

Analisa Efektivitas Boiler Fire Tube Untuk Media Bahan Ajar Mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado

Meidy P.Y. Kawulur¹, Adriyan Warokka²

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Manado, 0431-811568, 95252, Indonesia

Email: ¹ meidykawulur@gmail.com

No. Hp: ¹ 085256560236

Abstrak

Pada penelitian ini penulis membuat Analisa Efektivitas Prototype Fire Tube Boiler untuk bahan ajar pada bidang pembelajaran "Konversi Energi" bagi mahasiswa jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado untuk memudahkan proses belajar mengajar sesuai dengan standar pendidikan vokasi. Penggunaan media pembelajaran akan sangat membantu efektifitas proses pembelajaran serta penyampaian pesan dan isi pelajaran sehingga dapat membantu mahasiswa meningkatkan pemahaman karena menyajikan informasi secara menarik, nyata dan terpercaya, dan juga merupakan mata kuliah yang tidak saja menjelaskan secara teori, tetapi juga menuntut agar kompetensi mahasiswa mencapai tingkatan praktis. Oleh karena itu, di butuhkan suatu bahan ajar yang di rancang dengan sempurna agar tujuan kompetensi mata kuliah tersebut dapat tercapai. Hal ini untuk mewujudkan Politeknik Negeri Manado sebagai salah satu Pendidikan vokasi di Sulawesi utara yang dengan sistem pendidikan tinggi yang diarahkan pada penguasaan keahlian terapan tertentu. Bila pola pembuatan bahan ajar tersebut di jadikan kebijakan baru, kualitas bahan ajar pendidikan vokasi di masa yang akan datang dapat di perkirakan akan semakin meningkat, hal ini dimungkinkan karena evaluasi bahan ajar dapat digunakan sebagai alat untuk mengambil kebijakan yang dapat mengevaluasi praktek dosen dan mahasiswa di masa yang akan datang. Dengan adanya 2 kali pengamatan pada Prototype Fire Tube Boiler ini temperature maksimal mencapai 200°C dengan tekanan maksimal 2 Bar dalam waktu 15 menit. Efisiensi Prototype Fire Tube Boiler ini memiliki nilai efisiensi 31,88%.

Kata Kunci – Analisa Efektivitas, Prototype Boiler Fire Tube, Bahan Ajar.

Effectiveness Analysis of Boiler Fire Tube Prototype for Media Teaching Materials for Mechanical Engineering Students of Manado State Polytechnic

Abstract

In this study the authors made an Effectiveness Analysis of the Fire Tube Boiler Prototype for teaching materials in the "Energy Conversion" learning field for students majoring in Mechanical Engineering of the Manado State Polytechnic to facilitate the teaching and learning process in accordance with vocational education standards. The use of learning media will greatly help the effectiveness of the learning process as well as the delivery of messages and lesson content so that it can help students improve understanding because it

presents information in an interesting, real and reliable manner, and is also a course that not only explains in theory, but also requires that students achieve competence. practical level. Therefore, we need a teaching material that is designed perfectly so that the competency objectives of the course can be achieved. This is to realize the Manado State Polytechnic as one of the vocational education institutions in North Sulawesi with a higher education system that is directed at mastering certain applied skills. If the pattern for making teaching materials is made into a new policy, the quality of teaching materials for vocational education in the future can be expected to increase even more. future date. With 2 observations on the Fire Tube Boiler Prototype, the maximum temperature reaches 200°C with a maximum pressure of 2 Bar within 15 minutes. The efficiency of this Fire Tube Boiler Prototype has an efficiency value of 31.88%.

Keywords – Effectiveness Analysis, Boiler Fire Tube Prototype, Teaching Materials.

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran menggunakan media pembelajaran akan sangat membantu efektivitas serta penyampaian pesan dan isi pelajaran sehingga dapat membantu mahasiswa meningkatkan pemahaman karena menyajikan informasi secara menarik, nyata dan terpercaya, dan juga merupakan mata kuliah yang tidak saja menjelaskan secara teori, tetapi juga menuntut agar kompetensi mahasiswa mencapai tingkatan praktis. Oleh karena itu, di butuhkan suatu bahan ajar yang di rancang dengan sempurna agar tujuan kompetensi mata kuliah tersebut dapat tercapai.

Bila pola pembuatan bahan ajar tersebut di jadikan kebijakan baru, kualitas bahan ajar pendidikan vokasi di masa yang akan datang dapat di perkirakan akan semaik meningkat, hal ini dimungkinkan karena evaluasi bahan ajar dapat digunakan sebagai alat untuk mengambil kebijakan yang dapat mengevaluasi praktek dosen dan mahasiswa di masa yang akan datang.

Boiler adalah suatu wadah atau wadah tertutup yang berisi fluida (umumnya air) yang dijaga dengan intensitas pembakaran hingga air tersebut tampak seperti air mendidih atau uap. Uap terkompresi kemudian digunakan untuk memindahkan intensitas ke suatu interaksi. Efektivitas boiler sebagai perbandingan panas sebenarnya yang di gunakan untuk memanaskan air dan pembentukan uap terhadap panas hasil pembakaran bahan bakar dan juga bagaimana kita menilai keefektivan dari sudut pandang caramengoperasikan, menganalisa temperatur dan tekanan yang aman untuk skala lab dan media bahan ajar untuk mahasiswa teknik mesin Politeknik Negeri Manado untuk mempermudah proses belajar mengajar. Boiler adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan uap untuk berbagai tujuan. Jenis asap air yang tidak henti-hentinya sangat dipengaruhi oleh tingkat efektivitas dari boiler itu sendiri. Pada mesin pemanas, jenis air yang digunakan harus didemineralisasi terlebih dahulu untuk mendisinfeksi air yang digunakan, sehingga penerapannya untuk membuat uap air dapat diperluas dengan baik. [1]

Boiler yang pipa-pipanya berisi sirkulasi air yang dipanaskan dengan api pada bagian luar pipanya disebut dengan boiler pipa air. Boiler pipa air mempunyai desain yang bertolak belakang dengan boiler pipa api. Boiler ini memutar air

melalui saluran pipa dengan sumber intensitas berasal dari ruang bakar (*heater*). Saluran-saluran yang berfungsi sebagai saluran penyebaran air-asap terletak di dalam penutup api ruang penyalaaan ke saluran-saluran gas panas yang timbul akibat pembakaran. Pada boiler pipa air masa kini dengan beban produksi yang besar, terdapat beberapa ruas pipa air yang dimaksudkan untuk dijadikan dinding ruang pengapian boiler. Pipa-pipa ini biasanya disebut sebagai dinding ruang bakar (*wall-tube*).

Prinsip Kerja: Proses pengapian terjadi di luar saluran, sehingga intensitasnya akan dikonsumsi oleh air yang mengalir di dalam saluran.

Desain boiler pipa air saat ini dilengkapi dengan pipa air yang dimaksudkan untuk menjadi dinding ruang bakar (*wall-tube*). Melalui pipa yang disebut *downcomer*, air dari steam drum mengalir ke pipa *header*, yang dihubungkan ke seluruh ujung bawah pipa *wall-tube*. *Steam drum* dihubungkan langsung ke ujung lain pipa dinding di bagian atas ruang bakar. Di segmen *wall-tube* inilah terjadi perubahan tahap dari air ke uap air. Sistem pipa air ini menghasilkan sirkulasi aliran air tertutup antara *steam drum-downcomer-wall-tube* dan kembali ke *steam drum*. Dari *steam drum* baru akan keluar asap air basah. Pada boiler *superheater*, uap air basah yang keluar dari *steam drum* selanjutnya akan dipanaskan hingga menjadi uap super panas (*superheated/dry steam*). [5]

Fire Tube Boiler

Terdiri dari tangki air yang dilubangi dan melewati pipa, dimana gas panas yang mengalir melalui tangki digunakan untuk menghangatkan air di dalam tangki. Uap yang dihasilkan dari air panas dapat digunakan untuk memanaskan air di ruang cuci atau kamar mandi. *Fire tube boiler* biasanya digunakan untuk batas uap yang umumnya kecil dengan tekanan uap rendah hingga sedang. Untuk kecepatan steam hingga 12.000 kg/jam dan tekanan hingga 18 kg/cm², *fire tube boiler* sangat kompetitif. *Fire tube boiler* dapat memanfaatkan bahan bakar minyak atau gas dalam aktivitasnya.

Fire tube boiler ini beroperasi dengan prinsip bahwa gas panas hasil pembakaran dialirkan melalui pipa yang dikelilingi air untuk memanaskan air boiler melalui konduksi panas sehingga menghasilkan uap panas. Uap yang dihasilkan oleh boiler pipa air ini memiliki regangan dan batas yang rendah. Prinsip kerja dari boiler pipa air ini adalah air dialirkan melalui saluran kemudian saluran tersebut dihangatkan dengan cara dibakar dengan api sehingga air tersebut berubah menjadi uap air. Uap yang dihasilkan oleh boiler pipa air ini memiliki regangan dan batas yang lebih tinggi. [3]

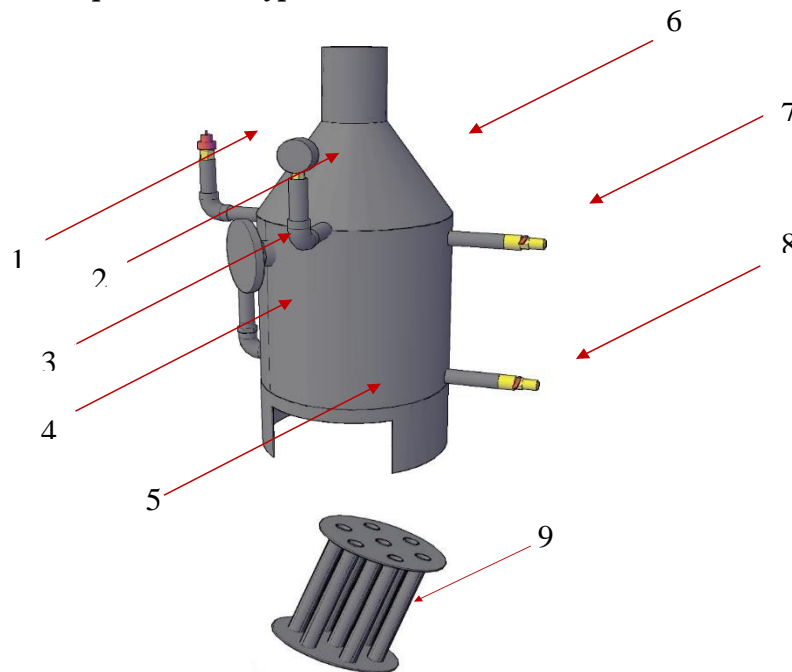
Kelebihan dan kekurangan Boiler Water dan Fire Tube

Fire tube boiler dan *boiler water* masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari *fire tube boiler* adalah sistem pemanasannya yang mudah dan cepat serta tidak memerlukan pengaturan yang khusus, proses pembuatannya lebih murah karena harga boiler jenis ini lebih murah dibandingkan dengan *boiler water*, bentuknya lebih kecil dan kompak, serta tidak memerlukan ruangan yang luas untuk boiler 1 HP. Namun *fire tube boiler* mempunyai beberapa kelemahan antara lain tekanan operasi steam yang dibatasi pada tekanan rendah

yaitu 18 bar, kapasitas steam yang relatif kecil (hanya 13,5 TPH) dibandingkan dengan *boiler water*, dan sulitnya mengakses lokasi pembakaran untuk membersihkan, memperbaiki, dan mengevaluasi kondisi dan efisiensinya rendah karena banyak energi intensitas yang terbuang langsung ke dalam tumpukan. [2]

Dilihat dari tegangan yang ditimbulkan, boiler dibedakan menjadi 2 macam, yaitu boiler tegangan rendah (*Low Pressure*) dan boiler tegangan tinggi (*High Pressure*). *Boiler Low Pressure* mempunyai tekanan uap kerja di bawah 15 psig atau menghasilkan panas dengan tekanan di bawah 160 psig atau suhu di bawah 2500F. *Boiler High Pressure* mempunyai tekanan uap kerja lebih dari 15 psig atau menghasilkan air panas dengan tegangan lebih dari 160 psig atau suhu di atas 2500F. Dilihat dari aliran airnya, boiler dibedakan menjadi 2, yaitu boiler diseminasi reguler dan boiler aliran terbatas. [4]

Gambar dan komponen Prototype Fire Tube Boiler



Gambar 1. Gambar dan komponen Prototype Fire Tube Boiler

Keterangan:

1. *Safety Valve*
2. *Manometer (Pressure Gauge)*
3. *Thermometer*
4. *Gelas Penduga*
5. *Furnance*
6. *Cerobong*
7. *Steam Valve*
8. *Blowdown Valve*
9. *Pipa Api*

Temperature Gauge (Thermometer)

Alat ukur suhu merupakan alat yang paling umum digunakan pada peralatan industri, selain *Pressure Gauge*. Pengecekan suhu diperlukan agar siklus dapat berjalan dengan sebenarnya dan mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan. Alat penduga suhu mempunyai berbagai jenis dengan metode pendugaan yang berbeda-beda dan masing-masing mempunyai keunikan tersendiri. Pemeriksaan Suhu disebut juga termometer, memperkirakan suhu atau kemiringan suhu. Perangkat ini menunjukkan suhu dalam jangkauan tertentu, menggunakan penunjuk dan angka yang diatur di sekelilingnya. Dapat diakses dalam berbagai ukuran dial atau lebar kaca dengan tipe koneksi berbeda. Ini termasuk *center back*, *bottom* dan *adjustable angle*.

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Agar pelaksanaan teratasi dengan baik dan sistematis, maka disusun tahapan tahapan dalam pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. Melakukan pembicaraan kepada Dosen Pembimbing untuk mengetahui isi skripsi yang akan di buat dan kepada peneliti juga harus menempuh konfirmasi ilmiah melalui jurnal dan referensi pendukung ilmiah.
2. Tahap kerja lapangan. Dalam hal ini peneliti melakukan pembelian alat alat dan bahan yang akan dilakukan dalam penelitian.

Adapun metode penelitian yang digunakan adalah:

- i. Metode Observasi: Merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan data yang didapat langsung dari objek yang diteliti sehingga mendapat data yang diperlukan.
- ii. Riset Pustaka: Pengumpulan data yang didapatkan dari beberapa referensi buku di berbagai tempat dan sumber sumber yang ada kaitannya dengan objek yang diteliti.

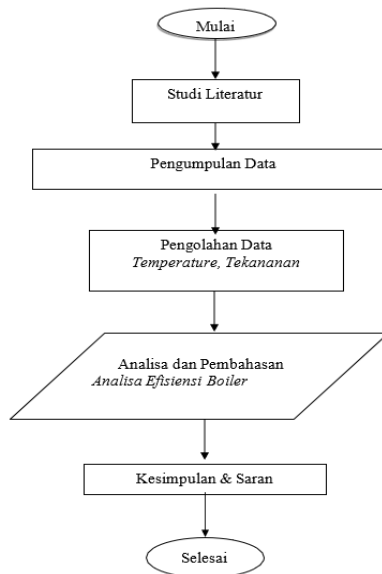
Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan:

1. Menganalisa bentuk diagram dan grafik dari *Prototype Fire Tube Boiler* berdasarkan sistem kerja alat yang akan digunakan.
2. Melakukan penelitian terhadap *Steam* (Uap) yang dihasilkan.
3. Pengumpulan data yang sudah didapatkan kemudian diolah dan dianalisa dengan mengacu pada dasar teori dan tujuan penelitian.

Persiapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah melingkupi proses pengumpulan data dan analisa dari perancangan boiler fire tube yang akan di miniaturkan atau dalam bentuk prototype, selanjutnya menganalisis efisiensi dan keamanan alat tersebut guna menjadi media bahan ajar bagi mahasiswa. Selanjutnya mempersiapkan alat dan bahan untuk merancang alat *Prototype Boiler Fire Tube* di lab Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado, serta mengambil data analisis serta kesimpulan.

Bagan Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Cara mengoperasikan Prototype Boiler Fire Tube

Berikut ini adalah cara mengoperasikan *Prototype Boiler Fire Tube*:

1. Isi air ke dalam *Prototype Boiler Fire Tube* sebanyak 6 liter



Gambar 2. air ke dalam *Prototype Boiler Fire Tube* sebanyak 6 liter

2. Atur posisi *Prototype Boiler Fire Tube* di luar ruangan untuk menjalankan star awal.



Gambar 3. Atur posisi *Prototype Boiler Fire Tube* di luar ruangan

3. Mengisi bahan bakar kedalam tanki minyak, buka katup tanki minyak agar minyak mengalir ke Burner.



Gambar 4. Mengisi bahan bakar kedalam tanki minyak

4. Nyalakan api dengan cara meletakkan kertas yang sudah dilumuri bahan bakar ke dalam *burner* dan nyalakan api.



Gambar 5. Kertas yang sudah di lumuri bahan bakar ke dalam burner dan nyalakan api.

5. Nyalakan blower untuk menstabilkan api yang ada di *Burner*



Gambar 6. Blower untuk menstabilkan api yang ada di Burner

6. Masukkan burner ke dalam *furnance* (ruang bakar) atau dapur boiler dan tunggu proses air dididihkan



Gambar 7. Proses air dididihkan

7. Setelah beberapa menit air di didihkan maka jarum dari thermometer dan manometer akan bergerak sesuai temperature dan tekanan di dalam prototype boiler



Gambar 8. Air di didihkan maka jarum dari thermometer dan manometer akan bergerak

8. Hasil akhir tekanan yang didapat 2 bar.



Gambar 9. Hasil akhir yang didapat 2 bar

Pengambilan Data

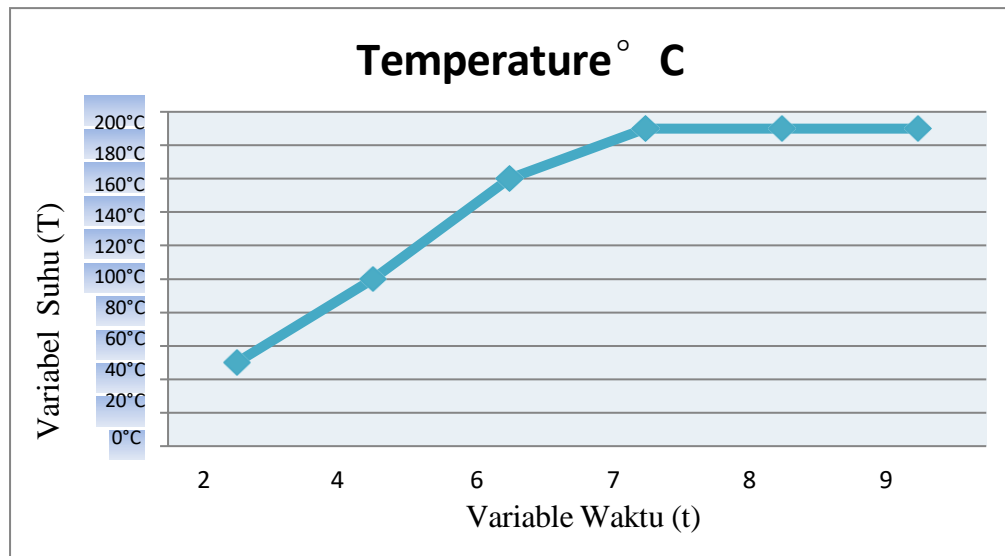
Berdasarkan hasil pengamatan atau pengujian alat di lakukan dalam 2 kali pengamatan. Berdasarkan hasil pengamatan dapat di ketahui Temperature dan Tekanan di dalam *Prototype Boiler Fire Tube* dan lamanya waktu yang optimal untuk menjalankan Boiler Tersebut. Pengamatan dan pencatatan di lakukan pada variable pertama di lakukan dalam waktu 9 menit dan di akumulasikan setiap 2 menit data yang di ambil adalah temperature dan tekanan yang di lihat dari Thermometer dan Manometer, dan variable kedua di lakukan dalam waktu 15 menit. Berikut ini adalah pengamatan dari dua variable tersebut:

Tabel 1. Pengambilan data pertama

Waktu	Temperature°C	Tekanan(Bar)
2 Menit	50°	0.1 bar
4 menit	100°	0.15 bar
6 menit	160°	0.25 bar
7 menit	190°	0,45 bar
8 menit	190°	1 bar
9 menit	190°	2 bar

Dari Tabel 1 ini menunjukan hasil yang di dapat pada proses pengamatan temperature dan tekanan setiap 2 menit hingga ke menit 9.

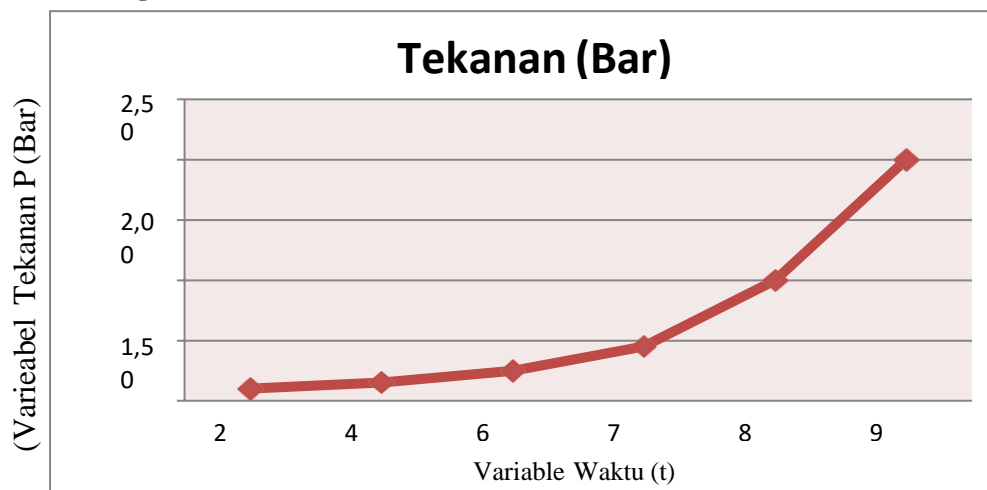
Grafik hubungan antara waktu dan temperature



Gambar 10. Grafik hubungan antara waktu dan temperature

Pada gambar grafik 10, menunjukkan adanya peningkatan pada temperature di dalam *prototype boiler firetube* setiap 2 menit sejak burner atau api dinyalakan dan mencapai batas maksimal pada temperature 190° di menit ke 9.

Grafik hubungan antara waktu dan tekanan



Gambar 11. Grafik Hubungan antara waktu dan tekanan

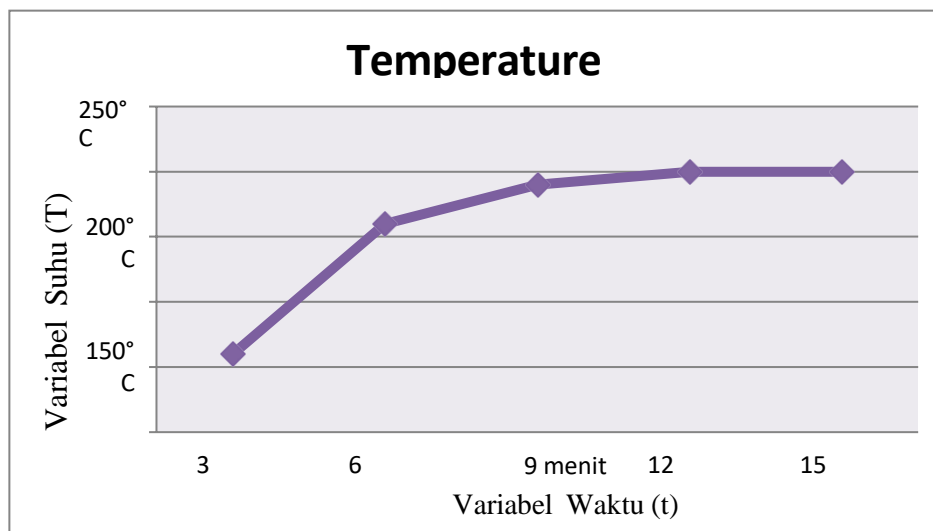
Pada gambar grafik 11, menunjukkan adanya peningkatan pada tekanan di dalam *prototype boiler fire tube* sejak menit ke 6 pada saat burner atau api di panaskan, dan pada menit ke 6 jarum pada manometer bergerak ke 0,45 bar dan setiap 1 menit naik hingga menit ke 9 menjadi 2 bar.

Tabel 2. Pengambilan Data kedua

Waktu	Temperature°C	Tekanan(Bar)
3 menit	60°	0,15 bar
6 menit	160°	0.45 bar
9 menit	190°	1 bar
12 menit	200°	2 bar
15 menit	200°	2 bar

Dari tabel 2, ini menambahkan waktu pengoprasian hingga 15 menit menunjukkan hasil yang di dapat pada proses pengamatan temperature dan tekanan setiap 3 menit.

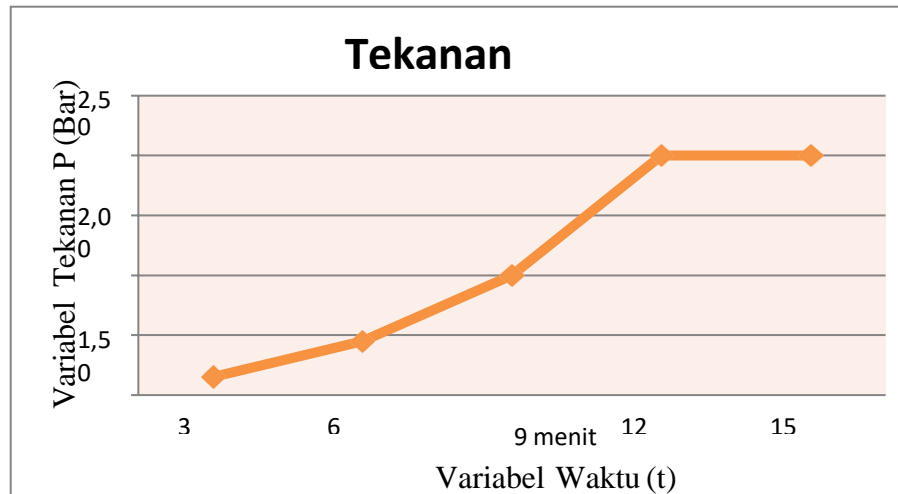
Grafik hubungan antara waktu dan temperature (2)



Gambar 12. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (2)

Pada gambar grafik 12, menunjukkan adanya peningkatan pada temperature di dalam prototype boiler fire tube setiap 3 menit sejak di operasikan dan mencapai batas maksimal pada temperature 200° di menit ke 15.

Grafik hubungan antara waktu dan tekanan



Gambar 13. Grafik hubungan antara waktu dan tekanan

Pada gambar grafik 13, menunjukkan adanya peningkatan pada tekanan di dalam prototype boiler fire tube sejak menit ke 3 sejak boiler dioperasikan, dan pada menit ke 6 jarum pada manometer bergerak ke 0,15 bar dan setiap 3 menit naik hingga menit ke 15 menjadi 2 bar.

Perhitungan efisiensi boiler dengan metode langsung

Ada dua teknik yang dikenal untuk menerapkan ramah lingkungan pada boiler, khususnya metode langsung dan metode tidak langsung. Metode langsung atau disebut teknik *infoyield* dilakukan dengan cara melihat secara langsung intensitas energi yang dikonsumsi oleh air sehingga berubah menjadi uap air (*yield energy*), dengan intensitas energi yang dihasilkan dengan mengkonsumsi bahan bakar pada ruang bakar boiler (energi masukan).

Produktivitas boiler dinyatakan sebagai proporsi dari intensitas sebenarnya yang digunakan untuk memanaskan air dan produksi uap terhadap intensitas yang timbul karena konsumsi bahan bakar di dapur. Untuk mengetahui kinerja sebuah boiler, menyadari efisiensinya saja tidak cukup. Dengan mengetahui keefektifan boiler, kita dapat menyatakan bahwa pemanas yang diuji masih dapat berfungsi dengan baik atau tidak, atau dapat juga dikatakan dengan asumsi boiler sudah berkurang efisiensinya, maka masih dalam batas wajar atau tidak. Jadi jelas produktivitas hanya menunjukkan kemampuan menahan panas dari benda-benda yang menyala.

Perhitungan metode langsung dapat dengan mudah dinyatakan sebagai berikut:

$$\eta \text{ boiler} = \frac{Q \times (h_g - h_f)}{Q \times \text{GCV}} \times 100\%$$

Keterangan:

Q = Jumlah hasil steam (kg/jam).

q = Jumlah konsumsi bahan bakar (kg/jam). hg = Enthalpy steam jenuh (kkal/kg).

hf = Enthalpy air umpan (kkal/kg).

GCV = Nilai panas kotor bahan bakar (kkal/kg) (Unep 2006).

Perhitungan berdasarkan dengan rumus perancangan

Diketahui:

Q = 514.92(kg/jam). q = 1,32 kg/jam

hg= 2793.2kkal/kg hf = 852,45 kkal/kg GCV = 8172.1

Penyelesaian :

$$\eta \text{ boiler} = \frac{514,92 \text{ kg/jam} \times 1940,73 \text{ kkal/kg}}{1,32 \text{ kg/jam} \times 8172,1 \text{ kkal/kg}} \times 100\% = 92,64\%$$

Perhitungan ini diambil berdasarkan data yang di ambil dari rumus perancangan, tabel uap dan nilai panas kalor bahan bakar. Hasil yang di dapatkan 92,64%.

Perhitungan berdasarkan dengan data yang di ambil dari Prototype Boiler Fire Tube

Diketahui:

Q = 171,64(kg/jam). q = 1,32 kg/jam

hg= 2793.2kkal/kg hf = 852,45 kkal/kg GCV = 8172.1

Penyelesaian :

$$\eta \text{ boiler} = \frac{171,64 \text{ kg/jam} \times 1940,73 \text{ kkal/kg}}{1,32 \text{ kg/jam} \times 8172,1 \text{ kkal/kg}} \times 100\% = 31,88 \%$$

Perhitungan ini diambil berdasarkan data pengujian yang di ambil dari *Prototype Boiler Fire Tube* nilai efisiensi dari pengolahan data ini 31,88.

Dimensi Boiler

rb = Radius badan boiler=125mm

rt = Radius pipa api= 15mm

rd = Radius dapur= 125 mm

Lb = Luas alasbadan boiler = 49062 mm²

Lt = Luas alas pipa api = 706,5mm²

tta = Tinggi air pengisian terhadap pipa api = 200 mm

tba = Tinggi air pengisian terhadap badan boiler = 300 mm

td = Tinggi dapur =100 mm

Volume Badan Boiler

$$\begin{aligned} V_{\text{Badan boiler}} &= Lb \times tba \\ &= 14718600 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Volume Pipa Api

$$\begin{aligned} V_{\text{Pipa api}} &= Lt \times tta \\ &= 141200 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Volume Pipa Api Total

$$\begin{aligned} V_{\text{Pipa api (total)}} &= V_{\text{txjumlahpipaapi}} \\ &= 988400 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Volume Dapur

$$\begin{aligned} V_{\text{dapur}} &= Ld \times ttd \\ &= 4906200 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Volume Air

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= V_{\text{Badan boiler}} - (V_{\text{Pipa api (total)}} + V_{\text{Dapur}}) \\ &= 8824000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Massa air pengisian

$$M_{\text{air (Newton)}} = V_{\text{air}} \times \rho_{\text{air}} = 88,24 \text{ N}$$

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah di dapat dari pengujian peneliti yang telah dilakukan maka dapat di simpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Efisiensi Prototype Boiler Fire Tube ini memiliki nilai efisiensi 31,88%.
2. Dengan adanya 2 kali pengamatan pada *Prototype Fire Tube Boiler* ini temperature maksimal mencapai 200°C dengan tekanan maksimal 2 Bar dalam waktu 15 menit.
3. *Prototype Fire Tube Boiler* ini hanya memiliki kapasitas tekanan maksimal 2 bar dan temperature maksimal 200°C karena di buat dengan skal lab untuk media bahan ajar mahasiswa.
4. Air yang di masukan ke dalam steam drum *Prototype Fire Tube Boiler* ini 6 Liter dan bahan bakar yang di gunakan minyak kelapa 0,5 Liter selama 15 menit.
5. Efektivitas adalah bagaimana kita menilai keefektivan dari sudut pandang cara mengoperasikan, menganalisa temperatur dan tekanan yang aman untuk skala lab dan media bahan ajar untuk mahasiswa teknik mesin Politeknik Negeri Manado untuk mempermudah proses belajar mengajar.

SARAN

- I. Katup pengaman dari *Prototype Fire Tube Boiler* ini harus sering diganti dan kualitas yang baik mencegah agar tidak ada Uap/Steam yang keluar dari Boiler supaya alat ukur Thermometer dan Manometer yang di gunakan bias lebih akurat.
- II. Bagi mahasiswa yang akan menggunakan *Prototype Fire Tube Boiler* ini agar menggunakan Alat Keselamatan kerja dan memperhatikan dengan baik cara mengoperasikannya

REFERENSI

- [1] Akbar, R., Sukandi,A., & Rasyid,M.K.2019. *Perancangan boiler untuk proses Sterilisasi.Jurnal Teknik Mesin ITI.*
- [2] Agus Sugiharto,2016. *Tinjauan Pengoprasian boiler.*
- [3] Dwi Ardiyanto Effendy,2013, *Rancang Bangun Boiler untuk proses pemanasansystem uap pada industry.*
- [4] Energy Efficiency Asia.2017. *Energy efficiency guide for industry in asia*
Sudarman, Suwahyo, Sunyot, 2015. *Penerapan Ketel Uap (Steam Boiler).*
- [5] Sugiharto,A. (2012). *Perhitungan Efisiensi boiler dengan metode secara langsung pada boiler pipa api.*