi pada sistem pipa (*in-pipe hydropower*) serta integrasi analisis teknis dan ekonomi menggunakan HOMER Pro. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi dasar pengembangan studi lanjutan dalam optimasi sistem energi skala kecil berbasis kondisi nyata di lapangan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sumber energi yang dianalisis dibatasi pada aliran air dari bendungan yang didistribusikan melalui pipa menuju *ground tank* asrama, tanpa mempertimbangkan sumber energi terbarukan lainnya seperti tenaga surya atau angin.
2. Analisis teknis difokuskan pada potensi energi mikrohidro berbasis aliran pipa (*in-pipe hydropower*), dengan parameter utama berupa debit aliran (Q), tinggi jatuh (*head*), dan efisiensi sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTPH).
3. Perhitungan daya listrik yang dihasilkan dilakukan berdasarkan pendekatan teoritis dan simulasi, tanpa melakukan pengujian eksperimental atau pembangunan sistem secara langsung di lapangan.
4. Analisis hidrolik dibatasi pada pengaruh pemasangan turbin terhadap tekanan (*pressure drop*) dan aliran air, tanpa membahas secara detail desain mekanis turbin atau struktur pipa secara menyeluruh.
5. Simulasi sistem energi dilakukan menggunakan HOMER Pro, dengan fokus pada integrasi PLTPH terhadap sistem kelistrikan eksisting (PLN), tanpa mempertimbangkan konfigurasi sistem energi hybrid lainnya secara kompleks.

1.6 Sistematik Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai dasar-dasar penelitian yang meliputi latar belakang pemilihan topik, rumusan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan, serta batasan masalah agar pembahasan tetap terarah. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

BAB II TINJAUAN UMUM INSTANSI

Bab ini menyajikan landasan teori, kajian literatur, serta referensi ilmiah yang relevan sebagai dasar dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan dan prosedur penelitian secara sistematis, meliputi metode yang digunakan, alur penelitian dalam bentuk diagram alir (*flowchart*), serta spesifikasi alat dan bahan yang digunakan selama penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil yang diperoleh dari proses simulasi atau pengujian, serta analisis mendalam terhadap data tersebut untuk menjawab rumusan masalah yang telah ditetapkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang merupakan ringkasan dari hasil penelitian, serta saran yang dapat digunakan sebagai rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

