

TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN PENGONTROLAN LISTRIK PADA BOILER BERKAPASITAS 40 TON DENGAN BERKAPASITAS 30 TON

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)
Pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh :

M. RIZKY DINANDA

1407220142



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

LEMBARAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

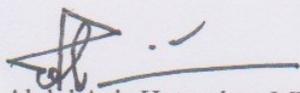
Nama : M. Rizky Dinanda
NPM : 1407220142
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Pengontrolan Listrik Pada Boiler Berkapasitas 40 Ton Dengan Berkapasitas 30 Ton

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang di perlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Medan, 20 Maret 2019

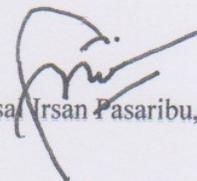
Mengetahui dan menyetujui :

Pembimbing I



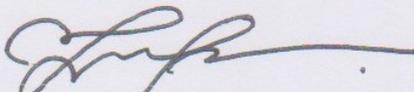
Ir. Abdul Azis Hutasuht., MM

Pembimbing II



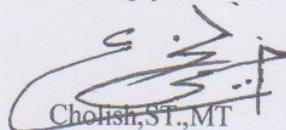
Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT

Penguji I



Partaon Harahap, ST., MT

Penguji II



Cholish, ST., MT

Program Studi Teknik Elektro
Ketua,



Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah Ini:

Nama : M. Rizky Dinanda
Tempat /Tanggal lahir : Medan, 6 November 1993
NPM : 1407220142
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir yang berjudul :

“ANALISIS PERBANDINGAN PENGONTROLAN LISTRIK PADA BOILER BERKAPASITAS 40 TON DENGAN BERKAPASITAS 30 TON”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila dikemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini diperbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 12 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



M. Rizky Dinanda

ABSTRAK

Boiler (Ketel Uap) adalah alat untuk menghasilkan uap air, yang akan digunakan untuk pemanasan atau tenaga gerak. Bahan bakarnya bermacam-macam dari yang populer batu bara, bahan bakar minyak, listrik, gas, biomasa (cangkang kelapa sawit), nuklir dan lain-lain. Boiler merupakan bagian terpenting dari penemuan mesin uap yang merupakan pemicu lahirnya revolusi industri. Peran boiler saat ini sangat penting di dalam dunia industri. Bahwa boiler sebagai pemasuply energi yaitu steam atau uap untuk menggerakkan mesin-mesin produksi dan juga turbin uap. PT. Pacific Palmindo Industry adalah salah satu kilang minyak kelapa sawit yang terbesar di Sumatera Utara dalam mengolah minyak kelapa sawit mentah menjadi minyak makan. Nilai rata-rata dari Bahan Bakar yaitu dari tertinggi sebesar 18674,44791 dan yang terendah 17167,63191. Digunakanlah interpolasi untuk mencari nilai $h_a = 573,5307 \text{ kJ/kg}$, Jumlah energi panas yang masuk (Q_{in}) = 17167,63191 dan Efisiensi boiler = 57,495 %

Kata Kuncinya: *Energi listrik, Efisiensi Boiler, Pengontrolan boiler*

KATA PENGANTAR



Assalamu'Alikum Wr.Wb

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wataalla, atas rahmat, hidayahdan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul:

“ANALISIS PERBANDINGAN PENGONTROLAN LISTRIK PADA BOILER BERKAPASITAS 40 TON DENGAN BERKAPASITAS 30 TON”

Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi tugas-tugas dan syarat-syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas motivasi, semangat dan dorongan dari berbagai pihak, baik berupa secara langsung atau tidak langsung maka pada kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Kepada ayahanda dan Ibunda tercinta besertakeluarga besar yang saya sayangi.
2. Bapak Munawar Al Fansury Siregar, ST.MT selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Dr. Ade Faisal, ST. M.Sc. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik
4. Bapak Khairul Umurani, ST.MT selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik
5. Faisal Irsan Pasaribu, ST. MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro yang juga sebagai Pembimbing II yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.
6. Partaonan Harahap, ST.MT selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
7. Ir. Abdul Azis Hutasuhut.,MM selaku Pembimbing I yang banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis demi kebaikan tugas akhir ini.

8. Dan keluarga yang telah memberikan semangat serta motivasi sehingga terselesaikannya Tugas Akhir saya ini.

Serta seluruh Staf Pengajar, Staf Administrasi dan rekan-rekan mahasiswa angkatan 2014,2015 Program Studi Teknik Elektro atas bantuan dan kontribusinya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Dan tidak melupakan sahabat dan saudara di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah memberi banyak dukungan, semangat, bantuan dan pengorbanan waktunya. Semoga Allah Subhanahu Wataalla memberikan kebahagiaan, berkah dan karunia kepada semua pihak yang telah membantu penulis sehingga selesai tugas akhir ini.

Harapan penulis kiranya tugas akhir ini dapat bermanfaat kepada siapa saja yang membaca, semua pengguna atau pemakai alat-alat dan kepada yang berminat dalam meneliti masalah ini saya ucapkan terima kasih.

Medan, 20 Maret 2019

Penulis,

M. Rizky Dinanda

1407220142

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Metodologi Penelitian	4
1.7 Sistematika Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	7
2.2 Pengertian Boiler.....	7
2.3 Klasifikasi Boiler	9
2.4 DCS (Distributed Control System)	16
2.5 Pengoperasian Boiler.....	20
2.6 Bahan Bakar Boiler	24
2.7Komposisi Bahan Bakar Cangkang dan Fiber.....	26
2.8 Siklus Rankine	27
2.9Proses Pembentukan Uap	31
2.10 Metode Pengkajian Efisiensi Boiler.....	32
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Tempat dan Waktu.....	35

3.2 Rancangan Penelitian	35
3.3 Bahan dan Alat.....	35
3.3.1 Bahan	35
3.3.2 Alat	35
3.4 Variabel.....	39
3.4.1 Variabel Bebas.....	39
3.4.2 Variabel Tetap.....	39
3.5 Tahapan Penelitian	39
3.6 Pengamatan Penelitian	40
3.6.1 Observasi (Pengamatan)	40
3.6.2 Wawancara	40
3.6.3 Pengumpulan Data.....	40
3.6.4 Pengolahan Data.....	41
3.7 Diagram Alir Proses Penelitian (Flow chart).....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Pengamatan.....	43
4.2 Pembahasan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LEMBAR ASISTENSI

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Dari Unsur-Unsur Kimia Bahan Bakar	27
Tabel 3.1	Spesifikasi Boiler Berkapasitas 30 Ton	36
Tabel 3.2	Spesifikasi Boiler Berkapasitas 40 Ton	36
Tabel 4.1	Power Comsumption for Palm Oil Mill Capacity 30 Ton FFB/Hour	48
Tabel 4.2	Power Comsumption for Palm Oil Mill Capacity 40 Ton FFB/Hour Two (2) Line	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Sederhana Fire Tube Boiler	10
Gambar 2.2 Water Tube Boiler.....	10
Gambar 2.3 Ketel Stasioner (Stasionery Boiler)	11
Gambar 2.4 Ketel Mobil (Mobile Boiler)	12
Gambar 2.5 Ketel Pembakaran Didalam.....	12
Gambar 2.6 Ketel Pembakaran Diluar	13
Gambar 2.7 Single Tube Steam Boiler	13
Gambar 2.8 Multi Fire Tube Boiler	14
Gambar 2.9 Ketel Tegak (Vertical Steam Boiler).....	14
Gambar 2.10 Ketel Mendatar (Horizontal Steam Boiler).....	15
Gambar 2.11 Ketel Dengan Pipa Lurus, Bengkok, dan Berlekak-lekuk	15
Gambar 2.12 Ketel Dengan Pipa Miring Datar dan Miring Tegak.....	16
Gambar 2.13 Fiber Kelapa Sawit	26
Gambar 2.14 Cangkang Sawit.....	26
Gambar 2.15 Diagram Alir Siklus Rankine Sederhana	28
Gambar 2.16 Diagram T-S Siklus Rankine Sederhana	29
Gambar 2.17 Diagram Alir Siklus Rankine Dengan Satu Tingkat Ekstraksi.....	29
Gambar 2.18 Diagram T-S Siklus Rankine Dengan Satu Tingkat Ekstraksi	30
Gambar 2.19 Diagram Alir Siklus Rankine Terbuka.....	30
Gambar 2.20 Diagram T-S Siklus Rankine Terbuka.....	31
Gambar 2.21 Diagram T-S	32
Gambar 3.1 Boiler Berkapasitas 30 Ton	36
Gambar 3.2 Boiler Berkapasitas 40 Ton	37
Gambar 3.3 Motor Feed Pump	37

Gambar 3.4 Control Panel.....	38
Gambar 3.5 Wiring Diagram Boiler 40 Ton.....	38
Gambar 3.6Wiring Diagram Boiler 30 Ton.....	39
Gambar 3.7Diagram Alir Proses Penelitian	42
Gambar 4.1Skema Proses Pengontrolan sistem DCS.....	45
Gambar 4.2Skema Proses Pengontrolan Sistem Konvensional	46

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Boiler (Ketel Uap) adalah alat untuk menghasilkan uap air, yang akan digunakan untuk pemanasan atau tenaga gerak. Bahan bakarnya bermacam-macam dari yang populer batubara, bahan bakar minyak, listrik, gas, biomasa (cangkang kelapa sawit), nuklir dan lain-lain. Boiler merupakan bagian terpenting dari penemuan mesin uap yang merupakan pemicu lahirnya revolusi industri. Peran boiler saat ini sangat penting di dalam dunia industri.

Hampir semua industri yang menghasilkan produk berupa barang membutuhkan boiler sebagai penyuplai energi yaitu steam atau uap untuk menggerakkan mesin-mesin produksi dan juga turbin uap. PT. Pacific Palmindo Industry adalah salah satu kilang minyak kelapa sawit yang terbesar di Sumatera Utara dalam mengolah minyak kelapa sawit mentah menjadi minyak makan. Dalam proses pengolahannya PT. Pacific Palmindo Industry membutuhkan energi untuk menggerakkan seluruh proses pengolahannya. Energi yang digunakan yaitu berupa steam (uap) bertekanan tinggi serta energi listrik.

Energi tersebut diperoleh dari rangkaian unit power plant di PT. Pacific Palmindo Industry. Untuk menghasilkan steam ini, boiler tersebut membutuhkan supply bahan bakar berupa cangkang kelapa sawit. PT. Pacific Palmindo Industry memiliki beberapa unit boiler sebagai unit penghasil steamnya. Salah satu diantaranya merupakan boiler dengan steam bertekanan tinggi. Boiler ini mempunyai arti yang sangat penting sebab merupakan boiler induk yang berkapasitas 40 ton dengan sistem control yang menggunakan DCS (Distributed

Controlled System) serta menjadi modal penggerak utama di PT. Pacific Palmindo Industry. Selain memiliki boiler berkapasitas besar, PT. Pacific Palmindo Industry juga memiliki boiler dengan kapasitas 30 ton dengan sistem control yang menggunakan PLC (Programable Logic Control) yang lebih kecil dari boiler induk serta memiliki tekanan yang lebih rendah.

Unit boiler juga membutuhkan beberapa peralatan pendukung yang membutuhkan energi listrik sebagai penggerak peralatan mekanis serta rangkaian-rangkaian listrik pada sistemnya. Perbedaan kapasitas boiler serta rangkaian peralatan pendukungnya akan membutuhkan energi listrik yang berbeda jumlahnya. Kelistrikan pada sistem boiler sangat penting dan berpengaruh besar pada operasional boiler. Pengontrolan penggunaan energi listrik tersebut pada boiler jika tidak dikontrol dapat membuat beberapa peralatan boiler tidak bekerja semestinya. Jika ini terjadi kemungkinan besar boiler akan terganggu dan menyebabkan kegagalan operasional boiler. Dari uraian di atas penulis mencoba untuk mengadakan penelitian dengan judul Analisis Perbandingan Pengontrolan Listrik Pada Boiler Berkapasitas 40 Ton Dengan Berkapasitas 30 Ton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kerja sistem penghantar listrik pada boiler baik yang berkapasitas 40 ton maupun yang berkapasitas 30 ton?
2. Bagaimana solusi terbaik untuk meningkatkan kinerja kelistrikan pada boiler 30 ton dan 40 ton serta peralatan pendukungnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk :

1. Melihat hasil bandingnya sistem pengontrolan semi otomatisantara boiler berkapasitas 40 ton dengan berkapasitas 30 ton.
2. Dapat mengetahui efisiensi pemakaian listrik dari kedua boiler tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis membatasi masalah-masalah yang akan dibahas. Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam laporan ini adalah:

1. Perbandingan sistem pengontrolan listrik dengan operasional boiler 30 ton dengan boiler 40 ton.
2. Membandingkan kinerja melalui kelebihan dan keunggulan masing-masing sistem kelistrikan pada masing-masing boiler serta penyebab kegagalan operasional boiler terkait dengan sistem kelistrikan dan peralatan pendukungnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Bagi penulis sendiri menambah wawasan dan pengetahuan tentang kelistrikan, sistematis pengontrolan serta memberikan perbandingan dari tiap boiler berbeda.

1. Sebagai bahan perbandingan bagi mahasiswa lain yang akan membahas hal yang sama.
2. Membandingkan antara teori yang diperoleh dari bangku perkuliahan dengan yang ada di lapangan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan selama melakukan penelitian dan penulisan laporan adalah :

1. Studi Literatur

Penulis memperoleh informasi dan pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini baik dari literatur, data sheet, internet, buku dan jurnal yang berhubungan, serta penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, maupun alumni yang kompeten berkaitan dengan penelitian.

2. Studi Peralatan

Metode studi peralatan dilakukan penulis untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan pada saat penelitian, sehingga penulis mendapatkan informasi yang tepat tentang alat yang akan dipakai tersebut dan memperoleh teori dasar fungsi alat tersebut.

3. Observasi

Observasi dilaksanakan dengan cara melakukan kegiatan penelitian tentang alat yang digunakan pada masing-masing boiler. Penelitian dilakukan dengan melakukan perbandingan sistem kerja dari sistem control pada masing-masing boiler.

4. Konsultasi

Mengadakan konsultasi dengan dosen pembimbing penelitian, serta mahasiswa dan alumni yang kompeten dibidang tertentu yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat terpecahkan masalah saat berlangsungnya penelitian dan membuat program.

5. Evaluasi

Melakukan monitoring teruji dengan baik sehingga data yang diperoleh adalah data yang valid. Dengan demikian dapat memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan.

6. Menyusun Laporan Skripsi

Penyusunan laporan dilakukan untuk memberikan penjelasan berkaitan dengan alat yang telah dibuat dan juga sebagai dokumentasi secara keseluruhan yang merupakan tahap akhir dari penelitian ini diambil setelah pembuatan laporan akhir selesai beserta hasil analisa mengenai semua proses yang telah dilakukan selama penelitian berlangsung.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk penelitian ini terdiri dari lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode pengumpulan data, sistematika penulisan.

2. BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan dasar-dasar teori yang didasarkan dari hasil studi literatur yang berhubungan dengan judul skripsi. Teori-teori yang disajikan berupa pengertian, teori-teori tersebut diambil dari berbagai sumber seperti buku bacaan, survei lapangan dan dari internet bahan-bahan tersebut akan digabung menjadi sebuah tulisan yang menjadi dasar teori dari judul skripsi yang memperkuat skripsi tersebut dengan data-data yang ada.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan membahas mengenai metodologi yang digunakan untuk menganalisa kelistrikan serta sistematikanya pada boiler.

4. BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan tentang proses perhitungan dari data-data yang sudah didapatkan. Perhitungan dilakukan berdasarkan landasan teori dimana rumus-rumus tersebut akan digunakan untuk mendapatkan data-data hasil yang diinginkan. Proses perhitungan dan pembahasan akan disajikan secara teratur dan terangkai dengan baik.

5. BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dalam proses penyusunan skripsi dan hasil yang didapatkan. Bab ini akan menguraikan secara singkat hal-hal yang sangat penting tentang hasil yang diperoleh.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Sistem boiler terdiri dari : sistem air umpan, sistem steam dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem. **(Winanti, W, S dan T, Prayudi: 2006)** boiler merupakan alat yang digunakan untuk menghasilkan uap/steam untuk berbagai keperluan. Jenis air dan uap air sangat dipengaruhi oleh tingkat efisiensi boiler itu sendiri. Pada mesin boiler, jenis air yang digunakan harus dilakukan demineralisasi terlebih dahulu untuk mensterilkan air yang digunakan, sehingga pengaplikasian untuk dijadikan uap air dapat dimaksimalkan dengan baik. **(Djokosetyardj M.J :1990)**

2.2 Pengertian Boiler

Boiler/ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau steam pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang

kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi *steam*, maka volumenya akan meningkat sekitar 1600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga sistem *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik.

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem *boiler* memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan *steam* yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (*low pressure/LP*), dan tekanan-temperatur tinggi (*high pressure/HP*), dengan perbedaan itu pemanfaatan *steam* yang keluar dari sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (*commercial and industrial boilers*), atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (*power boilers*). Namun, ada juga yang menggabungkan kedua sistem *boiler* tersebut, yang memanfaatkan tekanan-temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa *steam* dari turbin dengan keadaan tekanan-temperatur rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri.

Sistem *boiler* terdiri dari sistem air umpan, sistem *steam*, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem *steam*. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam boiler. *Steam*

dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem.

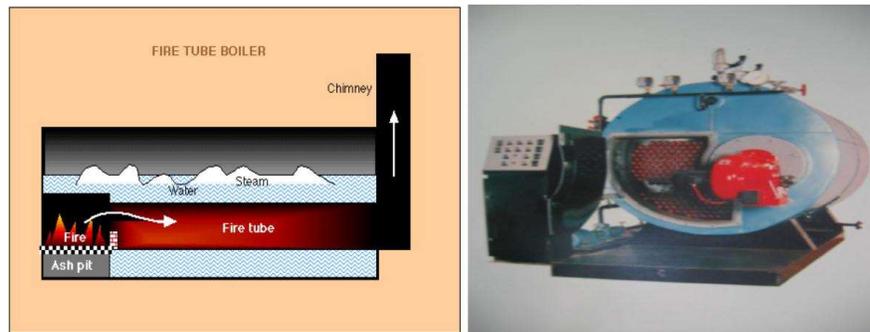
2.3 Klasifikasi Boiler

Boiler/ketel uap pada dasarnya terdiri dari bambung (drum) yang tertutup pada ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Banyak klasifikasi tentang ketel uap ini, tergantung kepada sudut pandang masing-masing. Ketel uap diklasifikasikan dalam kelas yaitu:

Berdasarkan fluida yang mengalir dalam pipa, maka ketel diklasifikasikan sebagai:

1) Ketel pipa api (*fire tube boiler*)

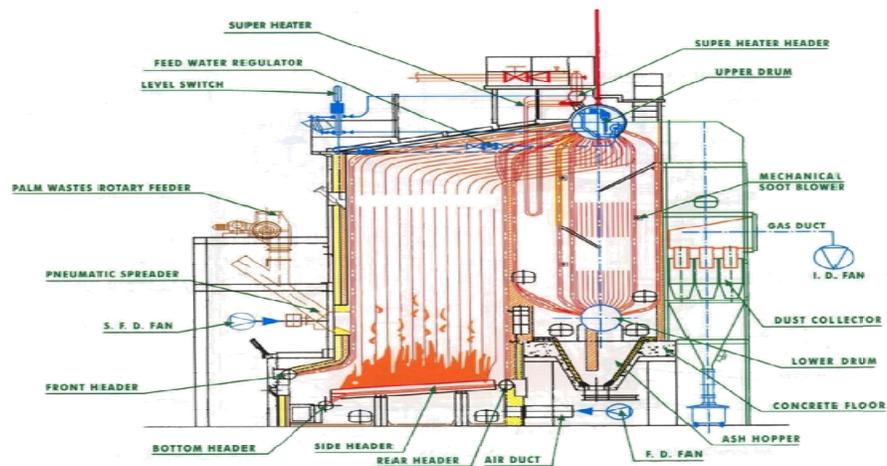
Pada ketel pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala (hasil pembakaran), yang membawa energi panas (*thermal energy*), yang segera mentransfernya ke air ketel melalui bidang pemanas (*heating surface*). Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusipanas (kalor) kepada air ketel. Api/gas asap mengalir dalam pipa sedangkan air/uap diluar pipa Drum berfungsi untuk tempat air dan uap, disamping itu drum juga sebagai tempat bidang pemanas. Bidang pemanas terletak di dalam drum, sehingga luas bidang pemanas yang dapat dibuat terbatas.



Gambar 2.1 diagram sederhana *fire tube boiler*

2) Ketel pipa air (*water tube boiler*)

Pada ketel pipa air, fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransfer dari luar pipa (yaitu ruang dapur) ke air ketel.



Gambar 2.2 *water tube boiler*

Cara kerja:

Proses pengapian terjadi diluar pipa. Panas yang dihasilkan digunakan untuk memanaskan pipa yang berisi air. Air umpan itu sebelumnya dikondisikan terlebih dahulu melalui *ecomonizer*. Steam yang dihasilkan kemudian dikumpulkan terlebih dahulu didalam sebuah steam drum sampai sesuai. Setelah

melalui tahap *Secondarysuperheater* dan *primary superheater*, baru *steam* dilepaskan ke pipa utama distribusi.

Karakteristik:

1. Tingkat efisiensi panas yang dihasilkan cukup tinggi.
2. Kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari plant pengolahan air. Sehingga air harus dikondisikan terhadap mineral dan kandungan lain yang larut dalam air.
3. Boiler ini digunakan untuk kebutuhan tekanan *steam* yang sangat tinggi seperti pada pembangkit tenaga.
4. Menggunakan bahan bakar minyak, dan gas untuk *water tubeboiler* yang dirakit dari pabrik.
5. Menggunakan bahan bakar padat untuk *water tube boiler* yang tidak dirakit di pabrik.

Berdasarkan pemakaiannya, ketel dapat diklasifikasikan sebagai:

- a). Ketel stasioner (*stationary boiler*) atau ketel tetap.
- b). Ketel mobil (*mobile boiler*), ketel pindah atau portabel boiler.

Yang termasuk stasioner adalah ketel-ketel yang didudukan diatas pondasi yang tetap, seperti boiler untuk pembangkit tenaga, untuk industri dan lain-lain yang sepertinya.



Gambar 2.3 ketel stasioner (*stationary boiler*)

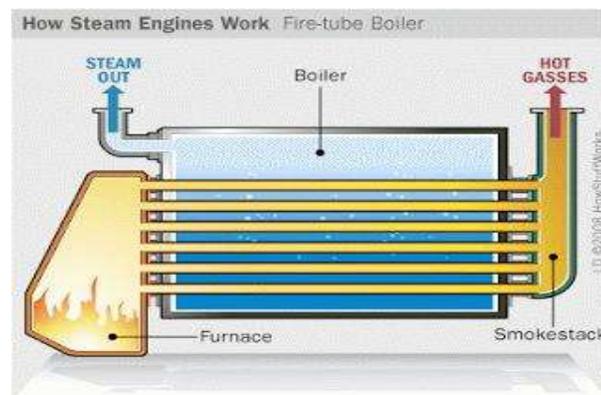
Yang termasuk ketel mobil, adalah ketel yang dipasang pada pondasi yang berpindah-pindah (*mobile*), seperti boiler lokomotif, loko mobil dan ketel panjang serta lain yang sepertinya termasuk ketel kapal (*marine boiler*).



Gambar 2.4 Ketel mobil (*mobile boiler*)

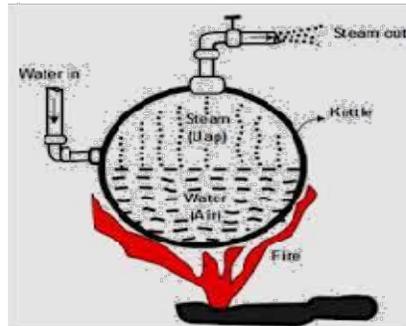
3) Berdasarkan letak dapur (*furnace position*), ketel uap diklasifikasikan sebagai:

Ketel dengan pembakaran di dalam (*internally fired steam boiler*), dalam hal ini dapur berada (pembakaran terjadi) di bagian dalam ketel. Kebanyakan ketel pipa api memakai sistem ini.



Gambar 2.5 Ketel pembakaran di dalam

Ketel dengan pembakaran di luar (*outernally fired steam boiler*), dalam hal ini dapur berada (pembakaran terjadi) di bagian luar ketel, kebanyakan ketel pipa air memakai sistem ini.

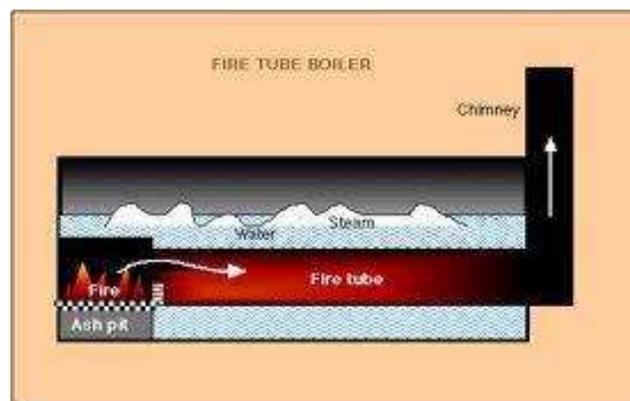


Gambar 2.6 ketel pembakaran di luar

4) Berdasarkan jumlah lorong (*boiler tube*), ketel ini diklasifikasikan sebagai:

- a) Ketel dengan lorong tunggal (*single tube steam boiler*).
- b) Ketel dengan lorong ganda (*multi tube steam boiler*)

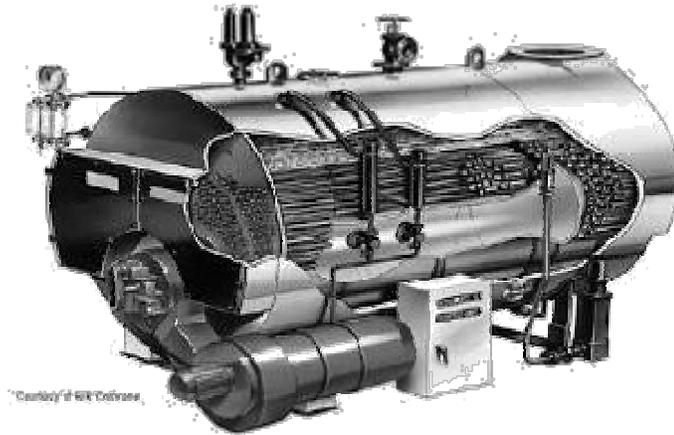
Pada *single tube steam boiler*, hanya terdapat satu lorong saja, apakah itu lorong api atau saluran air saja. *Cornish boiler* adalah *single fire tube boiler* dan *simple vertikal boiler* adalah *single water tube steam boiler*.



Gambar 2.7 *single tube steam boiler*

Multi fire tube boiler misalnya ketel scotch dan *multi water tube boiler*

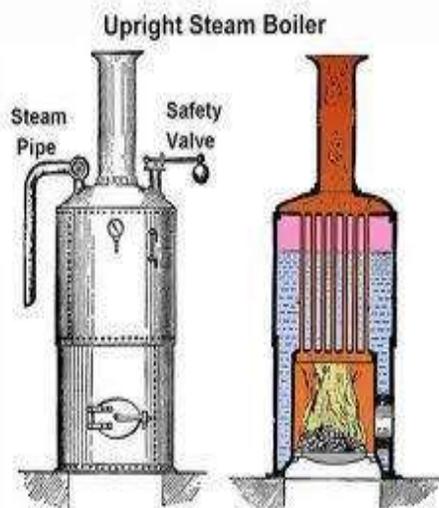
misalnya ketel B dan W dan lain-lain.



Gambar 2.8 *Multi fire tube boiler*

5) Tergantung kepada poros tutup drum (*shell*), ketel diklasifikasikan sebagai:

- a) Ketel tegak (*vertical steam boiler*), seperti ketel cochran, ketel clarkson dan lain-lain sebagainya.



Gambar 2.9 Ketel tegak (*vertical steam boiler*)

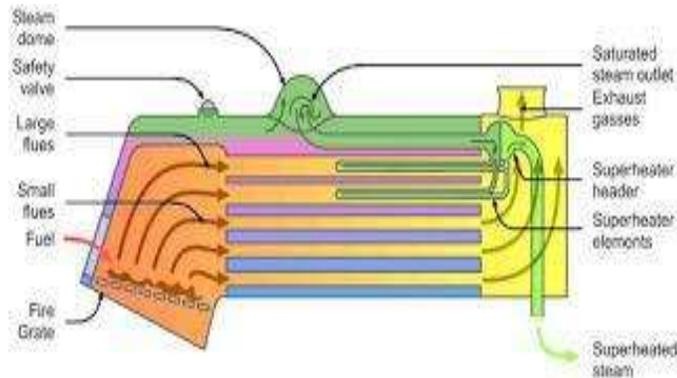
- b) Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*), seperti ketel cornish, lancashire, scotch dan lain-lain.



Gambar 2.10 Ketel mendatar (*horizontal steam boiler*)

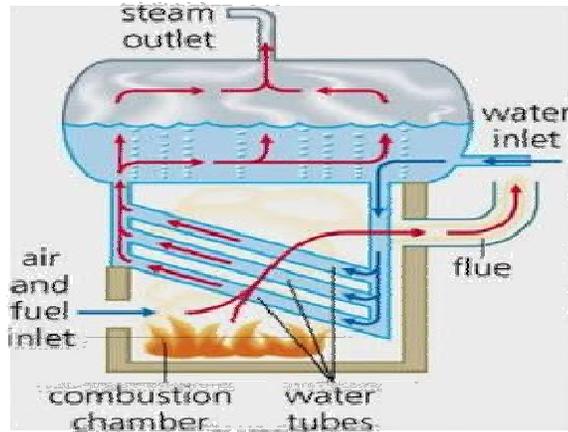
6) Menurut bentuk dan letak pipa, ketel uap diklasifikasikan sebagai:

- a) Ketel dengan pipa lurus, bengkok, dan berlekak-lekuk (*straight, bent and sinuous tubular heating surface*).



Gambar 2.11 Ketel dengan pipa lurus, bengkok, dan berlekak-lekuk (*straight, bent and sinuous tubular heating surface*).

- b) Ketel dengan pipa lurus, bengkok, dan berlekak-lekuk (*straight, bent and sinuous tubular heating surface*).



Gambar 2.12 Ketel dengan pipa miring-datar dan miring-tegak (*horizontal, inclined or vertical tubuler heating surface*).

- 7) Menurut sistem peredaran air ketel (*water circulation*), ketel uap diklasifikasikan sebagai:
- a) Ketel dengan peredaran alam (*natural circulation steam boiler*).
 - b) Ketel dengan peredaran paksa (*forced circulation steam boiler*).
- 8) Tergantung kepada sumber panasnya (*heat source*) untuk pembuatan uap, ketel uap dapat diklasifikasikan sebagai:
- a) Ketel uap dengan bahan bakar alami.
 - b) Ketel uap dengan bahan bakar buatan.
 - c) Ketel uap dengan dapur listrik.
 - d) Ketel uap dengan energi nuklir.

2.4 DCS (Distributed Control System)

Distributed Control System (DCS) adalah suatu pengembangan system control dengan menggunakan komputer dan alat elektronik lainnya agar didapat

pengontrol suatu loop system yang lebih terpadu dan dapat dikendalikan oleh semua orang dengan cepat dan mudah. Alat ini dapat digunakan untuk mengontrol proses dalam skala menengah sampai besar. Proses yang dikontrol dapat berupa proses yang berjalan secara kontinyu atau proses yang berjalan secara batching.

DCS secara umum terdiri dari digital controller terdistribusi yang mampu melakukan proses pengaturan 1 – 256 loop atau lebih dalam satu control box. Peralatan I/O dapat diletakkan menyatu dengan kontroler atau dapat juga diletakkan secara terpisah kemudian dihubungkan dengan jaringan. Saat ini, kontroler memiliki kemampuan komputasional yang lebih luas. Selain control PID, kontroler dapat juga melakukan pengaturan logic dan sekuensial. DCS modern juga mendukung aplikasi fuzzy dan neural network.

DCS berfungsi sebagai alat untuk melakukan kontrol suatu loop system dimana satu loop dapat mengerjakan beberapa proses control.

Berfungsi sebagai pengganti alat control manual dan otomatis yang terpisah-pisah menjadi suatu kesatuan sehingga lebih mudah untuk pemeliharaan dan penggunaannya. Sarana pengumpul dan pengolah data agar didapat output proses yang tepat.

Cara Kerja DCS

DCS digunakan sebagai alat control suatu proses. Untuk mempelajari suatu sistem kontrol dengan DCS, harus dipahami terlebih dahulu apa yang disebut dengan loop system, dimana pada suatu loop system terdiri dari :

1. Alat pengukur (Sensor Equipment)
2. Alat control untuk pengaturan proses (Controller)

3. Alat untuk aktualisasi (Actuator)

DCS terhubung dengan sensor dan actuator serta menggunakan setpoint untuk mengatur aliran material dalam sebuah plant / proses. Sebagai contoh adalah pengaturan setpoint control loop yang terdiri dari sensor tekanan, controller, dan control valve. Pengukuran tekanan atau aliran ditransmisikan ke kontroler melalui I/O device. Ketika pengukuran variable tidak sesuai dengan set point (melebihi atau kurang dari setpoint), kontroler memerintahkan actuator untuk membuka atau menutup sampai aliran proses mencapai set point yang diinginkan.

Kelebihan DCS

- ❖ Fungsi control terdistribusi diantara FCS
- ❖ Sistem redundancy tersedia di setiap level
- ❖ Modifikasi interlock sangat mudah dan fleksible
- ❖ Informasi variable proses dapat ditampilkan sesuai dengan keinginan user
- ❖ Maintenance dan troubleshooting menjadi lebih mudah

Komponen – komponen DCS

Secara umum komponen dari DCS terdiri dari 3 komponen dasar yaitu: Operator Station, Control Module, dan I/O module.

a. Operator Station

Operator station merupakan tempat dimana user melakukan pengawasan atau monitoring proses yang berjalan. Operator station digunakan sebagai interface dari sistem secara keseluruhan atau biasa juga dikenal dengan kumpulan dari beberapa HIS (Human Interface Station). Bentuk HIS berupa komputer biasa yang dapat mengambil data dari control station. Operator station dapat

memunculkan variable proses, parameter control, dan alarm yang digunakan user untuk mengambil status operasi. Operator station juga dapat digunakan untuk menampilkan trend data, messages, dan data proses.

b. Control Module

Control modul merupakan bagian utama dari DCS. Control modul adalah pusat kontrol atau sebagai otak dari seluruh pengendalian proses. Control modul melakukan proses komputasi algoritma dan menjalankan ekspresi logika. Pada umumnya control module berbentuk blackbox yang terdapat pada lemari atau cabinet dan dapat ditemui di control room. Control module biasanya menggunakan mode redundant untuk meningkatkan kehandalan control.

Fungsi dari control module adalah mengambil input variable yang akan dikontrol. Nilai variable tersebut akan dikalkulasi. Hasil dari kalkulasi ini akan dibandingkan dengan set point yang sudah ditentukan. Set point ini adalah nilai yang diharapkan sebuah proses. Jika hasil kalkulasi berbeda dengan set point, nilai tersebut harus dimanipulasi sehingga mencapai set point yang sudah ditentukan. Hasil manipulasi nilai akan dikirim ke input output modul dan untuk disampaikan ke aktuator.

c. I/O Module

I/O Module merupakan interface antara control module dengan field instrument. I/O module berfungsi menangani input dan output dari suatu nilai proses, mengubah sinyal dari digital ke analog dan sebaliknya. Modul input mendapatkan nilai dari transmitter dan memberikan nilai proses kepada FCU untuk diproses, sedangkan FCU mengirimkan manipulated value kepada modul output untuk

dikirim ke actuator. Setiap field instrument pasti memiliki alias di I/O module. Setiap field instrument memiliki nama yang unik di I/O Module.

2.5 Pengoperasian Boiler

Pada umumnya setiap mesin yang diproduksi oleh pabrik selalu dilengkapi dengan handbook/ buku petunjuk cara pemasangan, perawatan, dan pengoperasiannya. Secara garis pengoperasian boiler dijelaskan berdasarkan petunjuk yang ada dari buku petunjuk dan penjelasan dari operator, diantaranya:

1) Ketentuan Umum

Sebelum mengoperasikan boiler ada beberapa hal yang harus diperhatikan demi kelancaran dan keselamatan kerja, antara:

- a) Tekanan uap yang diperlukan
- b) Kapasitas produksi uap maksimum
- c) Pemeriksaan visual pada bagian luar dan dalam
- d) Tangki air umpan (*feed water tank*) dalam keadaan penuh
- e) Pompa air umpan (*feed water pump*) dalam kondisi baik
- f) Seluruh peralatan pengaman boiler dalam kondisi baik
- g) Tinggi permukaan air boiler di dalam drum sesuai dengan batas yang ditentukan
- h) Dapur dalam keadaan bersih
- i) Bahan bakar cukup tersedia
- j) Tekanan ketel uap maksimum yang diijinkan

2) Urutan menghidupkan boiler

Untuk pengoperasian boiler ada beberapa hal yang harus diperhatikan sesuai dengan buku petunjuk yang sudah ada, yaitu:

- a) Buka keran buangan udara (vent drain) pada drum superheater (bila menggunakan superheater)
- b) Drain air pada gelas penduga
- c) Hidupkan pompa air umpan dan buka keran buangan air pada drum (blow down)
- d) Kemudian keran tersebut ditutup dan ketinggian air diatur sampai batas yang ditentukan
- e) Hidupkan fuel modulating dan fuel feeder fan
- f) Hidupkan pendulum
- g) Hidupkan conveyer bahan bakar
- h) Isi bahan bakar dan hidupkan api
- i) Setelah api cukup besar hidupkan induced draft fan dengan posisi damper tertutup dan setelah putaran idf normal buka damper dan atur ampere idf sekitar 125 amp
- j) Hidupkan secondary fan
- k) Hidupkan forced draft fan dan dijaga agar tekanan udara dalam ruang bakar (10 – 30 mm hg)
- l) Tutup valve buang udara pada drum superheater
- m) Pada tekanan 15 bar keran induk steam dapat dibuka secara perlahan-lahan
- n) Naikkan tekanan boiler sampai tekanan kerja (20 bar)
- o) Lakukan blowdown secara kontinyu (sesuai dengan kondisi tds)

- p) Pertahankan tekanan steam normal dengan pengaturan bahan bakar melalui pressure f d controller
- q) Lakukan soot blower setiap 3 jam sekali
- r) Lakukan penarikan kerak setiap 4 jam sekali

3) Urutan menghidupkan boiler

Untuk pengoperasian boiler ada beberapa hal yang harus diperhatikan sesuai dengan buku petunjuk yang sudah ada, antara lain :

- a) Buka keran buangan udara (vent drain) pada drum superheater (bila menggunakan superheater)
- b) Drain air pada gelas penduga
- c) Hidupkan pompa air umpan dan buka keran buangan air pada drum (blow down)
- d) Kemudian keran tersebut ditutup dan ketinggian air diatur sampai batas yang ditentukan
- e) Hidupkan fuel modulating dan fuel feeder fan
- f) Hidupkan pendulum
- g) Hidupkan conveyer bahan bakar
- h) Isi bahan bakar dan hidupkan api
- i) Setelah api cukup besar hidupkan induced draft fan dengan posisi damper tertutup dan setelah putaran idf normal buka damper dan atur ampere idf sekitar 125 amp
- j) Hidupkan secondary fan

- k) Hidupkan forced draft fan dan dijaga agar tekanan udara dalam ruang bakar (10 – 30 mm hg)
- l) Tutup valve buang udara pada drum superheater
- m) Pada tekanan 15 bar kerangan induk steam dapat dibuka secara perlahan-lahan
- n) Naikkan tekanan boiler sampai tekanan kerja (20 bar)
- o) Lakukan blowdown secara kontinyu (sesuai dengan kondisi tds)
- p) Pertahankan tekanan steam normal dengan pengaturan bahan bakar melalui pressure f d controller
- q) Lakukan soot blower setiap 3 jam sekali
- r) Lakukan penarikan kerak setiap 4 jam sekali

4) Urutan menghentikan boiler :

Untuk menghentikan boiler ada beberapa hal yang harus diperhatikan sesuai dengan buku petunjuk yang sudah ada, antara lain :

- a) Turunkan tekanan dengan menutup sliding door bahan bakar
- b) Matikan fd fan
- c) Matikan secondary fan
- d) Buka pintu ruang bakar dan tarik abu keluar
- e) Pastikan turbin uap telah berhenti kemudian tutup kerangan induk steam
- f) Matikan id fan
- g) urunkan tekanan dengan melakukan sirkulasi air
- h) Tutup keran uap pada deaerator dan feed tank
- i) Matikan deaerator pump dan feed water pump

- 5) Dalam hal boiler kekurangan air akibat kerusakan pompa air
 - a) Hentikan induced draft fan, forced draft fan dan secondary fan
 - b) Tutup keran induk
 - c) Tarik api
 - d) Tutup semua pintu setelah selesai tarik api agar udara dingin tidak masuk ke dalam dapur
 - e) Periksa penyebab kerusakan pompa.

2.6 Bahan Bakar Boiler

Agar kualitas uap yang dihasilkan dari ketel uap sesuai dengan yang diinginkan atau dibutuhkan maka dibutuhkan sejumlah panas untuk menguapkan air tersebut, dimana panas tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar di ruang bakar ketel. Untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna di dalam ketel maka diperlukan beberapa syarat, yaitu:

1. Perbandingan pemakaian bahan bakar harus sesuai (cangkang dan fiber)
2. Udara yang dipakai harus mencukupi
3. Waktu yang diperlukan untuk proses pembakaran harus cukup.
4. Panas yang cukup untuk memulai pembakaran
5. Kerapatan yang cukup untuk merambatkan nyala api
6. Dalam hal ini bahan bakar yang digunakan adalah cangkang dan fiber.

Adapun alasan mengapa digunakan cangkang dan fiber sebagai bahan bakar adalah :

1. Bahan bakar cangkang dan fiber cukup tersedia dan mudah diperoleh dipabrik.

2. Cangkang dan fiber merupakan limbah dari pabrik kelapa sawit apabila tidak digunakan.
3. Nilai kalor bahan bakar memenuhi persyaratan untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan.
4. Sisa pembakaran bahan bakar dapat digunakan sebagai pupuk untuk tanaman kelapa sawit.
5. Harga lebih ekonomis.

Cangkang adalah sejenis bahan bakar padat yang berwarna hitam berbentuk seperti batok kelapa dan agak bulat, terdapat pada bagian dalam pada buah kelapa sawit yang diselubungi oleh serabut.

Pada bahan bakar cangkang ini terdapat berbagai unsur kimia antara lain : Carbon (C), Hidrogen (H₂), Nitrogen (N₂), Oksigen (O₂) dan Abu. Dimana unsur kimia yang terkandung pada cangkang mempunyai persentase (%) yang berbeda jumlahnya, bahan bakar cangkang ini setelah mengalami proses pembakaran akan berubah menjadi arang, kemudian arang tersebut dengan adanya udara pada dapur akan terbang sebagai ukuran partikel kecil yang dinamakan partikel pijar.

Apabila pemakaian cangkang ini terlalu banyak dari fiber akan menghambat proses pembakaran akibat penumpukan arang dan nyala api kurang sempurna, dan jika cangkang digunakan sedikit, panas yang dihasilkan akan rendah, karena cangkang apabila dibakar akan mengeluarkan panas yang besar.

Fiber adalah bahan bakar padat yang berbentuk seperti rambut, apabila telah mengalami proses pengolahan berwarna coklat muda, serabut ini terdapat dibagian kedua dari buah kelapa sawit setelah kulit buah kelapa sawit, didalam serabut dan daging buah sawitlah minyak CPO terkandung.

Panas yang dihasilkan fiber jumlahnya lebih kecil dari yang dihasilkan oleh cangkang, oleh karena itu perbandingan lebih besar fiber dari pada cangkang. Disamping fiber lebih cepat habis menjadi abu apabila dibakar, pemakaian fiber yang berlebihan akan berdampak buruk pada proses pembakaran karena dapat menghambat proses perambatan panas pada pipa *water wall*, akibat abu hasil pembakaran beterbangan dalam ruang dapur dan menutupi pipa *water wall*, disamping mempersulit pembuangan dari pintu *ekspansion door* (pintu keluar untuk abu dan arang) akibat terjadinya penumpukan yang berlebihan.



Gambar 2.13 Fiber kelapa sawit



Gambar 2.14 Cangkang sawit

2.7 Komposisi Bahan Bakar Cangkang dan Fiber

Pada *Palm Oil Mill* ini menggunakan ketel uap pipa air BOILERMECH berbahan bakar cangkang dan fiber. Penulis akan mencari nilai kalor dari

cangkang dan fiber tersebut. Adapun data yang diperoleh dari *Palm Oil Mill* mengenai kandungan unsur-unsur yang terdapat pada cangkang dan fiber pada perbandingan 1 : 3 dan komposisi 1 kg bahan bakar cangkang dan fiber bisa dilihat pada tabel 2.1.

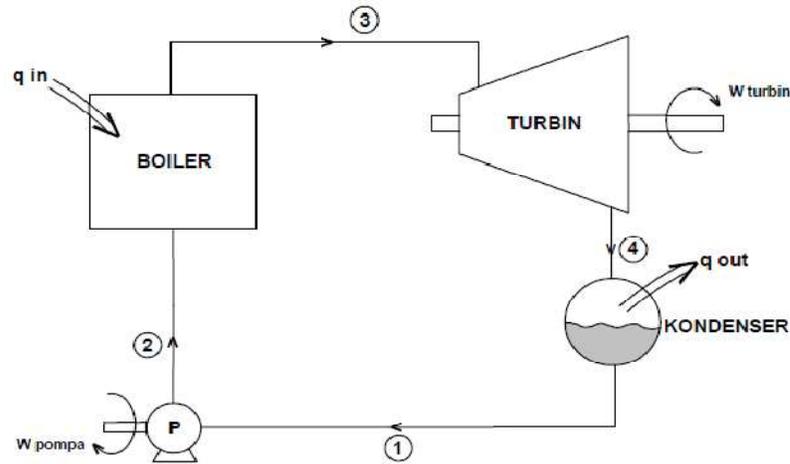
Tabel 2.1 Komposisi dari unsur-unsur kimia bahan bakar

Nama Unsur	Cangkang	Fiber
Karbon (C)	61,34 %	40,00 %
Hidrogen (H ₂)	3,25 %	4,25 %
Oksigen (O ₂)	31,16 %	30,29 %
Nitrogen (N ₂)	2,45 %	22,29 %
Abu	1,80 %	3,17 %

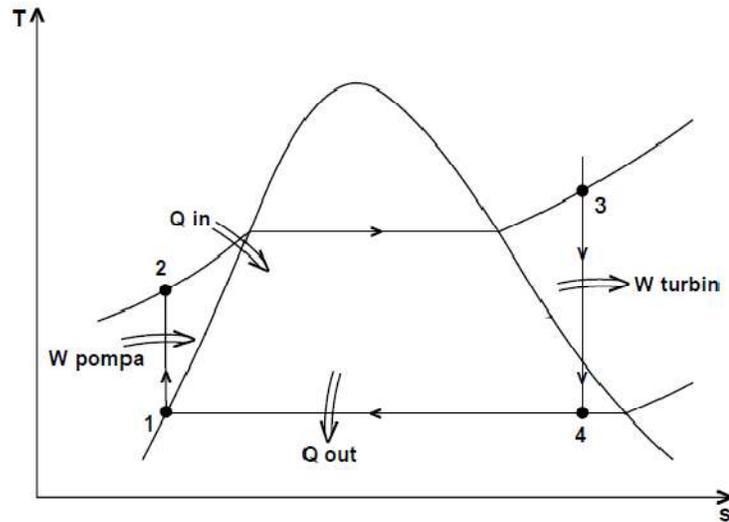
2.8 Siklus Rankine

Siklus Rankine adalah siklus teoritis yang mendasari siklus kerja dari suatu pembangkit daya uap. Siklus Rankine berbeda dengan siklus-siklus udara ditinjau dari fluida kerjanya yang mengalami perubahan fase selama siklus pada saat evaporasi dan kondensasi, oleh karena itu fluida kerja untuk siklus Rankine harus merupakan uap. Siklus Rankine ideal tidak melibatkan beberapa masalah irreversibilitas internal. Irreversibilitas internal dihasilkan dari gesekan fluida, throttling, dan pencampuran, yang paling penting adalah irreversibilitas dalam turbin dan pompa dan kerugian-kerugian tekanan dalam penukar-penukar panas, pipa-pipa, bengkokan-bengkokan, dan katup-katup.

Temperatur air sedikit meningkat selama proses kompresi isentropik karena ada penurunan kecil dari volume jenis air, air masuk boiler sebagai cairan kompresi pada kondisi 2 dan meninggalkan boiler sebagai uap kering pada kondisi 3. Boiler pada dasarnya penukar kalor yang besar dimana sumber panas dari pembakaran gas, reaktor nuklir atau sumber yang lain ditransfer secara esensial ke air pada tekanan konstan. Uap superheater pada kondisi ke 3 masuk ke turbin yang mana uap diexpansikan secara isentropik dan menghasilkan kerja oleh putaran poros yang dihubungkan pada generator listrik. Temperatur dan tekanan uap jatuh selama proses ini mencapai titik 4, dimana uap masuk ke kondensor dan pada kondisi ini uap biasanya merupakan campuran cairan-uap jenuh dengan kualitas tinggi. Uap dikondensasikan pada tekanan konstan di dalam kondensor yang merupakan alat penukar kalor mengeluarkan panas ke medium pendingin.

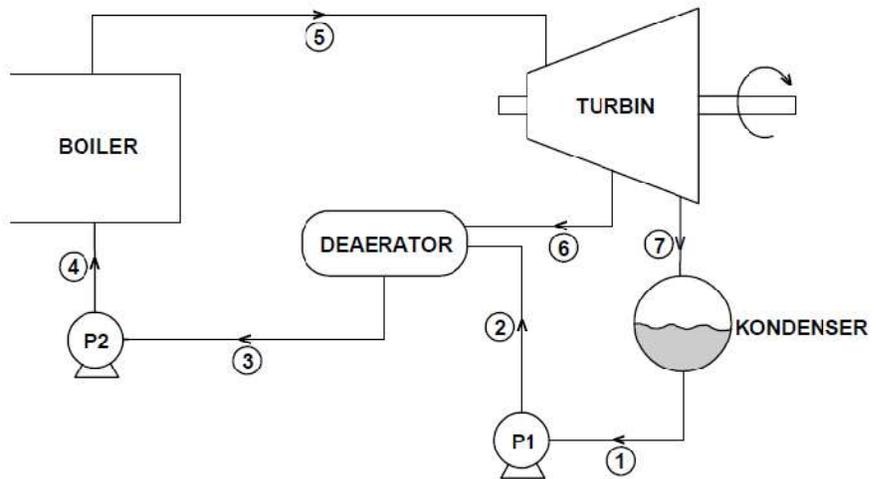


Gambar 2.15 Diagram alir siklus Rankine sederhana



Gambar 2.16 Diagram T-s siklus Rankine sederhana

Salah satu modifikasi dari siklus Rankine dapat dilihat pada gambar berikut :



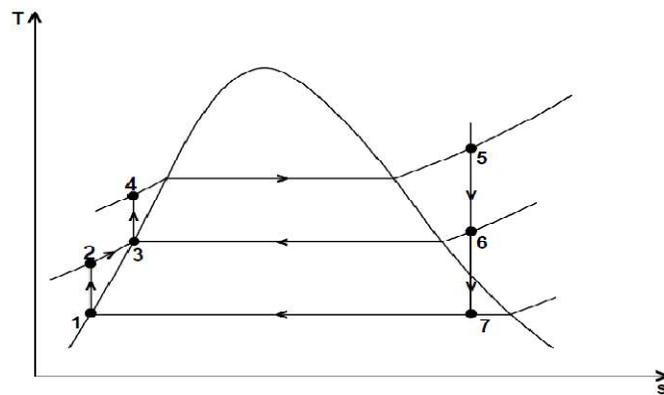
Gambar 2.17 Diagram alir siklus Rankine dengan satu tingkat ekstraksi

Uap panas lanjut dari ketel memasuki turbin, setelah melalui beberapa tingkatan sudu turbin, sebagian uap diekstraksikan ke deaerator, sedangkan sisanya masuk ke kondensator dan dikondensasikan didalam kondensator.

Selanjutnya air dari kondensor dipompakan ke deaerator juga. Di dalam deaerator, uap yang berasal dari turbin yang berupa uap basah bercampur dengan air yang berasal dari kondensor. Kemudian dari deaerator dipompakan kembali ke ketel, dari ketel ini air yang sudah menjadi uap kering dialirkan kembali lewat turbin.

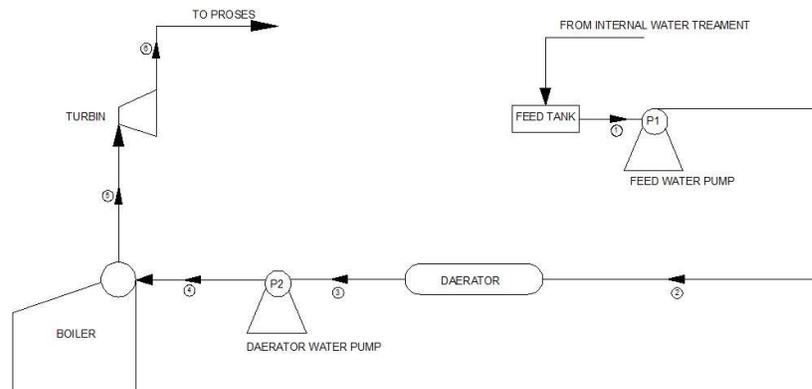
Tujuan uap diekstraksikan ke deaerator adalah untuk membuang gas-gas yang tidak terkondensasi sehingga pemanasan pada ketel dapat berlangsung efektif, mencegah korosi pada ketel, dan meningkatkan efisiensi siklus.

Untuk mempermudah penganalisaan siklus termodinamika ini, proses-proses tersebut di atas disederhanakan dalam bentuk diagram berikut :

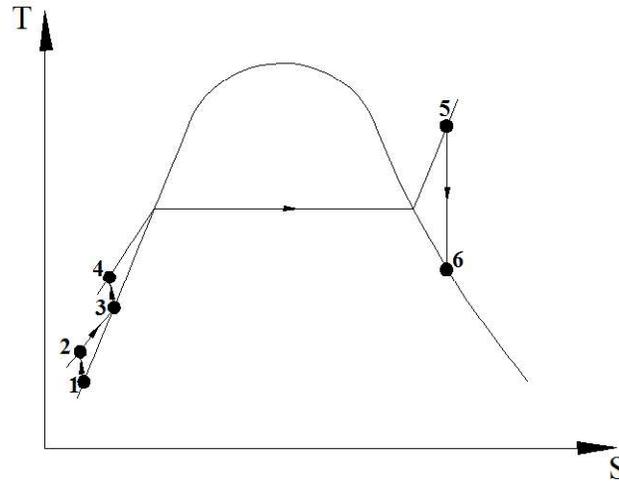


Gambar 2.18 Diagram T-s siklus Rankine dengan satu tingkat ekstraksi

Siklus Rankine terbuka pada boiler yang ada di Palm Oil Mill:



Gambar 2.19 Diagram alir siklus Rankine terbuka



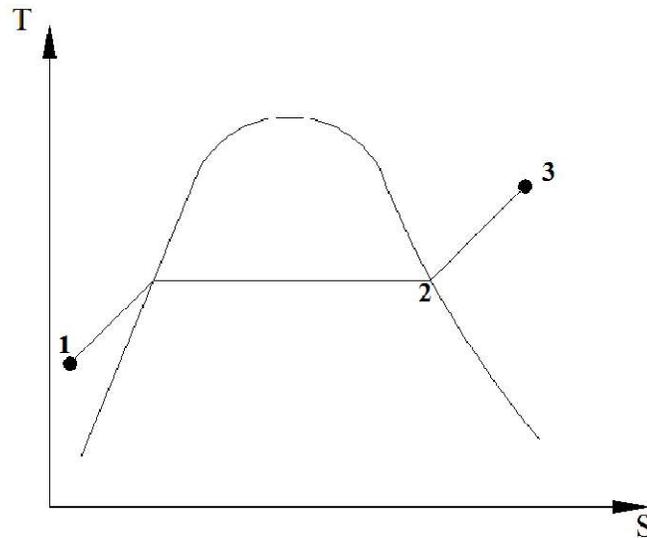
Gambar 2.20 Diagram T-s siklus Rankine terbuka

2.9 Proses Pembentukan Uap

Sebagai fluida kerja di ketel uap, umumnya digunakan air (H_2O) karena bersifat ekonomis, mudah di peroleh, tersedia dalam jumlah yang banyak, serta mempunyai kandungan entalpi yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan fluida kerja yang lain.

Penguapan adalah proses terjadinya perubahan fasa dari cairan menjadi uap. Apabila panas diberikan pada air, maka suhu air akan naik. Naiknya suhu air akan meningkatkan kecepatan gerak molekul air. Jika panas terus bertambah secara perlahan-lahan, maka kecepatan gerak air akan semakin meningkat pula, hingga sampai pada suatu titik dimana molekul-molekul air akan mampu melepaskan diri dari lingkungannya (100 $^{\circ}$) pada tekanan 1[kg/cm 2], maka air secara berangsur-angsur akan berubah fasa menjadi uap dan hal inilah yang disebut sebagai penguapan.

Proses perubahan fasa air menjadi uap dapat digambarkan pada diagram T-S seperti gambar dibawah:



Gambar 2.21 Diagram T-S

Keterangan:

1-2 : Pipa-pipa evaporator pipa penguat

2-3 : Pipa-pipa superheater

1-3 : Ketel uap

2.10 Metode Pengkajian Efisiensi Boiler

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan pada skripsi ini adalah metode langsung. Secara umum skripsi ini akan membahas analisa nilai kalor bahan bakar dan perhitungan efisiensi boiler.

Efisiensi adalah suatu tingkatan kemampuan kerja dari suatu alat. Sedangkan efisiensi pada boiler atau ketel uap yang didapatkan dari perbandingan antara energi yang dipindahkan atau diserap oleh fluida kerja didalam ketel dengan masukan energi kimia dari bahan bakar.

Terdapat dua metode pengkajian efisiensi boiler :

1) Metode Langsung

Energi yang didapat dari fluida kerja (air dan steam) dibandingkan dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar boiler.

Metodologi Dikenal juga sebagai „metode *input-output*’ karena kenyataan bahwa metode ini hanya memerlukan keluaran/*output* (steam) dan panas masuk/*input* (bahan bakar) untuk evaluasi efisiensi. Efisiensi ini dapat dievaluasi dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi Boiler } (\eta) = \frac{\text{Panas Pembentukan uap}}{\text{Panas masuk}}$$

$$\text{Efisiensi Boiler } (\eta) = \frac{W_s \times h_3 - h_1}{W_f \times LHV}$$

Keterangan: W_s = kapasitas produksi uap (kg uap/jam)

W_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

h_3 = entalpi uap (kJ/kg)

h_1 = entalpi air umpan/pengisi ketel (kJ/kg)

LHV = nilai kalor pembakaran rendah (kJ/kg)

2) Metode Tidak Langsung

Efisiensi merupakan perbedaan antar kehilangan dan energi masuk. Metodologi Standar acuan untuk Uji Boiler di tempat dengan menggunakan metode tidak langsung adalah *British Standard, BS 845:1987* dan *USA Standard ASME PTC-4-1 Power Test Code Steam Generating Units*.

Metode tidak langsung juga dikenal dengan metode kehilangan panas. Efisiensi dapat dihitung dengan mengurangkan bagian kehilangan panas dari 100 sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi boiler (n)} = 100 - (i + ii + iii + iv + v + vi + vii)$$

Dimana kehilangan yang terjadi dalam boiler adalah kehilangan panas yang diakibatkan oleh:

- i. Gas cerobong yang kering
- ii. Penguapan air yang terbentuk karena H₂ dalam bahan bakar
- iii. Penguapan kadar air dalam bahan bakar
- iv. Adanya kadar air dalam udara pembakaran
- v. Bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu terbang/ *fly ash*
- vi. Bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu bawah/ *bottom ash*
- vii. Radiasi dan kehilangan lain yang tidak terhitung

Kehilangan yang diakibatkan oleh kadar air dalam bahan bakar dan yang disebabkan oleh pembakaran hidrogen tergantung pada bahan bakar, dan tidak dapat dikendalikan oleh perancangan.

Data yang diperlukan untuk perhitungan efisiensi boiler dengan menggunakan metode tidak langsung adalah:

- a) Analisis *ultimate* bahan bakar (H₂, O₂, S, C, kadar air, kadar abu)
- b) Persentase oksigen atau CO₂ dalam gas buang
- c) Suhu gas buang dalam oC (T_f)
- d) Suhu awal dalam oC (T_a) dan kelembaban udara dalam kg/kg udara kering
- e) LHV bahan bakar dalam kkal/kg
- f) Persentase bahan yang dapat terbakar dalam abu (untuk bahan bakar padat)
- g) LHV abu dalam kkal/kg (untuk bahan bakar padat).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Pasific Palmido Industri, Waktu Penelitian selama satu minggu yaitu pada tanggal 1 September 2018

3.2 Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian ini yaitu penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan mengamati, merangkum, dan mencatat data *steam* yang keluar dan masuk kedalam turbin yang sedang beroperasi selama 10 hari.

3.3 Bahan Dan Alat

3.3.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini antara lain adalah:

- a) Data Log Sheet harian karyawan.
- b) Data realisasi dari peneliti.

3.3.2 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian ini antara lain adalah:

1. Boiler

Boiler yang digunakan ialah boiler yang berada di Pabrik PT. Pasific Palmido Industri, boiler ini dilakukan pengukuran untuk variable yang digunakan pada simulasi, spesifikasi boiler pada pabrik PT. Pasific Palmido Industri seperti ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Spesifikasi Boiler Pada PT. Pasific Palmido Industri

Merk	Kapasitas	Code	Tekanan Kerja	Model
VICKER HOSKIN	30 Ton/jam	BS 1113-1998	30 Bar	TW 16/44- 75B 40



Gambar 3.1 Boiler Boiler Beapasitas 30 ton

Tabel 3.2 Spesifikasi Boiler Berkapasotas 40 Ton

Merk	Kapasitas	Code	Tekanan Kerja	Model
Mckenzie.shd bdn	40 Ton/jam	BD 4500 BI	40 Bar	Superheated boiler kernel palm 45



Gambar 3.2 Boiler Berkapasitas 40 Ton

2. *MotorFeed Pump*

Motor Feed pump yang digunakan untuk mengisi air umpan pada boiler di PT. Pacific Palmindo Industri



Gambar 3.3 Motor Feed Pump

3. *Control Panel*

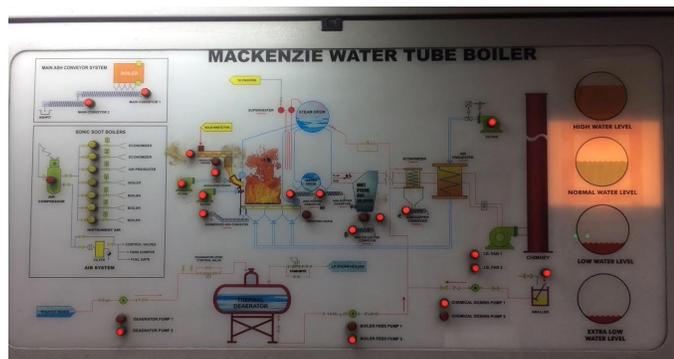
Control Panel yang digunakan ialah *control* pada panel yang dipakai pada turbin uap di PT. Pasific Palmido Industri



Gambar 3.4 Control Panel

4. *Wiring Diagram Boiler 40 Ton*

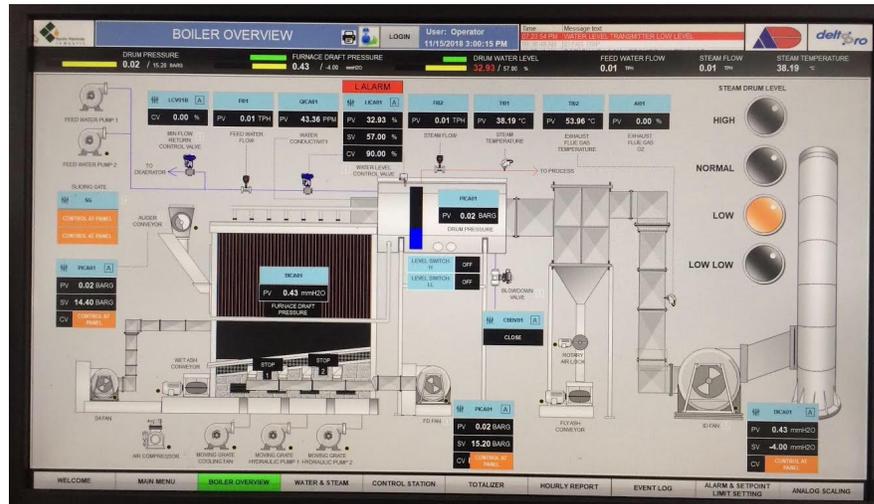
Wiring Diagram Boiler Berkapasitas 40 Ton ini adalah tampak gambar keseluruhan desain dari boiler tersebut. Seperti bisa dilihat dari gambar berikut ini :



Gambar 3.5 Wiring Diagram 40 Ton

5. *Wiring Diagram Boiler 30 Ton*

Wiring Diagram Boiler berkapasitas 30 Ton ini sudah ada terdesain langsung dan terdapat didalam HMI , seperti pada gambar :



Gambar 3.6 Wiring Diagram Boiler 30 Ton

3.4 Variabel

3.4.1 Variabel Bebas

1. Daya
2. *Heat rate*
3. *Entalpi*

3.4.2 Variable Tetap

1. Waktu
2. Efisiensi Boiler

3.5 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mencatat seluruh kegiatan yang terjadi selama proses di stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) dalam buku harian mandor.
2. Mencatat data waktu pengolahan, tekanan *steam* masuk, daya yang dihasilkan oleh turbin, penggunaan bahan bakar pada boiler.
3. Melakukan wawancara dengan operator dan mandor stasiun pembangkit tenaga, serta asisten *maintenance* terkait dengan proses *power plant*.
4. Melakukan perhitungan nilai *Net Plant Heat Rate* (NPHR) tersebut.
5. Menganalisa dan menyimpulkan mengenai konsumsi panas (energi) dalam menghasilkan listrik pabrik.

3.6 Pengamatan Penelitian

3.6.1 Observasi (pengamatan)

Data yang di gunakan dalam penelitian ini adalah data dengan melakukan pengamatan dan pencatatan langsung yang berkaitan stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) terutama pada Pompa, Boiler dan Turbin di PT. Pasific Palmido Industri mulai tanggal 1 September 2018 Sampai dengan 9 September 2018.

3.6.2 Wawancara

Pengumpulan data secara langsung (wawancara) dilakukan dengan bertanya kepada pihak manajemen *maintenance* termasuk *operator*, mandor dan asisten dengan memberikan penjelasan tentang keadaan dan masalah dari stasiun pmbangkit tenaga (*power plant*).

3.6.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama 1 minggu di PT. Pasific Palmido Industri

3.6.4 Pengolahan Data

1. Pengolahan Kualitatif

Data yang didapat berupa sajian tentang performa stasiun pembangkit tenaga melalui wawancara dengan pihak operator, mandor dan asisten *maintenance*.

2. Pengolahan Kuantitatif

Data yang diambil tersebut adalah data skunder dari buku harian mandor mengenai performa stasiun pembangkit tenaga (*power plant*) selama satu (1) minggu yaitu pada tanggal 1 September 2018 Kemudian dilakukan analisa perhitungan Mencari x dengan cara interpolasi seperti di bawah ini :

a) Entalpi

$$\frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1}$$

$$\frac{X - h_1}{h_3 - h_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1} \dots \dots \dots (2.1)$$

Atau

$$\frac{h_2 - h_3}{h_1 - h_3} = \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_3}$$

$$\frac{x - h_3}{h_1 - h_3} = \frac{T_2 - T_3}{T_1 - T_3} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan :

T = Temperatur °C

h = Entalpi Kj/kg)

b) Net Heat Rate (NHR)

$$\text{Heat rate} = \frac{h_i}{\text{Daya yang dihasilkan}} \dots \dots \dots (2.2)$$

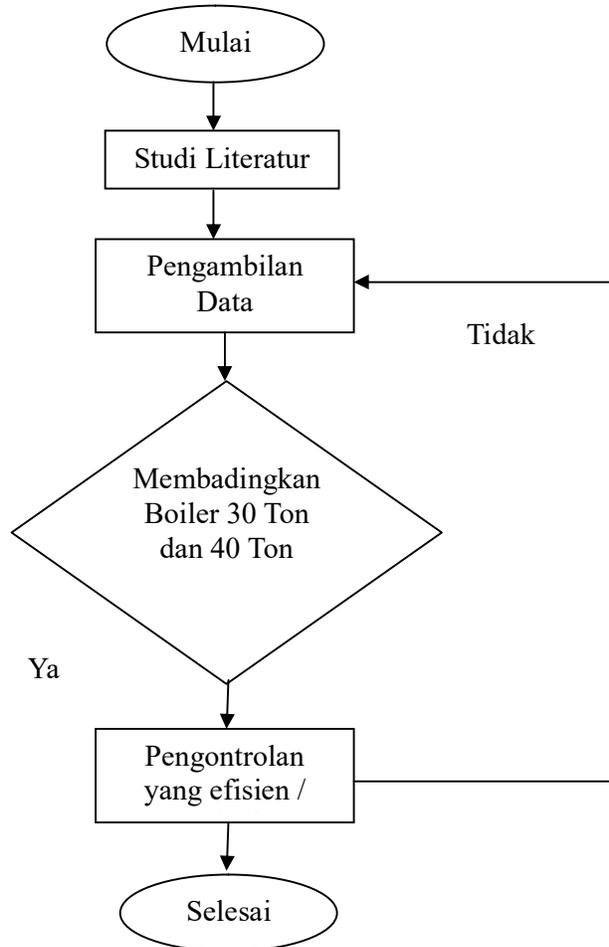
Dimana : h_i = enthalpy sistem

daya yang dihasilkan = daya yang dihasilkan oleh turbin

c) *Net Plant Heat Rate* (NPHR)

$$\text{PNHR} = \frac{\text{Panas pembakaran bahan bakar boiler}}{\text{Listrik keluar generator neto}} \dots\dots\dots(2.2)$$

3.7 Diagram Alir Proses Penelitian (*Flow Chart*)



Gambar 3.7 Diagram alir proses penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengamatan

Data pendukung Boiler Combi berkapasitas 30 ton

Performance Data

Design code	: B.S 1113 & 1998
Design Pressure	: 30.5 Bar
Working Pressure	: 29 Bar
Evaporative Capacity	: 26,000 KG/H from & AT 100° C
Ambient Temperature	: 30°C
Fuel	: Palm Kernel Shell alternative 1 Palm fiber Alternative 2 Palm kernel Shell mixed with 10% coal
Moisture	: 30% maximum
Fuel Feeding	: Auger conveyor
Grate	: Air cooled reciprocating grate

Equipment pendukung boiler memakai motor listrik

1. Reciprocating grate	: Motor electric, Input power 11 KW
2. Dust collector	: Motor electric, Input power 1,5 KW
3. Boiler feed Pump	: Motor Grundfos, Input Power 18,5 KW
4. Induced Draft fan	: Motor electric, Input power 45KW
5. Forced draft fan	: Motor electric, Input Power 15 KW
6. Secondary air fan	: Motor electric, Input power 11 KW

7. Submerged conveyor : Motor electrim, Input power 4 KW
 8. Auger fuel feeding : Motor electrim, Input power 4 KW
 9. Air compressor : Motor Armstrong vitech, Input power 2,2 KW
TOTAL POWER : 95,2 KW

Data pendukung Boiler MacKenzie berkapasitas 40 Ton

Performance Data

- Design code : BD 4500 BI
 Design Pressure : 42 Bar
 Working Pressure : 40 Bar
 Fuel : Palm Kernel Shell
 Moisture : 30% maximum
 Fuel Feeding : Auger conveyor
 Grate : Vibrating grate

Equipment pendukung boiler mackenzie memakai motor listrik

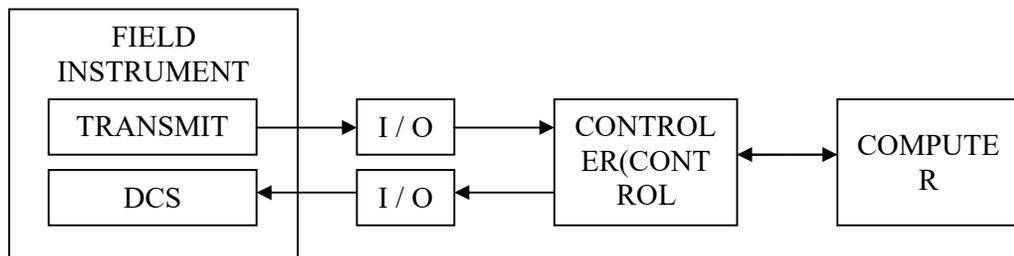
1. Chemical Motoring Pump : motor 0,37 KW
 2. Daerator Booster Pump : motor 15 KW
 3. Submerged Screw Ash : motor 1,2 KW
 4. Drum Hopper Ash Conveyor : motor 1,5 KW
 5. Economizer Ash Hopper : motor 1,5 KW
 6. Dust Arrestor Hopper : motor 1,5 KW
 7. Vibrating Grate : motor 5,5 KW
 8. Modulating Feeder : motor 0,37 KW

9. Ash Pit Conveyor	: motor 3 KW
10. Water Submerged	: motor 2,2 KW
11. FDF (Forced Draft Fan)	: motor 75 KW
12. FFF (Fuel Feeder Fa)	: motor 30 KW
13. SAF (Secondary Air Fan)	: motor 90 KW
14. IDF (Induced Draft Fan)	: motor 132 KW
15. Boiler Feed Pump	: motor 160 KW
16. Multi Cyclone Dust Collector	: motor 0.75 KW
17. Moving Floor	: motor 15 KW
<u>TOTAL POWER</u>	: 534,89 KW

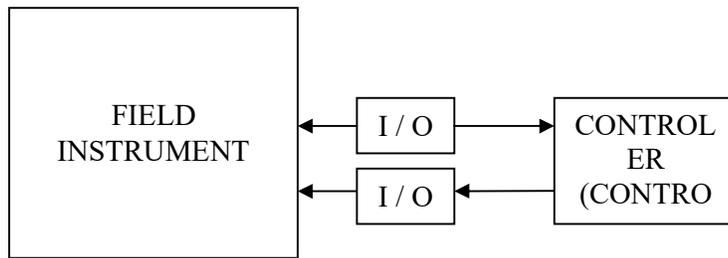
4.2 Pembahasan

I. Sistem Pengontrolan

Secara sederhana skema proses pengontrolan pada boiler 30 ton bersistem DCS dan 40 ton bersistem konvensional adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1 Skema proses pengontrolan sistem DCS



Gambar 4.2 Skema proses pengontrolan sistem konvensional

Dari gambar skema di atas dapat dilihat bahwa pada sistem DCS pengontrolan dapat dilakukan dari dua metode, yakni melalui komputer atau melalui kontrol panel. Sedangkan pada sistem konvensional pengontrolan hanya dapat dilakukan melalui kontrol panel.

Selain itu pada sistem DCS informasi mengenai peralatan, pengaturan serta beberapa informasi lainnya dapat diatur di layar komputer dan dapat diatur secara digital. Sedangkan pada sistem konvensional hanya mampu menampilkan beberapa informasi seperti indikator lampu menyala yang menandakan peralatan dilapangan sedang bekerja, namun untuk mengatur frekuensi, kecepatan dan lainnya tidak dapat dilakukan.

Dengan menggunakan sistem DCS maka kontrol pada peralatan yang menggunakan energi listrik pada boiler menjadi lebih mudah dan energi yang dibutuhkan mampu dihemat karena peralatan tersebut dapat diatur waktu untuk operasionalnya maupun waktu berhenti secara optimal.

II. Proses Pengolahan

Proses pengolahan dilakukan beberapa tahapan yang memerlukan konsumsi energi listrik. Semakin besar kapasitas produksi, kompleksitas proses dan automation, konsumsi energi listrik yang diperlukan semakin tinggi.

Parameter umum konsumsi energi listrik (power consumption) yakni sebesar 17-19 kWh/ton TBS.

Sumber energi yang terpasang pada parik kapasitas 30 ton per jam adalah 2 (dua) buah genset 400 kW, 1 (satu) buah genset 200 kW dan 1 (satu) buah steam turbine generator 1200 kW yang dapat beroperasi secara bergantian maupun bersama-sama.

Genset dengan kapasitas 200 kW dioperasikan untuk mensuplay kebutuhan domestik dan penerangan ketika pabrik dalam kondisi belum aktif dan turbine belum bisa bekerja. Genset dengan kapasitas 2 x 400 kW dioperasikan untuk penyalaan dan proses pertama pabrik hingga pabrik menghasilkan fiber dan shell untuk bahan bakar boiler dan boiler mampu menghasilkan steam dengan kapasitas yang diharapkan untuk menggerakkan steam turbine hingga menghasilkan energi listrik secara continue.

Turbine dapat beroperasi normal jika tekanan steam berkisar 18 – 21 bar. Jika tekanan kerja boiler menunjukkan tren penurunan hingga 15 bar maka turbine tidak mampu di bebani untuk proses pabrik dan akan terjadi trib sehingga untuk menjaga proses tidak berhenti secara mendadak, maka operator engine room segera mengaktifkan genset 400 kw untuk di sinkron dengan turbine.

Untuk mengetahui karakteristik dan pemakaian beban listrik dapat dibaca dengan alat ukur yang terpasang dipanel kamar mesin berupa kW-meter dan amperemeter.

Sedangkan energi listrik yang terpakai terukur melalui kWh-meter yang terdapat dipanel masing-masing pembangkit. Beban bakal mengalami fluktuasi dan menyesuaikan kebutuhan daya terhadap mesin atau listrik yang digunakan

masing-masing unit. Penggunaan daya listrik untuk proses pengolahan lebih dominan sebesar 77,62 %. Beban domestik menempati urutan kedua mencapai 16,75 %. Sedangkan beban lain berupa head office, kantor, Workshop KB, dan penerangan jalan memiliki nilai yang kecil berkisar 0,5-3%. Sehingga penggunaan untuk beban ini tidak terlalu berpengaruh besar terhadap daya yang ditanggung terhadap pembangkit.

Tabel 4.1 Power Consumption for Palm Oil Mill Capacity 30 Ton FFB/Hour

NO	STATION	TERPASANG		BEROPERASI		DEMAND FACTOR Df (%)
		Powe r	In	I Terukur	Powe r	
		kW	A	A	kW	
1	Reception & Steriliser	147	279	175	92	63
2	Threshing	149	283	88	46	31
3	Pressing	240	456	200	105	44
4	Clarification	171	325	30	1	9
5	Oil Storge	23	44	12	6	27
6	Depericarper & Kernel	281	534	280	147	52
7	Boiler Control	230	437	320	168	73
8	WTP	193	367	63	33	17
9	Boiler Demint	76	144	20	11	14
10	Effluent Treatment	60	114	45	24	31
11	Factory Lighting	75	142	50	26	35
12	Domestic Ligting	50	95	40	21	42
Total		1695			705	42

Beban listrik untuk domestik cukup besar dalam menyumbang penggunaan daya listrik. Penggunaan daya listrik dari beban domestik ini ditanggung oleh Pabrik sehingga perhitungan konsumsi energi listrik terhadap kWh/ton TBS juga akan terpengaruh.

Tabel 4.2. Power Consumption for Palm Oil Mill Capacity 40 Ton FFB/Hour Two

(2) Line.

NO	STATION	TERPASANG		BEROPERASI		DEMAND FACTOR Df (%)
		Power	In	I	Power	
		kW	A	A	kW	
1	Reception & Steriliser	198	376	25	13	7
2	Threshing	121	229	95	50	42
3	Pressing line 1	293	559	130	68	23
4	Pressing line 2	293	559	140	74	25
5	Clarification	143	270	200	105	74
6	Oil Storge	33	63	12	6	19
7	Karnel Line 1	239	455	300	158	66
8	Karnel Line 2	240	456	225	118	49
9	Boiler Control	330	627	300	158	48
10	WTP	120	227	125	66	55
11	Boiler Demint	170	323	55	29	17
12	Effluent Treatment	66	125	40	21	32
13	Factory Lighting	75	142	50	26	35
14	Domestic Ligting	40	76	40	21	53
Total		2360			915	39

Kondisi pabrik, dalam keadaan mengolah dengan menggunakan operasional 2 line. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan untuk beban Head Office, Workshop Kantor Besar, Office DB Pabrik Oil storage, Workshop DB Pabrik, daya tidak secara terus menerus terhadap beban yang digunakan selama proses pengolahan berlangsung. Pada kondisi aktual untuk beban domestik, tingginya penggunaan listrik tercatat rata-rata pada pukul 17.30-21.00. Ini terjadi lantaran waktu tersebut adalah waktu istirahat dan kebanyakan masyarakat cenderung menggunakan listrik guna menyalakan lampu rumah, menonton televisi atau perangkat lain yang membutuhkan listrik. Sedangkan untuk proses pengolahan di pabrik kondisi operasional tetap stabil. Adapun perbedaan daya listrik di pabrik digunakan untuk beban lampu penerangan. Pengaman pada panel

domestik digunakan untuk memenuhi beban seluruh domestik. Saat satu jalur distribusi listrik dilakukan terhadap kantor dan perumahan, otomatis panel domestik tidak boleh dimatikan. Asumsi untuk beban domestik jika kebutuhan daya listrik untuk kantor tetap, sedangkan untuk beban perumahan dimatikan maka memberikan pengaruh terhadap konsumsi aktual. Asumsi ini tidak terikat terhadap penerapan waktu jika listrik perumahan dimatikan karena penggunaan listrik di Pabrik untuk domestik selama 24 jam. Dan asumsi ini bisa diterapkan jika hanya jalur distribusi listrik atau pemangaman untuk perumahan dan kantor dipisahkan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengamatan yang dilakukan dilapangan dapat penulis dapat menarik kesimpulan, yaitu :

1. Boiler dengan kapasitas 30 ton bersistem DCS memiliki beberapa keunggulan yaitu : penggunaan energi listrik yang lebih kecil, membutuhkan ruang yang lebih kecil untuk proses dan ruang kendali serta pengontrolan lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan yang 40 ton dengan sistem yang konvensional.
2. Meskipun memiliki kekurangan namun boiler berkapasitas 40 ton memiliki beberapa keunggulan yaitu tidak memerlukan pelatan tambahan pada proses pengontrolan sehingga proses perbaikan atau perawatan lebih mudah. Selain itu dengan kapasitas yang lebih besar boiler 40 ton mampu menggerakkan turbin bertenaga uap.

5.2 Saran

Dengan melihat kelebihan yang didapat pada sistem DCS pada boiler 30 ton maka dari itu penulis berharap sistem DCS ini dapat diterapkan di boiler 40 ton oleh perusahaan.

Selain itu penulis menyadari bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penelitian ini. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya memperlama durasi penelitian agar dapat mengetahui nilai estimasi, nilai real, dan nilai setelah manajemen energi sehingga di tahun berikutnya dapat diperoleh nilai kemungkinan penghematan energi yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Atam , "Laporan bulanan Sistem bahan bakar" PTLR - 2006.
- Amaliah, B. dan Oktarora, A. (2011).Pemilihan Warna Lipstik Berdasarkan Informasi Usia dan Warna Kulit dengan Menggunakan Metoda Artificial Neural Network. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan Surabaya.
- Aris, Sofidul. (2010) Perancangan Sistem Pengendalian *Level* Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Pada *Steam Drum Boiler* 1102 Di Pt. Petrokimia Gresik., Seminar Makalah Tugas Akhir ITS Surabaya
- Eliyani. (2005). *Pengantar Jaringan Syaraf Tiruan*. Retrieved from www.MateriKuliah.com
- Heri Witono dan Sugito, "Petunjuk Pelaksanaan *Fuel System*" PTPLR - 1990.
- Jong Jek Siang. (2004). *Jaringan Saraf Tiruan dan Pemrogramannya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Rikoyan, W.D. dan Iskandarianto, F.A., Perancangan Sistem Pengendalian Level pada *Steam Drum Boiler* Berbasis *Anfis Gain Scheduling* Pid di PT. PJB UPGresik, Tugas Sarjana Teknik Fisika ITS, 2011.
- Yulati, Theresia. (2010). Perancangan Sistem Pengontrolan Level Pada *Steam Drum Waste Heat Boiler* Berbasis *Adaptive Network Fuzzy Inference System (Anfis)*. Widya Teknik, 9(2), 145-156.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI

Data pendukung Boiler Combi berkapasitas 30 ton

Performance Data

Design code : B.S 1113 & 2790

Design Pressure : 30.5 Bar

Working Pressure : 29 Bar

Evaporative Capacity : 26,000 KG/H from & AT 100° C

Ambient Temperature : 30° C

Fuel : Palm Kernel Shell alternative 1 Palm fiber
Alternative 2 Palm kernel Shell mixed with 10%

coal

Moisture : 30% maximum

Fuel Feeding : Auger conveyor

Grate : Air cooled reciprocating grate

Data pendukung Boiler McKenzie berkapasitas 40 Ton

Performance Data

Design code : BD 4500 BI

Design Pressure : 42 Bar

Working Pressure : 40 Bar

Fuel : Palm Kernel Shell,
Palm kernel Shell mixed with 10% coal

Moisture : 30% maximum

Fuel Feeding : Auger conveyor

Grate : Vibrating grate

File berupa foto dari kedua Boiler



Boiler Combi Berkapasitas 30 Ton



Boiler Mckenzie Berkapasitas 40 Ton



Motor Feed Pump Boiler Mckenzie Berkapasitas 40 Ton



Motor Feed Pump Boiler Combi Berkapasitas 30 Ton



Panel Kontrol Boiler Combi Berkapasitas 30 Ton



Panel Kontrol Boiler Mckenzie Berkapasitas 40 Ton

BIODATA

Pend. Terakhir : S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.



M. RIZKY DINANDA

1407220142

Telp/Hp : 081360703913

Email : foreverzky.rd@gmail.com

I. Data Pribadi

Nama : M. Rizky Dinanda
Tempat/Tgl Lahir : Belawan, 06 Nopember 1993
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Nama Ayah : Fahrur Rauzi Panjaitan
Nama Ibu : Lily Sari Lubis

II. Pendidikan

SD Hang Tuah 1 Belawan	1999-2005
SMP Muhammadiyah 06 Belawan	2005-2008
SMK TR Sinar Husni	2008-2011
S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik UMSU	2014-2019

Medan, 23 Maret 2019

M. Rizky Dinanda