

BUKTI KORESPONDENSI
ARTIKEL JURNAL TERAKREDITASI-JRT UNUSIDA

Judul Artikel : METODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN
KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO

Nama Jurnal : Journal of Research and Technologies, Juni 2019, volume 5 (No. 1), Hal (1 – 5)

E-ISSN No. 2477 - 6165 **sinta 3**

Penulis : Solikin (1), M. Arif Batuta (2)

No	Korespondensi	Tanggal
1	Register Journal	5 Oktober 2018
2	Submission Acknowledgement	10 Oktober 2018
3	Review Submission	20 Nopember 2018
4	Copy editing complete	26 Januari 2019
5	Copyediting Review Acknowledgement	07 Pebruari 2019
6	Editor Decision	14 Pebruari 2019

1. Register Jurnal 05 Oktober 2018

[JRT] Journal Registration



Muchammad Tamyiz jurnal.ft.unusida@gmail.com [lewat](#) unusida.ac.id
kepada saya ▼

5 Okt 2018, 22.56

The following message is being delivered on behalf of Journal of Research and Technology.

Solikin Solikin

You have now been registered as a user with Journal of Research and Technology. We have included your username and password in this email, which are needed for all work with this journal through its website. At any point, you can ask to be removed from the journal's list of users by contacting me.

Username: solikin
Password: 750605

Thank you,
Muchammad Tamyiz

Journal of Research and Technology
<http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt>

2. Submission Acknowledgement

[JRT] Submission Acknowledgement



Muchammad Tamyiz jurnal.ft.unusida@gmail.com [lewat](#) unusida.ac.id
kepada saya ▼

10 Okt 2018, 11.52

The following message is being delivered on behalf of Journal of Research and Technology.

Solikin Solikin:

Thank you for submitting the manuscript, "METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO" to Journal of Research and Technology. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL:
<http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/author/submission/187>
Username: solikin

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO

Solikin, ST MT, ¹ M. Arif Batuta ST MT ²⁾

Jurusan Teknik Mesin, fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

E-mail : solikin@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

At present the need for fossil fuels is very high, while reserves in nature are decreasing. For this reason, innovation is needed to find alternative energy from fossil fuels to alternative energy that is more environmentally friendly and can be renewed. The sugar factory as one of the Dutch heritage industries that produces solid waste in the form of bagasse can be used for boiler fuel. While the boiler exhaust gas (flue gas) from the chimney generated from burning fuel also causes air pollution can be used for drying bagasse so as to reduce the impact of pollution caused by the exhaust gas.

The use of bagasse (bagasse) with a moisture content of around 49 - 52% as boiler fuel as one of the causes of burning in the combustion chamber is not perfect and causes air pollution. The high temperature of the smoke gas coming out through the boiler chimney around 220 °C has a heat content of 13475.72 kW and still high levels of water in the pulp can certainly be used to dry bagasse using a dryer (Rotary Dryer)

Through the use of flue gas that is wasted on the boiler chimney for bagasse drying, it can increase the heat value of bagasse 50,544 x 106 Kcal / hour for the production of bagasse 30 tons / hour, reduce bagasse water content up to 35,1%, increase thermal efficiency and reduce pollutants released into the surrounding environment

Keywords: Bagasse, fly ash, air pollution and rotary dryer

1. PENDAHULUAN

Pabrik gula sebagai salah satu industri peninggalan zaman Belanda yang menghasilkan limbah padat berupa ampas tebu (bagasse) dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar Boiler. Sementara gas buang boiler (*flue gas*) dari cerobong yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar juga menimbulkan polusi udara dapat dimanfaatkan untuk pengeringan ampas tebu, sehingga mampu mengurangi dampak polusi yang diakibatkan gas buang tersebut.

Pabrik gula juga merupakan salah satu industri yang menggunakan bahan bakar sisa dari proses industrinya sebagai bahan bakar boiler dalam menghasilkan uap untuk pembangkit listrik dan pendukung proses produksinya. Ampas tebu hasil proses penggilingan sebesar 22 - 25% dari berat tebu yang akan digiling setiap jamnya.

Pabrik gula Pradjekan di Bondowoso sebagai pabrik penghasil gula juga menghasilkan limbah padat (ampas tebu), cair (pupuk tetes) dan gas yang berasal dari emisi gas

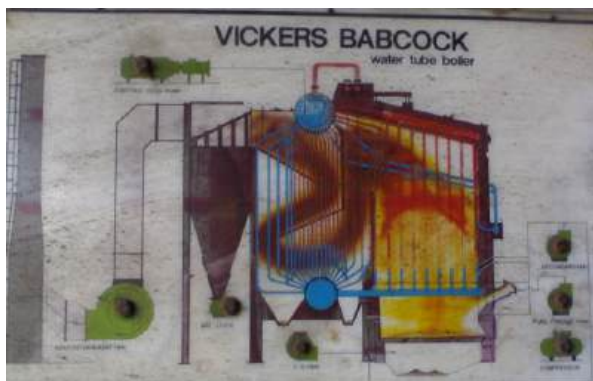
buang cerobong boiler yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (*bagasse*).

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas udara ambien yang dilakukan oleh Disnakertrans UPT K3LH bahwa parameter kadar bahan pencemar udara ambien disekitar lokasi pabrik gula menunjukkan kadar debu lepas ke udara cukup tinggi, sehingga lingkungan pemukiman disekitar pabrik menjadi kotor dan tidak nyaman.

Hasil pengukuran sebelah selatan pabrik kadar debu sebesar 0,2978 mg/m³ sedangkan disebelah utara pabrik sebesar 0,5205 mg/m³ melampaui ambang batas sebesar 0,26 mg/m³.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PG. Pradjekan adalah suatu perusahaan yang bergerak pada industri tebu rakyat yang memproduksi gula. Dalam pemenuhan uap panasnya untuk pemenuhan kebutuhan proses penguapan nira dan penggerak beberapa mesin rotary, maka dioperasikan ketel uap pipa air.



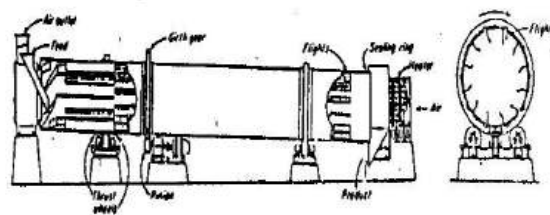
Gambar 1. Skema Ketel Pipa Air

Uap adalah gas yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap (gas) dengan cara pemanasan air dalam bejana. Proses pendidihan memerlukan energi panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (bagasse). Kualitas pembakaran bahan bakar diruang bakar sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban ampas yang masuk ke dapur boiler.

Ampas tebu hasil dari penggilingan memiliki komposisi yang terdiri dari fiber, *moisture* dan *dissolved solid*. Nilai kalor ampas tebu (*bagasse*) sangat tergantung dari jumlah kandungan kadar air (*moisture*) yang terdapat didalam *bagasse*. Ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah padat dari hasil samping sisa proses pengolahan tebu pada pabrik gula pasir. *Bagasse* mengandung kadar air 51,2 %, gula 3,2% dan serat 47,8%.

Pada PG. Pradjekan milik PTPN XI tiap jamnya dapat melakukan penggilingan dengan kapasitas tebu seberat 110 ton/Jam, dengan rata-rata gilingan 2300 ton/hari atau 93,3 ton/jam. Hasil dari pengolahan tebu berupa gula dan ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar ketelnya yang berjumlah tiga buah. Ketel tersebut berfungsi sebagai pembangkit listrik dan pendukung proses produksi gula.

Untuk meningkatkan nilai kalor dari *bagasse*, pabrik gula Pradjekan menggunakan sisa panas gas buang untuk mengurangi kadar *moisture* yang terkandung di dalam *bagasse* dalam sebuah alat pengering. Salah satu alat untuk mengurangi kadar air *bagasse* adalah dengan alat pengering Rotary Dryer.



Gambar 2. Direct heat rotary dryer

Rotary Dryer terdiri dari shell berbentuk silinder horizontal yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga silinder ini dapat berputar dan kedudukannya sedikit membentuk sudut kemiringan. Pada bagian dalam silinder (*drum*) terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk mengangkat ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan pada silinder putar. Dengan tingginya kadar air dari *bagasse*, maka diperlukan kalor yang besar pula untuk melakukan penguapan atau evaporasi air pada proses pembakaran, sehingga ada kalor yang terbangun untuk melakukan penguapan atau evaporasi dalam ruang bakar ketel.

Analisa Kalor Gas Asap Ketel Uap

A. Berat dan Volume Gas Asap

Gas asap hasil pembakaran *bagasse* pada umumnya terdiri atas gas Nitrogen (N_2), Karbon (C), Oksigen (O_2), air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) yang memiliki berat dan volume tertentu. Berat dan volume gas buang tersebut dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam ampas tebu dan udara berlebih (*excess air*). Berat gas asap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

- Berat Nitrogen = $4,43 (1 - w) \cdot m$
- Berat Oksigen = $1,33 (1 - w)(m - 1)$
- Berat Air = $0,585 (1 - w) + w$
- Berat CO_2 = $1,727 (1 - w)$

B Kalor Jenis Rata-Rata Gas Asap

Besarnya nilai kalor jenis rata-rata dari gas hasil pembakaran merupakan perkalian konstanta dengan temperatur.

$$Cp_g = \frac{Cp_{N_2} + Cp_{O_2} + Cp_{H_2O} + Cp_{CO_2}}{4}$$

C. Enthalpy gas Asap

Harga enthalpy gas asap boiler adalah jumlah dari enthalpy gas kering dan enthalpy uap air yang terkandung dalam gas asap.

$$H_g = m_g \cdot C_{p_g} (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{p_a} (t_1 - t_0)]$$

Dengan :

- m_g = massa gas kering (kg)
- C_{p_g} = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0 K)
- C_{p_a} = Kalor jenis uap air (kJ/kg 0 K)
- C_{p_g} = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0 K)
- t_1 = temperatur gas asap masuk pengering (0 K)
- t_0 = temperatur penguapan pada 0 0 C
- h_{fg} = Kalor latent penguapan (kJ/kg)

Besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$Q_{fg} = m_g (H_g - H_{ud})$$

D. Reduksi Kadar Air Bagasse

Untuk menentukan kadar air yang dapat direduksi selama proses pengeringan dapat ditentukan berdasarkan prinsip keseimbangan massa uap air yang diuapkan dari bagasse dengan massa uap air yang diterima gas asap.

Massa air yang menguap dihitung dengan persamaan kesetimbangan massa, dimana massa uap air yang keluar dari bagasse akan sama dengan massa uap air yang diterima gas pengering, sehingga persamaan kesetimbangan massanya sebagai berikut :

$$m_g (W_{g2} - W_{g1}) = m_b (W_{b2} - W_{b1})$$

E. Nilai Bakar Ampas Tebu

Nilai bakar ampas tebu adalah banyaknya panas hasil pembakaran tiap satuan berat bahan bakar yang dinyatakan dalam kcal per kg bahan bakar. Nilai bakar ampas tebu ada dua yaitu nilai bakar tinggi (NBT) dan nilai bakar rendah (NBR).

Nilai bakar rendah adalah nilai bakar tinggi dikurangi panas yang dibutuhkan untuk membentuk air atau dirumuskan sebagai berikut:

$$NBR = NBT - (600 \times E)$$

Dengan :

NBR = Nilai Bakar Rendah (Kcal/kg)

NBT = Nilai Bakar Tinggi (Kcal/Kg)

E = Berat uap air dalam gas hasil pembakaran (Kg)

F. Kalor Pengeringan Bagasse pada Dryer

Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan adalah :

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = m_b \cdot C_{p_b} \cdot (T_2 - T_1)$$

Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = m_a \cdot C_{p_a} \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$$

Kalor untuk menguapkan uap air pada permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = m_{\text{uap}} \times h_{fg}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk Rotary dryer adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, analisa data dilakukan berdasar kan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan Bondowoso dan studi literature dari beberapa hand book serta kumpulan jurnal hasil penelitian terdahulu baik melalui sumber internet maupun perpustakaan secara langsung.

Data Perhitungan

Berdasarkan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan diperoleh data sebagai berikut :

A. Data utama

- Kapasitas produksi bagasse (m_b) = 35 ton/jam = 9,722 kg/dt
- Suhu bagasse (t_1) = 30 0 C
- Suhu gas asap keluar air heater = 220 0 C
- Kadar air rata-rata bagasse = 50,1 %

B. Data penunjang :

- Kadar gula dalam bagasse = 2,08 %
- Data pengukuran kualitas udara ambient di PG. Pradjekan kandungan rata-rata CO₂ dalam gas asap 13,56 % (*excess air* = 1,46)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3, Pengering Ampas Putar

Alat pengering saat beroperasi menggunakan drum mendatar yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga drum ini dapat berputar dengan kedudukan ujung drum sisi masuk lebih tinggi. Ampas akan bersentuhan dengan gas

panas. Didalam drum panjang terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk mendorong ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan dalam silinder putar.

Ampas tebu (*bagasse*) dimasukkan pada bagian ujung yang lebih tinggi akan bercampur dengan media pemanas, sehingga terjadi pengeringan dan akan keluar sebagai suatu produk ampas kering pada ujung lain yang lebih rendah bersama gas asap. Gerakan maju ampas yang dikeringkan disebabkan karena adanya putaran silinder, kemiringan silinder dan adanya *flight*. Media pemanas yang digunakan untuk pengeringan berupa gas buang dari ketel (*flue gas*) yang temperaturnya sekitar 220 °C. Penggunaan gas buang ketel dari ruang bakar dioptimalkan untuk pemanasan air umpan / pengisi (*feed water boiler*) pada *economizer* dan pemanasan udara pembakaran pada *air heater*, sehingga mampu menurunkan suhu gas buang dari 330 °C menjadi 220 °C.

Kalor Gas Asap Cerobong Boiler

A. Total volume gas asap :

$$V_g = [4,47(1-W) + 0,572W + 0,672]$$

Jika Kapasitas produksi ampas tebu 30 ton/jam (8,33 kg/detik), maka total gas asap yang dihasilkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Total Gas Asap (} m_g \text{)} &= 5,094 \times 8,33 \\ &= 42,43 \text{ Kg/dtk} \end{aligned}$$

B. Enthalpy Gas Asap

Enthalpy Gas Asap yang masuk ke alat pengering sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_g &= C_{pg} (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{pa} (t_1 - t_0)] \\ H_g &= 1,32(493-273) + 0,18[2502 + 1,85 (493 - 273)] = 815,7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Enthalpy udara (H_{ud}) luar adalah :

$$H_{ud} = 1,32 (303 - 273) + 0,18 [2502 + 1,854 (303 - 273)] = 498,09 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$\begin{aligned} Q_{fg} &= m_g (H_g - H_{ud}) \\ Q_{fg} &= 42,43 (815,7 - 498,09) \\ Q_{fg} &= 13475,72 \text{ kW} \end{aligned}$$

C. Reduksi Kadar air Bagasse

Kadar air bagasse keluar pengering adalah :

$$\begin{aligned} W_{b2} &= W_{b1} - [(m_g / m_b) (W_{g2} - W_{g1})] \\ &= 0,512 - [(42,43 / 8,33) (0,254 - 0,185)] \\ &= 0,161 \end{aligned}$$

Sehingga reduksi kadar air bagasse adalah :

$$\Delta W_b = (W_{b1} - W_{b2}) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = (0,512 - 0,161) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = 35,1 \%$$

D. Kalor Pengeringan Bagasse

1. Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 8,33 \times 1,07 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 267,39 \text{ kJ / dtk}$$

2. Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = 4,26 \times 4,2 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen air}} = 537,37 \text{ kJ/dtk}$$

3. Kalor untuk menguapkan uap air pada permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = 2,585 \times 2228,5$$

$$Q_{\text{Evaporator}} = 5760,7 \text{ kJ/dtk}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk alat pengering (Rotary dryer) adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

$$Q_{bp} = 267,9 + 537,38 + 5760,7$$

$$Q_{bp} = 6565,98 \text{ KJ/dtk}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data pengeringan bagasse dalam rotary dryer dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Temperatur gas asap yang cukup tinggi sekitar 220 °C keluar dari air heater memiliki kandungan kalor sebesar 13475,72 kW, sehingga dapat dioptimalkan untuk mengeringkan ampas tebu (*bagasse*) agar pembakaran lebih sempurna sampai kapasitas ampas 30 ton/jam.
2. Kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse sebesar 5237,66 kJ/dt yang artinya ampas tebu yang bisa dikeringkan masih dapat ditingkatkan. Akibat rendahnya kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse, sehingga kalor yang terbuang cukup besar sekitar 7179,7 KJ/dtk. Temperatur gas buang keluar cerobong sekitar 200° C agar cerobong tidak mudah rusak.
3. Rotary dryer mampu mereduksi kadar air bagasse hingga 35,1% yakni dari kadar air 51,2% menjadi 16,1% dengan laju penguapan 1,476 kg/s serta efisiensi termis sekitar 53,6 %.
4. Ampas tebu (*Bagasse*) memiliki nilai bakar awal 1771,6 kkal/kg dan setelah pengeringan menjadi 3456,4 kkal/kg, sehingga terjadi

peningkatan nilai kalor bakarnya sebesar 1684,8 kkal/kg setara dengan $50,544 \times 10^6$ Kkal/jam untuk produksi bagasse 30 ton/jam.

Berdasarkan hasil analisa data perhitungan diatas, dengan pemasangan *Rotary Dryer* sebagai alat untuk pengeringan ampas tebu (*bagasse*) untuk bahan bakar boiler, mampu meningkatkan nilai ekonomis ampas tebu dan menekan penggunaan bahan bakar fosil serta mampu mengurangi polusi dari gas buang boiler.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, sebaiknya ada penelitian lanjutan terkait metode tambahan untuk pemasangan alat pada cerobong boiler guna menangkap abu (*fly ash*) yang terikut keluar lewat cerobong mengingat posisi pabrik berada dikawasan padat penduduk serta dilakukan pengukuran terhadap kandungan kontaminan yang keluar lewat

cerobong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hesketh, E.H. **Understanding and Controlling Air Pollution**. Ann Arbor Scie., Michigan,USA. 1994
- [2] Hugot E. **Handbook of Cane Sugar Engineering Second Edition**. Amsterdam : Elsevier Publishing Co. 1992
- [3] Mc. Warren, Cabe. **Unit Operation of Chemichal Engineering**. New York : Mc. Graw Hill Book Co. 1985
- [4] Andrew, A.W. **Environmental Pollution**. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 1992
- [5] J.P Holman, **Perpindahan Kalor (Heat Transfer)**, Jakarta, Penerbit Erlangga, Edisi ke V, 1994
- [6] Robert H. Perry and Cecil E. Chilton, **Chemical Engineering Hand Book, 50th Edition**, Mc. Graw Hill Book Co.1992

3. Review Submission 20 Nopember 2018



Muchammad Tamyiz jurnal.ft.unusida@gmail.com lewat@ft.unusida.ac.id
kepada saya ▾

The following message is being delivered on behalf of Journal of Research and Technology.

Solikin Solikin:

Thank you for reviewing the copyediting of your manuscript, "METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO," for Journal of Research and Technology. We look forward to publishing this work.

Tri Puji Lestari Sudarwati
Akademi Farmasi Surabaya
Phone +6282142378443
Fax +62318280996
tri.puji.ls@akfarsurabaya.ac.id

Journal of Research and Technology
<http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt>

METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO

Solikin, ST MT, ¹ M. Arif Batuta ST MT ²⁾

Jurusan Teknik Mesin, fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia
E-mail : solikin@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

At present the need for fossil fuels is very high, while reserves in nature are decreasing. For this reason, innovation is needed to find alternative energy from fossil fuels to alternative energy that is more environmentally friendly and can be renewed. The sugar factory as one of the Dutch heritage industries that produces solid waste in the form of bagasse can be used for boiler fuel. While the boiler exhaust gas (flue gas) from the chimney generated from burning fuel also causes air pollution can be used for drying bagasse so as to reduce the impact of pollution caused by the exhaust gas.

The use of bagasse (bagasse) with a moisture content of around 49 - 52% as boiler fuel as one of the causes of burning in the combustion chamber is not perfect and causes air pollution. The high temperature of the smoke gas coming out through the boiler chimney around 220°C has a heat content of 13475.72 kW and still high levels of water in the pulp can certainly be used to dry bagasse using a dryer (Rotary Dryer)

Through the use of flue gas that is wasted on the boiler chimney for bagasse drying, it can increase the heat value of bagasse 50,544 x 106 Kcal / hour for the production of bagasse 30 tons / hour, reduce bagasse water content up to 35,1%, increase thermal efficiency and reduce pollutants released into the surrounding environment

Keywords: Bagasse, fly ash, air pollution and rotary dryer

Commented [A1]: Satu saja krn sudah bahasa inggris

1. PENDAHULUAN

Pabrik gula sebagai salah satu industri peninggalan zaman Belanda yang menghasilkan limbah padat berupa ampas tebu (bagasse) dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar Boiler. Sementara gas buang boiler (flue gas) dari cerobong yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar juga menimbulkan polusi udara dapat dimanfaatkan untuk pengeringan ampas tebu, sehingga mampu mengurangi dampak polusi yang diakibatkan gas buang tersebut.

Pabrik gula juga merupakan salah satu industri yang menggunakan bahan bakar sisa dari proses industrinya sebagai bahan bakar boiler dalam menghasilkan uap untuk pembangkit listrik dan pendukung proses produksinya. Ampas tebu hasil proses penggilingan sebesar 22 - 25% dari berat tebu yang akan digiling setiap jamnya.

Pabrik gula Pradjekan di Bondowoso sebagai pabrik penghasil gula juga menghasilkan limbah padat (ampas tebu), cair (pupuk tetes) dan gas yang berasal dari emisi gas buang

cerobong boiler yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (bagasse).

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas udara ambien yang dilakukan oleh Disnakertrans UPT K3LH bahwa parameter kadar bahan pencemar udara ambien disekitar lokasi pabrik gula menunjukkan kadar debu lepas ke udara cukup tinggi, sehingga lingkungan pemukiman disekitar pabrik menjadi kotor dan tidak nyaman. Hasil pengukuran sebelah selatan pabrik kadar debu sebesar 0,2978 mg/m³ sedangkan disebelah utara pabrik sebesar 0,5205 mg/m³ melampaui ambang batas sebesar 0,26 mg/m³.

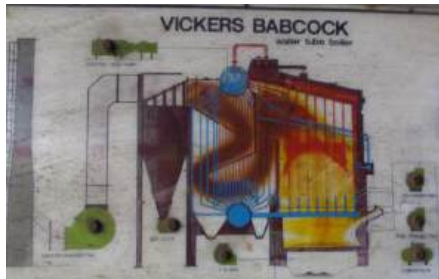
Commented [A2]: Italic/miring

2. TINJAUAN PUSTAKA

PG. Pradjekan adalah suatu perusahaan yang bergerak pada industri tebu rakyat yang memproduksi gula. Dalam pemenuhan uap panasnya untuk pemenuhan kebutuhan proses penguapan nira dan penggerak beberapa mesin rotary, maka dioperasikan ketel uap pipa air.

Commented [A4]: Hasil dari mana?

Commented [A3]: Harus ditunjukkan rujukan atau mendapat data dari mana



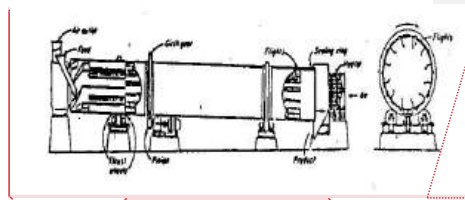
Gambar 1. Skema Ketel Pipa Air

Uap adalah gas yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap (gas) dengan cara pemanasan air dalam bejana. Proses pendidihan memerlukan energi panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (bagasse). Kualitas pembakaran bahan bakar diruang bakar sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban ampas yang masuk ke dapur boiler.

Ampas tebu hasil dari penggilingan memiliki komposisi yang terdiri dari fiber, moisture dan dissolved solid. Nilai kalor ampas tebu (bagasse) sangat tergantung dari jumlah kandungan kadar air (moisture) yang terdapat didalam bagasse. Ampas tebu (bagasse) merupakan limbah padat dari hasil samping sisa proses pengolahan tebu pada pabrik gula pasir. Bagasse mengandung kadar air 51,2 %, gula 3,2% dan serat 47,8%.

Pada PG. Pradjekan milik PTPN XI tiap jamnya dapat melakukan penggilingan dengan kapasitas tebu seberat 110 ton/Jam, dengan rata-rata gilingan 2300 ton/hari atau 93,3 ton/jam. Hasil dari pengolahan tebu berupa gula dan ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar ketelnya yang berjumlah tiga buah. Ketel tersebut berfungsi sebagai pembangkit listrik dan pendukung proses produksi gula.

Untuk meningkatkan nilai kalor dari bagasse, pabrik gula Pradjekan menggunakan sisa panas gas buang untuk mengurangi kadar moisture yang terkandung di dalam bagasse dalam sebuah alat pengering. Salah satu alat untuk mengurangi kadar air bagasse adalah dengan alat pengering Rotary Dryer.



Gambar 2. Direct heat rotary dryer

Rotary Dryer terdiri dari shell berbentuk silinder horizontal yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga silinder ini dapat berputar dan kedudukannya sedikit membentuk sudut kemiringan. Pada bagian dalam silinder (drum) terdapat sirip pengaduk (flight) yang berfungsi untuk mengangkat ampas tebu (bagasse) yang dikeringkan pada silinder putar.

Dengan tingginya kadar air dari bagasse, maka diperlukan kalor yang besar pula untuk melakukan penguapan atau evaporasi air pada proses pembakaran, sehingga ada kalor yang terbuang untuk melakukan penguapan atau evaporasi dalam ruang bakar ketel.

Analisa Kalor Gas Asap Ketel Uap

A. Berat dan Volume Gas Asap

Gas asap hasil pembakaran bagasse pada umumnya terdiri atas gas Nitrogen (N_2), Karbon (C), Oksigen (O_2), air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) yang memiliki berat dan volume tertentu. Berat dan volume gas buang tersebut dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam ampas tebu dan udara berlebih (*excess air*). Berat gas asap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

- Berat Nitrogen = $4,43 (1 - w) \cdot m$
- Berat Oksigen = $1,33 (1 - w)(m - 1)$
- Berat Air = $0,585 (1 - w) + w$
- Berat CO_2 = $1,727 (1 - w)$

B. Kalor Jenis Rata-Rata Gas Asap

Besarnya nilai kalor jenis rata-rata dari gas hasil pembakaran merupakan perkalian konstanta dengan temperatur.

$$C_p g = \frac{C_p N_2 + C_p O_2 + C_p H_2O + C_p CO_2}{4}$$

C. Enthalpy gas Asap

Harga enthalpy gas asap boiler adalah jumlah dari enthalpy gas kering dan enthalpy uap air yang terkandung dalam gas asap.

$$H_g = m_g \cdot C_{pg} (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{pa} (t_1 - t_0)]$$

Commented [A7]: Gambar menunjuk gambar siapa? Buat sendiriakah?

Commented [A8]: Ditulis huruf italic/miring

Commented [A5]: Kalimat ini merupakan pernyataan dan harus merujuk ke pendapat orang lain dengan teorinya

Commented [A9]: Diberi nomor rumus

Commented [A6]: Sama dengan yang atas, banyak pernyataan yang harusnya merupakan pendapat orang lain. Ditunjukkan dengan rujukan/cuplikan

Commented [A10]: Semua rumus diberi nomor rumus

Dengan :

- m_g = massa gas kering (kg)
- Cp_g = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0K)
- Cp_a = Kalor jenis uap air (kJ/kg 0K)
- Cp_g = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0K)
- t_1 = temperatur gas asap masuk pengering (0K)
- t_0 = temperatur penguapan pada 0 0C
- h_{fg} = Kalor latent penguapan (kJ/kg)

Besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$Q_{fg} = m_g (H_g - H_{ua})$$

D. Reduksi Kadar Air Bagasse

Untuk menentukan kadar air yang dapat direduksi selama proses pengeringan dapat ditentukan berdasarkan prinsip keseimbangan massa uap air yang diuapkan dari bagasse dengan massa uap air yang diterima gas asap. Massa air yang menguap dihitung dengan persamaan kesetimbangan massa, dimana massa uap air yang keluar dari bagasse akan sama dengan massa uap air yang diterima gas pengering, sehingga persamaan kesetimbangan massanya sebagai berikut :

$$m_g (W_{g2} - W_{g1}) = m_b (W_{b2} - W_{b1})$$

E. Nilai Bakar Ampas Tebu

Nilai bakar ampas tebu adalah banyaknya panas hasil pembakaran tiap satuan berat bahan bakar yang dinyatakan dalam kcal per kg bahan bakar. Nilai bakar ampas tebu ada dua yaitu nilai bakar tinggi (NBT) dan nilai bakar rendah (NBR). Nilai bakar rendah adalah nilai bakar tinggi dikurangi panas yang dibutuhkan untuk membentuk air atau dirumuskan sebagai berikut:

$$NBR = NBT - (600 \times E)$$

Dengan :

NBR = Nilai Bakar Rendah (Kcal/kg)

NBT = Nilai Bakar Tinggi (Kcal/Kg)

E = Berat uap air dalam gas hasil pembakaran (Kg)

F. Kalor Pengeringan Bagasse pada Dryer

Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan adalah :

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = m_b \cdot Cp_b \cdot (T_2 - T_1)$$

Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = m_a \cdot Cp_a \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$$

Kalor untuk menguapkan uap air pada permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = m_{\text{uap}} \times h_{fg}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk Rotary dryer adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, analisa data dilakukan berdasar kan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan Bondowoso dan studi literature dari beberapa hand book serta kumpulan jurnal hasil penelitian terdahulu baik melalui sumber internet maupun perpustakaan secara langsung.

Data Perhitungan

Berdasarkan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan diperoleh data sebagai berikut :

A. Data utama

- Kapasitas produksi bagasse (m_b) = 35 ton/jam = 9,722 kg/dt
- Suhu bagasse (t_1) = 30 0C
- Suhu gas asap keluar air heater = 220 0C
- Kadar air rata-rata bagasse = 50,1 %

B. Data penunjang :

- Kadar gula dalam bagasse = 2,08 %
- Data pengukuran kualitas udara ambient di PG. Pradjekan kandungan rata-rata CO₂ dalam gas asap 13,56 % (*excess air* = 1,46)

Commented [A11]: Merujuk ke artikel/rumus Siapa?

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3, Pengering Ampas Putar

Alat pengering saat beroperasi menggunakan drum mendatar yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga drum ini dapat berputar dengan kedudukan ujung drum sisi masuk lebih tinggi. Ampas akan bersentuhan dengan gas panas Didalam drum panjang terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk

Commented [A12]: Sama, merujuk keartikel mana

mendorong ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan dalam silinder putar.

Ampas tebu (*bagasse*) dimasukkan pada bagian ujung yang lebih tinggi akan bercampur dengan media pemanas, sehingga terjadi pengeringan dan akan keluar sebagai suatu produk ampas kering pada ujung lain yang lebih rendah bersama gas asap. Gerakan maju ampas yang dikeringkan disebabkan karena adanya putaran silinder, kemiringan silinder dan adanya flight. Media pemanas yang digunakan untuk pengeringan berupa gas buang dari ketel (flue gas) yang temperaturnya sekitar 220 °C. Penggunaan gas buang ketel dari ruang bakar dioptimalkan untuk pemanasan air umpan / pengisi (*feed water boiler*) pada *economizer* dan pemanasan udara pembakaran pada *air heater*, sehingga mampu menurunkan suhu gas buang dari 330 °C menjadi 220 °C.

Kalor Gas Asap Cerobong Boiler

A. Total volume gas asap :

$$V_g = [4,47(1-W) + 0,572W + 0,672]$$

Jika Kapasitas produksi ampas tebu 30 ton/jam (8,33 kg/detik), maka total gas asap yang dihasilkan adalah :

$$\text{Total Gas Asap } (m_g) = 5,094 \times 8,33$$

$$= 42,43 \text{ Kg/dtk}$$

B. Enthalpy Gas Asap

Enthalpy Gas Asap yang masuk ke alat pengering sebagai berikut :

$$H_g = C_{p_g} (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{p_a} (t_1 - t_0)]$$

$$H_g = 1,32(493-273) + 0,18[2502 + 1,85(493-273)] = 815,7 \text{ kJ/kg}$$

Enthalpy udara (H_{ud}) luar adalah :

$$H_{ud} = 1,32(303 - 273) + 0,18[2502 + 1,85(303 - 273)] = 498,09 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$Q_{fg} = m_g (H_g - H_{ud})$$

$$Q_{fg} = 42,43 (815,7 - 498,09)$$

$$Q_{fg} = 13475,72 \text{ kW}$$

C. Reduksi Kadar air Bagasse

Kadar air bagasse keluar pengering adalah :

$$W_{b2} = W_{b1} - [(m_g / m_b)(W_{g2} - W_{g1})]$$

$$= 0,512 - [(42,43 / 8,33)(0,254 - 0,185)]$$

$$= 0,161$$

Sehingga reduksi kadar air bagasse adalah :

$$\Delta W_b = (W_{b1} - W_{b2}) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = (0,512 - 0,161) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = 35,1 \%$$

D. Kalor Pengeringan Bagasse

1. Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 8,33 \times 1,07 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 267,39 \text{ kJ / dtk}$$

2. Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = 4,26 \times 4,2 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen air}} = 537,37 \text{ kJ/dtk}$$

3. Kalor untuk menguapkan uap air pada permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = 2,585 \times 2228,5$$

$$Q_{\text{Evaporator}} = 5760,7 \text{ kJ/dtk}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk alat pengering (Rotary dryer) adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

$$Q_{bp} = 267,9 + 537,38 + 5760,7$$

$$Q_{bp} = 6565,98 \text{ KJ/dtk}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data pengeringan bagasse dalam rotary dryer dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Temperatur gas asap yang cukup tinggi sekitar 220 °C keluar dari air heater memiliki kandungan kalor sebesar 13475,72 kW, sehingga dapat dioptimalkan untuk mengeringkan ampas tebu (*bagasse*) agar pembakaran lebih sempurna sampai kapasitas ampas 30 ton/jam.
2. Kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse sebesar 5237,66 kJ/dt yang artinya ampas tebu yang bisa dikeringkan masih dapat ditingkatkan. Akibat rendahnya kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse, sehingga kalor yang terbuang cukup besar sekitar 7179,7 KJ/dtk. Temperatur gas buang keluar cerobong sekitar 200° C agar cerobong tidak mudah rusak.
3. Rotary dryer mampu mereduksi kadar air bagasse hingga 35,1% yakni dari kadar air 51,2% menjadi 16,1% dengan laju penguapan 1,476 kg/s serta efisiensi termis sekitar 53,6 %.
4. Ampas tebu (*Bagasse*) memiliki nilai bakar awal 1771,6 kkal/kg dan setelah pengeringan menjadi 3456,4 kkal/kg, sehingga terjadi peningkatan nilai kalor bakarnya sebesar 1684,8 kkal/kg setara dengan $50,544 \times 10^6$ Kkal/jam untuk produksi bagasse 30 ton/jam.

Commented [A13]: Nilai tidak dijelaskan dari mana. Ada beberapa kondisi yang sama

Berdasarkan hasil analisa data perhitungan diatas, dengan pemasangan *Rotary Dryer* sebagai alat untuk pengeringan ampas tebu (*bagasse*) untuk bahan bakar boiler, mampu meningkatkan nilai ekonomis ampas tebu dan menekan penggunaan bahan bakar fosil serta mampu mengurangi polusi dari gas buang boiler.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, sebaiknya ada penelitian lanjutan terkait metode tambahan untuk pemasangan alat pada cerobong boiler guna menangkap abu (*fly ash*) yang terikut keluar lewat cerobong mengingat posisi pabrik berada dikawasan padat penduduk serta dilakukan pengukuran terhadap kandungan kontaminan yang keluar lewat cerobong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hesketh, E.H. **Understanding and Controlling Air Pollution**. Ann Arbor Scie., Michigan, USA. 1994
- [2] Hugot E. **Handbook of Cane Sugar Engineering Second Edition**. Amsterdam : Elsevier Publishing Co. 1992
- [3] Mc. Warren, Cabe. **Unit Operation of Chemical Engineering**. New York : Mc. Graw Hill Book Co. 1985
- [4] Andrew, A.W. **Environmental Pollution**. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 1992
- [5] J.P Holman, **Perpindahan Kalor (Heat Transfer)**, Jakarta, Penerbit Erlangga, Edisi ke V, 1994
- [6] Robert H. Perry and Cecil E. Chilton, **Chemical Engineering Hand Book, 50th Edition**, Mc. Graw Hill Book Co. 1992

Commented [A14]: Tidak ada jejak dinujuk dalam tulisan

4. Copy editing Complitt

[JRT] Copyediting Completed

Muchammad Tamyiz <jurnal.ft.unusida@gmail.com>
Balas Ke: Yulia Tri Rahkadima <yuliarahkadima@gmail.com>
Kepada: Solikin Solikin <solikin.ub@gmail.com>
Cc: Tri Sudarwati <tri.puji.ls@akfarsurabaya.ac.id>

26 Januari 2019 pukul 15.46

The following message is being delivered on behalf of Journal of Research and Technology.

Solikin Solikin:

We have now copyedited your submission "METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO" for Journal of Research and Technology. To review the proposed changes and respond to Author Queries, please follow these steps:

1. Log into the journal using URL below with your username and password (use Forgot link if needed).
2. Click on the file at 1. Initial Copyedit File to download and open copyedited version.
3. Review the copyediting, making changes using Track Changes in Word, and answer queries.
4. Save file to desktop and upload it in 2. Author Copyedit.
5. Click the email icon under COMPLETE and send email to the editor.

This is the last opportunity that you have to make substantial changes. You will be asked at a later stage to proofread the galleys, but at that point only minor typographical and layout errors can be corrected.

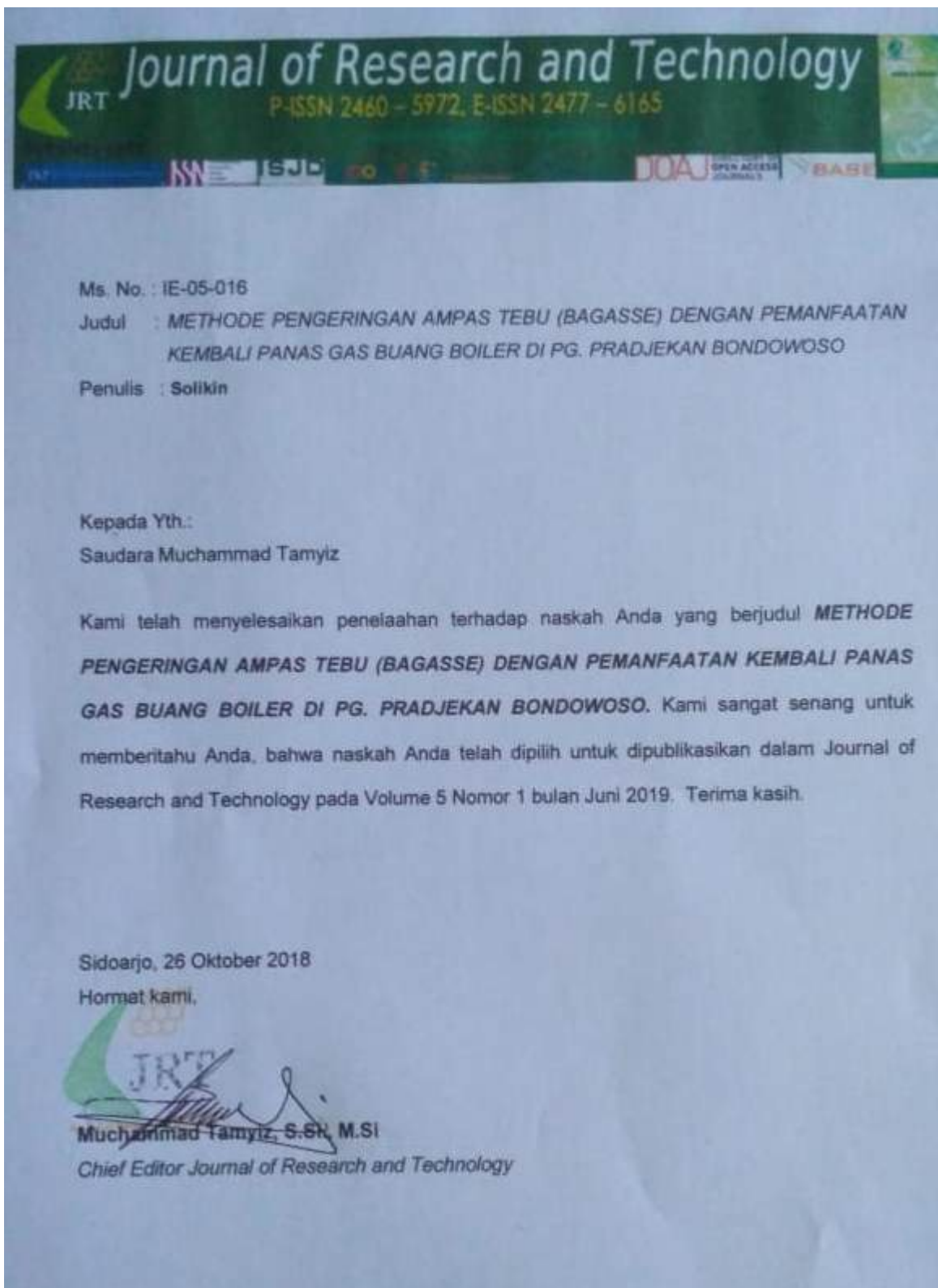
Manuscript URL:
<http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/author/submissionEditing/187>
Username: solikin

If you are unable to undertake this work at this time or have any questions, please contact me. Thank you for your contribution to this journal.

Yulia Tri Rahkadima

Journal of Research and Technology
<http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt>

5. Copyediting Review Acknowledgement



6. Editor Decision

[JRT] Editor Decision ➤ Kotak Masuk ✕



Muchammad Tamyiz jurnal.ft.unusida@gmail.com [lewat](mailto:jurnal.ft.unusida@gmail.com) unusida.ac.id
kepada saya ▼

14 Feb 2019, 15.05

The following message is being delivered on behalf of Journal of Research and Technology.

Solikin Solikin:

We have reached a decision regarding your submission to Journal of Research and Technology, "METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO".

Our decision is to: Accept Submission

Mr. Muchammad Tamyiz
Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo
Phone +6285655333861
muchammad_tamyiz@yahoo.com

Journal of Research and Technology
<http://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt>

METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO

Solikin, ST MT, ¹ M. Arif Batuta ST MT ²⁾

Jurusan Teknik Mesin, fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

E-mail : solikin@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

At present the need for fossil fuels is very high, while reserves in nature are decreasing. For this reason, innovation is needed to find alternative energy from fossil fuels to alternative energy that is more environmentally friendly and can be renewed. The sugar factory as one of the Dutch heritage industries that produces solid waste in the form of bagasse can be used for boiler fuel. While the boiler exhaust gas (flue gas) from the chimney generated from burning fuel also causes air pollution can be used for drying bagasse so as to reduce the impact of pollution caused by the exhaust gas.

The use of bagasse (bagasse) with a moisture content of around 49 - 52% as boiler fuel as one of the causes of burning in the combustion chamber is not perfect and causes air pollution. The high temperature of the smoke gas coming out through the boiler chimney around 220 °C has a heat content of 13475.72 kW and still high levels of water in the pulp can certainly be used to dry bagasse using a dryer (Rotary Dryer)

Through the use of flue gas that is wasted on the boiler chimney for bagasse drying, it can increase the heat value of bagasse 50,544 x 106 Kcal / hour for the production of bagasse 30 tons / hour, reduce bagasse water content up to 35,1%, increase thermal efficiency and reduce pollutants released into the surrounding environment

Keywords: Bagasse, fly ash, air pollution and rotary dryer

1. PENDAHULUAN

Pabrik gula sebagai salah satu industri peninggalan zaman Belanda yang menghasilkan limbah padat berupa ampas tebu (bagasse) dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar Boiler. Sementara gas buang boiler (*flue gas*) dari cerobong yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar juga menimbulkan polusi udara dapat dimanfaatkan untuk pengeringan ampas tebu, sehingga mampu mengurangi dampak polusi yang diakibatkan gas buang tersebut.

Pabrik gula juga merupakan salah satu industri yang menggunakan bahan bakar sisa dari proses industrinya sebagai bahan bakar boiler dalam menghasilkan uap untuk pembangkit listrik dan pendukung proses produksinya. Ampas tebu hasil proses penggilingan sebesar 22 - 25% dari berat tebu yang akan digiling setiap jamnya.

Pabrik gula Pradjekan di Bondowoso sebagai pabrik penghasil gula juga menghasilkan limbah padat (ampas tebu), cair (pupuk tetes) dan gas yang berasal dari emisi gas

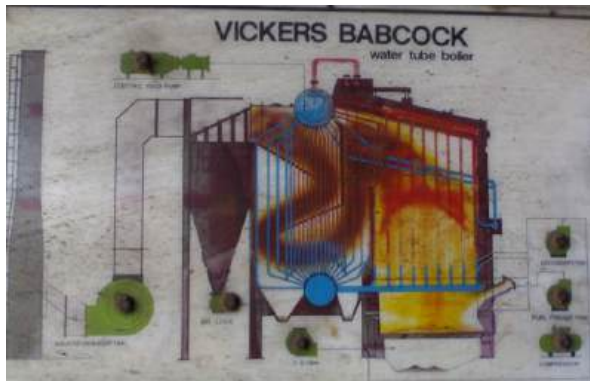
buang cerobong boiler yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (*bagasse*).

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas udara ambien yang dilakukan oleh Disnakertrans UPT K3LH bahwa parameter kadar bahan pencemar udara ambien disekitar lokasi pabrik gula menunjukkan kadar debu lepas ke udara cukup tinggi, sehingga lingkungan pemukiman disekitar pabrik menjadi kotor dan tidak nyaman.

Hasil pengukuran sebelah selatan pabrik kadar debu sebesar 0,2978 mg/m³ sedangkan disebelah utara pabrik sebesar 0,5205 mg/m³ melampaui ambang batas sebesar 0,26 mg/m³.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PG. Pradjekan adalah suatu perusahaan yang bergerak pada industri tebu rakyat yang memproduksi gula. Dalam pemenuhan uap panasnya untuk pemenuhan kebutuhan proses penguapan nira dan penggerak beberapa mesin rotary, maka dioperasikan ketel uap pipa air.



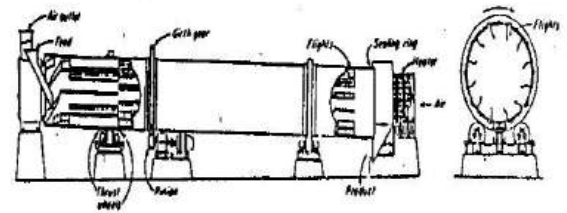
Gambar 1. Skema Ketel Pipa Air

Uap adalah gas yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap (gas) dengan cara pemanasan air dalam bejana. Proses pendidihan memerlukan energi panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (bagasse). Kualitas pembakaran bahan bakar diruang bakar sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban ampas yang masuk ke dapur boiler.

Ampas tebu hasil dari penggilingan memiliki komposisi yang terdiri dari fiber, *moisture* dan *dissolved solid*. Nilai kalor ampas tebu (*bagasse*) sangat tergantung dari jumlah kandungan kadar air (*moisture*) yang terdapat didalam bagasse. Ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah padat dari hasil samping sisa proses pengolahan tebu pada pabrik gula pasir. Bagasse mengandung kadar air 51,2 %, gula 3,2% dan serat 47,8%.

Pada PG. Pradjekan milik PTPN XI tiap jamnya dapat melakukan penggilingan dengan kapasitas tebu seberat 110 ton/Jam, dengan rata-rata gilingan 2300 ton/hari atau 93,3 ton/jam. Hasil dari pengolahan tebu berupa gula dan ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar ketelnya yang berjumlah tiga buah. Ketel tersebut berfungsi sebagai pembangkit listrik dan pendukung proses produksi gula.

Untuk meningkatkan nilai kalor dari bagasse, pabrik gula Pradjekan menggunakan sisa panas gas buang untuk mengurangi kadar *moisture* yang terkandung di dalam bagasse dalam sebuah alat pengering. Salah satu alat untuk mengurangi kadar air bagasse adalah dengan alat pengering Rotary Dryer.



Gambar 2. Direct heat rotary dryer

Rotary Dryer terdiri dari shell berbentuk silinder horizontal yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga silinder ini dapat berputar dan kedudukannya sedikit membentuk sudut kemiringan. Pada bagian dalam silinder (*drum*) terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk mengangkat ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan pada silinder putar. Dengan tingginya kadar air dari bagasse, maka diperlukan kalor yang besar pula untuk melakukan penguapan atau evaporasi air pada proses pembakaran, sehingga ada kalor yang terbangun untuk melakukan penguapan atau evaporasi dalam ruang bakar ketel.

Analisa Kalor Gas Asap Ketel Uap

A. Berat dan Volume Gas Asap

Gas asap hasil pembakaran bagasse pada umumnya terdiri atas gas Nitrogen (N_2), Karbon (C), Oksigen (O_2), air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) yang memiliki berat dan volume tertentu. Berat dan volume gas buang tersebut dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam ampas tebu dan udara berlebih (*excess air*). Berat gas asap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

- Berat Nitrogen = $4,43 (1 - w) \cdot m$
- Berat Oksigen = $1,33 (1 - w)(m - 1)$
- Berat Air = $0,585 (1 - w) + w$
- Berat CO_2 = $1,727 (1 - w)$

B Kalor Jenis Rata-Rata Gas Asap

Besarnya nilai kalor jenis rata-rata dari gas hasil pembakaran merupakan perkalian konstanta dengan temperatur.

$$Cp_g = \frac{Cp_{N_2} + Cp_{O_2} + Cp_{H_2O} + Cp_{CO_2}}{4}$$

C. Enthalpi gas Asap

Harga enthalpy gas asap boiler adalah jumlah dari enthalpy gas kering dan enthalpy uap air yang terkandung dalam gas asap.

$$H_g = m_g \cdot Cp_g (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{pa} (t_1 - t_0)]$$

Dengan :

- m_g = massa gas kering (kg)
- C_{p_g} = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0K)
- C_{p_a} = Kalor jenis uap air (kJ/kg 0K)
- C_{p_g} = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0K)
- t_1 = temperatur gas asap masuk pengering (0K)
- t_0 = temperatur penguapan pada 0^0C
- h_g = Kalor latent penguapan (kJ/kg)

Besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$Q_{f_g} = m_g (H_g - H_{ud})$$

D. Reduksi Kadar Air Bagasse

Untuk menentukan kadar air yang dapat direduksi selama proses pengeringan dapat ditentukan berdasarkan prinsip keseimbangan massa uap air yang diuapkan dari bagasse dengan massa uap air yang diterima gas asap.

Massa air yang menguap dihitung dengan persamaan kesetimbangan massa, dimana massa uap air yang keluar dari bagasse akan sama dengan massa uap air yang diterima gas pengering, sehingga persamaan kesetimbangan massanya sebagai berikut :

$$m_g (W_{g2} - W_{g1}) = m_b (W_{b2} - W_{b1})$$

E. Nilai Bakar Ampas Tebu

Nilai bakar ampas tebu adalah banyaknya panas hasil pembakaran tiap satuan berat bahan bakar yang dinyatakan dalam kcal per kg bahan bakar. Nilai bakar ampas tebu ada dua yaitu nilai bakar tinggi (NBT) dan nilai bakar rendah (NBR).

Nilai bakar rendah adalah nilai bakar tinggi dikurangi panas yang dibutuhkan untuk membentuk air atau dirumuskan sebagai berikut:

$$NBR = NBT - (600 \times E)$$

Dengan :

NBR = Nilai Bakar Rendah (Kcal/kg)

NBT = Nilai Bakar Tinggi (Kcal/Kg)

E = Berat uap air dalam gas hasil pembakaran (Kg)

F. Kalor Pengeringan Bagasse pada Dryer

Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan adalah :

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = m_b \cdot C_{p_b} \cdot (T_2 - T_1)$$

Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = m_a \cdot C_{p_a} \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$$

Kalor untuk menguapkan uap air pada

permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = m_{\text{uap}} \times h_g$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk Rotary dryer adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, analisa data dilakukan berdasar kan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan Bondowoso dan studi literature dari beberapa hand book serta kumpulan jurnal hasil penelitian terdahulu baik melalui sumber internet maupun perpustakaan secara langsung.

Data Perhitungan

Berdasarkan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan diperoleh data sebagai berikut :

A. Data utama

- Kapasitas produksi bagasse (m_b) = 35 ton/jam = 9,722 kg/dt
- Suhu bagasse (t_1) = 30^0C
- Suhu gas asap keluar air heater = 220^0C
- Kadar air rata-rata bagasse = 50,1 %

B. Data penunjang :

- Kadar gula dalam bagasse = 2,08 %
- Data pengukuran kualitas udara ambient di PG.Pradjekan kandungan rata-rata CO_2 dalam gas asap 13,56 % (*excess air* = 1,46)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3, Pengering Ampas Putar

Alat pengering saat beroperasi menggunakan drum mendatar yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga drum ini dapat berputar dengan kedudukan ujung drum sisi masuk lebih tinggi. Ampas akan bersentuhan dengan gas panas Didalam drum panjang terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk

mendorong ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan dalam silinder putar.

Ampas tebu (*bagasse*) dimasukkan pada bagian ujung yang lebih tinggi akan bercampur dengan media pemanas, sehingga terjadi pengeringan dan akan keluar sebagai suatu produk ampas kering pada ujung lain yang lebih rendah bersama gas asap. Gerakan maju ampas yang dikeringkan disebabkan karena adanya putaran silinder, kemiringan silinder dan adanya flight. Media pemanas yang digunakan untuk pengeringan berupa gas buang dari ketel (*flue gas*) yang temperaturnya sekitar 220 °C. Penggunaan gas buang ketel dari ruang bakar dioptimalkan untuk pemanasan air umpan / pengisi (*feed water boiler*) pada *economizer* dan pemanasan udara pembakaran pada *air heater*, sehingga mampu menurunkan suhu gas buang dari 330 °C menjadi 220 °C.

Kalor Gas Asap Cerobong Boiler

A. Total volume gas asap :

$$V_g = [4,47(1-W) + 0,572W + 0,672]$$

Jika Kapasitas produksi ampas tebu 30 ton/jam (8,33 kg/detik), maka total gas asap yang dihasilkan adalah :

$$\begin{aligned}\text{Total Gas Asap (} m_g \text{)} &= 5,094 \times 8,33 \\ &= 42,43 \text{ Kg/dtk}\end{aligned}$$

B. Enthalpy Gas Asap

Enthalpy Gas Asap yang masuk ke alat pengering sebagai berikut :

$$\begin{aligned}H_g &= C_{pg} (t_i - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{pa} (t_i - t_0)] \\ H_g &= 1,32(493-273) + 0,18[2502 + 1,85 (493 - 273)] = 815,7 \text{ kJ/kg}\end{aligned}$$

Enthalpy udara (H_{ud}) luar adalah :

$$H_{ud} = 1,32 (303 - 273) + 0,18 [2502 + 1,854 (303 - 273)] = 498,09 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$\begin{aligned}Q_{fg} &= m_g (H_g - H_{ud}) \\ Q_{fg} &= 42,43 (815,7 - 498,09) \\ Q_{fg} &= 13475,72 \text{ kW}.\end{aligned}$$

C. Reduksi Kadar air Bagasse

Kadar air bagasse keluar pengering adalah :

$$\begin{aligned}W_{b2} &= W_{b1} - [(m_g / m_b)(W_{g2} - W_{g1})] \\ &= 0,512 - [(42,43 / 8,33) (0,254 - 0,185)] \\ &= 0,161\end{aligned}$$

Sehingga reduksi kadar air bagasse adalah :

$$\Delta W_b = (W_{b1} - W_{b2}) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = (0,512 - 0,161) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = 35,1 \%$$

D. Kalor Pengeringan Bagasse

1. Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 8,33 \times 1,07 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 267,39 \text{ kJ / dtk}$$

2. Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = 4,26 \times 4,2 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen air}} = 537,37 \text{ kJ/dtk}$$

3. Kalor untuk menguapkan uap air pada permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = 2,585 \times 2228,5$$

$$Q_{\text{Evaporator}} = 5760,7 \text{ kJ/dtk}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk alat pengering (Rotary dryer) adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

$$Q_{bp} = 267,9 + 537,38 + 5760,7$$

$$Q_{bp} = 6565,98 \text{ KJ/dtk}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data pengeringan bagasse dalam rotary dryer dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Temperatur gas asap yang cukup tinggi sekitar 220 °C keluar dari air heater memiliki kandungan kalor sebesar 13475,72 kW, sehingga dapat dioptimalkan untuk mengeringkan ampas tebu (*bagasse*) agar pembakaran lebih sempurna sampai kapasitas ampas 30 ton/jam.
2. Kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse sebesar 5237,66 kJ/dt yang artinya ampas tebu yang bisa dikeringkan masih dapat ditingkatkan. Akibat rendahnya kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse, sehingga kalor yang terbuang cukup besar sekitar 7179,7 KJ/dtk. Temperatur gas buang keluar cerobong sekitar 200 °C agar cerobong tidak mudah rusak.
3. Rotary dryer mampu mereduksi kadar air bagasse hingga 35,1% yakni dari kadar air 51,2% menjadi 16,1% dengan laju penguapan 1,476 kg/s serta efisiensi thermis sekitar 53,6 %.
4. Ampas tebu (*Bagasse*) memiliki nilai bakar awal 1771,6 kkal/kg dan setelah pengeringan menjadi 3456,4 kkal/kg, sehingga terjadi peningkatan nilai kalor bakarnya sebesar 1684,8 kkal/kg setara dengan 50,544 x 10⁶

Kkal/jam untuk produksi bagasse 30 ton/jam.

Berdasarkan hasil analisa data perhitungan diatas, dengan pemasangan *Rotary Dryer* sebagai alat untuk pengeringan ampas tebu (*bagasse*) untuk bahan bakar boiler, mampu meningkatkan nilai ekonomis ampas tebu dan menekan penggunaan bahan bakar fosil serta mampu mengurangi polusi dari gas buang boiler.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, sebaiknya ada penelitian lanjutan terkait metode tambahan untuk pemasangan alat pada cerobong boiler guna menangkap abu (*fly ash*) yang terikut keluar lewat cerobong mengingat posisi pabrik berada dikawasan padat penduduk serta dilakukan pengukuran terhadap kandungan kontaminan yang keluar lewat cerobong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hesketh, E.H. **Understanding and Controlling Air Pollution**. Ann Arbor Scie., Michigan, USA. 1994
- [2] Hugot E. **Handbook of Cane Sugar Engineering Second Edition**. Amsterdam : Elsevier Publishing Co. 1992
- [3] Mc. Warren, Cabe. **Unit Operation of Chemical Engineering**. New York : Mc. Graw Hill Book Co. 1985
- [4] Andrew, A.W. **Environmental Pollution**. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 1992
- [5] J.P Holman, **Perpindahan Kalor (Heat Transfer)**, Jakarta, Penerbit Erlangga, Edisi ke V, 1994
- [6] Robert H. Perry and Cecil E. Chilton, **Chemical Engineering Hand Book, 50th Edition**, Mc. Graw Hill Book Co. 1992

Solikin S.t., M.t

METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. ...

 Quick Submit Quick Submit Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya

Document Details

Submission ID

tm:oid::1:3318275847

Submission Date

Oct 22, 2018, 12:06 PM GMT+7

Download Date

Oct 22, 2018, 12:08 PM GMT+7

File Name

Jurnal_Unusida_1.pdf

File Size

971.0 KB

5 Pages**2,395 Words****12,321 Characters**

3% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Top Sources

- 0%  Internet sources
- 3%  Publications
- 0%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

0%	 Internet sources
3%	 Publications
0%	 Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Publication	
Ichsan Purnama, Sri Poernomo Sari, Heru Kuncoro. "COMPARATIVE STUDY OF WA...		1%
2	Publication	
Kemas Ridhuan, I Gede Angga Juniawan. "PENGARUH MEDIA PENDINGIN AIR PAD...		<1%
3	Publication	
Shandra Andina Rahsia. "ANALISIS DISPERSI GAS CO DAN SO2 DARI SUMBER TETA...		<1%
4	Publication	
Winarno, Ari Santoso. "PENGARUH KOMPONEN PARASITIK ESR TERHADAP AMPLIT...		<1%
5	Publication	
"Proceedings of the International Conference on Radioscience, Equatorial Atmos...		<1%

METHODE PENGERINGAN AMPAS TEBU (BAGASSE) DENGAN PEMANFAATAN KEMBALI PANAS GAS BUANG BOILER DI PG. PRADJEKAN BONDOWOSO

Solikin, ST MT, ¹ M. Arif Batuta ST MT ²⁾

Jurusan Teknik Mesin, fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Indonesia

E-mail : solikin@ft.um-surabaya.ac.id

Abstract

At present the need for fossil fuels is very high, while reserves in nature are decreasing. For this reason, innovation is needed to find alternative energy from fossil fuels to alternative energy that is more environmentally friendly and can be renewed. The sugar factory as one of the Dutch heritage industries that produces solid waste in the form of bagasse can be used for boiler fuel. While the boiler exhaust gas (flue gas) from the chimney generated from burning fuel also causes air pollution can be used for drying bagasse so as to reduce the impact of pollution caused by the exhaust gas.

The use of bagasse (bagasse) with a moisture content of around 49 - 52% as boiler fuel as one of the causes of burning in the combustion chamber is not perfect and causes air pollution. The high temperature of the smoke gas coming out through the boiler chimney around 220 °C has a heat content of 13475.72 k W and still high levels of water in the pulp can certainly be used to dry bagasse using a dryer (Rotary Dryer)

Through the use of flue gas that is wasted on the boiler chimney for bagasse drying, it can increase the heat value of bagasse 50,544 x 106 Kcal / hour for the production of bagasse 30 tons / hour, reduce bagasse water content up to 35,1%, increase thermal efficiency and reduce pollutants released into the surrounding environment

Keywords: Bagasse, fly ash, air pollution and rotary dryer

1. PENDAHULUAN

Pabrik gula sebagai salah satu industri peninggalan zaman Belanda yang menghasilkan limbah padat berupa ampas tebu (bagasse) dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar Boiler. Sementara gas buang boiler (*flue gas*) dari cerobong yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar juga menimbulkan polusi udara dapat dimanfaatkan untuk pengeringan ampas tebu, sehingga mampu mengurangi dampak polusi yang diakibatkan gas buang tersebut.

Pabrik gula juga merupakan salah satu industri yang menggunakan bahan bakar sisa dari proses industrinya sebagai bahan bakar boiler dalam menghasilkan uap untuk pembangkit listrik dan pendukung proses produksinya. Ampas tebu hasil proses penggilingan sebesar 22 - 25% dari berat tebu yang akan digiling setiap jamnya.

Pabrik gula Pradjean di Bondowoso sebagai pabrik penghasil gula juga menghasilkan limbah padat (ampas tebu), cair (pupuk tetes) dan gas yang berasal dari emisi gas

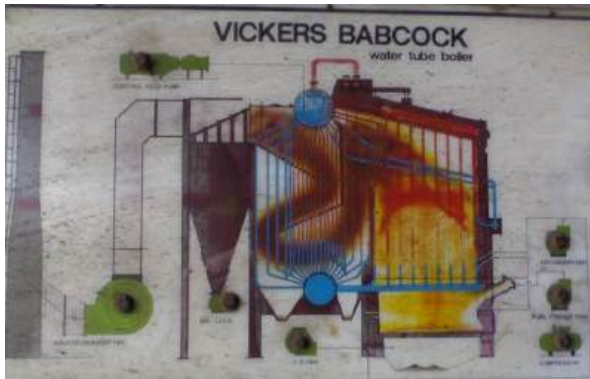
buang cerobong boiler yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (*bagasse*).

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas udara ambien yang dilakukan oleh Disnakertrans UPT K3LH bahwa parameter kadar bahan pencemar udara ambien disekitar lokasi pabrik gula menunjukkan kadar debu lepas ke udara cukup tinggi, sehingga lingkungan pemukiman disekitar pabrik menjadi kotor dan tidak nyaman.

Hasil pengukuran sebelah selatan pabrik kadar debu sebesar 0,2978 mg/m³ sedangkan disebelah utara pabrik sebesar 0,5205 mg/m³ melampaui ambang batas sebesar 0,26 mg/m³.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PG. Pradjean adalah suatu perusahaan yang bergerak pada industri tebu rakyat yang memproduksi gula. Dalam pemenuhan uap panasnya untuk pemenuhan kebutuhan proses penguapan nira dan penggerak beberapa mesin rotary, maka dioperasikan ketel uap pipa air.



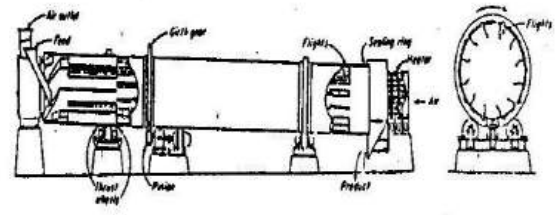
Gambar 1. Skema Ketel Pipa Air

Uap adalah gas yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap (gas) dengan cara pemanasan air dalam bejana. Proses pendidihan memerlukan energi panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar ampas tebu (*bagasse*). Kualitas pembakaran bahan bakar diruang bakar sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban ampas yang masuk ke dapur boiler.

Ampas tebu hasil dari penggilingan memiliki komposisi yang terdiri dari fiber, *moisture* dan *dissolved solid*. Nilai kalor ampas tebu (*bagasse*) sangat tergantung dari jumlah kandungan kadar air (*moisture*) yang terdapat didalam *bagasse*. Ampas tebu (*bagasse*) merupakan limbah padat dari hasil samping sisa proses pengolahan tebu pada pabrik gula pasir. *Bagasse* mengandung kadar air 51,2 %, gula 3,2% dan serat 47,8%.

Pada PG. Pradjekan milik PTPN XI tiap jamnya dapat melakukan penggilingan dengan kapasitas tebu seberat 110 ton/Jam, dengan rata-rata gilingan 2300 ton/hari atau 93,3 ton/jam. Hasil dari pengolahan tebu berupa gula dan ampas tebu. Ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar ketelnya yang berjumlah tiga buah. Ketel tersebut berfungsi sebagai pembangkit listrik dan pendukung proses produksi gula.

Untuk meningkatkan nilai kalor dari *bagasse*, pabrik gula Pradjekan menggunakan sisa panas gas buang untuk mengurangi kadar *moisture* yang terkandung di dalam *bagasse* dalam sebuah alat pengering. Salah satu alat untuk mengurangi kadar air *bagasse* adalah dengan alat pengering Rotary Dryer.



Gambar 2. Direct heat rotary dryer

Rotary Dryer terdiri dari shell berbentuk silinder horizontal yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga silinder ini dapat berputar dan kedudukannya sedikit membentuk sudut kemiringan. Pada bagian dalam silinder (*drum*) terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk mengangkat ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan pada silinder putar. Dengan tingginya kadar air dari *bagasse*, maka diperlukan kalor yang besar pula untuk melakukan penguapan atau evaporasi air pada proses pembakaran, sehingga ada kalor yang terbangun untuk melakukan penguapan atau evaporasi dalam ruang bakar ketel.

Analisa Kalor Gas Asap Ketel Uap

A. Berat dan Volume Gas Asap

Gas asap hasil pembakaran *bagasse* pada umumnya terdiri atas gas Nitrogen (N_2), Karbon (C), Oksigen (O_2), air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2) yang memiliki berat dan volume tertentu. Berat dan volume gas buang tersebut dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung dalam ampas tebu dan udara berlebih (*excess air*). Berat gas asap dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

- Berat Nitrogen = $4,43 (1 - w) \cdot m$
- Berat Oksigen = $1,33 (1 - w)(m - 1)$
- Berat Air = $0,585 (1 - w) + w$
- Berat CO_2 = $1,727 (1 - w)$

B Kalor Jenis Rata-Rata Gas Asap

Besarnya nilai kalor jenis rata-rata dari gas hasil pembakaran merupakan perkalian konstanta dengan temperatur.

$$Cp_g = \frac{Cp_{N_2} + Cp_{O_2} + Cp_{H_2O} + Cp_{CO_2}}{4}$$

C. Enthalpi gas Asap

Harga enthalpy gas asap boiler adalah jumlah dari enthalpy gas kering dan enthalpy uap air yang terkandung dalam gas asap.

$$H_g = m_g \cdot Cp_g (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{pa} (t_1 - t_0)]$$

Dengan :

- m_g = massa gas kering (kg)
- C_{p_g} = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0K)
- C_{p_a} = Kalor jenis uap air (kJ/kg 0K)
- C_{p_g} = Kalor jenis gas asap (kJ/kg 0K)
- t_1 = temperatur gas asap masuk pengering (0K)
- t_0 = temperatur penguapan pada 0 0C
- h_{fg} = Kalor latent penguapan (kJ/kg)

Besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$Q_{f_g} = m_g (H_g - H_{ud})$$

D. Reduksi Kadar Air Bagasse

Untuk menentukan kadar air yang dapat direduksi selama proses pengeringan dapat ditentukan berdasarkan prinsip keseimbangan massa uap air yang diuapkan dari bagasse dengan massa uap air yang diterima gas asap.

Massa air yang menguap dihitung dengan persamaan kesetimbangan massa, dimana massa uap air yang keluar dari bagasse akan sama dengan massa uap air yang diterima gas pengering, sehingga persamaan kesetimbangan massanya sebagai berikut :

$$m_g (W_{g2} - W_{g1}) = m_b (W_{b2} - W_{b1})$$

E. Nilai Bakar Ampas Tebu

Nilai bakar ampas tebu adalah banyaknya panas hasil pembakaran tiap satuan berat bahan bakar yang dinyatakan dalam kcal per kg bahan bakar. Nilai bakar ampas tebu ada dua yaitu nilai bakar tinggi (NBT) dan nilai bakar rendah (NBR).

Nilai bakar rendah adalah nilai bakar tinggi dikurangi panas yang dibutuhkan untuk membentuk air atau dirumuskan sebagai berikut:

$$NBR = NBT - (600 \times E)$$

Dengan :

NBR = Nilai Bakar Rendah (Kcal/kg)

NBT = Nilai Bakar Tinggi (Kcal/Kg)

E = Berat uap air dalam gas hasil pembakaran (Kg)

F. Kalor Pengeringan Bagasse pada Dryer

Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan adalah :

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = m_b \cdot C_{p_b} \cdot (T_2 - T_1)$$

Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = m_a \cdot C_{p_a} \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}})$$

Kalor untuk menguapkan uap air pada

permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = m_{\text{uap}} \times h_{fg}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk Rotary dryer adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, analisa data dilakukan berdasar kan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan Bondowoso dan studi literature dari beberapa hand book serta kumpulan jurnal hasil penelitian terdahulu baik melalui sumber internet maupun perpustakaan secara langsung.

Data Perhitungan

Berdasarkan hasil pengambilan data di PG. Pradjekan diperoleh data sebagai berikut :

A. Data utama

- Kapasitas produksi bagasse (m_b) = 35 ton/jam = 9,722 kg/dt
- Suhu bagasse (t_1) = 30 0C
- Suhu gas asap keluar air heater = 220 0C
- Kadar air rata-rata bagasse = 50,1 %

B. Data penunjang :

- Kadar gula dalam bagasse = 2,08 %
- Data pengukuran kualitas udara ambient di PG. Pradjekan kandungan rata-rata CO₂ dalam gas asap 13,56 % (*excess air* = 1,46)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3, Pengering Ampas Putar

Alat pengering saat beroperasi menggunakan drum mendatar yang dipasang pada suatu batangan roll, sehingga drum ini dapat berputar dengan kedudukan ujung drum sisi masuk lebih tinggi. Ampas akan bersentuhan dengan gas panas Didalam drum panjang terdapat sirip pengaduk (*flight*) yang berfungsi untuk

mendorong ampas tebu (*bagasse*) yang dikeringkan dalam silinder putar.

Ampas tebu (*bagasse*) dimasukkan pada bagian ujung yang lebih tinggi akan bercampur dengan media pemanas, sehingga terjadi pengeringan dan akan keluar sebagai suatu produk ampas kering pada ujung lain yang lebih rendah bersama gas asap. Gerakan maju ampas yang dikeringkan disebabkan karena adanya putaran silinder, kemiringan silinder dan adanya flight. Media pemanas yang digunakan untuk pengeringan berupa gas buang dari ketel (*flue gas*) yang temperaturnya sekitar 220 °C. Penggunaan gas buang ketel dari ruang bakar dioptimalkan untuk pemanasan air umpan / pengisi (*feed water boiler*) pada *economizer* dan pemanasan udara pembakaran pada *air heater*, sehingga mampu menurunkan suhu gas buang dari 330 °C menjadi 220 °C.

Kalor Gas Asap Cerobong Boiler

A. Total volume gas asap :

$$V_g = [4,47(1-W) + 0,572W + 0,672]$$

Jika Kapasitas produksi ampas tebu 30 ton/jam (8,33 kg/detik), maka total gas asap yang dihasilkan adalah :

$$\begin{aligned} \text{Total Gas Asap (} m_g \text{)} &= 5,094 \times 8,33 \\ &= 42,43 \text{ Kg/dtk} \end{aligned}$$

B. Enthalpy Gas Asap

Enthalpy Gas Asap yang masuk ke alat pengering sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_g &= C_{p_g} (t_1 - t_0) + W_{g1} [h_{fg} + C_{p_a} (t_1 - t_0)] \\ H_g &= 1,32(493-273) + 0,18[2502 + 1,85(493 - 273)] = 815,7 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Enthalpy udara (H_{ud}) luar adalah :

$$H_{ud} = 1,32(303 - 273) + 0,18[2502 + 1,854(303 - 273)] = 498,09 \text{ kJ/kg}$$

Sehingga besarnya kalor yang terkandung dalam gas asap masuk alat pengering adalah:

$$\begin{aligned} Q_{fg} &= m_g (H_g - H_{ud}) \\ Q_{fg} &= 42,43 (815,7 - 498,09) \\ Q_{fg} &= 13475,72 \text{ kW} \end{aligned}$$

C. Reduksi Kadar air Bagasse

Kadar air bagasse keluar pengering adalah :

$$\begin{aligned} W_{b2} &= W_{b1} - [(m_g / m_b)(W_{g2} - W_{g1})] \\ &= 0,512 - [(42,43 / 8,33)(0,254 - 0,185)] \\ &= 0,161 \end{aligned}$$

Sehingga reduksi kadar air bagasse adalah :

$$\Delta W_b = \left(\frac{W_{b1} - W_{b2}}{W_{b1}} \right) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = (0,512 - 0,161) \times 100\%$$

$$\Delta W_b = 35,1 \%$$

D. Kalor Pengeringan Bagasse

1. Kalor untuk menaikkan suhu bagasse hingga suhu penguapan

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 8,33 \times 1,07 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen Bagasse}} = 267,39 \text{ kJ / dtk}$$

2. Kalor untuk menguapkan kandungan air dalam bagasse

$$Q_{\text{Sen air}} = 4,26 \times 4,2 \times (333 - 303)$$

$$Q_{\text{Sen air}} = 537,37 \text{ kJ/dtk}$$

3. Kalor untuk menguapkan uap air pada permukaan bagasse

$$Q_{\text{Evaporator}} = 2,585 \times 2228,5$$

$$Q_{\text{Evaporator}} = 5760,7 \text{ kJ/dtk}$$

Jadi kalor beban pengeringan untuk alat pengering (Rotary dryer) adalah :

$$Q_{bp} = Q_{\text{sen bagasse}} + Q_{\text{sen air}} + Q_{\text{evaporator}}$$

$$Q_{bp} = 267,9 + 537,38 + 5760,7$$

$$Q_{bp} = 6565,98 \text{ KJ/dtk}$$

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data pengeringan bagasse dalam rotary dryer dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Temperatur gas asap yang cukup tinggi sekitar 220 °C keluar dari air heater memiliki kandungan kalor sebesar 13475,72 kW, sehingga dapat dioptimalkan untuk mengeringkan ampas tebu (*bagasse*) agar pembakaran lebih sempurna sampai kapasitas ampas 30 ton/jam.
2. Kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse sebesar 5237,66 kJ/dt yang artinya ampas tebu yang bisa dikeringkan masih dapat ditingkatkan. Akibat rendahnya kalor yang diperlukan untuk pengeringan bagasse, sehingga kalor yang terbuang cukup besar sekitar 7179,7 KJ/dtk. Temperatur gas buang keluar cerobong sekitar 200° C agar cerobong tidak mudah rusak.
3. Rotary dryer mampu mereduksi kadar air bagasse hingga 35,1% yakni dari kadar air 51,2% menjadi 16,1% dengan laju penguapan 1,476 kg/s serta efisiensi thermis sekitar 53,6 %.
4. Ampas tebu (*Bagasse*) memiliki nilai bakar awal 1771,6 kkal/kg dan setelah pengeringan menjadi 3456,4 kkal/kg, sehingga terjadi peningkatan nilai kalor bakarnya sebesar 1684,8 kkal/kg setara dengan 50,544 x 10⁶

Kkal/jam untuk produksi bagasse 30 ton/jam.

Berdasarkan hasil analisa data perhitungan diatas, dengan pemasangan *Rotary Dryer* sebagai alat untuk pengeringan ampas tebu (*bagasse*) untuk bahan bakar boiler, mampu meningkatkan nilai ekonomis ampas tebu dan menekan penggunaan bahan bakar fosil serta mampu mengurangi polusi dari gas buang boiler.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, sebaiknya ada penelitian lanjutan terkait metode tambahan untuk pemasangan alat pada cerobong boiler guna menangkap abu (*fly ash*) yang terikut keluar lewat cerobong mengingat posisi pabrik berada dikawasan padat penduduk serta dilakukan pengukuran terhadap kandungan kontaminan yang keluar lewat cerobong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hesketh, E.H. **Understanding and Controlling Air Pollution**. Ann Arbor Scie., Michigan,USA. 1994
- [2] Hugot E. **Handbook of Cane Sugar Engineering Second Edition**. Amsterdam : Elsevier Publishing Co. 1992
- [3] Mc. Warren, Cabe. **Unit Operation of Chemichal Engineering**. New York : Mc. Graw Hill Book Co. 1985
- [4] Andrew, A.W. **Environmental Pollution**. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 1992
- [5] J.P Holman, **Perpindahan Kalor (Heat Transfer)**, Jakarta, Penerbit Erlangga, Edisi ke V, 1994
- [6] Robert H. Perry and Cecil E. Chilton, **Chemical Engineering Hand Book, 50th Edition**, Mc. Graw Hill Book Co.1992