

**Analisis Pengaruh Uap Boiler Pipa Api Kapasitas 6 Ton  
Pada Proses Produksi V-Belt di PT Bando Indonesia**

*Analysis of the Effect of 6 Ton Capacity Fire Pipe Boiler Steam  
on the V-Belt Production Process In PT Bando Indonesia*

**Mohammad Haikal<sup>1</sup>, Ing. Reza Setiawan<sup>2</sup>**

<sup>12</sup>Univeritas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

1810631150061@student.unsika.ac.id, reza.setiawan@staff.unsika.ac.id

**Abstrak**

Perkembangan dunia industri saat ini mengalami kemajuan dari segi teknologi. Berbagai kebutuhan penting untuk menunjang kehidupan manusia terus dipacu dalam dunia industri guna menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat luas. Berbagai produk olahan industri seperti sandang, listrik, makanan, obat-obatan, alat telekomunikasi, hingga kendaraan untuk mobilitas membutuhkan komponen uap. Uap tersebut dapat diperoleh dari sistem pembakaran yang terjadi pada suatu alat mesin yang disebut boiler. Boiler adalah bejana tertutup tempat panas pembakaran dipindahkan ke air hingga terbentuk air panas atau uap (UNEP, 2016). Media pembakaran di boiler bisa menggunakan gas atau batu bara. Uap hasil pembakaran di dalam boiler dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan fasilitas industri, seperti pembangkit listrik di PLTU dan mesin penunjang industri otomotif. Dalam industri otomotif, steam boiler berperan penting sebagai pemanas media olahan karet, seperti ban kendaraan atau v-belt yang terdapat pada mesin kendaraan bermotor. Mengingat banyaknya peranan boiler steam dalam dunia industri, khususnya industri otomotif yang bahan bakunya menggunakan karet, maka diperlukan analisis kebutuhan yang lebih mendalam terkait pengaruh steam boiler tersebut.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh uap boiler pipa api kapasitas 6 ton pada proses produksi v-belt dan efisiensi dari proses produksi tersebut. Adapun kesimpulan yang didapatkan yaitu boiler berjenis pipa api berkapasitas 6 ton menghasilkan tekanan uap rata-rata sebesar 11,8 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian, dilakukan pengujian selama 3 jam menggunakan bahan bakar solar untuk memanaskan boiler sehingga menghasilkan jumlah uap sejumlah 3,090 kg/jam dengan persentase efisiensi dari nilai pembakaran terendah sebesar 86,2% dan efisiensi dari nilai pembakaran terendah sebesar 80,8%.

**Kata kunci:** Boiler, Termodinamika, V-Belt

### Abstract

The development of the world's industry is currently experiencing progress in terms of technology. Various important needs to support human life continue to be driven by the industrial world in order to produce products that can be utilized by the wider community. Various processed industrial products such as clothing, electricity, food, medicines, telecommunications equipment, and vehicles for mobility require steam components. The steam can be obtained from the combustion system that occurs in a machine tool called a boiler. A boiler is a closed vessel where the heat of combustion is transferred to the air to form hot air or steam (UNEP, 2016). The combustion medium in the boiler can be gas or coal. Steam from combustion in the boiler can be used for various needs of industrial facilities, such as power plants at PLTUs and supporting machines for the automotive industry. In the automotive industry, steam boilers play an important role as heating media for processed rubber, such as vehicle tires or v-belts found in motorized vehicle engines. Given the many roles of steam boilers in the industrial world, especially in the automotive industry, where raw materials use rubber, a more in-depth analysis is needed regarding the influence of the steam boiler.

The aim of this study was to determine the effect of a fire tube steam boiler with a capacity of 6 tons on the v-belt production process and the efficiency of the production process. The conclusion obtained is that the fire tube-type boiler with a capacity of 6 tons produces an average steam pressure of 11.8 kg/cm<sup>2</sup>. The boiler was then tested for 3 hours using diesel fuel to heat the boiler so as to produce a total amount of steam of 3,090 kg/hour with a proportion of efficiency from the lowest combustion value of 86.2% and efficiency from the lowest combustion value of 80.8%.

**Keywords :** Boiler, Thermodynamics, V-Belt

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dalam dunia industri pada masa kini semakin meningkat, hal itu terlihat dari tingkat kebutuhan masyarakat semakin tinggi. Salah satunya yaitu pasar V-belt yang semakin meningkat. Dilansir oleh Technavio bahwa pasar V-belt diperkirakan akan mencapai USD 2,30 Miliar pada tahun 2021 dan CAGR meningkat lebih dari 4%. Adapun segmen dari v-belt yaitu sektor mesin industri, otomotif, pertanian, pertambangan dan *material handling*.

V-belt adalah salah satu transmisi penghubung yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Dalam penggunaannya v-belt dibelitkan mengelilingi alur puli yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang membelit pada puli akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar (Sularso, 1991). V-belt terbuat dari karet dengan inti tenunan tetoron atau semacamnya dan mempunyai penampang trapesium, v-belt dibelitkan di sekeliling alur puli yang membentuk V pula. Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karna pengaruh bentuk gaji yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah, hal ini merupakan salah satu keunggulan v-belt bekerja lebih halus dan tidak bersuara.



Gambar 1 V-BELT

Fungsi dari v-belt yaitu digunakan sebagai transmisi daya dari suatu poros ke poros yang lainnya melalui sebuah pulley yang berputar karena adanya sumber daya tertentu, dengan kecepatan putar yang sama ataupun berbeda bergantung pada rasio perbandingan kedua buah puli. Sabuk-V banyak digunakan karena sabuk-V sangat mudah dalam penanganannya dan murah harganya. Selain itu sabuk-V juga memiliki keunggulan lain di mana sabuk-V akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah serta jika dibandingkan dengan transmisi roda gigi dan rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Sabuk-V selain juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan transmisi-transmisi yang lain, sabuk-V juga memiliki kelemahan di mana sabuk-V dapat memungkinkan untuk terjadinya slip.

### Jenis-Jenis V-Belt

V-belt memiliki jenis-jenis yang disesuaikan kepada kondisi pemakaian pada suatu kendaraan. Adapun jenis-jenis v-belt adalah sebagai berikut:

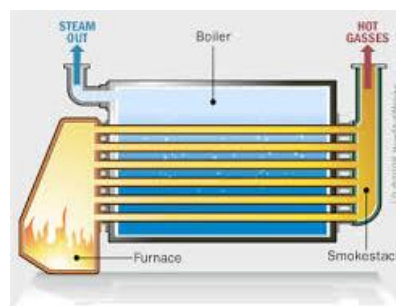
1. Raw Edge V-Belt
2. Variable Speed Belt
3. Timing Belt
4. V-Ribbed Belt

### Pengertian Boiler

Boiler atau ketel uap adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam (UNEP, 2016). Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Media bahan bakar untuk boiler pun beragam, yakni batubara, minyak bumi, gas, nuklir, dan biomassa. Dalam dunia industri, jenis boiler yang biasa digunakan untuk menunjang proses produksi ialah boiler pipa api (fire tube boiler) dan boiler pipa air (water tube boiler).

Boiler merupakan komponen terpenting dalam dunia pembangkit listrik maupun dunia industri dan menjadi bagian terpenting dari penemuan mesin uap yang merupakan pemicu lahirnya revolusi industri. Pada PT. Bando Indonesia, boiler tidak dipakai sebagai perangkat pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk pabrik tersebut melainkan boiler berfungsi sebagai perangkat pendukung proses produksi suatu v-belt yang membutuhkan uap dari hasil proses pembakaran didalam bejana boiler. Hal tersebut menghasilkan korelasi antara boiler dengan produksi v-belt.

### Prinsip Kerja Boiler



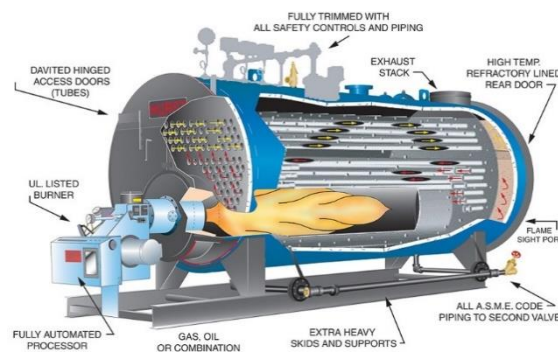
Gambar 2 Prinsip kerja Boiler

Boiler atau ketel uap adalah suatu perangkat mesin yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap. Proses perubahan air menjadi uap terjadi dengan memanaskan air yang berada didalam pipa-pipa dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran bahan bakar. Pembakaran dilakukan secara kontinyu didalam ruang bakar dengan mengalirkan bahan bakar dan udara dari luar.

Uap yang dihasilkan oleh boiler merupakan berjenis uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan bejana boiler, laju aliran panas, serta panas pembakaran dari bahan bakar yang diberikan. Untuk mempercepat proses pembakaran di ruang bakar dipasang pula berbagai komponen yang berfungsi meningkatkan temperatur dan tekanan uap, yaitu dengan menambahkan economizer, superheater, dan reheater. Dengan menambahkan salah satu dari komponen tersebut menghasilkan efisiensi boiler yang lebih tinggi.

Boiler juga memiliki prinsip kerja perpindahan panas, mulai dari radiasi, konveksi, dan konduksi. Radiasi yang terjadi pada boiler saat pipa-pipa air secara tidak langsung terkena sumber panas. Konveksi yang terjadi pada boiler dimana saat air umpan yang dipompa masuk kedalam boiler bercampur dengan air panas yang terdapat didalam bejana ruang bakar. Konduksi pada boiler terjadi bilamana pangkal pipa dipanaskan maka seluruh bagian pipa akan panas, hal tersebut akan membuat air mendidih

## Komponen Boiler



**Gambar 3** Komponen-komponen Boiler

Komponen boiler berjenis pipa api (fire tube) yang terdapat di PT. Bando Indonesia yaitu:

**a. Bejana**

Bejana boiler berfungsi sebagai ruang pembakaran. Didalam bejana tersebut terjadi pertemuan antara air dari feedwater pump dengan pipa api disepanjang dalam bejana sehingga terjadi proses uap. Proses pembakaran pada boiler tersebut terjadi secara semi-otomatis yang dioperasikan melalui panel. Boiler yang terdapat pada PT. Bando Indonesia berkapasitas 6 ton dengan merk Tajjune.

**b. Burner**

Burner berfungsi untuk menyemburkan bahan bakar gas ataupun minyak bumi kedalam boiler melalui pipa-pipa api. Merk yang digunakan adalah Weishaupt tipe RGL 11/1-D.

**c. Header**

Header merupakan komponen katup pendistribusian yang berfungsi mengumpulkan uap hasil pembakaran boiler yang didistribusikan untuk mesin proses produksi v-belt. Bilamana uap didalam header sudah penuh dapat dilihat dari barometer header dan uap dibuang ke lingkungan.

**d. Economizer**

Pipa air yang dipompa oleh feedwater pump dialirkan dan dipanaskan terlebih dahulu pada economizer. Air dalam pipa akan bersinggungan dengan uap panas yang keluar dari boiler sehingga suhu air akan naik. Hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi boiler.

**e. Pompa Air Umpan (Feedwater Pump)**

Pompa air umpan (feedwater pump) bertujuan untuk memompa air dari tangki air umpan (feedwater tank) kedalam boiler melalui pipa. Merk pompa yang digunakan oleh PT. Bando Indonesia adalah Grundfos tipe CC122B.

**f. Tangki Air Pengumpan**

Tangki air umpan berfungsi sebagai penyimpan air untuk kebutuhan uap boiler yang dipompa melalui feedwater pump. Air pada tangki tersebut mengandung garam yang berpengaruh untuk pH air didalam boiler dan uap yang dihasilkan boiler. Air pada tangki tersebut dialirkan dari softener melalui pipa. Suhu air dalam tangki tersebut hangat dikarenakan terdapat pipa uap jenuh hasil sisa pembuangan proses produksi v-belt yang menuju cerobong pembuangan.

**g. Katup Blow Down**

Katup blow down berfungsi untuk membuang sedikit air didalam boiler agar tidak terdapat kerak-kerak yang dapat merusak dinding bejana boiler. Biasanya aktivitas blow down dilakukan 3 kali dalam sehari untuk memastikan air didalamnya tidak ternodai kerak. Air yang dikeluarkan saat proses blow down sudah berbentuk uap jenuh yang dibuang ke cerobong.

**h. Cairan Treatment**

Cairan treatment merupakan cairan Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) merk Hilco yang dicampur bersama air setelah dipompa kedalam boiler dengan kadar 30-50 ppm yang berfungsi untuk menaikkan pH air didalam boiler dengan perbandingan 1:1. Cairan tersebut dialirkan ke pipa air dari pompa air pengumpan secara otomatis dengan sensor indicator

**i. Safety Valve**

Safety valve berfungsi bilamana kadar air sudah melebihi ambang batas maksimal pada bejana. Hal tersebut bertujuan untuk menstabilkan produksi uap saat pembakaran sehingga tidak terjadi kelebihan tekanan untuk kebutuhan proses produksi v-belt. Maka dari itu dibutuhkan aktivitas blow down untuk menstabilkannya.

**j. Dust Collector**

Bagian ini berfungsi untuk menangkap atau mengumpulkan abu yang berada pada aliran pembakaran hingga debu yang terikut dalam gas buang. Keuntungan menggunakan alat ini adalah gas hasil pembakaran yang dibuang ke udara bebas dari kandungan debu. Alasannya tidak lain karena debu dapat mencemari udara di lingkungan sekitar, serta bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan pada alat akibat adanya gesekan abu maupun pasir.

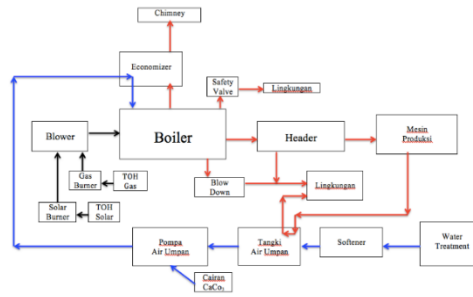
**k. Gelas Penduga**

Gelas penduga dipasang pada bejana boiler bagian atas yang berfungsi untuk mengetahui ketinggian air di dalam bejana. Tujuannya adalah untuk memudahkan pengontrolan ketinggian air dalam ketel selama boiler sedang beroperasi. Gelas penduga ini harus dicuci secara berkala untuk menghindari terjadinya penyumbatan yang membuat level air tidak dapat dibaca.

**Siklus Uap**

Siklus uap pada PT. Bando Indonesia uap yang dihasilkan oleh boiler dialirkan ke berbagai mesin yang mengubah bahan baku karet menjadi v-belt. Mesin yang digunakan dalam proses produksi v-belt yaitu mesin banbury, mesin press dan mesin curing.

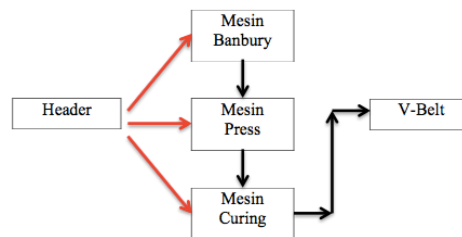
Dari berbagai komponen boiler yang telah disebutkan sebelumnya, dapat digambarkan siklus produksi uap guna memenuhi kebutuhan proses produksi v-belt di PT. Bando Indonesia adalah sebagai berikut:



Gambar 4 Siklus Uap PT Bando Indonesia

Adapun makna warna dalam gambar diatas, yaitu:

- Biru bermakna air yang masih berfasa cair dengan temperatur dibawah 50°C.
- Merah bermakna air yang sudah berubah menjadi uap karena hasil dari pembakaran dan memiliki temperatur diatas 50°C.
- Hitam merupakan arah aliran kinerja suatu perangkat.

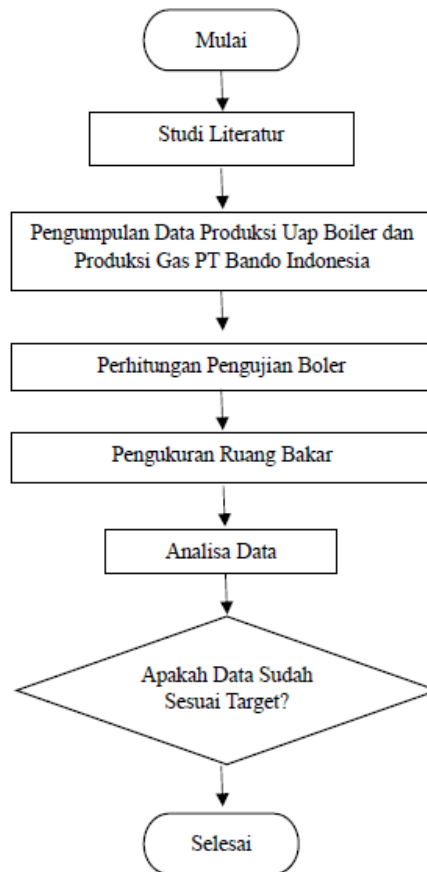


Gambar 4 Laju Aliran Uap

Adapun makna warna dalam gambar tersebut, yaitu:

- Merah bermakna laju aliran uap.
- Hitam bermakna proses produksi v-belt.

2. METODE



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Adapun metode yang digunakan yaitu melakukan simulasi boiler selama 3 jam untuk mengetahui pengaruh uap pada boiler pipa api dan efisiensi kerja yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data produktivitas Boiler Pada bagian ini penulis mencantumkan data produksi uap boiler serta data produksi gas sebagai bahan bakar yang dipakai untuk memasak air didalam boiler yang terdapat di PT. Bando Indonesia. Acuan data tersebut dilaksanakan selama tanggal 1 Desember 2021 hingga tanggal 21 Desember 2021. Berikut datanya.:

Tabel 1 Produksi Uap Boiler

Produksi Uap	Kapasitas Operasional (Ton/Jam)	Tekanan rata-rata (Kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatur rata-rata (°C)	Total Heat (K Cal/Kg)
Boiler 1	6 Ton	11,8	210	539
Boiler 2	6 Ton	11,8	210	539
Boiler 3	6 Ton	11,8	210	539

Perhitungan Pengujian Boiler

Pada bagian ini penulis melakukan pengujian pada boiler kapasitas 6 ton yang terdapat di PT. Bando Indonesia yang diujikan selama 3 jam dengan bahan bakar minyak (solar) data yang tersedia

Tabel 2 Spesifikasi Boiler Pipa Api di PT Bando Indonesia

Tekanan Uap	11,8 Kg/cm <sup>2</sup>	Tekanan Uap	5,09 kg/cm <sup>2</sup>
Temperatur Solar	54 °C	Konsumsi Solar	591,9 kg
Jumlah Burner	1	Temperatur Gas Buang (t <sub>g</sub> )	263 °C
Konsumsi Bahan Bakar	2131/jam	Temperatur Atmosfir (t <sub>0</sub> )	30,9 °C
Udara Paksa di Ruang Bakar	110 mmAg	Temperatur Air Pengisi	24 °C
Aliran Gas Buang	-2,5mmAg; CO <sub>2</sub> 11,7%	Luas Pemanas	49,8 m <sup>2</sup>
Gravitasi Spesifik Solar	0,9259 m/s <sup>2</sup>	Kapasitas Ruang Bakar	2,6 m <sup>3</sup>
Nilai Panas Tinggi H <sub>h</sub>	10450 Kcal/kg	Jumlah Air Pengisi	7945 kg
Nilai Panas Rendah H <sub>1</sub>	9802 Kcal/kg		

Dilakukan pengujian selama 3 jam. Maka dapat diselesaikan sebagai berikut:

#### Pengukuran pada ruang bakar

Konsumsi Solar :

$$\frac{\text{konsumsi bahan bakar selama pengoperasian}}{\text{pengujian dalam berapa jam}}$$

$$= \frac{591,9 \text{ kg}}{3 \text{ jam}}$$

$$= 197,3 \text{ kg/jam}$$

Besar panas pada ruang bakar:

$$\frac{\text{konsumsi solar} \times \text{nilai panas rendah}}{\text{kapasitas ruang bakar}}$$

$$= \frac{197,3 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 9802 \text{ Kcal/kg}}{2,6 \text{ m}^3}$$

$$= 743000 \text{ Kcal/m}^3 \text{ h}$$



Pengukuran penguapan  
Jumlah penguapan:

$$\frac{\text{Jumlah air pengisi}}{\text{Penguapan dalam berapa jam}}$$

$$= \frac{7945 \text{ kg}}{3 \text{ jam}}$$

$$= 2648 \text{ kg/jam}$$

Berdasarkan tabel properti entalpi spesifik air dan uap, didapat:

Entalpi Air (h1)	24 kcal/kg
Entalpi Uap (h2)	653,3 kcal/kg
Total Heat	539 kcal/kg
Kekeringan Uap	0,999 uap jenuh

**Tabel 3 Entalpi Spesifik Air dan Uap**

Jumlah uap yang dihasilkan:

$$\frac{(\text{jumlah penguapan}) \times (h_2 - h_1)}{\text{total heat}}$$

$$= \frac{2648 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \left(653,3 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)}{539 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

$$= 3,090 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$$

Kelebihan uap:

$$\frac{\text{jumlah uap yang dihasilkan}}{\text{konsumsi solar}}$$

$$= \frac{3,090 \text{ kg/jam}}{197,3 \text{ kg/jam}}$$

$$= 15,7 \text{ kg/jam}$$

Aliran uap dari permukaan panas:

$$\frac{\text{jumlah uap yang dihasilkan}}{\text{luas pemanas}}$$

$$= \frac{3,090 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{49,8 \text{ m}^2}$$

$$= 62,1 \text{ kg/m}^2 \text{ jam}$$

Efisiensi pembakaran ketel uap ( $\eta$ )

Untuk nilai pembakaran terendah:

$$(\eta) = \frac{\text{jumlah penguapan} \times (h_2 - h_1)}{\text{konsumsi solar} \times H_l} \times 100\%$$

$$(\eta) = \frac{2648 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \left(653,3 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)}{197,3 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 9802 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} \times 100\%$$

$$= 86,2 \%$$

Untuk nilai pembakaran tertinggi:

$$(\eta) = \frac{\text{jumlah penguapan} \times (h_2 - h_1)}{\text{konsumsi solar} \times H_h} \times 100\%$$

$$(\eta) = \frac{2648 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times \left(653,3 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} - 24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right)}{197,3 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 10450 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}} \times 100\%$$

$$= 80,8 \%$$

Gas buang yang hilang (L):

$$L = \frac{n (t_g - t_0)}{\text{persentase aliran gas buang}}$$

Diketahui nilai n dari batu bara sebesar 0,68 dan 0,59, maka:

$$L = \frac{0,59 (263 \text{ }^\circ\text{C} - 30,9 \text{ }^\circ\text{C})}{11,7 (\text{CO}_2\%)}$$

$$L = 11,7 \%$$

Jadi dari hasil pengujian pembakaran didalam boiler menggunakan bahan bakar solar yang dilakukan selama 3 jam menghasilkan jumlah uap sebesar 3,090 kg/jam dengan kelebihan uap sebesar 15,7 kg/jam serta persentase efisiensi dari nilai pembakaran terendah sebesar 86,2% dan efisiensi dari nilai pembakaran terendah sebesar 80,8% dengan gas buang yang hilang sebesar 11,7% gas CO2

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Uap dihasilkan didalam bejana boiler berjenis pipa api berkapasitas 6 ton menghasilkan tekanan uap rata-rata sebesar 11,8 kg/cm<sup>2</sup>. Kemudian, dilakukan pengujian selama 3 jam menggunakan bahan bakar solar untuk memanaskan boiler sehingga menghasilkan jumlah uap sejumlah 3,090 kg/jam dengan persentase efisiensi dari nilai pembakaran terendah sebesar 86,2% dan efisiensi dari nilai pembakaran terendah sebesar 80,8%.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada pimpinan PT Bando Indonesia yang telah memberikan ijin untuk melakukan kerja praktek dan penelitian. Terima kasih kepada Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah membantu dalam penelitian ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- PT Bando Indonesia. (2022). *V-Belt*. BANDO. <http://home.bandoindonesia.com/bando-profile/welcome/vbelt>
- Chayalakshmi, C. L., Jangamshetti, D. S., & Sonoli, S. (2013). Design and development of an ARM platform based embedded system for measurement of boiler efficiency. *ISIEA 2013 - 2013 IEEE Symposium on Industrial Electronics and Applications*, 39–43. <https://doi.org/10.1109/ISIEA.2013.6738964>
- Connect, Theodore L Bergman (Departemen of Mechanical Engineering University of Connecticut), Adrienne S Lavine (Mechanical and Aerospace Engineering Departement University of California), Frank P Incropera (College of Engineering University of Notre Dame, D. P. D. (School of M. E. P. U. (2012). *Introduction to Heat Transfer 6th Edition* (6th ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Firdaus, A., & Sirait, E. (2015). Analisa Pengaruh Variasi Kapasitas Uap Terhadap Efisiensi Ketel Uap Di Pt . Sinar Sosro Banyuasin-Sumatera Selatan. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 8, 133–140.
- Hale, B. M., & Arnold, D. W. (1997). Retrofit of a fire-tube boiler to burn coal-water fuel. *Energy Sources*, 19(10), 1139–1151. <https://doi.org/10.1080/00908319708908912>
- Lelawati. (2020). *Analisa Ketel Uap Pipa Air Pada Pabrik CPO*. 14(2), 6–10.
- Nari, H. P., & Rahman, M. S. (2022). *Analisis Pengaruh Temperatur Air Economizer Terhadap Efisiensi Ketel Di KM Meratus Kupang*. 10, 13–25.
- Micklem, J. D., Longmore, D. K., & Burrows, C. R. (1994). Modelling of the steel pushing V-belt continuously variable transmission. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 208(1), 13–27. [https://doi.org/10.1243/PIME\\_PROC\\_1994\\_208\\_094\\_02](https://doi.org/10.1243/PIME_PROC_1994_208_094_02)
- Morton, D. (1960). Thermal Design of Heat Exchangers. *Industrial & Engineering Chemistry*, 52(6), 474–478. <https://doi.org/10.1021/ie50606a018>

PT Persada Dinamika Jaya. (2021). *Apa Itu Ketel? Dan Begini Cara Perawatannya*. <https://persadadinamikajaya.co.id/apa-itu-boiler/>

Rahardja, I. B., Mahfud, A., & Bawana, P. D. (2021). Pengaruh Penggunaan Boiler 20 Ton Uap / Jam Terhadap Kenaikan Kapasitas Pabrik 40 Ton / Jam Pabrik Minyak Kelapa Sawit ( Pmks ) Xyz. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 13(2), 227–236.

Rehan, A., Habib, M. A., Elshafei, M., & Alzaharnah, I. T. (2018). Modeling Time Variations of Boiler Efficiency. *Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME*, 140(5), 1–58. <https://doi.org/10.1115/1.4038236>

Small Industries Service Institute Industrial Area 'B,' L. (2003). *V - Belts and Fan Belts*.

Technavio. (2017). *Industrial V-belts Market - Competitive Analysis and Opportunity Assessment by Technavio*. Businesswire. <https://www.businesswire.com/news/home/20170504006130/en/Industrial-V-belts-Market--Competitive-Analysis-and-Opportunity-Assessment-by-Technavio>

Wang, W., Chen, L., Wang, X., & Pei, J. (2014). Research on Operation Optimization of Industrial Boiler by Principal Component Analysis. *Applied Mechanics and Materials*, 672–674, 1501–1505. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.672-674.1501>