

Pengoperasian dan *Monitoring* Mesin *Boiler* Maxitherm

Varistro Dadung Wibangga^{*1}, Ir Cahyo Budi Nugroho 1^{*} and Roza Puspita

2^{*}

* Politeknik Negeri

Batam Program Studi

Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: dadungwibangga@email.com

Abstrak

Boiler adalah komponen vital dalam berbagai industri, berfungsi sebagai sistem pembangkit panas yang penting untuk proses seperti pemanasan, pembangkit listrik, dan operasi industri. Abstrak ini memberikan gambaran umum tentang *boiler*, termasuk jenis, prinsip operasi, dan signifikansinya dalam pengaturan industri. *Boiler* beroperasi dengan memanaskan air atau menghasilkan uap melalui pembakaran bahan bakar seperti batu bara, gas alam, atau biomassa. *Boiler* berfungsi dengan prinsip mentransfer energi panas dari proses pembakaran ke air, yang kemudian bersirkulasi melalui pipa untuk menghasilkan panas atau tenaga. Ada beberapa jenis *boiler*, termasuk *boiler* pipa api, *boiler* pipa air, dan *boiler* listrik, masing-masing dengan fitur dan aplikasi yang berbeda. *Boiler* pipa-api terdiri dari cangkang yang berisi air, dengan gas panas yang mengalir melalui tabung yang terendam di dalam air. Sebaliknya, *boiler* tabung air memiliki air yang bersirkulasi melalui tabung sementara gas panas mengalir di sekelilingnya. *Boiler* listrik memanfaatkan listrik untuk menghasilkan panas secara langsung. *Boiler* memainkan peran penting dalam industri mulai dari manufaktur dan penyulingan hingga perawatan kesehatan dan perhotelan. Mereka menyediakan panas dan uap penting yang diperlukan untuk berbagai proses industri, pemanas ruangan, dan produksi air panas. Perawatan dan pengoperasian *boiler* yang tepat sangat penting untuk memastikan efisiensi, keamanan, dan kepatuhan terhadap peraturan. Kesimpulannya, *boiler* adalah komponen yang sangat diperlukan dalam infrastruktur industri modern. Memahami pengoperasian, persyaratan perawatan, dan pertimbangan keselamatannya sangat penting untuk operasi industri yang efisien dan aman.

Kata kunci: *Boiler medis, pipa*

Abstract

Boilers are vital components in a variety of industries, serving as heat generation systems essential for processes such as heating, power generation, and industrial operations. This abstract provides an overview of boilers, including their types, operating principles, and significance in industrial settings. Boilers operate by heating water or generating steam through the combustion of fuels such as coal, natural gas, or biomass. Boilers function on the principle of transferring heat energy from the combustion process to water, which then circulates through pipes to produce heat or power. There are several types of boilers, including fire-tube boilers, water-tube boilers, and electric boilers, each with different features and applications. A fire-tube boiler consists of a shell filled with water, with hot gases flowing through tubes submerged in the water. In contrast, water-tube boilers have water circulating through the tubes while hot gases flow around them. Electric boilers utilize electricity to generate heat directly. Boilers play an important role in industries ranging from manufacturing and refining to healthcare and hospitality. They provide the essential heat and steam required for various industrial processes, space heating, and hot water production. Proper boiler maintenance and operation are essential to ensure efficiency, safety, and regulatory compliance. In conclusion, boilers are indispensable components in modern industrial infrastructure. Understanding their operation, maintenance requirements and safety considerations is essential for efficient and safe industrial operations.

Keywords: *Boiler, medical, pipe*

1. PENDAHULUAN

Kepulauan Riau tepatnya di Batam merupakan salah satu kota industri. Dan terdapat salah satu kawasan industri yaitu kawasan Batamindo dan terdapat salah satu perusahaan yang bergerak di bidang medis yaitu PT. JMS. Yang merupakan salah satu perusahaan di bidang medis istilah “sekali pakai” umumnya mengacu pada “barang yang disterilkan sebelumnya dan dapat segera digunakan dan tidak digunakan kembali”. Mesin *boiler* merupakan salah satu mesin yang digunakan di PT. JMS Batam.

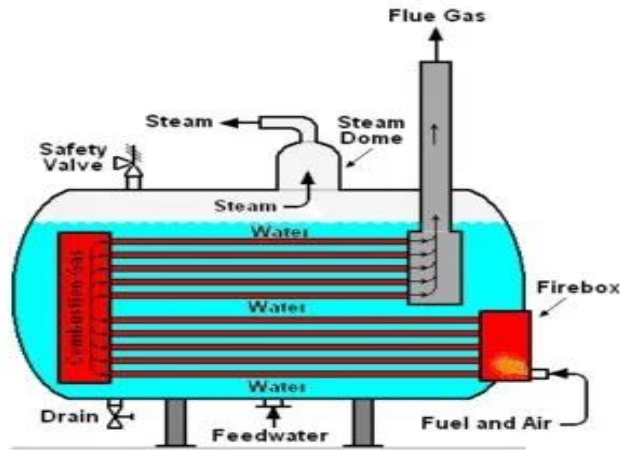
Manajemen pengoperasian mesin *boiler* mencakup segala sesuatu dari perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, dan evaluasi. Istilah "*boiler*" dalam Kamus Bahasa Indonesia berarti "ketel uap". *Boiler* adalah alat kesehatan non medis penting yang dibutuhkan oleh perusahaan medis. Akibatnya, pengoperasiannya harus dilakukan dengan baik. *Boiler* dapat dibagi menjadi dua jenis: *boiler* pipa api dan *boiler* pipa air. *Boiler* pipa api menggunakan pipa yang dilapisi air di bagian luarnya sehingga gas panas yang dihasilkan dari pembakaran berpindah ke air dan menghasilkan uap. Mesin *boiler* merupakan mesin yang digunakan untuk mensterilkan produk.[1]

Di PT.JMS Terdapat dua mesin *boiler* yang digunakan, yaitu HOKEN dan MAXITHERM. *Boiler* adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam*. Air panas atau *steam* pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Dalam proses distribusinya *steam* yang dihasilkan *boiler* terkumpul terlebih dahulu di *steam header* dan selanjutnya dialirkan melalui pipa-pipa dan didistribusikan menuju mesin ETO.[2]

Mesin boiler tanpa monitoring yang tepat jika mengalami kerusakan memakan waktu sekitar 1 minggu. sehingga diperlukan suatu metoda untuk mengurangi hal tersebut, maka tujuan penelitian ini untuk *memonitoring* mesin *boiler* dan pengoperasian mesin *boiler* agar dapat mengoptimalkan waktu agar lebih efisien. Mengoperasikan mesin *boiler* melibatkan prosedur tertentu yang harus dijalankan dengan teliti untuk menjamin keamanan dan efisiensi kerja. Ini adalah ringkasan langkah-langkah umum dalam mengoperasikan mesin *boiler*:

1. Inspeksi Sebelum Pengoperasian: Sebelum mengaktifkan *boiler*, lakukan inspeksi menyeluruh terlebih dahulu. Periksa komponen-komponen kunci seperti *burner*, *valve*, pipa, dan sistem pengatur suhu untuk memastikan kondisi kerjanya optimal.
2. Pemilihan Jenis Bahan Bakar: Pilih bahan bakar yang cocok dan aman sesuai dengan spesifikasi teknis *boiler*. Pastikan ketersediaan bahan bakar dalam jumlah yang adekuat.
3. Memasukkan Bahan Bakar: Saat menggunakan bahan bakar seperti solar, isikan ke dalam ruang pembakaran dengan hati-hati, mengikuti instruksi dari pabrikan *boiler*.
4. Pengaturan Sistem Kontrol: Sesuaikan sistem kontrol *boiler* berdasarkan kebutuhan pengoperasian, termasuk pengaturan untuk suhu dan tekanan yang diinginkan.
5. Pengaktifan *Boiler*: Aktifkan *boiler* mengikuti langkah-langkah yang telah ditetapkan, yang mungkin termasuk mengaktifkan *burner* dan memonitor suhu serta tekanan secara berkala.
6. Monitoring dan Pengaturan: Selama *boiler* beroperasi, amati indikator suhu, tekanan, dan tingkat air secara seksama. Terus pantau performa *boiler* dan bersiaplah untuk mengambil langkah perbaikan bila dibutuhkan.

Boiler juga dikenal sebagai ketel uap, adalah mesin yang mengubah air menjadi uap melalui proses tertentu. Perubahan air menjadi uap terjadi karena panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar memanaskan air di pipa. Pembakaran berlangsung secara teratur di ruang bakar, dengan bahan bakar dan udara dialirkan dari luar. *Boiler* menghasilkan uap dengan tekanan dan suhu yang sangat tinggi. Luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan mempengaruhi jumlah uap yang diproduksi. *Boiler* dengan pipa air disebut *water tube boiler*. Pada unit pembangkit, *boiler* juga disebut *steam generator* (pembangkit uap) karena artinya hanya pendidih. Sebenarnya, uap *superheat* bertekanan dihasilkan oleh *boiler*. Beberapa bagian dari *boiler* adalah tangki air, *blowdown*, perawatan air, dan pompa pendorong(*booster*).



Gambar 1 komponen-komponen boiler

1. Komponen-komponen Boiler

Berikut merupakan komponen-komponen penting pada Boiler:

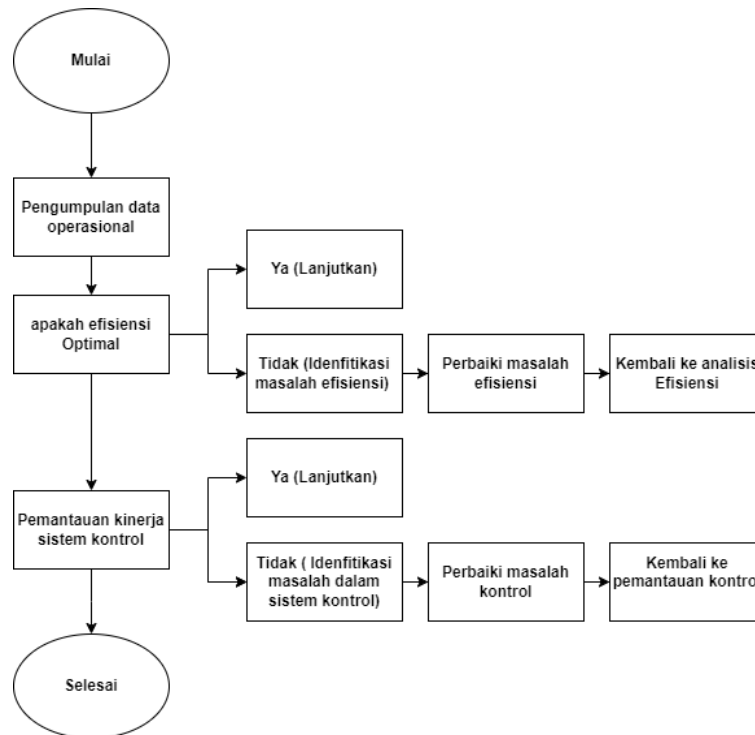
- *Drain*, Komponen drain pada boiler merupakan bagian penting dalam sistem untuk mengeluarkan air atau kondensat yang terbentuk selama proses pemanasan atau pembangkitan uap. Drain ini bertugas untuk menghilangkan air yang terkondensasi dari sistem boiler agar tidak mengganggu proses operasional serta menjaga keandalan sistem secara keseluruhan
- *Safety valve*, yang merupakan saluran buang steam jika terjadi keadaan dimana tekanan steam melebihi kemampuan boiler menahan tekanan steam
- *feed water*, pada boiler berperan penting dalam menyediakan air umpan (*feed water*) yang diperlukan untuk menghasilkan uap di dalam boiler. Air umpan ini akan dipanaskan hingga menjadi uap yang kemudian digunakan untuk berbagai keperluan seperti pemanasan, pembangkit listrik, atau proses industri
- *Steam dome*, adalah bagian penting dari boiler uap (*steam boiler*) yang terletak di bagian atas drum boiler. Fungsinya adalah untuk memisahkan uap yang dihasilkan dari air yang belum mendidih
- *flue gas*, adalah hasil pembakaran bahan bakar di dalam boiler atau furnace. Komponen flue gas terdiri dari berbagai gas, uap air, dan partikel yang dihasilkan selama proses pembakaran.
- *Firebox*, adalah bagian penting dari boiler di mana bahan bakar dibakar untuk menghasilkan panas yang diperlukan untuk mengubah air menjadi uap. Firebox terletak di dalam boiler dan merupakan ruang di mana pembakaran bahan bakar terjadi
- *fuel and air*, pada mesin boiler adalah bagian penting yang bertanggung jawab untuk memberikan bahan bakar dan udara yang diperlukan untuk proses pembakaran dalam boiler. Kombinasi yang tepat antara bahan bakar dan udara memastikan pembakaran efisien dan menghasilkan panas yang diperlukan untuk menghasilkan uap atau air panas.

Dalam penelitian ini, batasan masalah mencakup analisis pengoperasian boiler pada PT.JMS. Fokus penelitian akan terbatas pada:

1. *Monitoring* dan pengoperasian di ruangan boiler, pekerjaan tidak dilakukan di bengkel atau workshop.
2. *Monitoring* dan pengoperasian hanya pada tipe MAXITHERM.

2 Metodologi Penelitian

Metodologi, juga dikenal sebagai "permasalahan penelitian", digunakan untuk menentukan hasil penelitian yang spesifik. Menuntut penulis untuk menyelidiki masalah sesuai dengan batas-batas masalah sebelumnya, dengan menggunakan metode analisis performa mesin *Boiler*.



Gambar 2 diagram alir pekerjaan di lapangan

2.1 Mulai

2.2 Pengumpulan data operasional

1. Suhu

- Suhu air umpan (*Flue gas temperature*): Suhu ideal biasanya berkisar antara 100°C dan 150°C, tetapi biasanya bergantung pada desain dan kapasitas *boiler*.
- Suhu ruang bakar (*Furnace temperature*): Suhu ruang bakar ideal biasanya antara 700°C dan 900°C, harus cukup tinggi untuk memastikan pembakaran yang efisien dan lengkap bahan bakar.
- Suhu Uap (Temperatur Uap Panas): Suhu ideal biasanya berkisar antara 200°C dan 540°C, tergantung pada aplikasinya dan kebutuhan proses.

2. Tekanan

Secara umum, tekanan optimal pada mesin *boiler* biasanya berkisar antara 7 hingga 12 bar (101 hingga 174 psi) untuk aplikasi pada PT.JMS

3. Aliran

Pemantauan Level Air (Water Level Monitoring). Penting untuk memastikan bahwa level air

dalam *boiler* tetap dalam kisaran yang aman. Kekurangan air dapat menyebabkan overheating, sedangkan kelebihan air dapat mengganggu efisiensi.

4. Kualitas air

Kualitas air pada mesin *boiler* sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dan mencegah kerusakan. Berikut adalah beberapa parameter kualitas air yang perlu diperhatikan:

1. Kandungan Mineral:

Total Dissolved Solids (TDS): Kandungan total mineral terlarut dalam air. Tingkat TDS yang tinggi dapat menyebabkan penumpukan mineral di dalam *boiler*, yang dapat mengurangi efisiensi dan mempercepat korosi.

2. pH:

pH air *boiler* harus berada dalam kisaran tertentu yang telah ditentukan oleh produsen *boiler*. Kisaran pH yang optimal untuk air pada mesin *boiler* biasanya berkisar antara 10 hingga 12.

2.3 Apakah efisiensi optimal

- Ya

Dengan demikian, efisiensi ideal *boiler* dapat mencapai tingkat efisiensi tertinggi yang dapat dicapai oleh *boiler* dalam mengubah energi panas menjadi energi mekanis atau energi panas yang berguna. Ini sangat penting karena lebih banyak energi yang dapat dimanfaatkan secara produktif dan lebih sedikit energi yang terbuang.

- Tidak

a. Identifikasi Masalah efisiensi

- Identifikasi masalah

Masalah efisiensi pada mesin *boiler* dapat bervariasi, tetapi ada beberapa masalah umum yang sering terjadi. Berikut adalah beberapa masalah efisiensi yang mungkin terjadi pada mesin *boiler*:

1. Kerusakan pada isolasi

Ada dua faktor penyebab kerusakan pada isolasi yang pertama dapat disebabkan oleh kerusakan fisik yang dimana dapat disebabkan oleh benturan, gesekan, atau keausan dari aktivitas operasional atau perawatan. Dan yang kedua kerusakan yang disebabkan oleh kerusakan air yang dimana Jika isolasi terkena air secara berulang, bisa menyebabkan degradasi, pembusukan, atau pembengkakan pada material isolasi.

2. *Overfiring* dan *underfiring*

Overfiring terjadi ketika bahan bakar yang terlalu banyak dimasukkan ke dalam tungku atau ruang pembakaran *boiler*. Ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kontrol pembakaran yang tidak tepat, pengaturan tekanan yang tidak benar, atau pemilihan bahan bakar yang tidak sesuai

Underfiring, sebaliknya, terjadi ketika bahan bakar yang tidak mencukupi dimasukkan ke dalam tungku atau ruang pembakaran. Ini bisa disebabkan oleh pengaturan pembakaran yang terlalu rendah, suplai bahan bakar yang tidak memadai, atau pembakaran yang tidak sempurna.

3. Kualitas bahan bakar yang buruk

Kualitas bahan bakar yang buruk dapat memiliki dampak serius pada kinerja dan efisiensi mesin *boiler*. Beberapa masalah yang dapat timbul akibat penggunaan bahan bakar yang

buruk meliputi, kandungan kotoran yang tinggi, kandungan air tinggi, dan kandungan bahan kimia yang berbahaya

b. Perbaiki masalah efisiensi

- Perbaiki masalah efisiensi

1. Perawatan yang rutin

Beberapa langkah perawatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja *boiler* adalah sebagai berikut:

a. Pembersihan berkala

Membersihkan pipa-pipa, pemanas, dan permukaan penukar panas lainnya secara berkala untuk menghilangkan kotoran, kerak, dan endapan yang mengganggu transfer panas.

b. Pemeriksaan dan Penggantian Suku Cadang: Semua komponen mesin, termasuk katup, klep, sensor, dan perangkat pengatur lainnya, harus diperiksa secara berkala. Suku cadang yang rusak atau aus harus segera diganti agar mesin tetap berfungsi dengan baik.

2. Mengoptimalkan sistem pembakaran

pada mesin *boiler* merupakan langkah penting untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja keseluruhan mengontrol dan memastikan pasokan bahan bakar sesuai dengan kebutuhan pembakaran.

3. Perbaiki kebocoran .

Mengidentifikasi Lokasi Kebocoran Periksa *boiler* secara menyeluruh serta mengevaluasi agar mengetahui seberapa parah kebocoran tersebut, jika ada kerusakan kecil mungkin hanya perlu membersihkan area yang bocor dan menggunakan segel atau perekat khusus. Lalu jika terjadi kerusakan pada komponen seperti pipa atau katup yang bocor perlu mengganti dengan komponen baru yang sesuai dengan spesifikasi mesin *boiler*, agar tidak terjadi kembali harus dilakukan perawatan pencegahan rutin untuk mencegah kebocoran kembali, ini mencakup inspeksi, pembersihan, dan pemeliharaan yang tepat untuk setiap komponen *boiler*, setelah semua dilakukan diuji kembali untuk memastikan mesin *boiler* telah diperbaiki dengan benar

c. Kembali ke analisis efisiensi

2.4 Pemantauan kinerja sistem control

- Ya

Pemantauan kinerja sistem kontrol pada mesin *boiler* bisa dilanjutkan dengan pertimbangan berikut:

- Keamanan Operasional: Mesin *boiler* adalah komponen kritis dalam banyak proses industri yang melibatkan penghasilan uap atau panas. Pemantauan kinerja sistem kontrol memastikan bahwa *boiler* beroperasi dalam batas-batas aman, mencegah potensi kecelakaan atau kegagalan yang dapat membahayakan karyawan dan aset perusahaan.

- Efisiensi Energi: Pemantauan kinerja sistem kontrol membantu mengoptimalkan efisiensi energi *boiler* dengan memantau konsumsi bahan bakar, suhu, tekanan, dan parameter-parameter lainnya

- Kepatuhan Regulasi: Banyak negara memiliki regulasi ketat terkait operasi dan pemeliharaan

boiler untuk memastikan keamanan dan lingkungan yang sehat.

- Pencegahan Kegagalan: Pemantauan kinerja sistem kontrol memungkinkan deteksi dini potensi kegagalan atau masalah operasional pada mesin *boiler*.
- Peningkatan Produktivitas: Mesin boiler yang beroperasi secara optimal berkontribusi pada produktivitas keseluruhan fasilitas industri
- Tidak
 - a. Identifikasi masalah dalam sistem kontrol
 - untuk memastikan bahwa *boiler* beroperasi secara efisien dan aman. Berikut adalah beberapa cara untuk melakukan pemantauan kinerja sistem kontrol:
 1. Pemantauan *visual*
 - memastikan bahwa *boiler* beroperasi dengan aman dan efisien adalah pemantauan visual. Pemantauan visual memungkinkan operator atau teknisi untuk melihat kondisi fisik *boiler* secara langsung.
 2. Pemantauan parameter operasional
 - pada mesin *boiler* sangat penting untuk menjaga kinerja, keamanan, dan efisiensi sistem.
 - b. Perbaiki masalah *control*
 1. Pemantauan dan Audit Berkala
 - Pemantauan *Real-Time*: Implementasikan sistem pemantauan *real-time* untuk memantau kinerja boiler secara terus-menerus.
 - Audit Berkala: Lakukan audit rutin terhadap sistem kontrol untuk mengidentifikasi dan memperbaiki potensi masalah sebelum menjadi kritis.
 2. Penggantian Komponen
 - Komponen Usang: Ganti komponen yang sudah usang atau tidak berfungsi dengan baik.
 - Upgrade Teknologi: Pertimbangkan untuk meng-*upgrade* ke teknologi kontrol yang lebih canggih jika memungkinkan.
 - c. Kembali ke pemantauan kontrol

2.5 Selesai

3 Analisa Data dan Pembahasan

3.1 suhu.

- Air Umpan

Suhu optimal air umpan boiler berada pada kisaran 85 hingga 90°C. Suhu ini dianggap ideal karena beberapa alasan:

- Efisiensi Energi: Air umpan yang dipanaskan mendekati suhu penguapan memerlukan lebih sedikit energi untuk mencapai titik didih, meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem.
- Pengurangan Korosi: Air umpan yang lebih panas mengurangi kelarutan gas-gas korosif seperti oksigen dan karbon dioksida dalam air, yang dapat menyebabkan korosi pada pipa dan drum boiler.
- Stabilitas Operasional: Memastikan suhu air umpan berada dalam rentang optimal membantu dalam menjaga kestabilan tekanan dan suhu dalam boiler.

Maka data suhu aktual menunjukkan bahwa suhu air umpan saat ini adalah 120°C. Ini berada dalam rentang optimal, yang berarti sistem boiler beroperasi dengan efisiensi maksimal.

- Suhu Ruang Bakar

Suhu Aktual (780°C):

Data suhu aktual menunjukkan bahwa suhu ruang bakar mesin *boiler* saat ini adalah 780°C. Suhu ini berada dalam rentang optimal, yang berarti proses pembakaran berjalan dengan baik. Suhu yang terlalu tinggi di atas rentang optimal dapat menyebabkan kerusakan pada material boiler, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat mengurangi efisiensi pembakaran dan menghasilkan lebih banyak emisi gas buang.

- Suhu Uap *Superheater*

Suhu Aktual (530°C):

Data aktual menunjukkan suhu uap sebesar 520°C dari *superheater*, yang berada dalam rentang optimal. Ini menunjukkan bahwa *superheater* bekerja dengan baik, menghasilkan uap berkualitas tinggi untuk penggunaan lebih lanjut.

- Mengurangi Erosi: Uap superheated pada suhu ini mengurangi risiko erosi dan korosi pada turbin dan peralatan lainnya.

- Suhu Uap *Drum Boiler*

Suhu Aktual (210°C):

Suhu aktual sebesar 210°C menunjukkan bahwa sistem boiler beroperasi dengan baik, menghasilkan uap dalam rentang suhu yang optimal untuk efisiensi dan kinerja yang maksimal.

- Efisiensi Penguapan: Pada suhu ini, air dalam drum boiler diubah menjadi uap dengan efisien, memastikan transfer energi yang optimal. (Lampiran 1)

3.2 Tekanan

- *Drum Boiler:*
Menunjukkan bahwa tekanan aktual 10 bar (145 Psi) sesuai dengan tekanan optimal yang diperlukan untuk penguapan air secara efisien.
 - *Superheater:*
Menunjukkan bahwa tekanan aktual 10,5 bar (152.2 Psi) sesuai dengan tekanan optimal untuk menghasilkan uap superheated yang efisien untuk menggerakkan turbin.
- Economizer:*
Menunjukkan bahwa tekanan aktual 8 bar (116.03) sesuai dengan tekanan optimal untuk memanaskan air umpan sebelum masuk ke drum *boiler*.(Lampiran 2)

3.3 Aliran

Minimum Water Level (Min): Sekitar 50 mm di atas elemen pemanas untuk mencegah paparan langsung elemen pemanas oleh api atau gas panas.

Normal Water Level (NWL): Sekitar 75% hingga 85% dari tinggi *gauge glass* atau *level switch* di *boiler*.

Maximum Water Level (Max): Sekitar 25 mm di bawah *overflow* atau *drain valve* untuk mencegah kelebihan air dan *overflow*.(Lampiran 3)

3.4 Kualitas Air

- Total Dissolved Solids (TDS): aktual: < 2.500 ppm
Maksimum yang diperbolehkan: 2.500 - 6.000 ppm.(Lampiran 4)
- pH: Pengukuran pH biasanya dilakukan secara teratur menggunakan pH meter yang dirancang khusus untuk aplikasi industri, atau dengan menggunakan indikator khusus dalam kombinasi dengan standar pengujian.(Lampiran 5)

4 Kesimpulan

Mesin *boiler* yang dioperasikan dan dimonitoring dengan baik dapat meningkatkan efisiensi waktu dari 1 minggu menjadi 1 atau 2 hari setelah di monitoring. Proses industri dengan menyediakan uap atau air panas yang stabil dan sesuai kebutuhan; pengoperasian yang tepat sangat penting untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan. Ini termasuk memantau tekanan, suhu, dan tingkat air secara teratur serta perawatan rutin untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan menggunakan bahan bakar dengan efisien. Pengoperasian yang ideal mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca, jadi perawatan dan inspeksi rutin sangat penting untuk menjaga kinerja optimal dan umur panjang *boiler*. Untuk operasi yang aman dan efisien, ini melibatkan pembersihan, pelumasan, dan pemeriksaan komponen vital. Operator yang terlatih dan berpengalaman diperlukan untuk melakukannya.

Daftar Pustaka

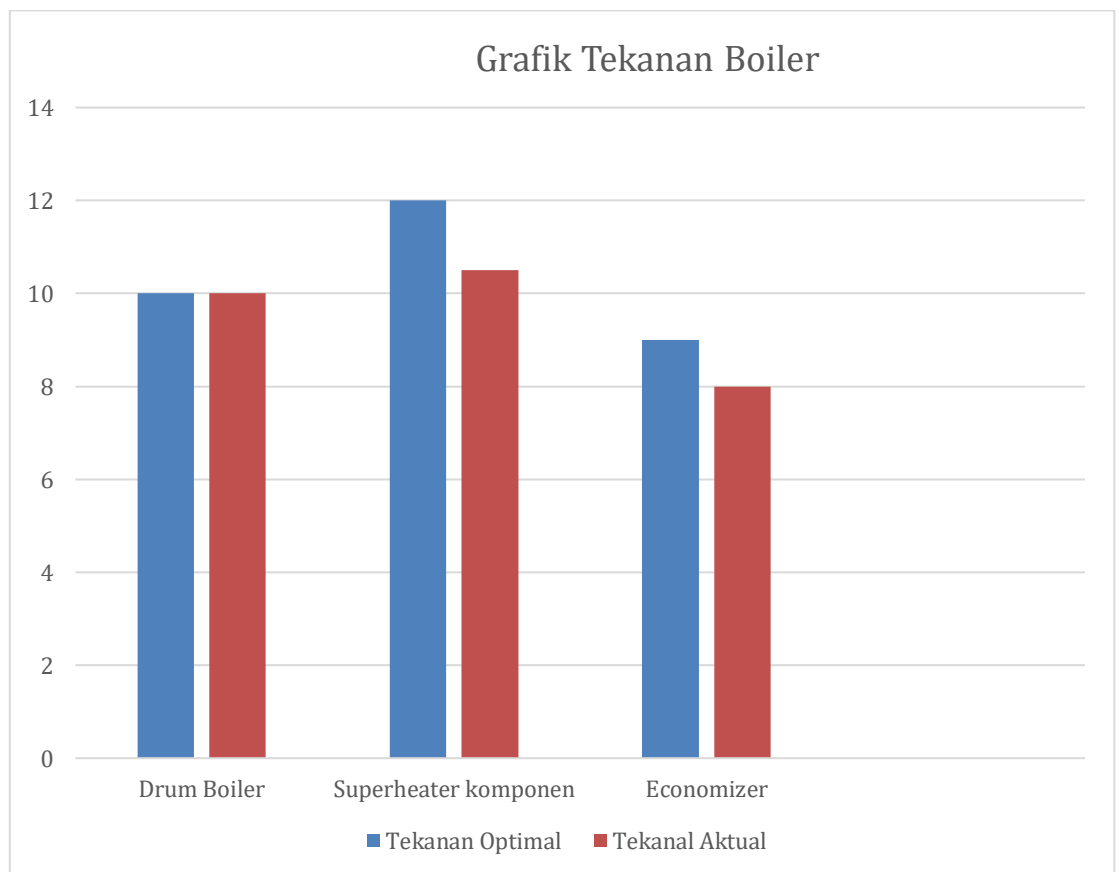
- [1] Galih Permana, and Sudiana. "Pengoperasian dan Perawatan Mesin *Boiler* Hoval" makalah-ojt Teknik Elektronika Institut Teknologi Nasional Yogyakarta. [accessed 12-Maret-2024]
- [2] Pelayer, Meijon, and Dikpride Despa. "Perhitungan Penghematan Energi Terhadap Rencana Pemasangan Automatic Blowdown Control System Pada HOKEN *Boiler*." *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung* 1.2 (2020): 22-27. [accessed : 13-Maret-2024]
- [3] Fajar Mangkay. "MAKALAH *BOILER*" Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh 2018. [accessed: 14-Maret-2024]
- [4] Idmboiler. (2019, March 26). Steam Boiler. PT.INDIRA MITRA BOILER <https://idmboiler.co.id/steam-boiler/>
- [5] Ilmuteknik (2023, December 13) ILMU BOILER : CARA MENGOPERASIKAN BOILER TIPE FIRE TUBE (PIPA API) <https://ilmuteknik.id/ilmu-boiler-cara-mengoperasikan-boiler-tipe-fire-tube-pipa-api/?amp=1>
- [6] Lawley, J. (2023, June 6). *The complete guide to boiler operation and maintenance*. WC Rouse & Son. <https://www.wcrouse.com/blog/the-complete-guide-to-boiler-operation-and-maintenance/>
- [7] Waela, S. (2016). 6 BAHAN BAKAR BOILER. *www.academia.edu*. https://www.academia.edu/29297517/6_BAHAN_BAKAR_BOILER?auto=download
- [8] Digital. (2023, April 18). *Pahami Kerusakan dan Perawatan pada Boiler - Indonesia Safety Center*. Indonesia Safety Center. <https://indonesiasafetycenter.org/pahami-kerusakan-dan-perawatan-pada-boiler/>

Lampiran 1 Tabel suhu

komponen	Suhu Optimal	Suhu Aktual	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4
Suhu Air Umpan	100°C -150°C	120°C	120,5°C	120,5°C	120°C	121°C
Suhu Ruang Bakar	700°C-900°C	780°C	780°C	780°C	781°C	780,5°C
Suhu Uap Superheater	200°C-540°C	520°C	520°C	520°C	520°C	520°C
Suhu Uap Drum Boiler	190 - 220	210°C	211°C	209°C	210°C	210°C

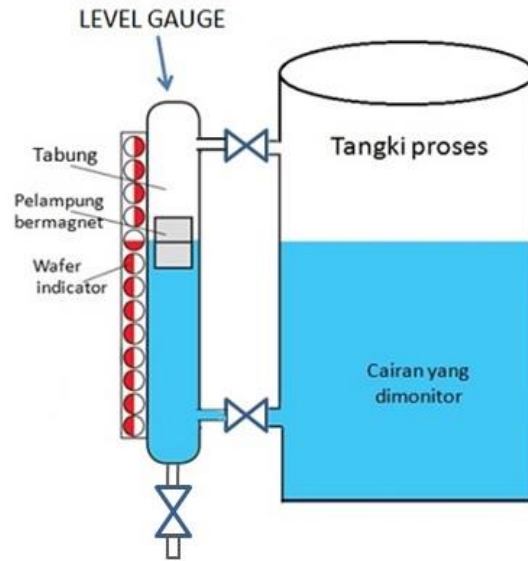
(Tabel 1 data suhu bulanan di PT.JMS)

Lampiran 2 Grafik Tekanan Boiler



Gambar 3 Grafik tekanan (Bar) boiler

Lampiran 3 Gambar gauge level



Gambar 4 Gauge level

Lampiran 4 Gambar TDS Meter



Gambar 5 TDS Meter

Lampiran 5 Tabel pH

Kondisi Air Boiler	Actual pH
Air Boiler Baru	10.5 pH
Air Boiler Jika Operasional Normal	10.5 pH
Air Boiler Kondisi Berat (misalnya, masalah korosi)	8.5 pH

(Tabel 2) Data ph