

ANALISIS NERACA PANAS BOILER PADA DEPARTEMEN UTILITY

Dr.Dharmanto¹⁾

Teknik Mesin - Politeknik Gajah Tunggal
Dharmanto.mesin@gmail.com

Muhammad Ibnu Rusydi S.Pd., M.Pd.²⁾

Teknik Mesin - Politeknik Gajah Tunggal
ibnu@poltek-gt.ac.id

Puguh Elmiawan S.Pd., M.Pd.³⁾

Teknik Mesin - Politeknik Gajah Tunggal
elmiawan@gmail.com

Fuad Khalish Fakhruddin⁴⁾

Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal

ABSTRAK

Boiler merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran akan dialiri air, sehingga air akan berubah menjadi steam. Boiler digunakan untuk menyuplai kebutuhan steam selama proses produksi. Steam digunakan di beberapa proses produksi. Dapat disimpulkan boiler adalah salah satu mesin yang mengkonsumsi energi yang sangat besar. Konservasi energi yang merupakan penggunaan energi dengan efisien dan rasional tanpa mengurangi energi yang memang benar-benar diperlukan (kepres no.5,2006), perlu diterapkan pada seluruh tahapan pemanfaatannya. Salah satu peningkatan efisiensi dari boiler adalah penanganan dari rugi-rugi panas yang dihasilkan pada proses pembakaran dimana panas yang terbuang dapat ditangani dengan baik oleh operator. Saat ini komputerisasi dapat digunakan untuk melakukan pemantauan mesin maupun untuk analisa dari sebuah mesin guna mempermudah proses pengambilan keputusan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rugi-rugi panas efisiensi hasil pembakaran pada boiler. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan neraca panas boiler dan mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk analisis neraca panas. Data yang sudah didapat diolah berdasarkan perhitungan analisa neraca panas dan efisiensi boiler.

Dari hasil penelitian nilai rugi-rugi yang terjadi pada boiler sebesar 17,52 % yang dimana nilai kerugian tersebut antara lain kerugian panas karena gas buang kering, kerugian panas karena adanya H₂ pada bahan bakar, kehilangan panas karena kadar air dalam udara, kehilangan panas karena blowdown dan kehilangan panas akibat radiasi dan lain-lain. Nilai efisiensi dari boiler adalah 82,48 %. Berdasarkan hasil pembahasan diketahui jika boiler tersebut termasuk kedalam boiler yang efisien dengan nilai C.

Kata Kunci : Energi, neraca panas, Boiler

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Perkembangan industri yang semakin pesat dewasa ini mendorong manusia untuk terus berinovasi dalam menciptakan sarana dan prasarana produksi guna meningkatkan efisiensi dan efektifitas kerja. Semua hal tentang efisiensi, baik efisiensi waktu, efisiensi tenaga, efisiensi biaya maupun efisiensi energi menjadi hal yang sangatlah penting bagi sebuah perusahaan industri.

Suatu industri tidak akan lepas dengan penggunaan energi. Energi merupakan syarat utama bagi suatu industri untuk dapat menghasilkan suatu produk. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh BPPT, pada tahun 2014 sektor industri merupakan sektor dengan konsumsi energi terbesar dengan angka 48 persen dengan peningkatan sekitar 5,2 persen setiap tahunnya. Kebutuhan energi yang semakin meningkat serta krisis ketersediaan energi yang saat ini tengah melanda dunia mendorong dunia industri untuk melakukan suatu gagasan tentang hemat energi yang sering disebut dengan energy saving. [1]

Konservasi energi yang merupakan penggunaan energi dengan efisien dan rasional tanpa mengurangi energi yang memang benar-benar diperlukan (kepres no.5,2006), perlu diterapkan pada seluruh tahapan pemanfaatannya, mulai dari pemanfaatan sumber daya energi, sampai dengan pemanfaatan akhir, dengan cara menggunakan teknologi yang efisien, dan membudayakan hidup dengan pola hemat energi. Salah satu mesin yang menggunakan energi dengan jumlah yang besar pada suatu industri adalah mesin Boiler. Selain itu pemanfaatan komputerisasi yang awalnya digunakan untuk membantu administrasi, saat ini digunakan untuk melakukan pemantauan mesin maupun untuk analisis dari sebuah mesin. Hal ini bertujuan untuk mempermudah operator dalam

mengambil keputusan serta dapat mengidentifikasi masalah yang terjadi agar dapat teratasi.

Boiler merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran akan dialiri air, sehingga air akan berubah menjadi steam. Steam pada tekanan dan suhu tertentu kemudian akan digunakan untuk mengalirkan panas pada suatu proses, salah satunya adalah proses produksi. Jika air mendidih menjadi steam, volume dan

tekanannya akan meningkat sehingga diperlukan suatu pengawasan dan perawatan khusus untuk mengelola boiler dengan sangat baik.

Department Utility menggunakan boiler untuk menyuplai kebutuhan steam selama proses produksi. Dari sini dapat disimpulkan jika boiler mempunyai peranan yang sangat penting untuk proses produksi ini karena pada saat proses produksi dibutuhkan steam untuk mengubah green tire menjadi tire,

Dari uraian diatas maka diperlukan suatu upaya untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dari suatu boiler untuk meminimalisir pemakaian energi yang terbuang.

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dibuatnya penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui apakah boiler di Departement utility sudah efisien atau belum.
2. Mengetahui nilai rugi –rugi panas hasil proses pembakaran pada boiler di Departement utility
3. Mengetahui nilai efisiensi boiler di Departement utility

I.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian dilakukan hanya terbatas pada boiler di Departement utility
2. Tidak menghitung efisiensi boiler dengan menggunakan metode langsung.

3. Perhitungan dilakukan pada boiler dengan bahan bakar gas alam.

II. LANDASAN TEORI

II.1. Boiler

Boiler/ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam* berupa energi kerja. 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. Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem *boiler* memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan *steam* yang akan digunakan [2].

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*. Sistem *steam* mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam *boiler*. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan [2].

II.2. Efisiensi Boiler

Terdapat 2 metode pengkajian efisiensi *boiler*, sebagai berikut [3]:

1. Metode Langsung

Metode ini dikenal sebagai “metode *input-output*” karena kenyataannya hanya membutuhkan *output* berupa *steam* dan panas *input* termasuk bahan bakar untuk melakukan evaluasi efisiensi. Efisiensi ini dapat dievaluasi dengan rumus, sebagai berikut [3]:

$$\eta = \frac{\text{panas keluar}}{\text{panas masuk}} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\eta = \frac{p \cdot Q \times (h_g - h_f)}{q \times \text{GCV}} \times 100 \quad (2.2)$$

Keterangan :

- a. Q = kuantiti atau jumlah *steam* yang dihasilkan per jam, (dalam satuan kg/jam).

- b. q = kuantiti atau jumlah bahan bakar yang digunakan per jam, (dalam satuan kg/jam).
- c. p = Tekanan kerja (dalam satuan kg/cm²) dan temperatur *superheat* (dalam satuan °C).
- d. Temperatur air umpan (dalam satuan °C).
- e. GCV = Tipe bahan bakar dan *gross calorific value* dari bahan bakar, (dalam satuan kcal/kg bahan bakar).
- f. h_g = Entalpi dari *steam* jenuh, dalam satuan kcal/kg *steam*.
- g. h_f = Entalpi dari air umpan, dalam satuan kcal/kg air.

2. Metode Tidak Langsung

Metode tidak langsung juga dikenal dengan metode kehilangan panas. Efisiensi dapat dihitung dengan mengurangkan bagian panas dari 100 sebagai berikut [3]:

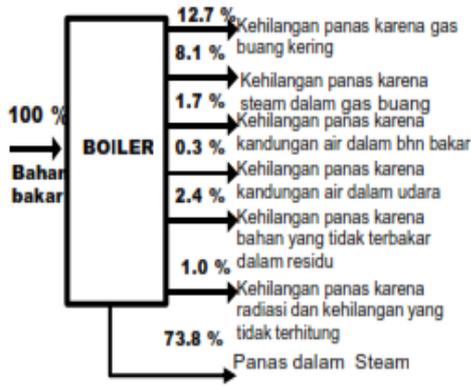
$$\eta = 100 - (a+b+c+d+e+f+g) \quad (2.3)$$

Keterangan :

- a. Gas cerobong yang kering
- b. Pengupan air yang terbentuk karena H₂ dalam bahan bakar.
- c. Pengupan kadar air dalam bahan bakar.
- d. Adanya kadar air dalam udara pembakaran
- e. Bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu terbang/*fly ash*
- f. Bahan bakar yang tidak terbakar dalam abu bawah/*bottom ash*
- g. Radiasi dan kehilangan lain yang tidak terhitung

II.3. Neraca Panas

Proses pembakaran dalam ketel uap dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir energi atau diagram *sankey*. Neraca panas merupakan keseimbangan energi total yang masuk ketel uap terhadap yang meninggalkan ketel uap dalam bentuk yang berbeda. Tujuan dari pengkajian energi mengurangi kehilangan energi yang dapat dihindari, dengan meningkatkan efisiensi energi [11].



Gambar 2.1. berbagai kehilangan pada produksi steam [2]

II.4. Proses Pembakaran

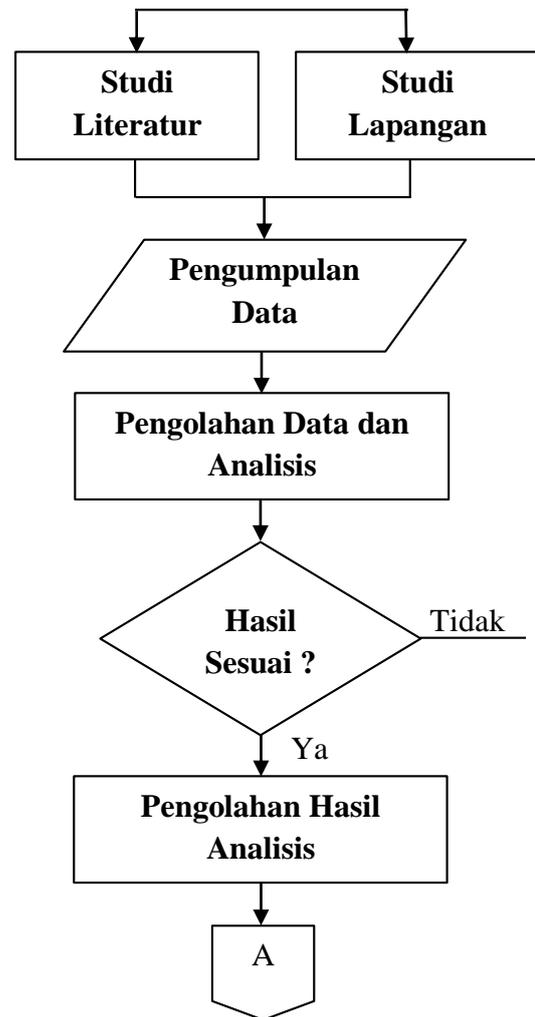
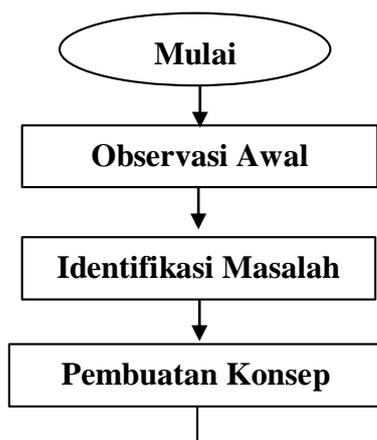
Proses pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara bahan bakar dengan oksigen (O₂) dari udara, disertai cahaya dan menghasilkan kalor. Hasil pembakaran yang utama adalah karbondioksida (CO₂), uap air (H₂O) dan disertai energi panas, sedangkan hasil pembakaran yang lain adalah karbon monoksida (CO), abu (ash), NO_x, atau SO_x tergantung pada jenis bahan bakarnya. Dalam pembakaran proses yang terjadi adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut [3]:

- Karbon + oksigen = karbondioksida + panas
- Hidrogen + oksigen = Uap air + panas

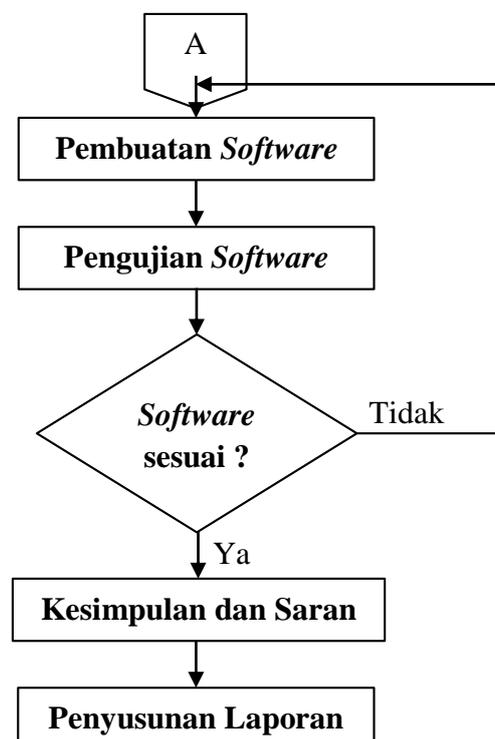
III. METODOLOGI PENELITIAN

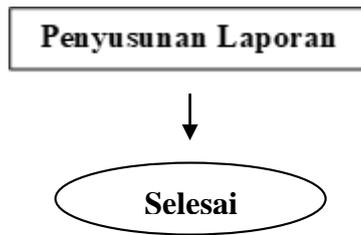
III.2. Alur Penelitian

Alur penelitian bertujuan agar penelitian ini berjalan secara sistematis.



Gambar 3.1. Alur Penelitian.





Gambar 3.2. Lanjutan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Pengumpulan Data

Merek : Standard Kessel Duisberg
 Negara Pembuat : Jerman
 Model/Type : CM
 No. Seri : 20012
 Tahun : 1994
 Kapasitas Uap Maksimum : 10 ton/jam
 Bahan Bakar : Gas
 Tekanan Maksimal : 24,5
 Luas Pemanas : 200 m²
 Temperatur Uap Keluar Pada Ketel : 220 °C
 Temperatur Gas Buang Pada Cerobong : 250 °C
 Temperatur Permukaan Dinding : 43 °C
 Temperatur Udara Luar : 29 °C
 Tekanan Udara Luar : 1 atm
 Kelembaban Udara : 69,4%_{RH}

Analisis pada bahan bakar

N₂ : 7,75 %
 CO₂ : 4,6 %
 CH₄ : 82,8 %
 C₂H₆ : 2,3 %
 C₃H₈ : 1,2 %

Analisis pada gas buang

CO₂ = 10,9 %
 SO₂ = 5,3 %
 N₂ = 71,51 %

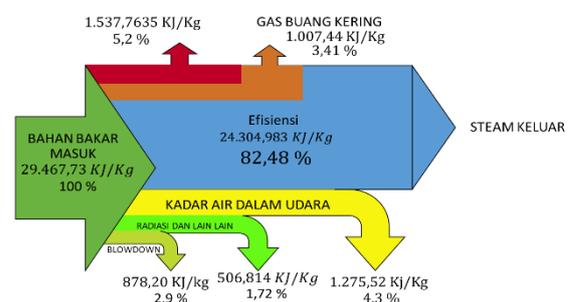
IV.2. Hasil Analisis Bahan Bakar

- Nilai Pembakaran = 29.467,73 KJ/Kg
- Kebutuhan Udara Teoritis = 16,81 Kg/Kg gas
- Kebutuhan Udara Sesungguhnya = 18,48 Kg/Kg gas
- Gas Teoritis Hasil Pembakaran = 9,688 m³
- Gas Hasil Pembakaran Sesungguhnya = 10,39 m³
- Temperatur Api Teoritis = 2.7980 °C
- Temperatur Api Sesungguhnya = 2.609,78 °C

IV.3. Kehilangan Panas

- Kehilangan Panas Karena Gas Buang Kering = 1.007,44 KJ/Kg (3,41 %)
- Kehilangan Panas Karena Penguapan Air Yang Terbentuk Karena Adanya H₂ Dalam Bahan Bakar = 1.537,76 KJ/Kg (5,2 %)
- Kehilangan Panas Karena Kadar Air Dalam Udara = 1.275,52 KJ/Kg (4,3 %)
- Kehilangan Panas Karena Blowdown = 878,20 KJ/Kg (2,9 %)
- Kehilangan Panas Karena Radiasi dan Lain-Lain = 506,814 KJ/Kg (1,72 %)

IV.4. Diagram Sankey



Gambar 4.1. Diagram Sankey

IV.5. Peluang Meningkatkan Boiler

- Pengendalian suhu cerobong.
- Pemanasan awal air umpan menggunakan *economizer*
- Pemanas awal udara pembakaran
- Minimalisasi pembakaran yang tidak sempurna.
- Pengendalian udara berlebih
- Penghindaran kehilangan panas radiasi dan konveksi
- Pengendalian *blowdown* secara otomatis
- Pengurangan pembentukan kerak dan kehilangan jelaga
- Pengurangan tekanan steam di boiler
- Pengendalian kecepatan variabel untuk fan, blower dan pompa
- Pengendalian beban boiler.
- Penjadwalan boiler yang tepat
- Penggantian boiler

IV.6. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Program

Dibawah ini merupakan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya

- 29.467,73 KJ/Kg
- 16,81 Kg/Kg gas
- 18,48 Kg/Kg gas
- 9,688 m³
- 10,39 m³
- 2.7980 °C
- 2.609,78 °C
- 1.007,44 KJ/Kg
- 1.537,76 KJ/Kg
- 1.275, 52 KJ/Kg
- 878,20 KJ/Kg
- 506,814 KJ/Kg

Dibawah ini merupakan hasil perhitungan manual.

- Kehilangan Panas Karena Gas Buang Kering = (3,41 %)
- Kehilangan Panas Karena Penguapan Air Yang Terbentuk Karena Adanya H₂ Dalam Bahan Bakar = (5,2 %)
- Kehilangan Panas Karena Kadar Air Dalam Udara = (4,3 %)

- Kehilangan Panas Karena Blowdown = (2,9 %)
- Kehilangan Panas Karena Radiasi dan Lain-Lain = (1,72 %)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Pada penelitian analisis neraca panas boiler di departemen utility dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan Standar minimum boiler diketahui jika boiler sudah efisien
2. Nilai rugi-rugi yang terjadi pada boiler sebesar 17,52 % yang dimana nilai kerugian tersebut antara lain kerugian panas karena gas buang kering, kerugian panas karena adanya H₂ pada bahan bakar, kehilangan panas karena kadar air dalam udara, kehilangan panas karena *blowdown* dan kehilangan panas akibat radiasi dan lain-lain.
3. Nilai efisiensi yang didapat pada boiler sebesar 82,48 %.

V.2. Saran

1. Sebaiknya aplikasi untuk analisis lebih sering digunakan untuk memantau kinerja boiler agar tetap dalam kondisi yang efisien.
2. Sebaiknya dilakukan validasi aplikasi terhadap boiler yang lain untuk mengetahui apakah aplikasi dapat digunakan pada boiler yang lainnya atau tidak.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPPT. *Indonesia Energi Outlook 2016*. Pusat Teknologi Sumber Daya Energi dan Industri Kimia [PTSEIK], Jakarta, 2016
- [2] Widiatmi Sih Winanti dan Teguh Prasetyo. "Perhitungan Efisiensi Boiler Pada Industri Tepung Terigu", J. Tek.Ling, Hal. 58-65, Juli 2006
- [3] Heru Susanto. "Analisa Efisiensi Bahan Bakar Pada Boiler Pipa Api Kapasitas 1 Ton/Jam Menggunakan Bahan Bakar Solar

- Dan Gas Di PT X*“, Universitas Mercu Buana. Jakarta 2008
- [4] IR. E. S. M. Tambunan dan Fajar H. Karo Karo B. E. “*Ketel Uap*“, Karya Agung, Jakarta, May 1984.
- [5] Carl D. Shields “*Boilers: Types, Characteristics and Function*“, McGraw-Hill, Inc, United States of America, 1961.
- [6] Taijune Boiler “*High Efficiency Firetube Boiler*”, China.
- [7] Dwi Ardiyanto Effendy “*Rancang Bangun Boiler Untuk Proses Pemanasan Sistem Uap Pada Industri Tahu Dengan Menggunakan CATIA V5*”, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang, 2013
- [8] Drs. Daryanto “*Rangkuman Bahasan Ketel Uap*”, Tarsito, Bandung, 1984
- [9] <http://matabayangkan.blogspot.co.id/2013/04/jenis-jenis-ketel-uap.html>, diakses pada tanggal 23 januari 2017
- [10] Heni Hendaryati “*Analisis Efisiensi Termal Pada Ketel Uap Di Pabrik Gula Kebonagung Malang*”, Jurnal GAMMA, Vol. 8, No. 1, Hal : 148-153, September 2013.
- [11] India Government “*Boreau Of Energy Efficiency*”, R. K.Puram, New Delhi – 110066, Maret 2002
- [12] Domestic heating by gas : *Boiler system – guidance for installers and specifier (2008 edition)*.