

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penelitian yang Relevan

Dalam rangka proses penyusunan topik penelitian ini, dibutuhkan beberapa referensi yang dapat dijadikan sebagai acuan bagi penulis yaitu sebagai berikut :

1. Rafqi Nauli Lubis (2023)

Dalam penelitian skripsinya yang berjudul **“Analisa Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Kapasitas 12 MW Dengan Metode *Trial And Error* di PT. Permata Hijau Palm Oleo Belawan”**. Membahas mengenai analisa pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator dengan menggunakan metode *trial and error*. Dimana penulis mencari untuk mendapatkan hasil nilai efisiensi generator selama 7 hari yang diambil dari PT. Permata Hijau Palm Oleo sebagai bahan acuan sampel untuk menganalisa data, yang kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *trial and error*. Hasil yang diperoleh dari penelitian di dapat data yang error sebesar 105,86%, yang dimana nilai tersebut merupakan nilai pengambilan data dari equipment tidak valid, serta efek dari kalibrasi yang disebabkan oleh alat ukur yang kurang maksimal

2. Arrdy Kusumma Wijaya (2023)

Dalam penelitian Skripsinya yang berjudul **“Analisa Efisiensi Generator G-101 Pada PLTP Unit 1 PT. Geo dipa Energi Dieng”**. Membahas mengenai bagaimana pengaruh beban terhadap efisiensi kinerja generator serta bagaimana perubahan efisiensi aktual generator unit 1 dengan nilai efisiensi desain. Pada penelitian ini nilai efisiensi dari generator yang dihasilkan oleh PLTP PT. Geo Dipa Energi Dieng Unit 1 ini tidak terlalu berubah-ubah dan tetap stabil dengan nilai yang didapat yaitu 78% setiap harinya. Dalam penelitian ini selama seminggu didapat nilai terendah generator unit 1 PLTP Dieng ini didapatkan pada hari jumat pukul 02.00 WIB sebesar 75.97%, dan adapun nilai tertinggi dari efisiensi yang didapat yaitu pada hari senin pukul 08.00 WIB yaitu sebesar 81,25%. Beban yang dihasilkan oleh generator tidak terlalu fluktuatif dan selalu bernilai 37 MW, sehingga dari hasil yang telah dilakukan perhitungan maka di dapatkan nilai rata-rata efisiensi generator yaitu 78,33%, dengan daya masukan rata-rata 49,93 MW serta daya keluaran yang di keluarkan oleh generator 39,14 MW.

3. Nur Andiansyah (2023)

Dalam penelitian skripsinya yang berjudul **“Analisis Efisiensi Generator Pada PLTU Pabrik Gula PT. Kebon Agung Trangkil”** membahas mengenai pengaruh nilai beban terhadap efisiensi generator, dan juga penulis mencari nilai entalpi dengan menggunakan *software steam property*. Dari hasil kajian, didapatkan nilai pada efisiensi genertaor terendah yaitu sebesar 94,5% dalam 24 jam beroperasi. Dimana setiap perubahan beban selama 24 jam beroperasi yang dialami oleh generator dapat mempengaruhi nilai efisiensi. Jika perubahan beban yang signifikan maka pada generator tidak beroperasi dalam titik kerja yang efisien sehingga dapat menurunkan nilai efisiensi generator. Kestabilan beban dapat menjaga nilai konsistensi pada generator untuk mendapatkan nilai yang efisien selama beroperasi.

4. Ficki Candra (2023)

Dalam penelitian skripsinya yang berjudul **“Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTU Tanjung Jati B Unit 1 dan 2”**. Dalam penelitiannya mengenai bagaimana pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator dan dalam penelitian ini penulis menganalisa kinerja generator di PLTU Tanjung Jati Unit 1 dan 2 sesuai dengan standar spesifikasi. Dalam penelitian penulis melakukan penelitian periode 1 februari 2023 hingga 10 februari 2023, dimana penulis mendapatkan nilai efisiensi rata-rata harian generator unit 1 sebesar 98,17% dan pada generator unit 2 sebesar 98,14%. Dari hasil yang didapat penulis membandingkan nilai hasil yang diperoleh dengan nilai yang terdapat pada manual book generator yang dimiliki oleh PT TJBS sebagai nilai spesifikasi standard yaitu 98% secara desain, maka hasil yang diperoleh pada perhitungan penulis dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi generator tersebut sangat dipengaruhi oleh besarnya beban, yang dimana semakin besar beban yang dikeluarkan oleh generator maka nilai efisiensi generatornya semakin rendah, serta semakin kecil beban yang dikeluarkan oleh generator maka semakin tinggi nilai efisiensinya.

5. Christiono (2024)

“The Effect of Addition of Coal Fly Ash as Filler in Silicone Rubber Polymer Insulator Materials on the Characteristics of Tensile Strength and Elongation”. Dalam penelitiannya mengenai Abu terbang (*Fly ash*) yang merupakan sisa hasil pembakaran batubara yang diklasifikasikan sebagai limbah B3 (bahan

Beracun dan Berbahaya). Peningkatan penggunaan batubara sebagai bahan bakar generator terus meningkat dari tahun ke tahun, yang meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, abu batubara digunakan sebagai bahan isolator polimer campuran karet silikon. Isolator campuran yang dihasilkan kemudian diuji dengan uji kekuatan tarik dan perpanjangan. Dari hasil penelitian, penambahan pengisi abu terbang ke isolator karet silikon dapat meningkatkan kekuatan tarik, pada ketebalan 2 mm kekuatan tarik meningkat dengan pemberian pengisi 10% hingga 40%, pada ketebalan 3 mm kekuatan tarik meningkat dengan pemberian pengisi 10% hingga 30%, tetapi penambahan pengisi yang lebih banyak akan menurunkan kekuatan tarik. Penambahan pengisi abu terbang batubara ke bahan isolator polimer karet silikon berpengaruh terhadap perpanjangan, dengan penambahan nilai pengisi abu terbang batubara, perpanjangannya akan semakin menurun.

Berbeda dari penelitian yang sudah ada sebelumnya, penelitian yang sedang dilakukan oleh peneliti ini lebih menekankan pada pengaturan beban ketika beban minimum dan maksimum pada keluaran genertaor di unit 1, 2 dan 3 PLTU Jawa Barat 2 Pelabuhan Ratu yang seharusnya diterapkan untuk dapat memaksimalkan efisiensi generator, serta menekankan pada penelitian efisiensi kinerja generator pada unit 1, 2 dan 3 di PLTU Jawa Barat 2 Pelabuhan Ratu.

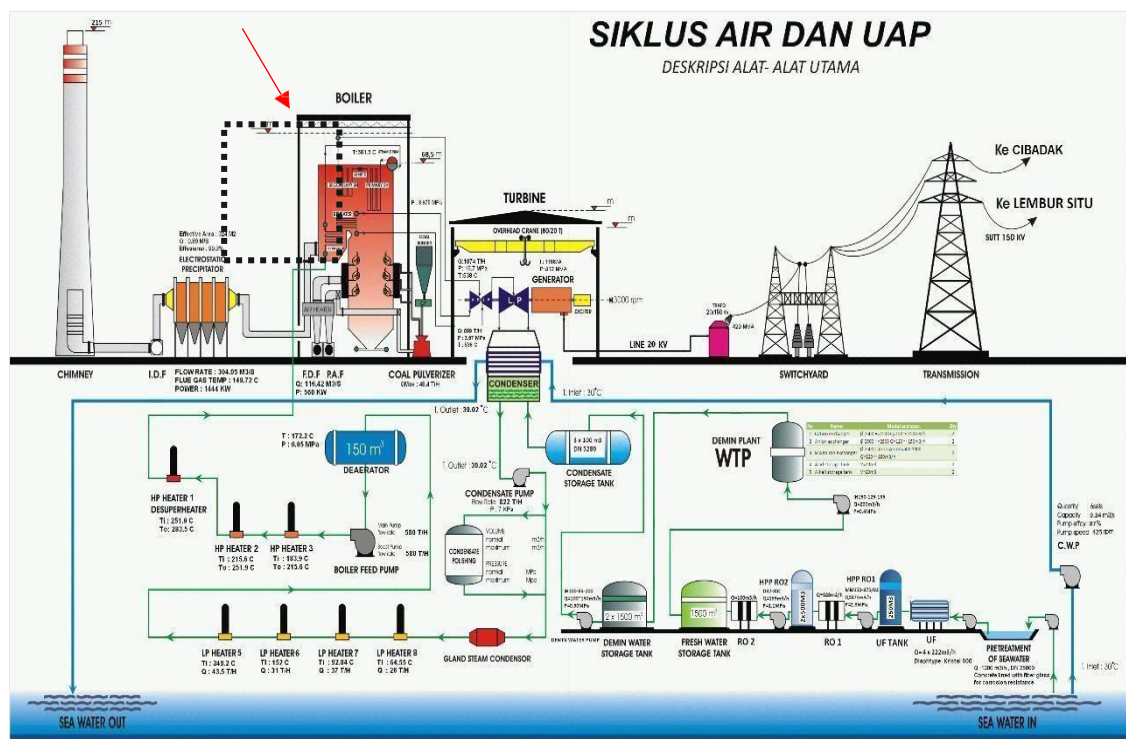
1.2 Landasan Teori

1.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU dalam prosesnya menggunakan air yang di konversi menjadi uap panas yang dilakukan secara berulang-ulang atau disebut juga sebagai siklus tertutup dalam siklus ini secara terus menerus menggunakan air yang sama yang terdapat pada sistem prosesnya. Pada tahapannya air diisikan secara penuh pada pipa yang terdapat pada boiler, air dipanaskan dengan menggunakan gas panas yang dihasilkan dari proses terjadinya pembakaran dengan menggunakan media batu bara dan udara, yang nantinya akan dihasilkannya uap dari pemanasan air tersebut. Uap yang hasilkan pemanasan air yang terdapat di dalam boiler dengan nilai tekanan dan temperatur tertentu akan dialirkan menuju turbin dan memutarakan sudu pada turbin sehingga menghasilkan daya mekanik yang berupa putaran. Lalu generator telah terkopel langsung dengan turbin, maka akan ikut berputar sehingga akan dihasilkannya suatu energi listrik yang merupakan hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, perputaran generator menghasilkan beda

potensial pada magnet yang terdapat pada generator. Lalu energi listrik yang dihasilkan akan disalurkan melalui transformator atau trafo untuk diubah tegangan keluaran generator menjadi tegangan tinggi atau ekstra tinggi untuk disalurkan melalui jaringan transmisi. Hasil uap dari memutar sudu-sudu turbin akan dialirkan menuju ke dalam kondensor untuk dikonversikan dengan media air pendingin agar dapat diubah kembali menjadi air yang dapat digunakan kembali. Hasil air dari kondensasi uap menjadi air yang terjadi pada kondensor akan digunakan kembali untuk mengisi air di boiler.

Dalam prosesnya PLTU menggunakan air yang dipakai sebagai medianya yaitu Air Demin (*Demineralized*) air dengan nilai dari kadar konduktifiti atau kemampuan dalam menghantarkan listrik. (Soedibyo, 2015)



Gambar 2 1 Diagram Alur PLTU

(sumber: PLTU Palabuhanratu)

Siklus dari PLTU merupakan siklus tertutup (*close cycle*) yang seharusnya tidak diperlukannya lagi air penambah jika kondisi airnya telah mencukupi. Tetapi dalam keberlangsungannya masih diperlukannya media air penambah untuk mengisi air yang akan disalurkan ke dalam boiler. Hal ini dikarenakan banyaknya kebocoran yang terjadi pada pipa saluran air maupun pipa uap didalam pengoperasiannya. Untuk dapat menjaga agar siklus air tetap beroperasi maka diperlukannya air yang berasal dari *make up water tank* , media air penambah harus memiliki kriteria seperti air yang terdapat di dalam

sistem siklus, maka air yang berada pada *make up water tank* ini merupakan air *demineralized* yang memiliki nilai konduktivitas yang sama seperti pada siklus air pengisi pada boiler. (Soedibyo, 2015)

1.2.2 Bagian-bagian PLTU

- Boiler

Digunakan sebagai alat yang mengkonversikan air menjadi uap panas lanjut (*superheated steam*) yang nantinya akan digunakan untuk dapat memutar sudu pada turbin. Proses konversi yang terjadi dengan air ketika dipanaskan didalam boiler, dikelola dengan memanfaatkan hasil panas dari udara pembakaran. (Lubis, 2022)

Komponen pada Boiler:

- 1) Ruang pembakaran (*Furnace*)

Ruang pembakaran ini adalah ruang tempat untuk dapat pembakaran bahan bakar pada boiler yang berupa batu bara. Panas pada ruang pembakaran ini digunakan sebagai pemanas air pada pipa yang menempal pada dinding boiler.

- 2) Dinding Pipa

Dinding ini merupakan kumpulan bejana yang dipasang secara tegak di keempat sisi boiler membuat ruang bakar persegi panjang, berfungsi sebagai tempat pemanas air pada boiler.

- 3) Economizer

Merupakan kumpulan dari bejana spiral yang dipasang dalam pipa gas buang. Berguna sebagai tempat pemanas air sebelum masuk ke dalam steam drum.

- 4) Burner

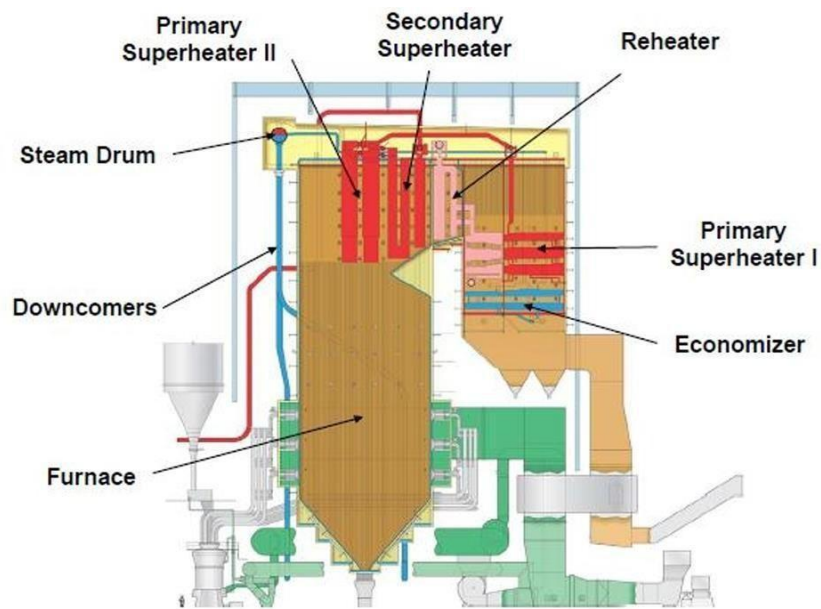
Burner merupakan alat instrumentasi pembakaran yang menggunakan nozzle dan dilengkapi dengan difusser udara untuk menggabungkan bahan bakar batu bara dengan udara secara menyeluruh agar menciptakan pembakaran yang optimal.

- 5) Steam Drum

Merupakan drum yang di desain dari baja lempengan serta berupa silinder yang secara horizontal di atas dari kumpulan pipa pemanas. Steam drum berfungsi untuk wadah pemisah antara uap air dan uap basah.

- 6) Superheater

Sebuah bejana spiral yang berfungsi sebagai tempat untuk memanaskan uap basah untuk menjadi uap kering.



Gambar 2 2 Skema Boiler

(Sumber: Soedibyo - Pembangkit Tenaga Listrik)

- Turbin

Turbin merupakan suatu mesin yang berfungsi untuk mengkonversi energi panas yang terdapat pada uap panas menjadi energi mekanik atau gerak dalam bentuk putaran. Turbin uap Pada PLTU terbagi menjadi 3 macam yaitu:

- 1) Turbin Tekanan Tinggi (*High Pressure Turbine*)

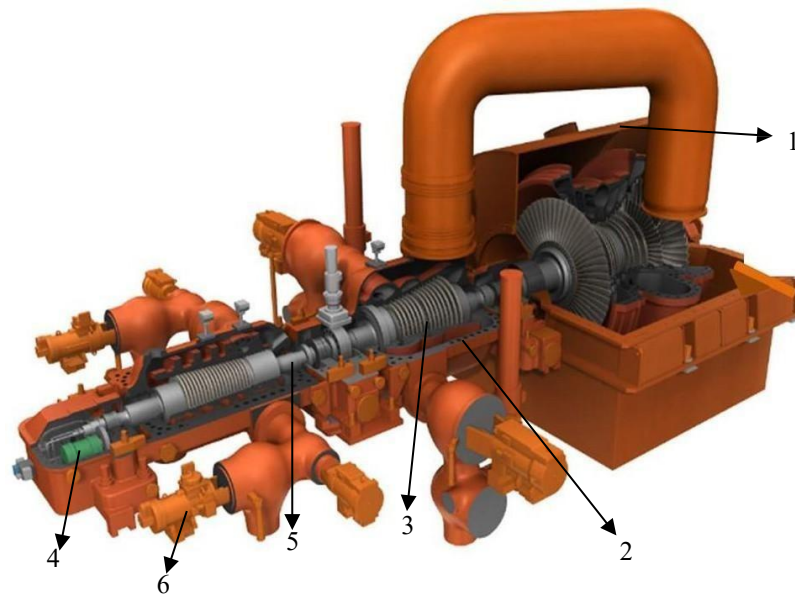
Turbin awal atau HP Turbin yang menerima uap primer dari superheater. Mempunyai katup buat mengendalikan jumlah uap yang akan masuk ke dalam turbin

- 2) Turbin Tekanan Menengah (*Intermediate Pressure Turbine*)

Turbin yang menerima uap yang telah dipanaskan kembali dari reheater dan masuk ke dalam bagian turbin tekanan menengah atau IP Turbin

- 3) Turbin Tekanan Rendah (*Low Pressure Turbine*)

Turbin tekanan rendah atau LP Turbin merupakan turbin yang menerima uap kering dari IP Turbin melalui cross over tanpa perlu dipanaskan ulang. Uap hasil memutar poros turbin akan di kondensasikan di dalam kondensor dengan menggunakan sistem pendingin sehingga uap tersebut akan berubah menjadi air yang tersimpan di dalam hotwell dan nantinya akan digunakan kembali sebagai air pengisi pada boiler untuk dipanaskan. (Candra, 2023)



Gambar 2 3 Turbin Uap

(Sumber : PLN Corporate University "Pengoperasian PLTU")

Komponen Turbin Uap:

1. Rumah Turbin (*Casing*)

Digunakannya rumah turbin untuk pelindung dari proses ekspansi uap dalam turbin sehingga tidak terjadinya kebocoran dari bagian dalam turbin selama prosesnya ke udara luar.

2. Sudu Tetap (*Stator*)

Berguna untuk dapat mengarahkan laju aliran uap agar mengarah tepat pada sudu sehingga terjadinya pendorongan pada sudu dan dihasilkannya gerak pada rotor.

3. Sudu Gerak (*Rotor*)

Sudu yang berguna sebagai pengubah energi kinetik dari uap menjadi energi gerak atau putar (mekanik).

4. Bantalan (*Bearing*)

Berfungsi untuk dapat menahan serta juga menjaga agar rotor turbin tetap berputar dalam posisi yang normalnya.

5. Poros (*Shaft*)

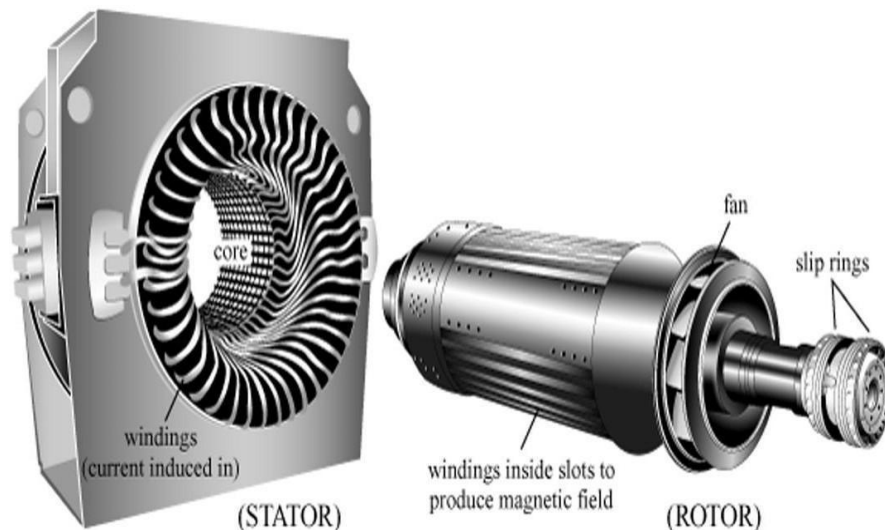
Poros adalah bagian pada turbin yang menjadikannya berbagai tingkat pada rotor-rotor hingga menjadi kesatuan poros untuk mendistribusikannya torsi rotor turbin untuk dapat memutar rotor pada generator.

6. *Valve Turbine*

Serangkaian valve yang berguna untuk dapat mengatur lajunya uap yang masuk ke dalam turbin.

- Generator

Generator ialah suatu mesin pembangkit listrik untuk merubah dari energi putaran pada turbin menjadi suatu energi listrik. Generator yang digunakan merupakan generator sinkron 3 fasa dimana terdiri dari 3 kumparan stator (kumparan jangkar) yang terpasang pada sudut 120 derajat satu sama lain. Sedangkan pada rotor terdiri dari satu pasang kumparan medan (kutub magnet) yang diberikan suplai arus searah maka dapat menghasilkan sebuah medan magnet yang dapat di putar dengan kecepatan yang nilainya sama dengan kecepatan rotor. Pada saat generator bergerak satu putaran penuh, maka akan menghasilkan 3 buah tegangan gelombang sinusoidal R, S, T. (Soedibyo, 2015)



Gambar 2 4 Generator

(sumber: PLN Corporate University Pengoperasian PLTU)

Prinsip kerja generator didasarkan pada Hukum Induksi Faraday. Secara fundamental, prosesnya adalah ketika sebuah konduktor (kumparan) bergerak secara relatif terhadap suatu medan magnet (atau sebaliknya), konduktor tersebut akan memotong garis-garis fluks magnetik. Perpotongan ini menginduksi Gaya Gerak Listrik

(GGL) pada kumparan. Kumparan medan pada rotor diberi suplai arus searah (DC) dari sumber eksitasi. Aliran arus ini menciptakan fluks magnet yang kuat dan konstan, rotor yang berputar akan turut memutar medan magnet yang telah dibentuknya. Medan magnet yang berputar ini kemudian menginduksi kumparan jangkar (armatur) yang statis (stator). Karena kumparan jangkar mengalami perubahan fluks magnetik terhadap waktu, hal ini menghasilkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan tersebut, yang merupakan output listrik generator. (Wijaya, 2023)

- Kondensor

Berfungsi sebagai tempat untuk mengkondensasikan uap bekas penggerak turbin agar tenaga dari uap bisa terpakai secara maksimal dan air yang telah di kondensasi dapat untuk mengisi boiler. Air yang digunakan sebagai pendingin uap bekas penggerak turbin berumbar dari yang memiliki persediaan yang cukup, seperti sungai, danau, dan laut. Cara dilakukannya proses kondensasi uap yaitu dengan dialirkannya uap melalui ruangan yang berisikan pipa. Dimana uap tersebut berada pada luar pipa, dan air untuk mendinginkan berada pada dalam pipa.

Terdapat beberapa bagian-bagian pada kondensor diantaranya terdapat katup-katup air pendingin *inlet* dan *outlet*, *waterbox*, pipa pendingin, rumah kondensor, penarik hampa dan penampung air kondensasi atau hotwell. Hotwell terdiri dari satu tabung logam yang terdapat pada bagian bawah kondensor. Kondensor terbagi menjadi dua bagian, jika terjadi kebocoran pada pipa-pipa kondensor maka kondensor bisa digunakan satu sisi kondensor tetapi kurang maksimalnya kerja kondensor untuk dapat mengkondensasikan uap.

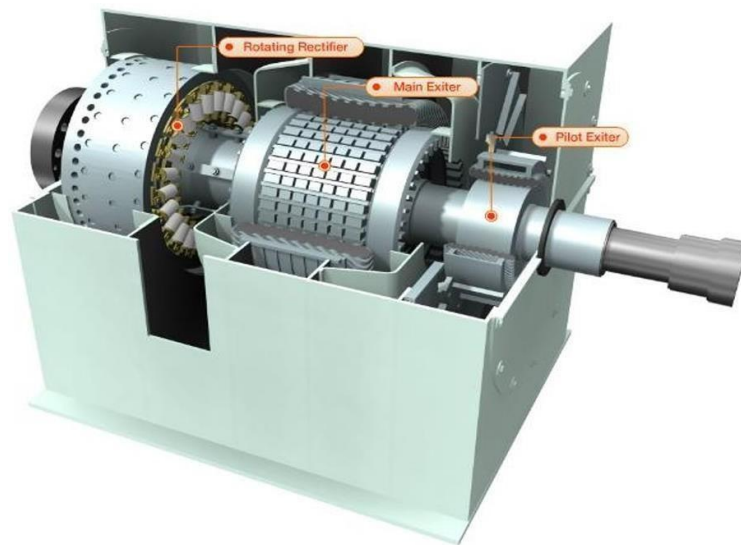


Gambar 2 5 Kondensor

(Sumber: Kondensor UBP PLTU Jabar II Palabuhanratu)

- Sistem Eksitasi

Sistem Eksitasi merupakan sistem kelistrikan arus searah atau DC untuk penguat atau juga disebut dengan pembangkit medan magnet yang berada pada generator, sehingga untuk menghasilkan listrik dengan besarnya nilai tegangan keluaran pada generator bergantung dari besarnya nilai arus eksitasi tersebut. Pada sistem ini terbagi dalam 2 jenis diantaranya adalah sistem dengan eksitasi dngan sikat (*Brush Excitation*) dimana sistem ini tenaga pensuplainya melalui generator arus searah atau dari generator arus bolak balik yang di searahkan dahulu dengan penyearah (*rectifier*). Sedangkan pada sistem eksitasi tanpa sikat (*Brushless Excitation*) dimana arus eksitasi generator diberikan melalui generator AC eksiter dengan penyearah (*rectifier wheel*) yang terpasang dengan poros, sehingga arus eksitasi akan terhubung dengan generator. Lalu untuk eksitasi diberikan melalui pilot exciter dengan magnet tetap atau PMG (Permanent Magnet Generator). Keluaran dari pilot eksiter merupakan arus bolak balik AC 3 fasa, yang selanjut akan melalui penyearah pada regulator arus eksiter diatur dengan besar kecilnya, perubahan secara langsung pada tegangan keluaran generator akan dihasilkan melalui mengatur sistem esksitasi eksiter. (Lubis, 2022)



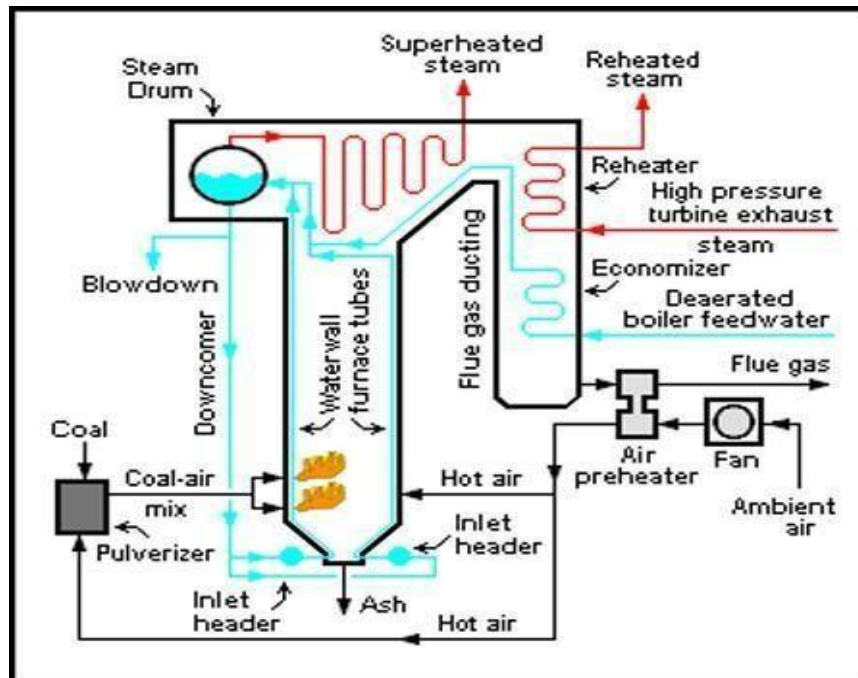
Gambar 2 6 Sistem Eksitasi
(Sumber: Soedibyo, Pembangkit Tenaga Listrik)

1.2.3 Siklus Air dan Uap di Boiler

- Siklus Air

Uap yang dihasilkan dari boiler merupakan hasil dari pasokan fluida kerja air dari pemanasan di dalam boiler. Tahapan pertamanya yaitu air sebagai media untuk menghasilkannya uap, diisikan ke dalam boiler dengan di pompakannya air dengan BFP (*Boiler Feed Pump*) melalui economizer dan akan ditampung didalam steam drum. Economizer ialah suatu Kumpulan dari pipa spiral yang dipakai untuk pemanasan air yang terakhir sebelum masuk ke dalam drum boiler.

Terdapat beberapa alat yang akan dilalui oleh proses air ini antara lain drum boiler, down comer, *header* bawah (*bottom header*), dan riser. Siklus air pada steam drum merupakan, air yang berada di dalam drum boiler mengalir turun melalui pipa down comer yang nantinya akan mengalir menuju header pada bagian bawah (*bottom header*). *Header* bawah nantinya air akan disalurkan ke pipa pemanas (*riser*) yang tersusun membentuk dinding pada ruang bakar. Air akan naik ke mengalir ke dalam drum kembali yang telah di panaskan di dalam rise air yang sebelumnya memiliki nilai perbedaan dari temperatur air.

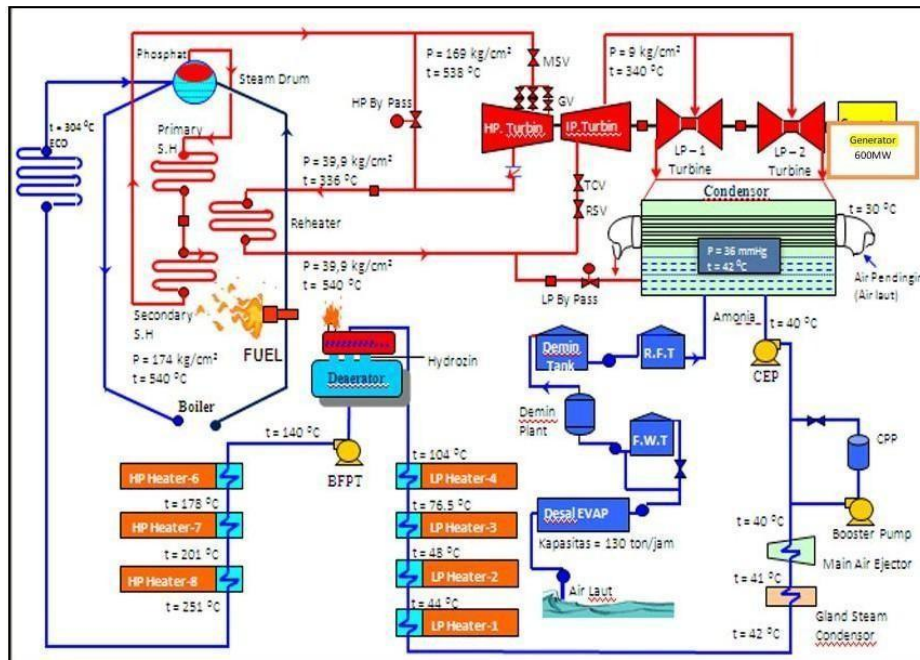


Gambar 2 7 Siklus Air dan Uap di Boiler

(Sumber: PLN Corporate University - Pengoperasian PLTU)

- Siklus Uap

Tahapan sistem ini, uap pada steam drum dalam kondisi jenuh dialirkan menuju Superheater 1 (*primary* SH) serta ke Superheater 2 (*secondary* SH) selanjutnya menuju pada header outlet dan kemudian dapat dialirkan menuju turbin. Desuperheater akan bekerja apabila terjadinya lonjakan pada temperatur mainsteam yang telah melebihi batas temperatur pada normalnya, dimana desuperheater akan mensprei atau menyemprotkan uap yang memiliki nilai suhu lebih rendah untuk dapat menurunkan temperatur pada uap mainsteam hingga sampai batas nilai normalnya atau yang diinginkannya. Lektak dari desuperheater ada diantara superheater 1 dan juga superheater 2. Superheater digunakan sebagai pemanas uap sehingga kandungan energi panas serta kekeringannya dapat meningkat dan menjadikannya uap superheat (uap panas lanjut).



Gambar 2 8 Siklus Air - Uap dengan Reheater

(Sumber: PLN Corporate Univeristy-Pengoperasian PLTU)

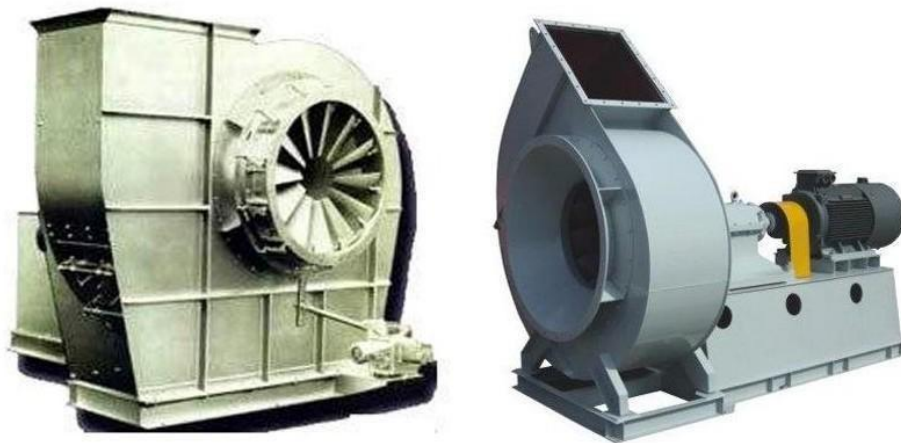
PLTU berkapasitas lebih dari 100 MW serta mempunyai turbin multi cylinder, uap pada turbin bertekanan tinggi atau HP turbin kemudian akan disalurkan lagi menuju reheater, pada reheater maka sistem ini disebut dengan reheat steam system. Konfigurasi pada reheater sama seperti superheater. Reheater digunakan sebagai pemanas uap yang terdapat pada HP Turbin agar panas yang terdapat pada uap dapat meningkat Kembali setelah digunakan untuk memutar HP turbin. Uap yang telah dipanaskan melalui reheater ini akan dialirkan menuju ke IP Turbin. Pemanasan dipasok dari gas sisa pembuangan yang keluar melalui superheater dan dimanfaatkan oleh air pre heater untuk memanaskan uap pada reheater.

1.2.4 Sistem Udara dan Gas

- Sistem Udara

Udara atmosfer ialah udara yang digunakan untuk proses dalam pembakaran batu bara pada ruang bakar, yang dimana nantinya akan menghasilkan udara pembakaran. Udara berasal dari atmosfer yang dihisap menggunakan FD fan selanjutnya dialirkan menuju air heater. Udara panas dari air pre heater kemudian masuk melalui wind box dan akan dibagi-bagi pada setiap burner untuk proses dari pembakaran. Peralatan terdapat

pada proses system udara diantaranya Forced Draft Fan (FDF), wind box, dan air heater. Digunakannya alat seperti fd fan agar dapat memberikan pasokan udara untuk membantu dalam proses pembakaran, dimana udara ini bersumber dari atmosfer. Air pre heater berguna sebagai peningkatan panas pada udara pembakaran dengan memanfaatkan panas pada gas buang (flue gas). Wind box berguna sebagai pembagi udara pembakaran ke setiap burner untuk terjadinya suatu proses pembakaran yang sempurna.



Gambar 2 9 Force Draft Fan

- Sistem Gas

Gas buang (*flue gas*) merupakan gas yang dihasilkan oleh pembakaran. memiliki fungsi untuk sumber energi panas. Gas panas yang terdapat pada ruangan pembakaran ini melalui beberapa tahapan yaitu melalui pipa pada superheater 1 & 2, lalu pipa pada reheater, serta pada economizer, yang nantinya akan diarahkan menuju air pre heater. Setelah gas melalui air pre heater selanjutnya gas akan dialirkan menuju pada alat yang digunakan untuk dapat menangkap abu yaitu *Electrostatic Precipitator* (ESP). Setelah melalui ESP selanjutnya gas akan dihisap dengan ID Fan untuk dibuang kembali ke atmosfer melalui cerobong.

Electrostatic Precipitator (ESP) digunakan sebagai penangkap abu dan juga debu yang terbawa pada gas yang nantinya akan dibuang ke atmosfer. Dan Induced draft fan digunakan sebagai penghisap gas dan kemudian akan dibuangnya ke atmosfer melalui cerobong. ID Fan juga digunakan sebagai pengontrol tekanan ruang bakar agar selalu sedikit vakum.

1.2.5 Sistem Air Pengisi

- Sistem Air Kondensat

Salah satu suplai utama air pengisi boiler ialah air kondensat. Banyaknya air kondensat bersumber dari adanya proses kondensasi uap bekas yang terjadi di dalam kondensor. Proses sistem ini adalah mulai dari tampungan bak hotwell yang terdapat pada kondensor hingga menuju dearator. Selama berada dalam proses, air melalui beberapa 3 proses tahapan utama diantaranya mengalami pemanasan, pemurnian dan juga deaerasi. Deaerasi sendiri merupakan proses pembuangan gas dari dalam air kondensat, terdapat gas pencemaran yang berada pada air kondensat misalnya oksigen dan karbondioksida, serta non condensable, dan gas lainnya. Gas yang terdapat pada air kondensat akan menyebabkan terjadinya korosi pada pipa saluran serta beberapa komponen yang nantinya akan dialiri oleh air kondensat.

Pemanasan dilakukan dari beberapa komponen alat antara lain pada *gland steam condensor*, di air ejector dan juga terdapat pada beberapa pemanas awal air pengisi bertekanan rendah. Sehingga pemanasan ini untuk dapat meningkatkannya efisiensi dalam proses pemanasan dan juga dapat mengurangi pemakaian dari batu bara dalam proses pemanasan. Jika tidak air kondensat tidak melalui tahap pemanasan, maka akan dibutuhkannya batu bara yang lebih banyak agar dapat meningkatkan temperatur air yang berada di dalam katel boiler.

Proses pemurnian pada tahap ini termasuk pada sistem pemurnian didalam siklus (*Internal Treatment*) yang dapat dilakukan dengan cara mengalirkan air kondensat melintasi penukar ion (*Condensate Polishing Plant*), serta dilakukan secara kimia dengan digunakannya bahan kimia dalam penginjeksiannya. Melalui proses pemurnian internal, sehingga pencemar yang dapat berakibat pada deposit maupun korosi pada beberapa komponen nantinya dapat dihilangkan, maka air kondensat dapat lebih baik kualitas yang dimilikinya.

- Sistem Air Pengisi Tekanan Tinggi (*Feedwater*)

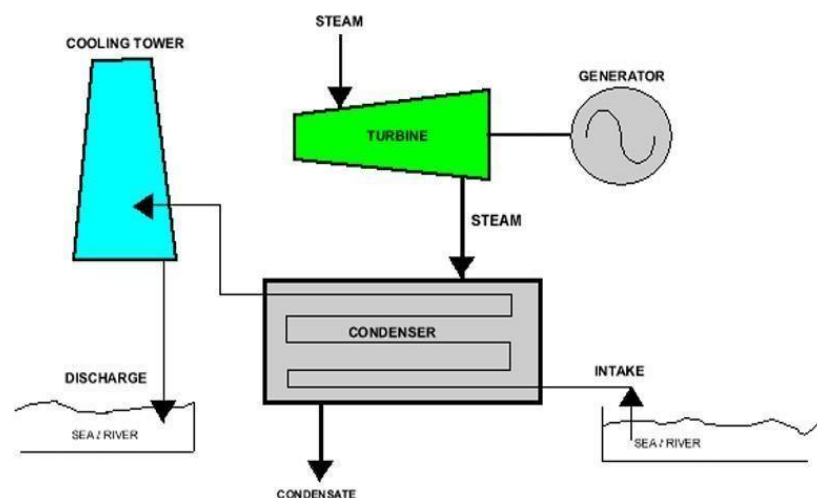
Sistem ini merupakan keberlanjutan dari sistem air kondensat. Pada tahap awalan ini, air akan berubah nama menjadi air feed water. Perbedaan yang mencolok antara air kondensat dengan air pengisi atau feed water terletak pada tekanannya. Tekanan air pada sistem air pengisi naik hingga lebih tinggi dari tekanan ketel.

Fungsi dari sistem air pengisi ini hampir sama seperti sistem air kondensat yaitu untuk menaikkan nilai tekanan, meningkatkan nilai pada temperatur serta juga untuk memurnikan air pengisi. Tekanan pada air pengisi perlu ditingkatkan sehingga air pengisi dapat mengalir masuk kedalam boiler. Air bertekanan tinggi ini akan pompakan oleh *Boiler Feed Pump*. Air pengisi mengalami beberapa tahapan pemanasan sehingga adanya kenaikan pada temperatur. Kenaikan temperatur bertujuan agar menghindari kerusakan pada komponen boiler yang berakibat pada thermal stress yang merupakan perbedaan temperatur yang terlalu jauh.

1.2.6 Sistem Air Pendingin

- Air Pendingin Terbuka

Air ini bersumber dari yang secara terus menerus yang tak terbatas seperti laut, danau, ataupun sungai sehingga nantinya air tersebut akan dipompakan masuk melalui intake kedalam kondensor dan nantinya setelah keluar dari kondensor air tersebut akan dikembalikan lagi ke tempat asalnya melalui *outfall*.



Gambar 2 10 Sistem Air Pendingin Utama Siklus Terbuka

- Air Pendingin Tertutup

Sistem Air Pendingi Tertutup merupakan sistem sikus tertutup yang membutuhkan air demin sebagai media yang sama secara berulang. Sistem air pendingin ini membutuhkan Menara pendingin *cooling tower*.

1.2.7 Daya Listrik dan Segitiga Daya

Daya listrik mengukur seberapa cepat energi listrik dimanfaatkan untuk melakukan usaha dalam suatu sistem tenaga. Pada sistem arus bolak-balik (AC), dikenal tiga jenis daya: Daya Aktif (P), Daya Reaktif (Q), dan Daya Semu (S).

a) Daya Aktif (P)

Daya yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya daya yang di transmisikan atau dikonsumsi oleh beban. Daya aktif dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = 3 \times V_L \times I_L \times \cos \varphi \text{ 3 (Phase)}$$

b) Daya Reaktif (Q)

Daya yang diperlukan untuk membentuk medan magnet. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q = 3 \times V_L \times I_L \times \sin \varphi \text{ 3}$$

c) Daya Semu (S)

Daya total yang dialirkan, merupakan kombinasi vektor dari Daya Aktif dan Daya Reaktif.

Daya semu dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$S = V \times I$$

Dimana :

P : Daya Aktif (W)

Q : Daya Reaktif (VAR)

S : Daya Semu (VA)

V : Tegangan (V)

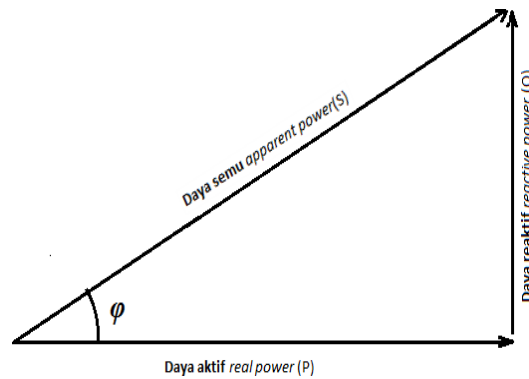
I : Arus (Ampere)

$\cos \varphi$: Faktor Daya

V_L : Tegangan Line to Line (Volt)

I_L : Arus *Line to Line* (Ampere)

Hubungan antara ketiga daya tersebut digambarkan pada segitiga daya seperti pada gambar



Gambar 2 11 Segitiga Daya

Dalam sistem arus listrik bolak balik terdapat 3 karakteristik beban listrik yaitu :

- a. Beban Resistif (R)
Beban ini dicirikan oleh elemen resistansi murni. Beban resistif hanya mengonsumsi daya aktif (P) dan mengubahnya menjadi bentuk energi lain (misalnya panas atau cahaya). Karena tegangan dan arus berada dalam fase yang sama, faktor dayanya (PF) adalah satu ($PF = 1$).
- b. Beban Induktif (L)
Beban ini didominasi oleh elemen induktor (seperti kumparan, motor, atau trafo). Beban induktif memerlukan daya reaktif (Q) untuk membangun medan magnetnya. Secara karakteristik, arus akan tertinggal (lagging) dari tegangan sebesar sudut fase tertentu (idealnya 90° dalam kasus murni). Beban ini mengonsumsi daya aktif dan juga menyerap daya reaktif dari sistem.
- c. Beban Kapasitif (K)
Beban ini dicirikan oleh elemen kapasitor yang memiliki kemampuan untuk menyimpan energi dalam medan listrik. Dalam beban kapasitif, arus akan mendahului (leading) tegangan sebesar sudut fase tertentu (idealnya 90° dalam kasus murni). Beban ini juga mengonsumsi daya aktif, tetapi berbeda dengan beban induktif, beban kapasitif mengeluarkan (mensuplai) daya reaktif ke sistem.