

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas dari bahan bakar untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap tersebut kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan generator guna menghasilkan energi listrik. Sistem ini banyak digunakan dalam skala besar karena mampu menghasilkan daya yang besar dan stabil. Namun, di sisi lain, pengembangan PLTU skala kecil masih terbatas, terutama dalam hal optimasi sistem dan pemanfaatan energi secara lebih efisien. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan penelitian dan edukasi mengenai sistem pembangkit listrik berbasis uap, diperlukan suatu rancang bangun dan analisis PLTU skala kecil yang dapat digunakan sebagai model untuk memahami prinsip kerja pembangkit ini. Dalam penelitian ini, PLTU skala kecil dirancang menggunakan turbin Pelton 12 sudu, dengan boiler presto 4 liter sebagai sumber uapnya. Proyek ini bertujuan untuk memahami bagaimana tekanan, aliran uap, dan efisiensi turbin dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan.

Salah satu tantangan utama dalam pengoperasian boiler adalah stabilitas suplai air. Jika air dalam boiler terlalu sedikit, risiko *overheating* dapat terjadi, sementara jika terlalu penuh, produksi uap menjadi tidak optimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem ini menerapkan pengisian air otomatis menggunakan *sensor float switch stainless steel*, yang memungkinkan pengisian air terjadi secara otomatis berdasarkan level air yang terdeteksi dalam boiler. Selain itu, tekanan dalam boiler menjadi parameter penting yang harus dikontrol dengan baik. Tekanan uap yang terlalu rendah dapat mengurangi efisiensi turbin, sedangkan tekanan yang terlalu tinggi dapat membahayakan sistem. Oleh karena itu, digunakan *pressure gauge* sebagai alat pemantau tekanan dalam boiler untuk memastikan uap yang dihasilkan tetap dalam kondisi optimal.

Dalam sistem ini, turbin Pelton 12 sudu dipilih sebagai mekanisme konversi energi uap menjadi energi mekanik. Turbin Pelton memiliki keunggulan dalam efisiensi konversi energi fluida menjadi energi putar, terutama dalam sistem skala kecil. Pemilihan jumlah sudu sebanyak 12 bertujuan untuk mencapai keseimbangan antara efisiensi dan stabilitas putaran turbin agar daya yang dihasilkan lebih maksimal. Daya mekanik dari turbin selanjutnya akan dikonversi menjadi energi listrik menggunakan generator yang sesuai, yang dipilih berdasarkan karakteristik putaran turbin dan kebutuhan daya sistem. Untuk memastikan energi uap yang keluar dari boiler dapat dimanfaatkan secara optimal, dilakukan analisis terhadap kecepatan dan tekanan pada *nozzle*, sehingga energi kinetik dari uap dapat diarahkan dengan baik ke sudu-sudu turbin.

Bahan bakar yang digunakan dalam sistem ini adalah briket, yang memiliki keunggulan dalam ketersediaan, harga yang lebih ekonomis, serta tingkat emisi yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar konvensional seperti minyak atau batu bara. Dengan menggunakan bahan bakar ini, proyek ini juga berkontribusi terhadap penggunaan sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Melalui rancang bangun ini, diharapkan dapat diperoleh sistem PLTU skala kecil yang mampu menghasilkan listrik secara stabil dengan efisiensi optimal. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pembangkit listrik berbasis uap yang lebih sederhana, efisien, dan mudah diaplikasikan dalam skala kecil.

Turbin Pelton mampu mengkonversi energi kinetik dari air menjadi energi mekanik dengan sangat efektif, yang kemudian dapat diubah menjadi energi listrik melalui generator. Efisiensi konversi energi ini sangat penting dalam meningkatkan *output* listrik dari PLTU. Fleksibilitas turbin Pelton memungkinkan penggunaannya dalam berbagai skala, mulai dari pembangkit listrik mikro hidro skala laboratorium hingga pembangkit listrik skala besar. Fleksibilitas ini memungkinkan penerapan teknologi ini dalam berbagai kondisi geografis dan kebutuhan energi.

Dari beberapa penelitian yang pernah dilakukan dengan mengoptimalkan desain dari turbin Pelton seperti variasi sudut *nozzle*, diameter *nozzle* dan jumlah

sudu dapat meningkatkan kinerja dari turbin Pelton. Inovasi-inovasi ini terus mendorong efisiensi dan efektivitas dari turbin Pelton dalam aplikasi nyata. Dengan berbagai keunggulan tersebut, penggunaan turbin Pelton dalam prototipe PLTU diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pembangkit listrik, serta mendukung upaya global dalam mengurangi emisi karbon dan memanfaatkan sumber daya alam. Pemanfaatan sumber daya alam pada prototipe PLTU ini dengan menggunakan bahan bakar berupa briket yang akan memanaskan boiler yang kemudian akan menghasilkan uap yang nantinya akan memutar turbin pelton secara lebih optimal. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penulis tertarik mengembangkan penelitian tentang PLTU dalam skala prototipe dengan menggunakan jenis turbin pelton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, rumusan masalah dari Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap Menggunakan Turbin Pelton adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang Prototipe pembangkit listrik tenaga uap skala kecil menggunakan turbin pelton?
2. Bagaimana kinerja sistem pengisian air otomatis berbasis sensor level dalam menjaga kestabilan volume air dalam boiler?
3. Bagaimana perbandingan tekanan uap, daya, dan energi listrik yang dihasilkan dari bahan bakar bricket 500 gram dan gas LPG 3 kg?
4. Bagaimana menstabilkan tekanan di bar 1,42 bar dan Volume air yang stabil?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk membatasi pembahasan materi, sehingga dapat membuat pembahasan menjadi terarah dan sesuai dengan yang diharapkan. Batasan masalah dari rancang bangun alat ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan pada prototype skala kecil dengan boiler kapasitas 3,57 liter

2. Jenis Turbin yang digunakan turbin pelton dengan 12 sudu
3. Bahan bakar yang di uji terbatas pada bricket 500 gram dan gas Lpg 3 kg
4. Sistem otomatisasi hanya mencakup pengisian air menggunakan *float switch stainless steel* dengan waktu pengisian dan penurunan air serta volume air berdasarkan waktu, tidak membahas sistem kontrol lainnya
5. Beban listrik yang digunakan dalam pengujian lampu 9 watt dan tegangan serta arus yang terukur berdasarkan putaran generator DC

1.4 Tujuan Dan Manfaat

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menganalisis sebuah prototipe pembangkit listrik tenaga uap skala kecil yang menggunakan turbin pelton sebagai pengubah energi uap menjadi energi mekanik, serta untuk membandingkan performa antara dua jenis bahan bakar yang digunakan yaitu briket dan manfaat dari penelitian ini yaitu:

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah merancang dan menganalisis prototype pembangkit listrik tenaga uap skala kecil yang menggunakan turbin pelton sebagai penggerak utama generator dan berikut tujuan:

1. Untuk merancang dan menguji sistem pembangkit listrik tenaga uap skala kecil yang menggunakan bahan bakar *alternative* berupa gas LPG 3 kg dan briket biomassa sebagai sumber energi termal.
2. Untuk menganalisis dan membandingkan performa pembangkitan antara bahan bakar LPG 3kg dan briket berdasarkan tekanan, daya listrik, dan energi total yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui pengaruh tekanan uap terhadap RPM turbin dan generator berdasarkan variasi tekanan pressure gauge.
4. Untuk menganalisis pengaruh perbandingan *pulley* turbin dan generator terhadap peningkatan putaran RPM dan efisiensi *output* daya listrik
5. Untuk memberikan data perbandingan performa kedua bahan bakar sebagai referensi efisiensi energi untuk sistem pemabangkit uap skala kecil berbasis turbin.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan alternatif pemanfaatan energi dari sumber panas berbahan bricket dan bahan bakar gas LPG 3kg.
2. Menjadi dasar pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga skala kecil yang ramah lingkungan.
3. Menunjukkan keunggulan dan kelemahan dari masing-masing bahan bakar dalam energi listrik yang dihasilkan dan kestabilan sistem pembangkitan.
4. Dapat menambah referensi akademik dalam bidang pembangkitan listrik berbasis energi terbarukan dan prototype sistem termal.

1.5 Metode Penyelesaian Masalah

Dalam menyelesaikan penelitian ini ada beberapa metode yang digunakan yaitu:

1. Perancangan Sistem membuat rancangan prototype PLTU skala kecil dengan desain boiler, saluran uap, dan posisi turbin pelton
2. Pembuatan alat membangun system dengan komponen utama seperti boiler 3,57 liter, turbin pelton, sensor air otomatis, generator DC.
3. Pemasangan *pressure gauge* untuk memantau tekanan dalam boiler.
4. Pengumpulan data merekam tekanan RPM turbin dan generator, tegangan, arus, serta pengisian dan waktu penurunan air
5. Analisis data menghitung daya dan energi, menganalisis efektifitas bahan bakar, performa pengisian air, dan menilai kecocokan turbin pelton.