

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Institut Teknologi PLN (ITPLN) merupakan salah satu perguruan tinggi yang memiliki motto unggul dalam bidang energi. Sebagai institusi yang menekankan penguasaan teknologi dan inovasi. ITPLN mendorong mahasiswanya untuk aktif dalam berbagai ajang penelitian dan kompetisi, khususnya yang menitikberatkan pada pengembangan energi terbarukan. Partisipasi mahasiswa dalam kegiatan tersebut tidak hanya membekali mereka dengan pemahaman teori, tetapi juga menumbuhkan kemampuan mengembangkan pola pikir kritis, kreatif, dan inovatif dalam merumuskan solusi terhadap tantangan energi di tingkat nasional. Sebagai salah satu Mahasiswa Teknik Sipil yang mengambil konsentrasi hidrologi melihat bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya di bidang Teknik Sipil cenderung berfokus pada topik yang umum, seperti rekayasa bendungan dan sistem irigasi serta drainase. Oleh karena itu, melalui penelitian ini diharapkan mampu menjadi salah satu upaya menunjukkan bahwa mahasiswa Teknik Sipil juga dapat berkontribusi pada pengembangan energi terbarukan, khususnya melalui analisis dari aspek hidrologi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan awal nantinya dapat disempurnakan oleh pihak yang memiliki kompetensi lebih tinggi dalam bidang terkait.

Upaya mahasiswa dalam mengembangkan inovasi energi terbarukan tidak hanya menjadi sarana pembelajaran praktis yang menghubungkan teori akademik dengan penerapan analisis di lapangan, tetapi juga menegaskan peran Institut Teknologi PLN (ITPLN) sebagai pusat riset dan inovasi di bidang energi. Salah satu potensi energi yang dapat dimanfaatkan di area ITPLN adalah energi air, yang dapat dikembangkan menjadi berbagai bentuk inovasi, salah satunya berupa pembangkit energi listrik ramah lingkungan.

Hasil penelitian ini mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDG's) khususnya Tujuan 6 mengenai pengelolaan air berkelanjutan, serta berkontribusi terhadap Tujuan 7 dan Tujuan 11 melalui pemanfaatan sumber daya air sebagai energi terbarukan dan penguatan sistem infrastruktur berkelanjutan. Pemenuhan kebutuhan air bersih saat ini sebagian besar masih bergantung pada air tanah dan air permukaan yang dikelola, sementara peningkatan kebutuhan air bersih tidak sebanding dengan ketersediaannya. Kondisi tersebut menimbulkan tantangan krisis air bersih yang kerap terjadi di berbagai kota besar, sehingga

pengembangan inovasi berbasis energi air menjadi langkah strategis dalam mendukung keberlanjutan sumber daya alam dan ketahanan energi di masa depan (Lestari & Arizki, 2025). Dalam konteks ini, air merupakan elemen esensial bagi keberlangsungan kehidupan di bumi.

Dikutip dari (Sofyan & Sudana, 2022), dijelaskan bahwa Undang-Undang No. 22 Tahun 2002 tentang Ketenagalistrikan serta Permen ESDM No. 39 Tahun 2017. yang menekankan pemanfaatan energi terbarukan, sejalan dengan amanat UUD 1945, energi listrik memiliki peranan penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat, mencerdaskan kehidupan bangsa, dan mendorong pertumbuhan ekonomi sebagai upaya menciptakan kesejahteraan yang adil dan merata bagi seluruh masyarakat, baik dari aspek materiil maupun spiritual, sesuai nilai-nilai Pancasila dan UUD 1945. Sebagaimana diatur dalam Pasal 1 Ayat 4 Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2006, energi terbarukan didefinisikan sebagai sumber energi yang berasal dari sumber daya alam yang secara alami tidak akan habis dan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan apabila dikelola dengan tepat.

Jika diamati secara langsung di lapangan, terdapat berbagai pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber daya alam sebagai pasokan energi utama. Salah satu contohnya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), yang menggunakan energi air untuk menghasilkan listrik secara berkelanjutan. PLTMH merupakan teknologi yang memanfaatkan aliran air dari sungai, selokan, atau sumber air lainnya untuk menggerakkan turbin. Gerakan turbin ini kemudian memutar generator yang menghasilkan listrik. Karena ukurannya yang relatif kecil, pembangkit ini sering digunakan untuk menyediakan listrik bagi komunitas terpencil atau desa yang belum terjangkau oleh jaringan listrik nasional (Triyono et al., 2014). Menurut (Teknik Universitas Pawyatan Daha Kediri ABSTRAK, 2013) Keunggulan dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) antara lain adalah ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi, energi yang dihasilkan dapat diperkirakan secara jelas, serta tidak memerlukan pembangunan bendungan maupun waduk. Dampak langsung yang ditimbulkan juga relatif kecil, sementara usia operasionalnya cukup panjang, bahkan dapat mencapai lebih dari 30 tahun. Namun, meskipun memiliki berbagai kelebihan, penerapan teknologi PLTMH di masyarakat masih kurang dikenal, sehingga perkembangan dan pemanfaatannya berjalan cukup lambat.

Meskipun PLTMH secara umum mengadopsi skema *run-of-river*, di mana *head* diperoleh melalui pengalihan aliran sungai tanpa bendungan besar (Triyono et al., 2014),

Kondisi topografi di kawasan Taman Kolaborasi ITPLN justru menghadirkan tantangan tersendiri, di mana kolam penampungan air di lokasi tersebut seperti terlihat pada dokumentasi - tidak memiliki perbedaan elevasi (*head*) alami yang cukup untuk menjalankan sistem pembangkit mikrohidro secara konvensional. Namun, situasi ini justru menjadi pemicu munculnya inovasi dalam pemanfaatan energi potensial buatan, misalnya melalui rekayasa aliran, peninggian elevasi buatan, atau pemanfaatan pompa sirkulasi untuk menciptakan *head* yang dibutuhkan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menilai potensi energi air yang ada, tetapi juga mengkaji solusi teknis yang dapat diterapkan untuk memaksimalkan efisiensi energi di kawasan tersebut.

Dari permasalahan yang ada, PLTMH berbasis energi potensial buatan dapat menjadi solusi strategis untuk mengatasi keterbatasan pasokan energi listrik yang bergantung pada sumber daya alam terbatas di kawasan perkotaan maupun kampus. Dengan memanfaatkan debit air dan perbedaan elevasi yang ada, PLTMH mampu menghasilkan listrik secara berkelanjutan tanpa menimbulkan dampak lingkungan signifikan. Pendekatan ini tidak hanya memaksimalkan pemanfaatan sumber daya lokal, tetapi juga mendukung implementasi konsep green campus, di mana energi terbarukan dapat dimanfaatkan sebagai sarana edukasi, riset, dan inovasi mahasiswa. Oleh karena itu, pengembangan PLTMH berbasis Energi potensial buatan tidak hanya menyelesaikan masalah teknis terkait ketersediaan energi, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam aspek pendidikan, penelitian, dan kontribusi terhadap pembangunan energi bersih di lingkungan kampus.



*Gambar 1 1. Kolam retensi Institut Teknologi PLN
Sumber : Dokumen Pribadi*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan bahwa rumusan masalah dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1.2.1. Bagaimana karakteristik wilayah Kolam Retensi pada area Taman Kolaborasi ITPLN yang meliputi luasan daerah tangkapan air serta rata – rata debit bulanan yang diperoleh?
- 1.2.2. Apakah kapasitas tampungan kolam retensi Taman Kolaborasi ITPLN mencukupi untuk mendukung kebutuhan debit operasional PLTMH pada kondisi debit minimum serta debit optimum yang ditetapkan sebesar 80% dari volume air total?
- 1.2.3. Berapa besar energi listrik yang dapat dihasilkan pada lokasi Taman Kolaborasi ITPLN dengan *head* 4 m pada kondisi debit minimum dan debit optimum, serta apakah kapasitas tersebut memenuhi kriteria sebagai PLTMH?
- 1.2.4. Apakah lokasi Gedung Utama dengan head yang lebih besar dapat menjadi alternatif yang layak untuk memenuhi kriteria PLTMH ketika lokasi awal dengan head 4 m tidak memenuhi?
- 1.2.5. Berapa persentase kontribusi dan penghematan energi listrik yang dapat diberikan sistem PLTMH terhadap kebutuhan energi bulanan ITPLN pada head dan debit yang berbeda?

1.3 Tujuan

Penelitian yang telah dirancang memiliki beberapa tujuan yang dapat menjadi pemandu atau arah untuk merencanakan dan melaksanakan kajian. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1.3.1. Menganalisis karakteristik wilayah Taman Kolaborasi ITPLN yang meliputi luasan daerah tangkapan air serta debit bulanan sebagai dasar perhitungan *hydro resource*.
- 1.3.2. Menentukan kecukupan volume efektif air yang tersedia di Taman Kolaborasi ITPLN dalam memenuhi kebutuhan air untuk pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).
- 1.3.3. besar energi listrik yang dapat dihasilkan pada lokasi Taman Kolaborasi ITPLN dengan *head* 4 m pada kondisi debit minimum dan debit optimum.
- 1.3.4. Menilai kelayakan lokasi Gedung Utama dengan head yang lebih besar sebagai alternatif perencanaan PLTMH apabila lokasi awal dengan head 4 m tidak memenuhi kriteria teknis.

- 1.3.5. Menentukan besarnya kontribusi dan persentase penghematan energi listrik yang dapat diberikan sistem PLTMH terhadap kebutuhan energi bulanan ITPLN pada variasi head dan debit yang berbeda.

1.4 Manfaat

Secara umum setiap penelitian yang dilakukan memiliki dampak positif bagi bidang ipteks, begitu pula penelitian yang akan dilakukan mengenai analisis sistem drainase sebagai berikut :

1.4.1. Manfaat Akademis

Manfaat akademis adalah kontribusi atau dampak suatu penelitian terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, teori, dan literatur di bidang tertentu. Biasanya berhubungan dengan penambahan wawasan, penguatan landasan teori, serta menjadi referensi bagi penelitian berikutnya. Terdapat beberapa manfaat akademis yang diharapkan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang hidrologi terapan dan energi terbarukan, khususnya terkait pemanfaatan air kolam retensi sebagai sumber energi nonkonvensional.

- 1.4.1.1. Menjadi referensi akademik untuk penelitian sejenis mengenai analisis debit untuk memastikan potensi PLTMH

- 1.4.1.2. Menambah literatur tentang perancangan sistem energi PLTMH di lingkungan kampus sebagai bentuk penerapan konsep *green campus* dan teknologi berkelanjutan.

1.4.2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis adalah kegunaan nyata dari hasil penelitian yang dapat diterapkan langsung di lapangan atau lingkungan masyarakat. Biasanya berhubungan dengan pemecahan masalah, pemberian rekomendasi, atau penerapan teknologi yang bermanfaat secara langsung. Terdapat beberapa manfaat praktis yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1.4.2.1. Menyediakan informasi aktual mengenai potensi debit dan karakteristik hidrologi kolam retensi kampus ITPLN yang dapat dimanfaatkan dalam pengembangan energi terbarukan.

- 1.4.2.2. Menjadi acuan dalam merancang sistem PLTMH skala kecil yang dapat berfungsi sebagai pusat energi listrik mikro pada Area Taman Kolaborasi ITPLN.

1.4.2.3. Mendukung program kampus dalam menciptakan lingkungan berkelanjutan dan hemat energi melalui penerapan teknologi energi terbarukan yang aplikatif.

1.5. Ruang Lingkup

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini dalam beberapa hal sebagai berikut :

- 1.5.1. Sumber air yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah aliran non-domestik serta air hujan yang masuk ke kolam retensi.
- 1.5.2. Debit/tampungan rencana optimum ditetapkan sebesar 80% dari total volume air tersedia.
- 1.5.3. Penelitian tidak membahas variasi persentase pemanfaatan volume tampungan di bawah 80%.
- 1.5.4. Hasil penelitian hanya berupa perhitungan kapasitas tanpa adanya implementasi atau uji coba sistem di lapangan
- 1.5.5. Apabila potensi *head* di area Taman Kolaborasi tidak memenuhi standar minimum kriteria PLTMH, maka dilakukan analisis komparatif dengan mempertimbangkan area Gedung Utama sebagai lokasi penempatan alternatif.
- 1.5.6. Analisis pada area Gedung Utama dilakukan menggunakan data asumsi karena hanya berfungsi sebagai referensi pembandingan untuk menunjukkan potensi peningkatan daya pada ketinggian *head* yang berbeda.
- 1.5.7. Analisis komponen PLTMH eksisting serta sistem hibrida dalam penelitian ini dibatasi pada perhitungan teknis berdasarkan data dan asumsi yang tersedia, dan hanya dilakukan pada aspek perhitungan teknis tanpa peninjauan lokasi penempatan maupun kondisi aktual di lapangan secara spesifik.
- 1.5.8. Dalam penelitian ini tidak membahas hal hal di luar konteks hidrologi seperti anggaran biaya dan analisis struktur
- 1.5.9. Perhitungan yang dilakukan di luar analisis keluaran daya PLTMH dan sistem hibrida dibatasi hanya pada penentuan kapasitas pompa, tanpa mencakup perhitungan spesifik turbin dan generator.

1.5 Kebaharuan

Penelitian ini memiliki kebaruan karena memanfaatkan air non-domestik kampus (Air masjid, dan limpasan hujan) yang ditampung di kolam retensi sebagai sumber energi untuk PLTMH. Berbeda dengan penelitian lain yang biasanya mengambil lokasi di sungai

atau saluran irigasi dengan *head* alami, penelitian ini menawarkan solusi dengan penggunaan Energi potensial buatan untuk mengatasi keterbatasan kondisi lapangan. Pendekatan ini menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan penelitian terdahulu, yang umumnya mengimplementasikan konfigurasi *head* tinggi pada aliran sungai untuk sistem PLTMH.

1.6 Hipotesis

Pemanfaatan air non-domestik yang tertampung di kolam retensi Taman Kolaborasi ITPLN memiliki potensi energi yang signifikan untuk mendukung perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) berskala kampus. Air tersebut berasal dari limpasan hujan serta aliran *non-domestik* gedung-gedung di lingkungan ITPLN yang tertampung dan teratur dalam sistem drainase menuju kolam retensi. Melalui analisis debit aktual dan pemanfaatan energi potensial buatan sebagai pengganti keterbatasan *head* alami, kapasitas aliran ini dapat dihitung dan dinilai secara teknis layak untuk dikonversi menjadi energi listrik berkelanjutan yang mendukung konsep green campus berbasis energi terbarukan.