BAB II
DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan energi panas untuk menghasilkan energi mekanik, yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Proses ini melibatkan pembakaran bahan bakar untuk memanaskan air dalam boiler, dan menghasilkan uap yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator. Efisiensi PLTU sangat bergantung pada kualitas bahan bakar dan kondisi operasi boiler [1].

Air *Reverse Osmosis* (RO) memiliki kualitas yang sangat baik karena mengandung sedikit kontaminan. Penggunaan air RO dalam sistem PLTU dapat mengurangi masalah endapan mineral dan korosi pada sistem boiler, sehingga meningkatkan efisiensi dan umur pakai peralatan. Penggunaan air RO dalam sistem pembangkit dapat mengurangi biaya pemeliharaan dan memperpanjang umur peralatan [2].

Prototype PLTU yang menggunakan air RO sebagai bahan baku pembakaran memerlukan desain khusus untuk mengintegrasikan sistem RO dengan boiler. Hal ini melibatkan pemilihan material yang tahan terhadap karakteristik air RO dan pengaturan aliran yang tepat. Pengembangan prototype ini memerlukan analisis mendalam mengenai efek penggunaan air RO pada proses pembakaran dan efisiensi sistem [3].

Beberapa studi kasus telah dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan air RO dalam PLTU. Misalnya, melakukan analisis terhadap performance PLTU yang menggunakan air RO dan melaporkan adanya peningkatan efisiensi serta pengurangan permasalahan teknis dibandingkan dengan penggunaan air konvensional [4].

Penggunaan air hasil *reverse osmosis* pada pembangkit listrik tenaga uap dapat memaksimalkan kinerja turbin dan generator. Fakta ini menunjukkan dari hasil percobaan yang memperlihatkan bahwa pembakaran pada boiler dapat menghasilkan tekanan uap hingga 3-4 Bar, serta turbin dan generator dapat berputar dan dapat menghasilkan listrik[5].

Tabel 2.1 Perbandingan Jurnal

NO	Sumber	Judul Penelitian	Komponen Inti	Kesimpulan
1	Widodo, E. (2017). Jurnal Teknik Energi, 5(2)	Efisiensi Energi dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap	Boiler, Turbin, Generator	Efisiensi PLTU sangat bergantung pada kualitas bahan bakar dan kondisi operasi boiler.
2	Andriani, I., & Salim, M. (2020). Jurnal Teknologi Energi, 8(1)	Pengaruh Kualitas Air pada Kinerja Boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap	*Reverse Osmosis* (RO), Boiler	Penggunaan air RO dapat mengurangi endapan mineral dan korosi pada sistem boiler, meningkatkan efisiensi dan umur peralatan.
3	Setiawan, B., & Prabowo, Y. (2019). Jurnal Teknik Mesin, 11(3)	Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan Sistem Reverse Osmosis	Air *Reverse Osmosis*, Boiler, Turbin	Desain khusus diperlukan untuk mengintegrasikan sistem RO dengan boiler, termasuk pemilihan material dan pengaturan

				aliran yang tepat.
4	Nugroho, H. (2018). Jurnal Energi dan Lingkungan, 12(4)	Studi Kasus Efektivitas Penggunaan Air RO pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap	Air *Reverse Osmosis*, Boiler	Penggunaan air RO dalam PLTU meningkatkan efisiensi dan mengurangi permasalahan teknis dibandingkan dengan air konvensional.
5	Satria Bayu Aji (2024)	Pembangkit Listrik Tenaga Uap Menggunakan Air Hasil *Reverse Osmosis*	Boiler, Turbin (Mesin Uap), Generator	Pembangkit listrik tenaga uap yang menggunakan air *reverse osmosis* sebagai bahan utama untuk mencegah terjadinya karat dan korosi pada boiler

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Menggunakan Air *Reverse Osmosis* Pada Skala Prototipe

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) menggunakan prinsip dasar konversi energi panas menjadi energi mekanik yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Proses ini dimulai dengan pembakaran bahan bakar, seperti batubara, gas, atau biomassa, di dalam boiler untuk menghasilkan panas. Dalam konteks inovatif, air *reverse osmosis* (RO) yang sangat murni dapat digunakan dalam boiler untuk menghindari penumpukan kerak dan korosi, meningkatkan efisiensi serta umur peralatan. Air RO, yang telah melalui proses filtrasi untuk menghilangkan kontaminan dan garam, seringkali digunakan dalam sistem uap untuk meningkatkan kualitas dan kinerja. Panas yang dihasilkan dari pembakaran digunakan untuk memanaskan air dalam boiler hingga menjadi uap, yang kemudian menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik melalui generator. Pada skala prototipe, sistem ini dibangun dalam ukuran yang lebih kecil untuk menguji konsep, efisiensi, dan potensi masalah, dengan fokus pada eksperimen untuk meningkatkan pembakaran atau meminimalkan kerak.

2.2.2 Boiler

Boiler adalah alat yang digunakan untuk memanaskan air atau fluida lain hingga mencapai suhu dan tekanan tertentu, sehingga menghasilkan uap yang digunakan untuk berbagai tujuan, seperti menggerakkan turbin, atau proses industri lainnya. Dalam boiler, terdapat beberapa komponen penting, masing-masing dengan fungsinya sendiri:

1. Cerobong
   Cerobong adalah saluran pembuangan gas hasil pembakaran dari boiler. Gas-gas ini, seperti asap dan karbon dioksida, dikeluarkan dari sistem untuk mengurangi pencemaran udara dan meningkatkan efisiensi pembakaran.
2. *Safety Valve*
   Safety valve adalah perangkat keselamatan yang berfungsi untuk menghindari tekanan berlebih dalam boiler. Jika tekanan dalam boiler melebihi batas yang ditetapkan, *safety*

valve akan terbuka untuk mengeluarkan sebagian uap atau gas, sehingga mencegah kerusakan atau ledakan pada boiler.

3. *Valve* Pembuka Tempat Isi Ulang
   Valve ini digunakan untuk pengisian air *reverse osmosis* atau air yang digunakan untuk pembakaran
4. *Valve* Transfer Menuju Mesin Uap
   Valve ini mengontrol aliran uap yang dihasilkan oleh boiler ke mesin uap atau turbin. Dengan mengatur aliran uap, *valve* ini memastikan mesin atau turbin menerima jumlah uap yang tepat untuk beroperasi dengan baik.
   Pressure Gauge: Pressure gauge digunakan untuk memantau tekanan di dalam boiler. Dengan membaca tekanan yang tertera pada gauge, dan dapat memastikan boiler beroperasi dalam rentang tekanan yang aman dan optimal.

Gambar 2.1 Boiler

2.2.3 Pressure Gauge

Pressure gauge adalah alat pengukur yang digunakan untuk memantau tekanan suatu cairan atau gas dalam sistem tertutup. Alat ini biasanya terdiri dari dial atau layar digital yang menampilkan hasil pengukuran tekanan dalam satuan seperti PSI (*pounds per square inch*), bar, atau pascal. Pressure gauge bekerja dengan mengukur perubahan dalam elemen sensor, seperti pegas atau tabung Bourdon, yang merespons perubahan tekanan dan

mentransfer hasilnya ke indikator. Alat ini penting dalam berbagai aplikasi industri dan teknik untuk memastikan operasi sistem yang aman dan efisien serta untuk mendeteksi potensi masalah atau kerusakan pada sistem tekanan.

Gambar 2.2 Pressure Gauge

Tabel 2.2 Spesifikasi Pressure Gauge

Spesifikasi	Detail
Merek	Tekiro
Tipe	Pressure Gauge
Rentang Pengukuran	0-100 PSI (atau sesuai model)
Skala	PSI, Bar, atau sesuai model

2.2.4 Mesin Uap

Mesin uap adalah perangkat yang mengubah energi panas dari uap menjadi energi mekanik. Proses dimulai dengan memanaskan air dalam boiler hingga menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap ini kemudian diarahkan ke silinder melalui *valve* yang mengatur alirannya. Di dalam silinder, uap bertekanan mendorong piston untuk bergerak maju mundur. Gerakan piston ini diubah menjadi gerakan rotasi oleh crankshaft dan sistem penghubung. Mesin uap kecil, sering digunakan untuk tujuan pendidikan atau proyek DIY, memiliki

spesifikasi seperti diameter silinder 20 mm, panjang silinder 18 mm, dan langkah gerak piston (stroke) sepanjang 30 mm.

Turbin, yang dirancang dan dibuat dalam konteks mesin uap kecil, adalah alat yang mengubah energi kinetik dari aliran uap menjadi energi mekanik putar. Uap bertekanan yang dihasilkan oleh mesin uap digunakan untuk memutar bilah turbin, yang mengubah energi kinetik uap menjadi energi mekanik. Dengan menggabungkan mesin uap dan turbin, sistem ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti menghasilkan tenaga listrik atau menggerakkan mesin lainnya.

Gambar 2.3 Mesin Uap

2.2.5 Generator

Generator adalah perangkat yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Ketika suatu sumber energi mekanis memutar poros generator, medan magnet yang berubah di dalamnya memicu arus listrik dalam kumparan kawat, sehingga menghasilkan listrik. Salah satu jenis generator yang digunakan yaitu motor stepper. Sebagai generator, motor stepper mengubah energi mekanik yang diterapkan pada porosnya menjadi energi listrik. Energi mekanik ini bisa berasal dari berbagai sumber, seperti kincir angin, turbin uap, atau turbin air. Saat rotor motor stepper berputar, kumparan-kumparan di dalam motor memotong medan magnet yang dihasilkan oleh magnet permanen atau elektromagnet di dalam motor, menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) yang

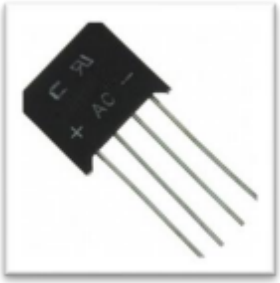
menginduksi arus listrik dalam kumparan. Arus ini kemudian dapat dialirkan keluar sebagai listrik yang dapat digunakan.

Meskipun motor ini biasanya beroperasi pada tegangan 6V, output listriknya saat digunakan sebagai generator cenderung rendah, tidak stabil dibandingkan dengan generator yang dirancang khusus untuk menghasilkan listrik. Namun, motor stepper ini masih dapat digunakan untuk aplikasi seperti pengisian baterai, sistem energi cadangan, atau dalam konteks energi terbarukan untuk menghasilkan listrik dari sumber energi mekanik.

Gambar 2.4 Generator

2.2.6 Dioda Bridge

Dioda Bridge 10 A adalah komponen elektronika yang terdiri dari empat dioda yang terhubung dalam konfigurasi jembatan (bridge) untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Komponen ini sering digunakan dalam catu daya AC ke DC dan aplikasi lain di mana konversi arus diperlukan. Dioda bridge 10 A mampu menangani arus hingga 10 ampere dan tegangan hingga level tertentu yang tergantung pada spesifikasi masing-masing produk. Keuntungannya adalah kemampuannya untuk memberikan rectifikasi yang stabil dan efisien tanpa perlu menggunakan transformator tambahan untuk isolasi.



Gambar 2.5 Dioda Bridge

Tabel 2.3 Spesifikasi Dioda Bridge

Spesifikasi	Detail
Arus Maksimum	10 A
Tegangan Maksimum	100 V - 400 V (tergantung tipe)
Jenis Dioda	Silicon Bridge Rectifier
Konfigurasi	Bridge (Jembatan)

2.2.7 Dioda silikon

Dioda Silikon 6 A MIC adalah dioda rectifier berbasis silikon dengan kemampuan arus maksimum 6 ampere, dirancang untuk aplikasi dalam sirkuit elektronik dan perlindungan arus. Dioda ini memiliki kemampuan untuk mengarahkan arus hanya dalam satu arah, sehingga mencegah arus balik yang dapat merusak komponen lain dalam sirkuit. Dioda ini umumnya digunakan dalam aplikasi pemrosesan daya, pengaturan tegangan, dan proteksi dalam berbagai perangkat elektronik. Keberadaan dioda silikon 6 A MIC memastikan kestabilan dan keandalan sistem dengan menghindari gangguan dari arus balik atau arus berlebih.

Gambar 2.6 Dioda Silikon

Tabel 2.4 Spesifikasi Dioda Silikon

Spesifikasi	Detail
Tipe	Dioda Silikon
Arus Maksimum	6A
Tegangan Maksimum	400V
Daya Dapat Ditingkatkan (Power Dissination)	1.5 W
Fungsi Utama	Rectifier, Proteksi, Arus Balik

2.2.8 Kompor Gas Portble

Kompor gas portable adalah alat memasak yang dirancang untuk kemudahan dan portabilitas, biasanya digunakan dalam kegiatan luar ruangan seperti berkemah atau perjalanan. Kompor ini menggunakan tabung gas bertekanan sebagai sumber bahan bakar, dan memiliki desain yang kompak serta ringan, memungkinkan pengguna untuk membawanya dengan mudah. Biasanya, kompor gas portable dilengkapi dengan satu atau beberapa pembakar dan pengatur nyala api, serta sistem pengaman untuk mencegah kebocoran gas. Penggunaannya cukup praktis karena tidak memerlukan sambungan listrik, menjadikannya pilihan ideal untuk situasidi mana sumber energi konvensional tidak tersedia.

Gambar 2.7 Kompor Portable

Tabel 2.5 Spesifikasi Kompor Portable

Spesifikasi	Detail
Merek	Omicko
Tipe	Kompor Gas Portable
Bahan Bakar	Gas Butana atau Propana
Jumlah Tungku	1 Tungku
Material	Baja tahan karat, Alumunium, arau Material tahan panas lainnya
Sistem Penyalaan	Otomatis dengan Piezoelectrik

2.2.9 Tabung Gas Portable

Tabung gas portable adalah perangkat kecil dan praktis yang dirancang untuk menyimpan dan menyediakan gas dalam bentuk cair atau gas, biasanya LPG (Liquefied Petroleum Gas), yang digunakan untuk keperluan memasak atau pemanasan dalam situasi di luar ruangan atau saat bepergian. Tabung ini terbuat dari bahan tahan karat seperti stainless steel dan dilengkapi dengan sistem penguncian dan pengaman untuk mencegah kebocoran dan memastikan penggunaan yang aman. Ideal untuk kegiatan berkemah, piknik, atau situasi darurat.

Gambar 2.8 Gas Portable

Tabel 2.6 Spesifikasi Gas Portable

Spesifikasi	Detail
Merk	Hi-Cook
Jenis	Tabung Gas Portable
Kapastitas	220 ml
Tipe Gas	LPG (Liquefied Petroleum Gas)
Berat	1,5 kg

2.2.10 Baterai

Baterai, adalah perangkat yang menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia dan melepaskannya dalam bentuk listrik saat dibutuhkan. Biasanya terdiri dari sel-sel yang mengandung asam dan timbal, aki bekerja dengan cara reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit untuk menghasilkan arus listrik. Aki sering digunakan untuk menyediakan daya awal pada mesin kendaraan, seperti mobil dan sepeda motor, dan juga untuk berbagai aplikasi penyimpanan energi lainnya. Aki dapat berupa aki basah yang memerlukan pemeliharaan dan pengisian ulang cairan, atau aki kering yang lebih praktis dan bebas perawatan

Gambar 2.9 Baterai

Tabel 2.7 Spesifikasi Baterai

Spesifikasi	Detail
Tipe	YTZ4V (YUASA)
Tegangan (Volt)	12 V
Kapasitas (Ah)	3 Ah
Tipe Aki	VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*)