

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA dan LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun berpedoman pada beberapa penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian-penelitian tersebut dapat berbentuk jurnal maupun laporan kerja praktik, di antaranya:

Ahmed (2013) membahas tentang cara menentukan berat penyeimbang secara manual yang tidak memerlukan pengoperasian peralatan sehingga resiko kesalahan massa koreksi (*trial mass*) terhadap peralatan sangat kecil. Parameter data yang digunakan pada bahasan tersebut ialah Frekuensi getaran, Perpindahan getaran, Kecepatan getaran dan Percepatan getaran pada motor listrik *ID Fan* yang diamati.

Alinursolih dkk. (2012) membahas tentang penanganan *trouble shooting* pada *FD Fan* dan *ID Fan* saat terjadi gangguan agar unit pembangkitan dapat segera beroperasi kembali secara normal. Adapun parameter data yang digunakan pada bahasan tersebut ialah *Wheel/Impeller, Bearing* dan Sistem pelumasan motor listrik *FD Fan* dan *ID Fan* yang diamati.

Baker (2012) membahas tentang permasalahan sistem pelumasan pada *ID Fan* dan kemudian mengidentifikasi dan menentukan semua akar penyebab dan jenis kegagalan yang terkait. Parameter data yang digunakan ialah *Pump internal wear, Airlock in stand-by pump, Complex system design, Flow transmitters removed and Incorrect pressure trip values Bearings type*.

Beasley dkk. (2010) membahas tentang rangkuman singkat perancangan *ID Fan* untuk *Heat Recovery Steam Generators (HRSG)*. Parameter data yang digunakan ialah *Duct burners, Fresh-air louvers, Combustion turbine*.

Hoover dkk. (2009) membahas tentang berbagai cara untuk meredam *noise* pada *ID Fan* dan *FD Fan* yang tinggi pada sistem pembangkitan tenaga uap. Parameter data yang digunakan ialah *Attenuation*, *Aerodynamic resistance*, *The Flow rate*, *The Hydraulic diameter*, *Coefficient of local resistance*.

Jianling dkk. (2014) membahas tentang perbandingan Kinerja *ID Fan* saat dioperasikan dengan sebuah Turbin Kecil maupun menggunakan saat dioperasikan dengan Motor listrik. Parameter data yang digunakan pada bahasan tersebut ialah *Inlet flow rate*, *Fan total pressure*, *Fan efficiency*, *Fan working speed*, *Fan shaft power*.

Jinfeng dkk. (2010) membahas tentang analisis pengaruh kegagalan kinerja poros *ID Fan* terhadap daya yang dihasilkan *boiler*. Parameter data yang digunakan ialah Kinerja material, Rancangan peralatan, Kondisi peralatan dan Level daya *ID Fan*.

Khakam dkk. (2013) membahas tentang simulasi sistem kontrol *ID Fan* sebagai furnace pressure control pada *Boiler* di PLTU Paiton yang dibangun menggunakan software Visual Basic 6.0. Adapun parameter data *ID Fan* yang dipakai di jurnal tersebut ialah *Furnace pressure*, *Fan blades pitch demand* dan *Advanced proportional integral derivative (APID)*.

Sandeep dkk. (2012) membahas tentang analisis sumber *noise* pada *FD Fan* dan *ID Fan* serta cara mengurangi *noise* tersebut dengan memodifikasi peredam absorptif atau knalpot. Parameter data yang digunakan *Attenuation*, *Aerodynamic resistance*, *The Flow rate*, *The Hydraulic diameter*, *Coefficient of local resistance*.

Saputro (2014) membahas bagaimana cara menjaga motor listrik tiga fasa *ID Fan* agar terhindar dari gangguan temperatur lebih (*over heating*) saat beroperasi. Adapun perbandingan data yang digunakan pada bahasan tersebut ialah Temperatur *ID Fan* saat sebelum dioperasikan dengan Temperatur *ID Fan* saat sedang dioperasikan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU adalah pembangkit listrik yang mengubah energi kinetik dari uap panas bertekanan tinggi menjadi energi listrik. PLTU membutuhkan panas yang cukup untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi yang dapat memutar turbin sehingga menghasilkan listrik. Sehingga, secara prinsip PLTU adalah alat yang diciptakan dengan memanfaatkan panas yang dapat diubah menjadi uap bertekanan tinggi untuk menggerakkan turbin dan menghasilkan energi listrik.

PLTU merupakan salah satu teknologi dasar bagi pembangkitan listrik. Teknologi PLTU hampir dipakai oleh semua pembangkit berbasis *thermal* (suhu tinggi). Bahkan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) yang katanya salah satu energi baru terbarukan juga memanfaatkan teknologi PLTU. Pembangkit yang tidak menggunakan teknologi PLTU adalah : Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), sebagian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Ombak (PLTO), dan beberapa pembangkit lainnya. Energi primer atau bahan bakar yang dapat digunakan untuk proses pembentukan uap adalah sebagai berikut:

1. Gas (gas alam, hidrogen, biogas dan gas lainnya)
2. Minyak bumi dan produk turunannya
3. Biomassa
4. Nuklir
5. *Geothermal* (panas bumi)
6. Batu bara

2.2.1.1 Proses Konversi Energi di PLTU

Menurut Terimananda, Gerha (2015) ada 4 Proses utama dalam proses konversi energi di PLTU, yaitu:

1. Proses menghasilkan uap

Air yang telah melalui proses demineralisasi dan kondensasi akan disuplai ke *steam drum* yang ada di *boiler*. Kemudian dilakukan proses pemanasan dengan energi primer yang dipilih, bisa batubara atau energi primer lainnya. Pemanasan dilakukan untuk menghasilkan uap yang diinginkan.

2. Proses konversi energi panas menjadi energi kinetik

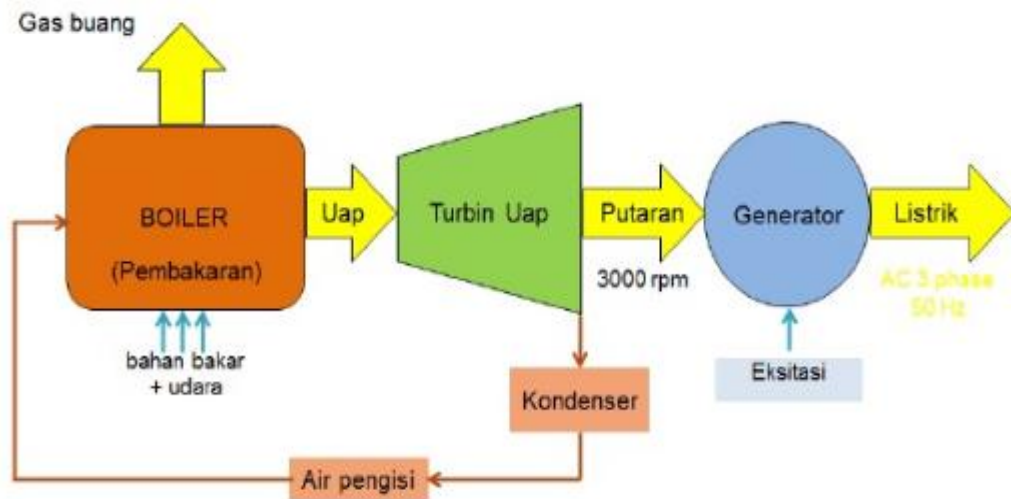
Uap hasil dari proses produksi uap, dengan tekanan dan temperatur tertentu dialirkan ke turbin. Uap terus dialirkan sehingga mampu menggerakkan turbin. Disinilah terjadi proses konversi energi panas menjadi energi kinetik.

3. Proses konversi energi kinetik menjadi energi listrik

Poros *generator* yang dikopel langsung dengan poros turbin akan berputar menghasilkan energi listrik sebagai hasil dari perputaran medan magnet dalam kumparan, yang kemudian energi listrik tersebut dialirkan ke terminal *output generator*.

4. Proses kondensasi

Uap bekas penggerak turbin masuk ke pendingin atau kondensor untuk dijadikan menjadi air kembali yang disebut air kondensat. Pendinginan dapat menggunakan air dingin yang didapat dari air laut, air danau, atau waduk. Dibutuhkan air dalam jumlah besar agar proses pendinginan dapat terjadi secara efektif. Air kondensat ini kemudian digunakan lagi untuk mengisi *steam drum boiler*.



Gambar 2.1 Proses Konversi Energi di PLTU

(sumber: www.academia.edu)

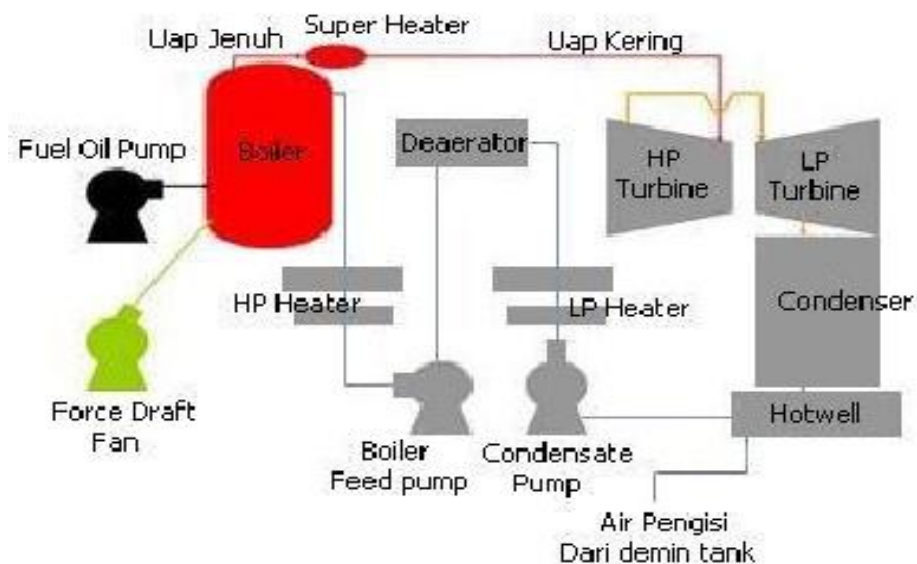
2.2.1.2 Siklus Kerja PLTU

Menurut Ahmed, Fajra (2013) berikut di bawah ini siklus kerja PLTU:

1. Air dari *Demineralized Tank* akan dialirkan ke *Hotwell*.
2. Air dari *Hotwell* disalurkan ke *Condensate Pump* untuk dipompakan menuju *LP Heater (Low Pressure Heater)* yang digunakan sebagai pemanas tahap satu. Lokasi *hotwell* dan *condensate pump* terletak di lantai paling dasar dari pembangkit atau biasa disebut *Ground floor*, selanjutnya air mengalir masuk ke *Deaerator*.
3. Air di *deaerator* mengalami proses pelepasan ion-ion mineral yang masih tersisa di air dan tidak diperlukan seperti oksigen dan lainnya. Bisa juga dikatakan *deaerator* memiliki fungsi untuk menghilangkan buih yang biasa terdapat pada permukaan air. Agar proses pelepasan ini berlangsung sempurna, suhu air harus memenuhi suhu yang ditentukan. Oleh karena itulah selama perjalanan menuju *Deaerator*, air mengalami beberapa proses pemanasan oleh peralatan yang disebut *LP Heater*. Letak *deaerator* berada di lantai atas (tetapi bukan yang paling atas).

4. Dari *deaerator*, air turun kembali ke *Ground floor*. Sesampainya di *Ground floor*, air langsung dipompakan oleh *Boiler Feed Pump/BFP* (Pompa air pengisi) menuju *Boiler* atau tempat “memasak” air. Bisa dibayangkan *Boiler* ini seperti drum, tetapi drum berukuran raksasa. Air yang dipompakan ini adalah air yang bertekanan tinggi, karena itu syarat agar uap yang dihasilkan juga bertekanan tinggi. Karena itulah konstruksi PLTU membuat *deaerator* berada di lantai atas dan BFP berada di lantai dasar. Karena dengan meluncurnya air dari ketinggian membuat air menjadi bertekanan tinggi.
5. Sebelum masuk ke *Boiler* untuk “direbus”, lagi-lagi air mengalami beberapa proses pemanasan di *HP Heater (High Pressure Heater)*. Setelah itu barulah air masuk *boiler* yang letaknya berada di lantai atas.
6. Didalam *Boiler* inilah terjadi proses perebusan air untuk menghasilkan uap. Proses ini memerlukan api yang pada umumnya menggunakan batubara sebagai bahan dasar pembakaran dengan dibantu oleh udara dari *FD Fan (Force Draft Fan)* dan pelumas yang berasal dari *Fuel Oil tank*
7. Bahan bakar dipompakan kedalam *boiler* melalui *Fuel oil Pump*. Bahan bakar PLTU bermacam-macam. Ada yang menggunakan minyak saja, minyak dan gas (*dual firing*) dan batubara.
8. Sedangkan udara diproduksi oleh *Force Draft Fan (FD Fan)*. *FD Fan* mengambil udara luar untuk membantu proses pembakaran di *boiler*. Dalam perjalanannya menuju *boiler*, udara tersebut dinaikkan suhunya oleh *air heater* (pemanas udara) agar proses pembakaran bisa terjadi di *boiler*. Sebagaimana diketahui segitiga pembakaran terdiri dari api, bahan bakar dan udara.
9. Kembali ke siklus air. Setelah terjadi pembakaran, air mulai berubah wujud menjadi uap. Namun uap hasil pembakaran ini belum layak untuk memutar turbin, karena masih berupa uap jenuh atau uap yang masih mengandung kadar air. Kadar air ini berbahaya bagi turbin, karena dengan putaran hingga 3000 rpm, setitik air sanggup untuk membuat sudu-sudu turbin menjadi terkikis dan mudah berkarat.

10. Untuk menghilangkan kadar air tersebut, uap jenuh tersebut di keringkan di *super heater* sehingga uap yang dihasilkan menjadi uap kering. Uap kering ini yang digunakan untuk memutar sudu-sudu turbin.
11. Ketika Turbin berhasil berputar berputar maka secara otomatis *generator* akan berputar, karena antara turbin dan *generator* berada pada satu poros. *Generator* inilah yang menghasilkan energi listrik.
12. Pada *generator* terdapat medan magnet raksasa. Perputaran *generator* menghasilkan beda potensial pada magnet tersebut. Beda potensial inilah cikal bakal energi listrik.
13. Energi listrik tersebut akan disalurkan ke trafo *step up* untuk dinaikkan level tegangannya dan kemudian disalurkan melalui saluran transmisi PLN.
14. Uap kering yang digunakan untuk memutar turbin akan turun kembali ke lantai dasar. Uap tersebut mengalami proses kondensasi didalam kondensor sehingga pada akhirnya berubah wujud kembali menjadi air dan masuk kedalam *hotwell*.



Gambar 2.2 Siklus Kerja PLTU
(sumber: www.academia.edu)

Siklus PLTU ini adalah siklus tertutup (*close cycle*) yang idealnya tidak memerlukan lagi air jika memang kondisinya sudah mencukupi. Tetapi kenyataannya masih diperlukan banyak air penambah setiap hari. Hal ini mengindikasikan banyak sekali kebocoran di pipa-pipa saluran air maupun uap di dalam sebuah PLTU. Untuk menjaga siklus tetap berjalan, maka untuk menutupi kekurangan air dalam siklus akibat kebocoran, *hotwell* selalu ditambah air sesuai kebutuhannya dari air yang berasal dari *demineralized tank*.

2.2.2 Boiler

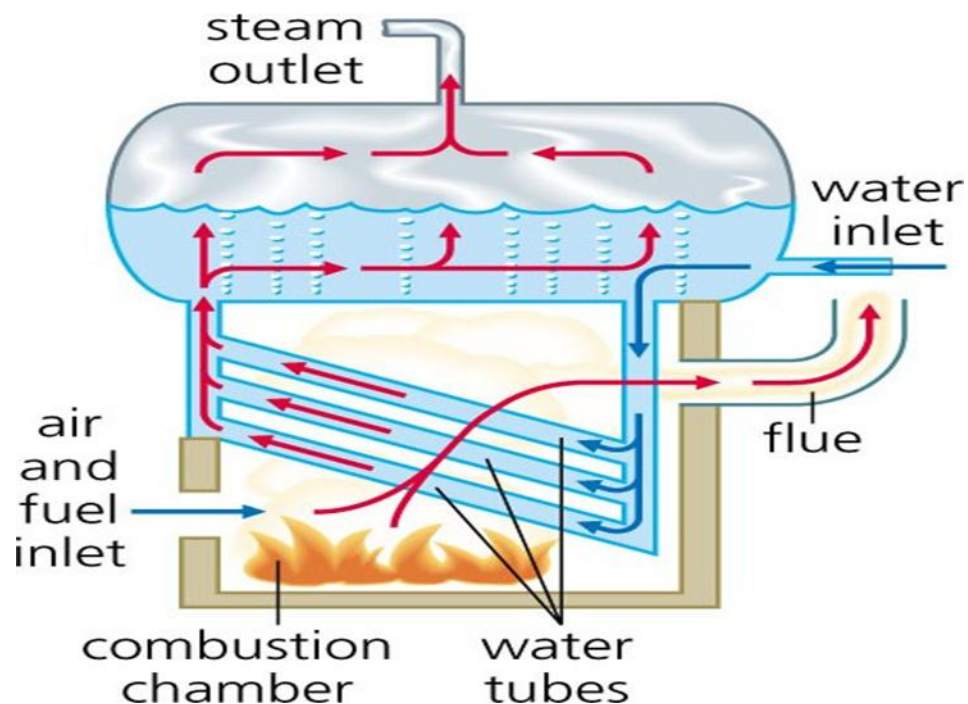
Pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), *boiler* memegang peranan penting sebagai tempat mengubah air dari fase cair (fluida) ke fase uap yang bertekanan lebih tinggi dari 1 atm dengan cara memanfaatkan panas. Secara terminologi *boiler* adalah suatu alat yang digunakan untuk menghasilkan:

1. Uap untuk keperluan pembangkitan tenaga listrik, proses dan juga pemanas dalam industri.
2. Air panas untuk keperluan pemanas maupun untuk sehari-hari.

Menurut Yudisaputro, Hendra (2014) Secara umum *boiler* diartikan sebagai alat yang digunakan sebagai penghasil uap atau disebut *steam generator*. *Boiler* secara umum didesain dengan menggunakan material baja untuk melakukan atau memindahkan (transmit/transfer) energi kalor yang berasal dari pembakaran bahan bakar (batu bara atau minyak) menuju bejana atau pipa-pipa fluida yang terdapat di dalam *boiler*. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan sebuah *boiler* tidak hanya diisi dengan fluida berupa air, namun bisa juga dengan air raksa dan zat alir organik seperti N-Pentan, yang dalam hal ini *boiler* disebut juga sebagai Penguap atau *Vaporizer* atau *Vapor Generator* atau biasa disebut juga *Thermal Liquid Heater*.

Perpindahan energi kalor dari suatu medium ke medium lain di dalam *boiler* terjadi melalui tiga cara yaitu radiasi, konveksi dan konduksi. Perpindahan kalor ini hanya terjadi bila terdapat perbedaan temperatur di antara medium-medium tersebut. Perpindahan kalor dari suatu medium/permukaan dengan temperatur

tertentu dalam bentuk gelombang elektromagnetik disebut sebagai perpindahan kalor radiasi, contohnya kalor yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar menuju dinding bejana atau permukaan pipa fluida. Perpindahan kalor yang terjadi pada medium yang stasioner, baik padat maupun cair disebut perpindahan kalor konduksi. Sedangkan konveksi sebaliknya, yaitu terjadi antara media yang diam dengan fluida yang bergerak.



Gambar 2.3 Ilustrasi proses terbentuknya *heat steam* di *Boiler*
(sumber: www.berbagienergi.com)

Apapun nama, penggunaan dan sifat-sifatnya, sebuah *Boiler* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

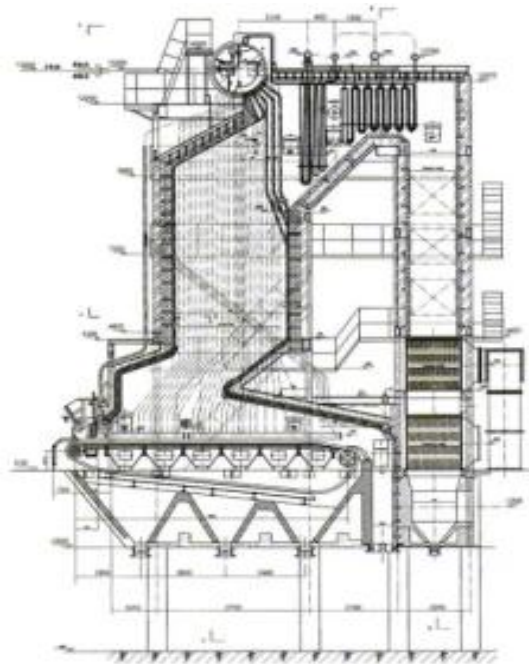
1. Fluida yang digunakan harus tertampung secara aman (*safely contained*).
2. Fluida yang digunakan harus tertampung harus berada di *steam drum boiler*.
3. Keluaran fluida harus sesuai dengan kondisi yang diinginkan, baik tekanan, temperatur, aliran dan kualitasnya.
4. Dibangkitkan dengan rugi-rugi panas (*heat losses*) yang minim.

2.2.2.1 Jenis-jenis *Boiler*

Menurut Yudisaputro, Hendra (2017) Berdasarkan teknologi proses pembakarannya, secara umum *boiler* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

1. *Stoker Type Boiler*

Jenis *boiler* stoker mekanik ini menggunakan rantai berjalan sebagai tempat pembakaran bahan bakar yang umumnya berupa padatan. Secara singkat proses kerjanya adalah dengan meniupkan udara panas dari bawah rantai sehingga bahan bakar padat (misalnya batu bara) dapat terbakar. *Boiler* jenis ini juga dapat membakar berbagai jenis bahan bakar antara lain batu bara, limbah kayu, kulit kayu, bahkan sampah anorganik.



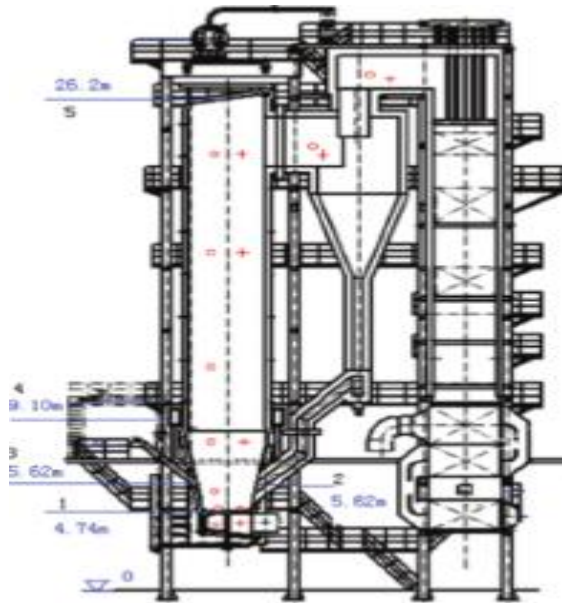
Gambar 2.4 Skematik *Stoker Boiler*

(sumber: www.berbagienergi.com)

Sistem pembakaran *Stoker Type Boiler* adalah dengan memasukkan bahan bakar padat pada *bed* pembakaran yang tetap, udara yang digunakan untuk proses pembakaran dioperasikan dengan kecepatan yang kecil, dan ukuran untuk tipe *boiler* ini terbatas sehingga kemampuan untuk menghasilkan uap maksimum $\pm 50,4$ kg/s.

3. *Circulating Fluidized Bed Type Boiler*

Prinsip kerja *Circulating Fluidized Bed Boiler* hampir sama dengan *boiler stoker* mekanik, namun pada *boiler* ini tidak menggunakan rantai, akan tetapi menggunakan tumpukan (*bed*) partikel pasir yang diletakkan di bagian bawah ruang bakar *boiler* sebagai media untuk memanaskan udara dan ruang bakar secara keseluruhan. Udara dengan tekanan dan kecepatan tinggi dihembuskan dari dasar tungku melalui *outlet Primary Fan* dan menembus tumpukan pasir sehingga batu bara yang berada di atas pasir tersebut dapat melayang dan terbakar di dalam ruang bakar.



Gambar 2.6 Skematik *Circulating Fluidized Bed Boiler*

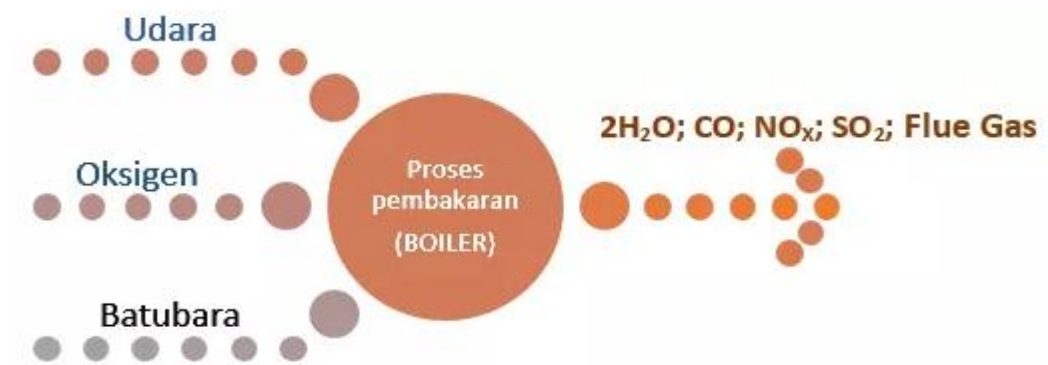
(sumber: www.berbagienergi.com)

Batubara yang telah terbakar namun belum habis dan ikut bersama-sama dengan aliran gas hasil pembakaran dipisahkan dengan siklon untuk dikembalikan ke ruang bakar agar terbakar secara sempurna. Pada *furnace boiler* tipe ini kecepatan gas lebih cepat daripada *boiler fluidized bed* pada sistem *bubbling*, dimana agar kepadatan yang terdapat didalam *furnace* yaitu bed material dapat terangkat dan mengalir, maka diperlukan nilai kecepatan gas minimum agar partikel dapat terangkat dan keluar *furnace*.

2.2.3 Sistem Udara dan Gas Buang Pada PLTU

Menurut El Wakil, M.M. (1992) Sistem udara dan gas buang merupakan sistem yang mendukung terjadinya proses pembakaran di dalam boiler, hal ini dilakukan agar proses pembakaran dapat dikontrol secara optimal sehingga terjadi proses pembakaran yang sempurna dan efisien.

Sistem udara dan gas buang merupakan siklus tertutup yang pada dasarnya berbeda meskipun terjadi dalam media, waktu dan proses yang sama. Sistem udara secara umum adalah sistem yang berfungsi sebagai media transportasi batubara menuju boiler (udara primer) sekaligus menambahkan oksigen untuk proses pembakaran dan membuat turbulensi (udara sekunder). Sedangkan sistem gas buang merupakan *output* dari proses pembakaran yang digunakan untuk mentransfer *flue gas* dari sisa hasil proses pembakaran di *boiler* menuju ke pipa-pipa air dan uap serta komponen pemanas udara. Pada dasarnya hubungan dari proses kerja antara sistem udara dan gas buang adalah seperti pada skema berikut.



Gambar 2.7 Hubungan antara sistem udara dan gas buang

(sumber: www.berbagienergi.com)

Menurut El Wakil, M.M. (1992) sistem udara dan gas buang terdiri dari beberapa sub sistem sebagai berikut:

2.2.3.1 Boiler

Boiler adalah tempat terjadinya proses pembakaran yang di dalamnya dilengkapi oleh beberapa peralatan sebagai berikut :

1. Coal Burner

Peralatan yang berfungsi untuk mencampur batubara dengan udara dan sebagai *nozzle* untuk mendorong campuran bahan bakar tersebut ke dalam furnace boiler. Komponen-komponen dari coal burner umumnya adalah sebagai berikut:

- 1) *Oil Gun* berfungsi untuk mensuplai HSD pada proses *startup* dan *shutdown* awal boiler. Pada oil gun terdapat dua saluran utama yakni saluran *fuel oil* dan saluran *atomizing air*. *Atomizing air* berfungsi untuk membentuk kabut bahan bakar HSD agar lebih mudah terbakar, sedangkan *oil gun* berfungsi sebagai pemantik api untuk menyalakan bahan bakar tersebut.
- 2) *Air Damper* berfungsi untuk mengatur suplai udara pembakaran yang masuk ke boiler
- 3) *Coal Nozzle* adalah bagian ujung masuknya *pulverized coal* ke dalam furnace boiler.
- 4) *Flame Scanner* merupakan perangkat sensor api yang berfungsi untuk membaca apakah telah terjadi proses pembakaran pada burner ataukah tidak.

2. Burner Tilting

Perangkat yang berfungsi untuk mengatur proses pembakaran agar lebih efisien dan mengendalikan temperature uap sehingga dapat meminimalisir terbentuknya *Nox*.

2.2.3.2 Draft System

Draft system adalah sistem udara yang terdiri dari 3 jenis peralatan utama yaitu *Primary Air Fan* (PAF), *Forced Draft Fan* (FDF) serta *Induced Draft Fan* (IDF) dan masing-masing mempunyai peranan sebagai berikut :

1. *Primary Air Fan* (PAF)

Disebut dengan *primary air fan* karena fungsi utama dari *fan* ini adalah untuk mendistribusikan batubara yang sebelumnya telah dihaluskan di dalam *mill/pulverizer* menuju ke ruang bakar (*furnace*) *boiler*.

2. *Forced Draft Fan* (FDF)

Disebut juga dengan *secondary air fan* dan berfungsi untuk memberikan tekanan positif pada *boiler* dan mengontrol udara serta oksigen yang dibutuhkan pada proses pembakaran di dalam *boiler* sehingga diharapkan dapat menghasilkan pembakaran yang sempurna dan efisien.

3. *Induced Draft Fan* (IDF)

Berfungsi untuk memberikan tekanan negatif (*vacuum pressure*) pada *boiler* serta mentransfer *flue gas* sisa pembakaran dari boiler menuju ke *stack/chimney*. Semakin tinggi temperature udara *flue gas* dan presentase oksigen yang keluar dari *stack* maka mengindikasikan bahwa proses pembakaran di dalam *boiler* tidak terjadi secara sempurna.

2.2.3.3 Air Preheater

Air Preheater merupakan sistem yang berfungsi sebagai pemanas udara awal untuk *primary air* dan *secondary air* sampai ke tingkat temperature tertentu, dengan memanfaatkan panas dari udara *flue gas* yang dibawa oleh *induced draft fan* melalui elemen pemanas yang disebut *rotating heat exchanger*. Tujuan utama dari proses pemanasan awal ini adalah untuk meningkatkan temperatur udara sebelum masuk ke dalam *boiler* sehingga proses pembakaran dapat terjadi dengan cepat dan efisien, serta untuk menghilangkan uap basah dari udara agar mencegah terjadinya korosi pada peralatan metal di dalam *boiler*.

2.2.3.4 Electrostatic Precipitator

Electrostatic Precipitator (ESP) adalah sistem pembantu yang berfungsi untuk menangkap ash/abu yang terbawa *flue gas* dari hasil proses pembakaran dengan cara memberikan muatan negatif kepada abu-abu tersebut melalui perangkat elektroda (*discharge electrode*). Selanjutnya abu tersebut akan bergerak ke dalam sebuah kolom yang terbuat dari plat yang memiliki muatan lebih positif (*collecting electrode*), sehingga secara alami abu tersebut akan tertarik dan menempel pada plat-plat tersebut. Setelah abu terakumulasi pada plat tersebut, sebuah sistem rapper khusus akan membuat abu tersebut jatuh ke bawah dan keluar dari sistem ESP.

2.2.3.5 Stack/Chimney

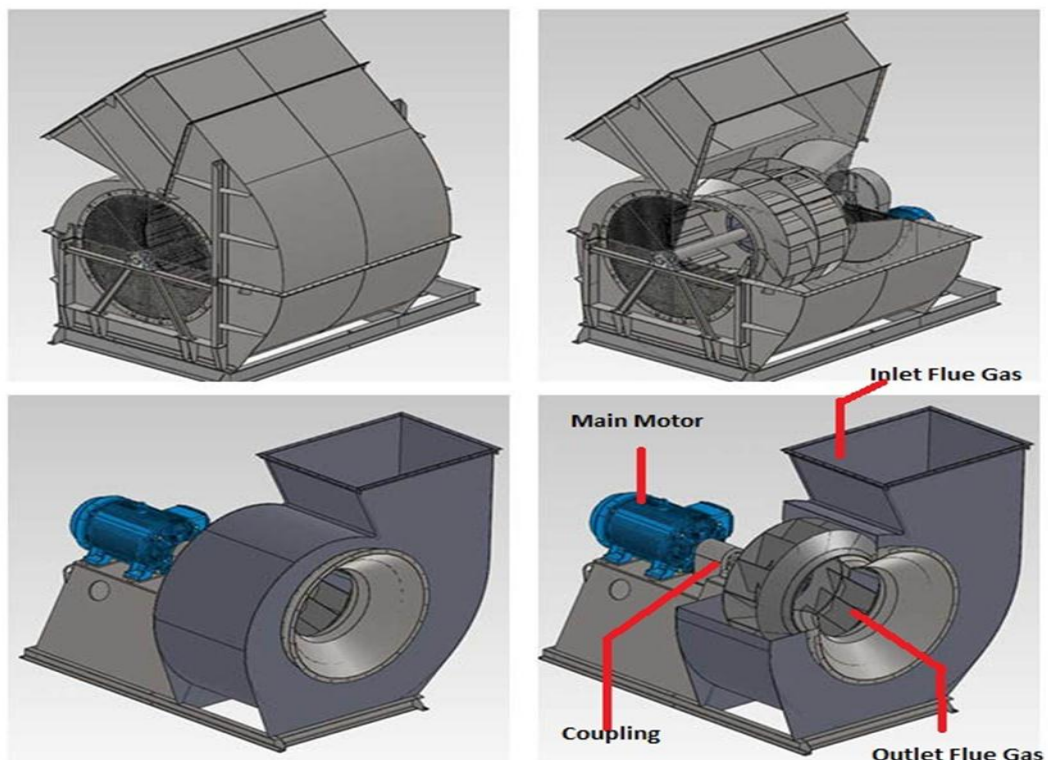
Stack atau *chimney* atau cerobong udara adalah peralatan yang berfungsi sebagai media transfer *flue gas* menuju ke atmosfer. Pada dasarnya *chimney* juga berfungsi sebagai *induced draft* yaitu dengan menggunakan perbedaan tekanan udara antara sisi inlet (yang berada di permukaan tanah) dengan udara di sisi outlet (yang berada lebih tinggi di ujung cerobong asap) sehingga udara akan secara natural mengalir dari tekanan yang tinggi ke daerah yang bertekanan lebih rendah.

2.2.4 Induced Draft Fan

Induced Draft Fan (*ID Fan*) adalah kipas (*fan*) yang menghisap udara dari dalam *boiler* keluar menuju cerobong. *ID Fan* dipasang di dekat *stack/chimney* (cerobong pembuangan gas hasil pembakaran batubara) dan *electrostatic precipitator* (penangkap abu batubara jenis *fly ash* yang beterbangan sehingga dapat mengurangi polusi udara yang akan dikeluarkan melalui *stack/chimney*). *ID Fan* berfungsi untuk mempertahankan *pressure* pada *furnace boiler* dan bekerja pada tekanan atmosfer rendah karena digunakan untuk menghisap gas dan abu sisa pembakaran (*flue gas*) pada *boiler* untuk selanjutnya dibuang melalui *stack/chimney*. Sebelum gas dan abu sisa pembakaran dibuang, terlebih dahulu

dilewatkan pada *electrostatic precipitator* agar bisa mengurangi persentase polusi udara yang dihasilkan dari sisa pembakaran tersebut.

Besarnya volume *flue gas* yang dihisap oleh *ID Fan* diatur oleh besarnya persentase bukaan (sudut buka) *damper* yang dipasang di posisi sebelum *ID Fan* (inlet), semakin besar sudut bukannya maka volume *flue gas* yang dihisap IDF semakin besar. Besarnya sudut buka *damper* diatur oleh *Motor Operated Valve* (MOV), Sedangkan besarnya kecepatan putaran *blade pitch ID Fan* diatur oleh *Variable Fluid Coupling*. Hal – hal yang harus diperhatikan terhadap *ID Fan* sama dengan *FD Fan*, tetapi yang membedakan adalah kinerja *ID Fan* di suhu yang tinggi karena *ID Fan* mensirkulasikan gas hasil pembakaran dan *FD Fan* hanya bekerja di suhu atmosfer biasa, sehingga *ID Fan* mempunyai sistem pendinginan dengan air dan radiator untuk mencegah overheating.

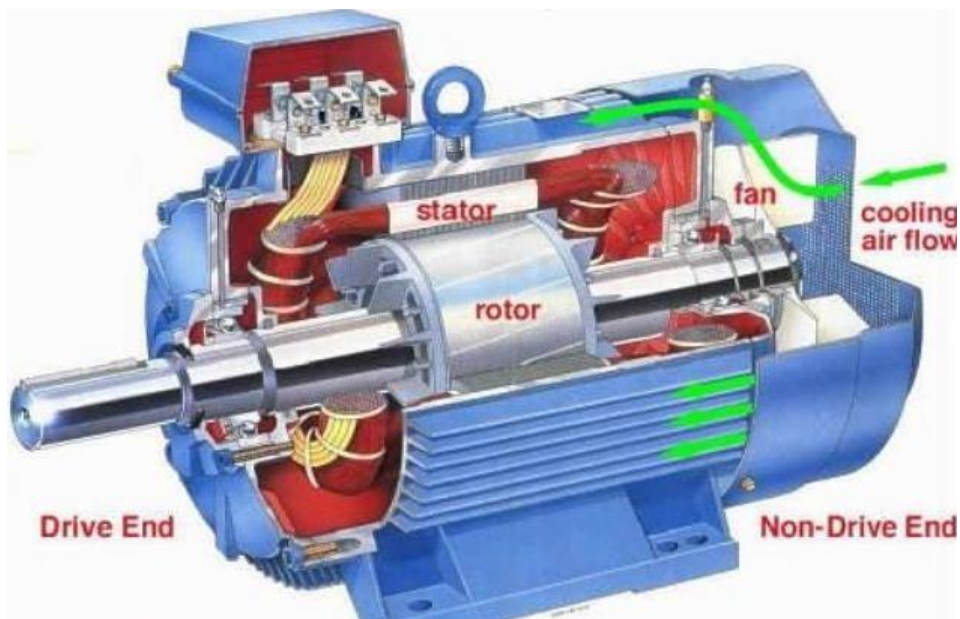


Gambar 2.8 Konstruksi *ID Fan*

(sumber: www.taymac.co.nz)

2.2.5 Motor Listrik 3 Fasa

Motor listrik 3 fasa adalah motor yang bekerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber pada stator untuk menimbulkan gaya putar pada bagian rotornya. Perbedaan fasa pada motor 3 phase didapat langsung dari sumber. Hal tersebut yang menjadi pembeda antara motor 1 fasa dengan motor 3 fasa.

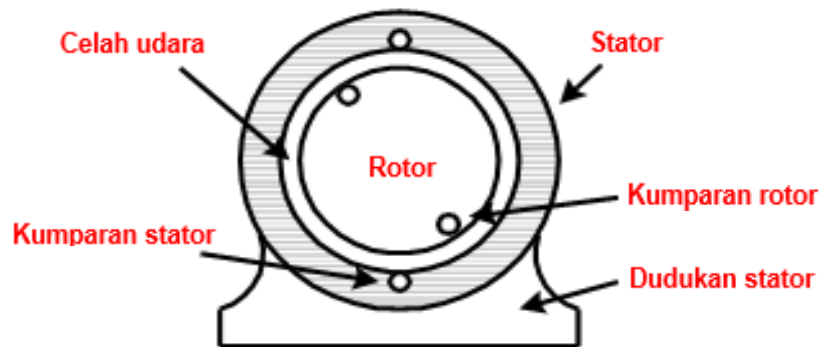


Gambar 2.9 Konstruksi Motor Listrik 3 Fasa

(sumber: www.info-elektro.com)

Secara umum, motor listrik 3 fasa memiliki dua bagian utama, yakni stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan magnet kepada kumparan rotornya, sedangkan Rotor ialah bagian yang bergerak akibat adanya induksi medan magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Kedua bagian tersebut dipisahkan oleh celah udara yang sempit atau yang biasa disebut dengan air gap. Jarak antara stator dan rotor yang terpisah oleh air gap sekitar 0,4 milimeter sampai 4 milimeter. Pada celah udara ini akan lewat induksi medan magnet stator yang memotong kumparan rotor sehingga menyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu

besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Berikut di bawah ini gambaran sederhana penempatan stator dan rotor pada motor listrik.



Gambar 2.10 Gambaran Sederhana Penempatan Stator dan Rotor
(sumber: Tidak diketahui)

Motor listrik 3 fasa bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya melalui celah udara (*air gap*). Bila kumparan stator motor listrik 3 fasa dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet (fluks) yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul gaya gerak listrik (GGL) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Akibat munculnya arus pada rotor dan adanya medan magnet yang berputar pada stator maka sesuai hukum *Lorentz*, rotor akan berputar mengikuti medan putar stator. Pada rangka (*frame*) stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutub tertentu. Jumlah kutub tersebut menentukan kecepatan berputarnya medan magnet stator yang diinduksikan ke rotor. Semakin banyak jumlah kutub maka kecepatan putaran medan magnet stator akan semakin lambat dan begitupun sebaliknya.

2.2.6 Motor Operated Valve (MOV)

MOV (*Motor Operated Valve*) adalah *Valve* yang tenaga penggerakannya adalah motor, di mana motor tersebut dikombinasikan dengan komponen elektronik untuk memutar gir yang ada pada unit *valve* tersebut. Sederhananya, MOV ialah motor listrik yang digunakan untuk membuka dan menutup *valve* secara otomatis. MOV mempunyai 3 komponen penting di dalamnya, yaitu *Power Supply* sebagai sumber penggerakannya; *Trigger* (0-24 DC) sebagai sinyal untuk memerintahkan *valve* untuk membuka dan menutup dan *Limit Switch* (pemutus power ke motor) digunakan untuk menghentikan motor pada saat bergerak.

MOV hanyalah sebatas aktuator saja, sama halnya seperti aktuator *valve* yang lain, hanya saja MOV sumber tenaganya dari listrik, baik 220 VAC maupun 380 VAC tergantung pabrikasi MOV yang digunakan. MOV hanya akan membuka dan menutup *valve* saat menerima sinyal analog ataupun digital dari *controller* yang ada di ruang DCS (*Distributed Control System*) atau *Control Room* (CR). Saat MOV menerima sinyal dari *controller* secara otomatis *Trigger* akan aktif, lalu *trigger* tersebut akan memberikan perintah untuk membuka *valve* dengan sudut buka sesuai kebutuhan. Selain dapat dikendalikan dari ruang DCS (*remote*), MOV juga dapat dikendalikan dari lapangan langsung (*local*).



Gambar 2.11 Motor Operated Valve (MOV)

(sumber: www.migasinstrumentasi.blogspot.co.id)

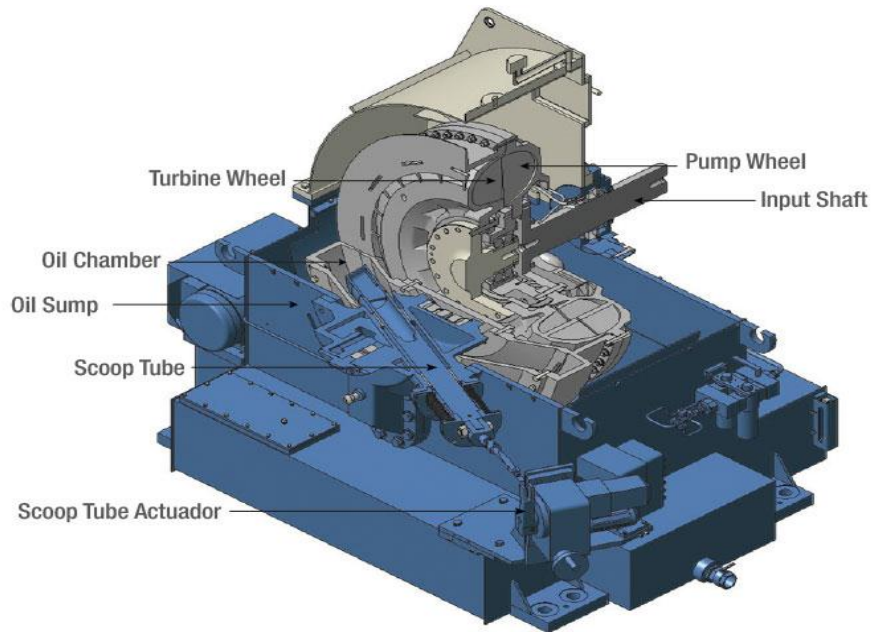
2.2.7 Variable Fluid Coupling (VFC)

Variable fluid coupling atau *Variable hydraulic coupling* merupakan *coupling* yang memanfaatkan fluida (oli) sebagai media untuk mentransmisikan energi kinetik dari peralatan penggerak (*drive machine*) menuju peralatan yang digerakkan (*driven machine*) tanpa adanya kontak langsung di antara 2 peralatan tersebut. Dengan mengatur kecepatan putar *driven machine* bervariasi sesuai kebutuhan volume dan tekanan, sedangkan kecepatan putar *drive machine* konstan hal tersebut tentu dapat meminimalisir konsumsi daya *drive machine* terutama pada operasi beban penuh (*full load*) maupun beban bervariasi. Secara garis besar *fluid coupling* memiliki 6 komponen utama, yaitu:

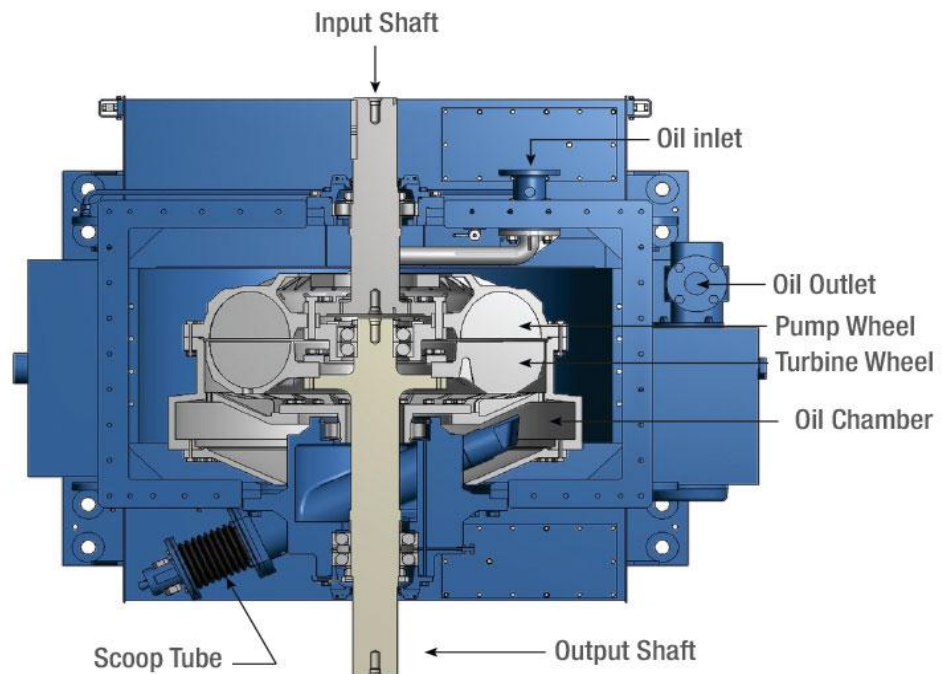
1. *Pump Wheel*, sebagai penggerak (*drive*)
2. *Turbine Wheel*, bagian yang digerakkan (*driven*)
3. *Oil Chamber*, tempat penampungan fluida (oli)
4. *Input Shaft*, poros peralatan penggerak (*drive machine*)
5. *Output Shaft*, poros peralatan yang digerakkan (*driven machine*)
6. *Scoop Tube*, peralatan yang mengendalikan volume fluida (oli) yang masuk ke *oil chamber* agar kecepatan putaran *turbine wheel* dapat bervariasi sesuai kebutuhan tekanan dan aliran debit.

Pump wheel dan *turbine wheel* memiliki *vane* (balok-balok) pada bagian dalamnya saling berhadapan. *Pump wheel*, dihubungkan dengan *input shaft* yang sudah terhubung dengan *drive machine* dan *turbine wheel* dihubungkan dengan *output shaft* yang sudah terhubung dengan *driven machine*. *Scoop tube* ditempatkan di *oil chamber* yang sudah terhubung dengan *pump wheel* dan *turbine wheel*. *Oil chamber* yang sudah terhubung dengan *pump wheel* dan *turbine wheel* nantinya akan mensirkulasikan fluida (oli) melalui jalur yang ada menuju balok-balok *pump wheel*, sehingga dengan adanya gaya sentrifugal yang disebabkan oleh balok-balok tersebut maka fluida dapat mengalir menuju balok-balok *turbine wheel* sehingga *output shaft* dapat berputar. Kecepatan putaran *output shaft* diatur oleh *scoop tube* yang berada di celah masuknya fluida dari *oil chamber* menuju antara *oil turbine wheel*, karena *oil chamber* dan *turbine wheel* terhubung melalui

celah yang “ditutupi” oleh *scoop tube* maka volume fluida (oli) dari *oil chamber* yang menuju ke baling-baling *turbine wheel* diatur oleh *scoop tube*.

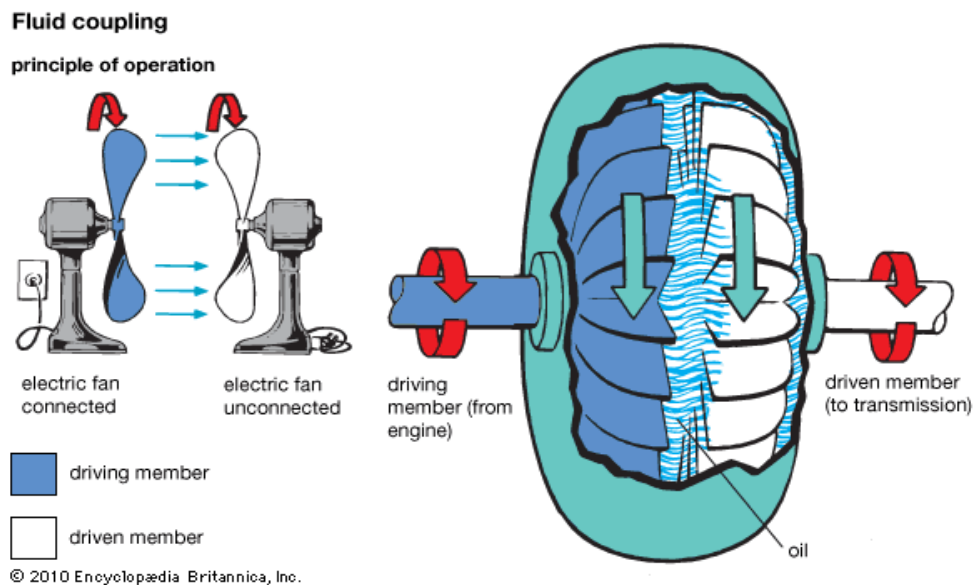


Gambar 2.12 Konstruksi *Variable Fluid Coupling* Tampak Dalam
(sumber: www.henfel.com.br)



Gambar 2.13 Konstruksi *Variable Fluid Coupling* Tampak Atas
(sumber: www.henfel.com.br)

Konsep kerja *fluid coupling* dapat dianalogikan dengan kerja dua buah kipas angin listrik (gambar di bawah) yang diletakkan berdekatan dan saling berhadapan satu sama lain. Bila salah satu kipas tersebut berputar karena dialiri arus listrik, maka kipas yang lainnya juga akan berputar karena adanya tenaga dari angin yang dihembuskan oleh kipas yang berputar.



Gambar 2.14 Analogi Konsep Kerja *Fluid Coupling*

(sumber: tercantum)

Pada *fluid coupling*, fluida (oli) bekerja sebagai angin di antara kedua kipas di atas. Seperti halnya pada kipas, tenaga *fluida* yang dialirkan oleh *drive component* (peralatan penggerak) merupakan tenaga yang di gunakan untuk menggerakkan *driven component* (komponen yang digerakkan). Jadi jika, angin yang menggerakkan *driven component* berhembus lebih kencang maka, putaran *driven component* tersebut akan semakin kencang, sama halnya dengan *fluid coupling* jika volume fluida (oli) semakin besar maka putaran *output shaft* nya akan semakin cepat.

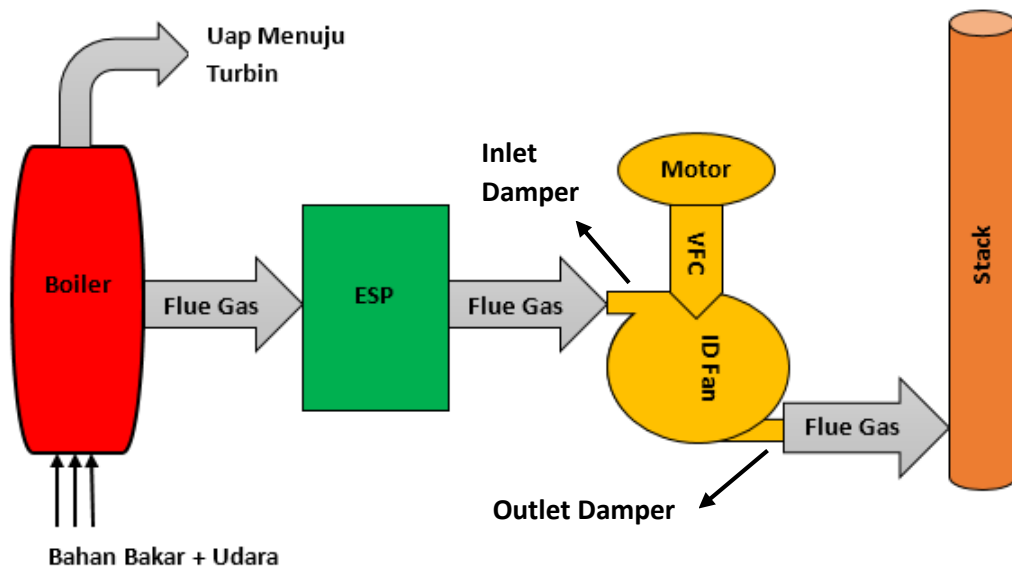
Motor listrik (dalam kebanyakan kasus, bertindak sebagai *drive component*) yang terhubung dengan *pump wheel* akan menghasilkan tenaga hidrolis yang kemudian tenaga tersebut akan menggerakkan fluida (oli) dari *oil chamber*, karena aksi sentrifugal (jenis baling-baling yang digunakan) oleh *pump wheel*,

fluida akan bergerak menuju *turbine wheel*. *Turbine wheel* akan menyerap tenaga kinetik dari fluida tadi dan akan menghasilkan torsi yang akan selalu sama dengan torsi input, sehingga *output shaft yang terhubung dengan turbine wheel* akan berputar untuk menggerakkan *driven component*.

Ada 2 jenis *fluid coupling* yang digunakan pada saat ini, yaitu *Fix Fluid Coupling* dan *Variable Fluid Coupling*. *Fix Fluid Coupling* ialah *fluid coupling* yang volume fluidanya tidak dapat diatur/konstan, sedangkan *Variable Fluid Coupling* volume fluidanya dapat diatur sesuai kebutuhan. Berikut di bawah ini keuntungan menggunakan *fluid coupling*:

1. Arus start awal kecil dan momen putar awal kecil
2. Dapat sebagai *clutch, constant speed* maupun *variable speed*

Setelah dijelaskan pada poin-poin sebelumnya mengenai berbagai macam peralatan/komponen pada sistem udara dan gas buang. Berikut di bawah ini skematik diagram sistem gas buang PLTU Sebalang.



Gambar 2.15 Skematik Diagram Sistem Udara dan Gas Buang PLTU Sebalang