

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan listrik di daerah terpencil seperti Mahakam Hulu, Kabupaten Mahakam Ulu, Kalimantan Timur, masih menghadapi tantangan besar akibat keterbatasan infrastruktur jaringan (grid) dan tingginya biaya ekstensi kabel ke lokasi yang berjauhan dan penuh hambatan topografi. Banyak komunitas di wilayah pedalaman mengandalkan generator diesel yang mahal, tidak ramah lingkungan, dan rentan terhadap pasokan bahan bakar[1]. Oleh karena itu solusi pembangkit terdistribusi berbasis energi terbarukan (EBT) seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) off-grid menjadi opsi strategis untuk meningkatkan akses listrik yang lebih bersih dan lebih murah dalam jangka panjang.

Namun PLTS memiliki kelemahan utama: sifat pembangkitan yang intermitten menghasilkan listrik saat ada radiasi matahari tetapi tidak saat malam atau cuaca buruk. Untuk menjaga kontinuitas pasokan tanpa bergantung pada baterai kimia (yang mahal, perlu penggantian, dan menimbulkan isu lingkungan), kombinasi PLTS dengan penyimpanan energi mekanik jangka panjang seperti *Pumped Hydro Energy Storage* (PHES, atau *pumped storage*) menawarkan solusi yang menarik[2]. Dalam skema ini, energi surplus dari PLTS pada jam produksi tinggi digunakan untuk memompa air dari reservoir rendah ke reservoir tinggi; saat produksi surya menurun, air dialirkan kembali melalui turbin untuk menghasilkan listrik — sehingga menyediakan layanan simpan-lepas (arbitrage), tumpuan beban puncak, dan jaminan keandalan off-grid tanpa baterai kimia. Konsep ini cocok untuk lokasi dengan topografi dan ketersediaan sumber air yang memadai. Kajian teknis dan ekonominya telah menunjukkan PHES sebagai teknologi penyimpanan teruji untuk durasi panjang dan skala besar, serta kompetitif dibandingkan solusi penyangga lain pada beberapa kasus[3].

Mahakam Ulu sebagai daerah aliran sungai Mahakam memiliki karakteristik hidrologi dan topografi yang berpeluang untuk pengembangan mikro-/mini pumped storage: lembah sungai, variasi elevasi, dan komunitas yang membutuhkan suplai energi berkelanjutan.

Namun potensi tersebut perlu ditelaah secara detail: ketersediaan debit air sepanjang tahun, perubahan musiman, dampak ekologis

terhadap ekosistem riparian dan masyarakat adat, serta implikasi perizinan dan tata guna lahan. Oleh karena itu studi kelayakan menggabungkan analisis sumber daya surya lokal, data topografi, serta aspek sosio-linguistik masyarakat setempat adalah langkah awal yang wajib. Dari sisi desain sistem, hal-hal penting yang harus dipertimbangkan meliputi: penentuan kapasitas PLTS (kWp) agar dapat menghasilkan surplus energi yang cukup untuk mengisi reservoir; perancangan ukuran reservoir atas dan bawah (volume dan head efektif) untuk memenuhi kebutuhan energi malam/strategis; efisiensi pompa-turbin; manajemen operasi (algoritme kontrol untuk memprioritaskan pompa saat radiasi tinggi dan pelepasan saat permintaan), dan integrasi proteksi kelistrikan pada sistem off-grid.

Penggunaan desain PLTS off-grid tanpa baterai dengan pumped storage di Mahakam Hulu berpotensi menjadi solusi energi berkelanjutan menggabungkan keunggulan sumber daya surya tropis Indonesia dengan penyimpanan energi mekanik yang tahan lama tetapi memerlukan studi teknis, untuk memastikan kelayakan dan keberlanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem PLTS off-grid yang terintegrasi dengan pumped storage untuk mendukung penyediaan energi listrik berkelanjutan pada wilayah terbatas di Kabupaten Mahakam Ulu, khususnya kawasan Long Bagun dan sekitarnya, dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber utama penggerak pompa penyimpanan energi?
2. Sejauh mana kapasitas PLTS, ukuran reservoir, serta pompa dan turbin dapat dioptimalkan agar menghasilkan sistem yang andal sesuai kondisi hidrologi dan topografi Mahakam hulu?.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Untuk menjawab permasalahan yang ada di penelitian ini, maka fokus dari tujuan penelitian ini adalah :

1. Merancang sistem PLTS off-grid tanpa baterai dengan integrasi teknologi pumped storage untuk menjamin kontinuitas suplai listrik di Mahakam Ulu.
2. Menentukan kapasitas optimal PLTS, ukuran reservoir, serta pomp dan turbin yang mampu memberikan kinerja teknis keandalan.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar diskusi tetap sesuai dengan lingkup penelitian ini, penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Perancangan hanya mencakup aspek teknis utama (kapasitas PV, reservoir, pompa dan turbin, efisiensi sistem).
2. Beban listrik yang dianalisis diasumsikan untuk kebutuhan dasar masyarakat pedesaan (rumah tangga, fasilitas umum, penerangan, dan layanan dasar), tidak mencakup industri skala besar.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan skripsi ini disusun secara sistematis agar mempermudah dalam memahami pembahasan laporan skripsi ini. Struktur penelitian ini disusun dalam beberapa bab dan dijelaskan melalui pembahasan sesuai dengan aturan standar penulisan, dengan susunan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang yang mendasari penelitian, dimulai dari kondisi kebutuhan energi di Mahakam Hulu yang masih terbatas, potensi energi surya di Kalimantan Timur, serta kendala yang dihadapi masyarakat yang selama ini bergantung pada generator diesel. Kelemahan utama dari PLTS adalah sifatnya yang intermiten sehingga membutuhkan sistem penyimpanan energi. Baterai sebagai media simpan memiliki keterbatasan biaya, umur pakai, dan dampak lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan perhatian pada teknologi pumped storage sebagai alternatif penyimpanan energi potensial yang lebih berkelanjutan. Pada bab ini juga dipaparkan rumusan masalah yang ingin dijawab, yaitu bagaimana merancang PLTS

off-grid dengan integrasi pumped storage dan bagaimana menentukan kapasitas optimal sistem.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori dan kajian literatur yang menjadi dasar penelitian. Pembahasan diawali dengan penjelasan mengenai sistem PLTS off-grid, prinsip kerja, serta komponen utama yang menyusunnya. Kemudian disampaikan gambaran umum tentang berbagai teknologi penyimpanan energi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab tiga membahas tentang flowchart penelitian, flowchart sistem, menjelaskan pendekatan dan langkah-langkah penelitian. Penelitian dilakukan di wilayah Mahakam Hulu dengan memanfaatkan data radiasi surya, curah hujan, debit air sungai, serta topografi yang diperoleh dari sumber resmi. Data kebutuhan listrik masyarakat juga diolah sebagai dasar penentuan kapasitas sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil dari desain yang telah dibuat di *software* Auto Cad. Mulai dari desain Plts, reservoir, motor, turbin dan sistem pemipaan untuk pemanfaatan air dari sungai mahakam.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini memuat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang dapat digunakan sebagai tindak lanjut dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka memuat tentang sumber-sumber yang digunakan sebagai referensi atau landasan teori pada penelitian ini.