

# PEMANFAATAN ENERGI PANAS DARI TUNGKU PEMBAKARAN DENGAN BAHAN BAKAR BAGAS

The use of heat energy produced by the combustion process of solid waste of sugar cane industry (bagasse)

Oleh :

Rofienda, Trie Widiyanto, Siti Noer Tri H, Sumingkrat, Wuryanto \*)

## Abstract:

The energy from bagasse can boiler water convert into steam at 435 °C of incinerator temperature and 140°C of steam through incinerator with special design. Produced steam store in header with annually period 10 kg/jam, maximum temperature 150°C and maximum pressure 4 – 5 kg/cm<sup>2</sup>. Heat loss from incinerator stuck at temperature at the chamber can be constantly 150°C can be used to agro crop with special design monitored at 70°C as required.

## Intisari

Energi yang dihasilkan dari pembakaran limbah padat industri gula berupa bagas dengan tungku pembakaran yang didesain sedemikian rupa dapat memanaskan air menjadi steam dengan suhu ruang bakar 435°C dan suhu steam 140°C. Steam yang terbentuk disimpan di header. Header dapat menyimpan steam yang dihasilkan dari pembakaran bagase secara kontinyu 10 kg/jam suhu maksimum yang dapat dicapai 150°C dan tekanan maksimum 4-5 kg/cm<sup>2</sup>. Panas yang hilang dari cerobong gas buang digunakan untuk alat pengering hasil agro yang didesain khusus. Suhu di ruang alat pengering dapat dijaga konstan 70°C sebagai mana yang dibutuhkan.

Kata kunci: bagas, tungku pembakaran, header, alat pengering.

## PENDAHULUAN

Bagas atau ampas tebu sisa proses produksi dari industri gula yang merupakan limbah padat industri gula dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam produk di industri lain, seperti bahan baku kertas, bahan dasar furfural dan lain-lain. Apabila bagase tidak dimanfaatkan untuk keperluan di industri lain akan menyebabkan penumpukan limbah padat di pabrik tersebut. Cara yang paling mudah untuk mengatasinya dan menguntungkan adalah dengan menjadikan bagase sebagai bahan bakar yang menghasilkan energi, dan energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan lagi di proses produksi yang lain. Panas yang terbuang melalui cerobong dapat dipakai untuk sumber energi alat pengering. Pada penelitian ini bagase dipakai sebagai bahan bakar pada tungku pembakaran yang didesain sedemikian rupa sehingga diperoleh pembakaran sempurna. Emisi yang dikeluarkan tidak melewati nilai ambang batas udara emisi, dan panas yang dihasilkan disimpan

di dalam suatu alat penyimpan steam atau header yang telah didesain. Steam ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan sumber panas lainnya di industri tersebut dan uap panas yang dikeluarkan dari cerobong yang berupa gas buang dipergunakan untuk pemanas alat pengering industri agro yang juga didesain sedemikian rupa sehingga dapat memanaskan hingga 70 °C, sebagai mana pemanasan hasil agro yang dipersyaratkan oleh pabrik jamu atau farmasi.

## II. TUNGKU PEMBAKARAN, ALAT PENAMPUNG UAP DAN ALAT PENGERING

### LANDASAN TEORI

Prinsip utama didalam pembuatan alat ini adalah pertukaran panas dari bagase yang dibakar menjadi panas, panas yang terbentuk digunakan untuk memanaskan air yang akan berubah menjadi steam, dan pemanfaatan panas yang terbuang berupa uap panas dari cerobong.

\*) Peneliti Balai Besar Kimia dan Kemasan

A. Tungku Bakar

Tungku bakar merupakan suatu alat pengolah limbah yang bertujuan untuk mengurangi berat atau volume dari limbah padat. Di dalam proses pembakaran terjadi reaksi kimia antara oksigen dalam udara dan bahan bakar. Panas dibutuhkan untuk membawa bahan bakar mencapai titik suhu nyala. Setiap bahan bakar mempunyai suhu pembakaran yang spesifik. Setelah penyalaan pertama, bahan bakar akan kontinyu terbakar dengan panas yang dihasilkan sesuai dengan kandungan kalor. Untuk menjamin berlangsungnya reaksi pembakaran secara kontinyu disiapkan oksigen yang cukup untuk mendukung kesempurnaan pembakaran.

Untuk mendesain suatu tungku pembakaran terlebih dahulu ditentukan volume ruang bakar yang akan dibuat dan suhu ruang bakarnya.

1. Volume ruang bakar.

Penentuan volume ruang ini sangat penting, karena untuk mendapatkan kapasitas pembakaran yang tepat dan sempurna selama pembakaran.

Menurut E.Hugat bila dilakukan secara:

Batch kapasitas pembakarannya :

$$4-7 \times 10^4 \text{KCal/m}^3/\text{jam}$$

Continous kapasitas pembakarannya:

$$8-15 \times 10 \text{ Kcal/m}^3/\text{jam}$$

Volume ruang bakar secara system batch adalah:

$$\text{VRB} = \frac{\text{B.NB}}{\text{KP}}, \text{dimana}$$

$$\text{VRB} = \text{Volume ruang bakar (m}^3\text{)}$$

$$\text{B} = \text{Bahan bakar ampas (Kg/jam)}$$

$$\text{NB} = \text{Nilai bakar (Kcal/Kg)}$$

$$\text{KP} = \text{Kapasitas pembakaran (Kcal/m}^3\text{/jam)}$$

2. Suhu ruang bakar

Untuk menetapkan besarnya suhu dari ruang bakar, digunakan persamaan:

$$t = \frac{(\eta \times \text{HL} + \text{Qq} - \text{Qr})}{\text{G} \times \text{Cpm}}$$

Dimana :

t = Suhu ruang bakar °C

η = Efisiensi pembakaran

HL = Nilai kalor dari bahan bakar  
Kcal/jam

Qq = Panas yang hilang pada dinding tungku Kcal/°C

Qr = Panas yang hilang pada aliran gas Kcal/°C

G = Aliran gas N m<sup>3</sup>/Kg

Cpm = Panas spesifik dari bahan bakar Kcal/N m<sup>3</sup> °C

Masing masing parameter di atas dapat dicari dan dihitung terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke rumus tersebut diatas.

Untuk menentukan/mendapatkan sistem pembakaran pada tungku yang menggunakan bahan bakar bagas terlebih dahulu dicari kondisi pembakaran bahan bakarnya. Dalam hal ini dilakukan percobaan awal sebelum menentukan desain yang sebenarnya yaitu dengan menggunakan Combustion Gas Cleaning System Unit yang ada di BBKK.

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui sifat pembakaran bahan bakar bagas yang meliputi : Penelitian optimalisasi temperatur dan tekanan dengan variasi berat bagas dan waktu pembakaran, selain itu juga dihitung O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan CO yang dihasilkan selama pembakaran sehingga didapatkan hasil pembakaran yang sempurna, emisi yang dikeluarkan sewaktu pembakaran dibawah Baku Mutu dan pembakaran yang bersih, efisien dan panas yang dihasilkan dapat dipergunakan.

B. Header

Header ini dibuat dengan tujuan memanfaatkan panas yang berasal dari pembakaran bagas. Unit ini dirancang untuk menampung steam sebelum digunakan. Steam yang tersimpan dapat digunakan untuk berbagai macam aktivitas seperti pembangkit uap boiler, sumber listrik, dll. Header ini dibuat sesuai dengan data yang diperoleh dari kondisi optimum pada tungku pembakaran menggunakan bahan bakar bagas.

C. Alat Pengereng

Pengerengan adalah proses pemisahan sejumlah air atau zat cair lain dari bahan padat sehingga kandungan sisa zat cair di dalam bahan padat itu berkurang sampai kadar tertentu yang dikehendaki. Proses pemisahan tersebut merupakan proses perpindahan massa dan panas dengan cara mengubah air dalam bahan padat menjadi uap dan kemudian

dialirkan keudara sekitar.

Metoda pengeringan dapat dilakukan dengan cara alami menggunakan sumber panas sinar matahari maupun dengan cara pengeringan buatan dengan sumber panas seperti minyak, listrik, kayu, panas gas buang dll.

Pada penelitian ini panas yang keluar melalui cerobong tungku pembakaran bagase digunakan sebagai sumber energi pada alat pengering industri agro. Karena pada industri ini panas pengering yang dibutuhkan kira kira 70 °C. Jika melebihi akan merusak bahan yang dikeringkan.

### III. DESAIN ALAT

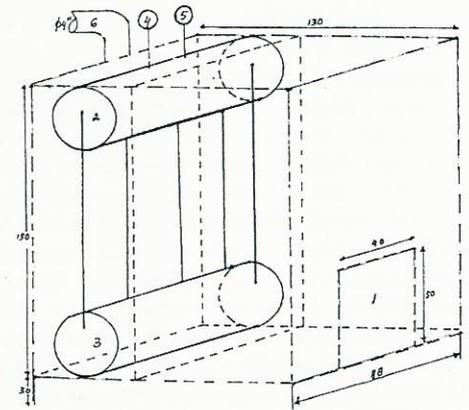
#### 1. Tungku Pembakaran

Pembuatan tungku pembakaran menggunakan kerangka terbuat dari besi dindingnya terdiri dari 2 lapis besi yang bagian tengahnya lapisan glass wool dan asbes untuk menghindari jumlah panas yang terbuang. Di bagian dinding ruang bakar disusun pipa pipa uap yang disambungkan dengan tabung penampung uap steam yang dilengkapi dengan alat ukur suhu dan tekanan. Tabung penampung uap ini dihubungkan lagi dengan tabung kondensat di bagian bawahnya untuk menampung uap yang berubah kembali menjadi air. Sistim pembakaran dilakukan secara manual, yaitu dengan pengisian secara langsung bagase yang telah diketahui beratnya. Melalui sebuah pintu pada bagian depan bawah tungku bakar. Tempat pengeluaran abu sisa pembakaran pada bagian bawah ruang pembakaran berbentuk kisi kisi. Sisa abu pembakaran akan jatuh secara otomatis akibat gaya beratnya sendiri ke bawah.

Bahan bakar yang digunakan adalah bagase dengan nilai kalor 1800 kcal/kg. Dari hasil penelitian penentuan kondisi optimal pembakaran sempurna bagase dengan *Combustion Gas Cleaning Sistem* Unit BBKK menghasilkan suhu maksimal pembakaran bagase 450°C dengan kontinyu pemasukan bahan bakar tiap 10 kg dalam 30 menit.

Tungku pembakaran yang dibuat dilengkapi dengan kisi-kisi di bawah tungku bakar, sehingga untuk kebutuhan udara dapat tercukupi dari udara luar, pembakaran dapat dilakukan secara kontinyu setelah bahan bakar mulai menyala sampai didapat sisa abu tanpa dilakukan pengaturan penambahan oksigen.

Gambar 1. skema tungku pembakaran



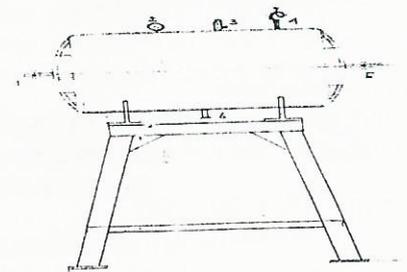
Keterangan :

1. Tempat umpan masuk
2. Ketel penampung uap
3. Tabung kondensat
4. Pengukur tekanan
5. Pengukur suhu
6. Cerobong gas buang

#### 2. Alat Penampung Uap (Header)

Dari hasil uji coba tungku pembakaran dengan bahan bakar bagase terlihat pembakaran dapat berlangsung secara kontinyu, sehingga dapat mencapai temperatur yang cukup untuk digunakan sebagai pemanas ketel sebesar 135°C dan suhu ruang pembakaran 350-435°C. Unit header ini dirancang untuk menampung uap dan digunakan untuk keperluan lain seperti pembangkit tenaga boiler listrik dan lain-lain.

Gambar 2. Penampang header dari samping



Keterangan gambar:

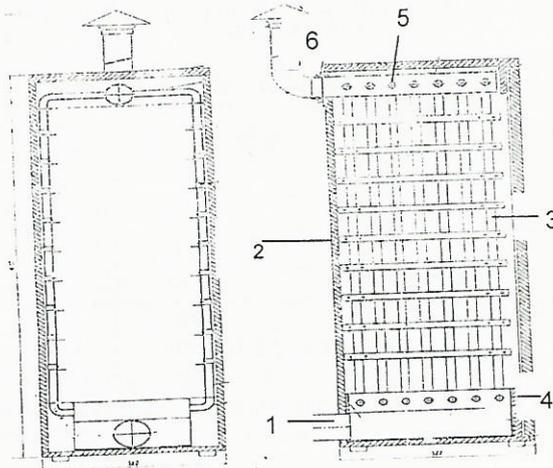
1. Valve uap/Steam masuk
2. Pengukur tekanan
3. Valve kontrol
4. Pngaman/Pluit
5. Valve uap keluar
6. Valve buangan kondensat

3. Alat pengering

Alat pengering ini didesain menggunakan energi panas yang bersumber dari gas buang (cerobong) tungku pembakaran menggunakan bahan bakar bagas.

Uap panas dari cerobong dialirkan ke alat pengering berupa lemari dimana di dinding samping lemari dibikin pipa-pipa untuk aliran uap panas, sehingga dapat memanaskan lemari tersebut.

Gambar 3. Pengering dengan pemanas gas buang



Keterangan :

1. Panas masuk
2. Rak
3. Pipa aliran gas buang
4. Lobang pendistribusian panas ke pipa
5. Gas buang keluar
6. Cerobong

IV. HASIL DAN UJI UNJUK KERJA ALAT

Tabel.1. Hasil Pengamatan dari Tungku Pembakaran yang Telah Dibuat

Berat Bagase (kg)	Waktu Pembakaran (menit)	Volume air		Suhu Maks (°C)		Tekanan Maks (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Awal (litr)	Akhir (litr)	Ruang Bakar	Steam	Ruang Bakar	Steam
5	30	20	18,00	350	105	2,0	4,0
10	25	20	17,50	400	125	2,0	5,5
15	25	20	17,50	435	140	2,0	6,0

Tabel.2. Hasil Pengukuran Kualitas Udara Emisi

No.	Parameter	Unit	Hasil	Baku Mutu Emisi Udara Untuk Incinerator
1	Sulfur Dioksida(SO <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	10	250
2	Oksida Nitrogen (Nox)	mg/Nm <sup>3</sup>	13	300
3	Karbon Monoksida (CO)	mg/Nm <sup>3</sup>	4	50
4	Partikel Debu	mg/Nm <sup>3</sup>	33	100

Tabel 1 memperlihatkan uji pembakaran dengan tungku yang didesain menggunakan bahan bakar bagas. Disini terlihat pada pembakaran bagas 5 kg pertama dalam waktu 30 menit air yang berubah menjadi

uap 2 kg dengan suhu uap 105°C dan tekanan 4 kg/cm<sup>2</sup>, selanjutnya pada pembakaran bagas 15 kg air yang berubah menjadi steam 2,5 kg suhu 140°C dan tekanan 6 kg/cm<sup>2</sup>.

Kondisi uap seperti ini dapat dikumpulkan didalam header yang didesain dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Dalam selang waktu pembakaran ini dilakukan pengukuran kualitas udara emisinya. Hasil yang diperoleh

seperti pada tabel 2, terlihat hasil emisi yang dikeluarkan jauh di bawah ambang batas baku mutu emisi udara untuk incinerator. Dapat dikatakan tungku pembakaran ini ramah lingkungan.

Tabel 3. Hasil Uji Coba pada Tungku Pembakaran dengan Panas dan Tekanan yang Dihasilkan.

No	Berat Bagas (kg)	Waktu (jam)	Volume Air		Suhu Maksimum (°C)		Tekanan (kg/cm <sup>2</sup> )
			Awal (liter)	Akhir (liter)	Ruang Bakar	Header	
1.	10	1	20	12	335	80	nil
2.	15	1	20	9	365	90	nil
3.	10	1	20	9	395	100	nil
4.	10	1	20	8	410	100	nil
5.	10	1	20	8	415	105	nil
6.	10	1	20	8	415	120	1-2
7.	10	1	20	7	435	130	2-3
8.	10	1	20	7	445	150	4-5

Catatan:

O<sub>2</sub> = 10-13 %  
CO<sub>2</sub> = 14-15 %

Tabel 3 memperlihatkan pada perubahan bagas di ruang bakar tungku 10 kg setelah 1 jam volume air berubah menjadi steam 8 kg dan suhu uap di header 80 °C tekanan masih 0. Pada pemasukan bagase 10 kg yang ke 6 setelah 1 jam uap terbentuk 12 liter dan suhu uap di header 120°C tekanan 1-2 kg/cm<sup>2</sup>. Percobaan pembakaran maksimum dilakukan pada pemasukan bagase 10 kg terakhir, terlihat uap yang terbentuk 13 kg, suhu mak-

simum header 150°C tekanan maksimum 4-5 kg/cm<sup>2</sup>. Kondisi steam seperti ini sudah dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sumber energi lainnya. Selanjutnya dilakukan uji unjuk kerja alat pengering menggunakan sumber panas gas buang dari tungku pembakaran bagase. Pengujian terhadap alat pengering dilakukan dahulu dalam kondisi tanpa beban, untuk mengetahui unjuk kerja alat dan kondisi optimal operasinya.

Tabel 4. Uji Kerja meliputi Pengukuran : Waktu, Suhu gas masuk alat, Panas gas keluar alat, Panas dalam alat dan Jumlah Bagas yang Digunakan

Jam	Suhu Masuk (°C)	Suhu Keluar (°C)	Suhu Panas (°C)	Bagas (Kg)
10.40	190	86	70	10
11.40	145	81	70	10
12.40	135	74	70	10
13.25	120	74	70	10
14.25	130	81	70	10
15.30	120	81	70	-

Pada jam pertama terjadi kenaikan suhu yang tinggi pada tungku dan suhu gas buang yang terjadi adalah 190°C, ini terjadi karena merupakan awal penyalaan api pada tungku pembakaran, selanjutnya dijaga kondisi gas buang sekitar 150 °C dan suhu ruang bakar

konstan 70°C. Kemudian dilakukan percobaan pengeringan terhadap jahe, kunyit, lengkuas, dan bawang merah. Dari percobaan proses pengeringan setiap jam diperoleh hasil penurunan kadar air dalam persen seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penurunan Kadar Air dalam Persen

No	Bahan	Waktu (jam)			
		I	II	III	IV
1	Jahe	69,67 %	54,03 %	38,39 %	23,13 %
2	Kunyit	68,38 %	53,03 %	37,61 %	22,70 %
3	Lengkuas	70,12 %	51,73 %	36,53 %	15,06 %
4	Bawang Merah	71,48 %	62,48 %	53,48 %	44,37 %

Proses pengeringan dilakukan selama 4 jam dan diperoleh penurunan kadar air seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Proses Pengeringan selama 4 jam

No	Bahan	Kadar Air Awal (%)	Kadar Air Akhir (%)
1.	Jahe	85,67	23,13
2.	Kunyit	84,08	22,70
3.	Lengkuas	88,61	15,06
4.	Bawang merah	80,68	44,37

Bahan bahan tersebut diletakkan di atas rak dengan masing masing rak diisi 2 kg bahan. Sebelum dikeringkan bahan diiris setebal 2 – 3 cm. Pada umumnya bahan hasil industri agro yang dipakai di industri kosmetik/jamu mensyaratkan kadar air bahan sebesar 15 – 17 %. Dari hasil diatas terlihat untuk lengkuas proses selama 4 jam sudah dapat diperoleh bahan yang memenuhi syarat industri kosmetik/jamu, sedangkan untuk bahan yang lainnya memerlukan waktu yang lebih lama.

#### V. KESIMPULAN

Dari uji unjuk kerja alat terlihat bahwa:

1. Tungku pembakaran menggunakan bahan bakar bagas bersifat ramah lingkungan dan dapat menghasilkan uap dengan suhu 140°C dan tekanan uap 6,0 kg/cm<sup>2</sup> yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut.
2. Header yang didesain mampu menampung uap dengan suhu maksimum 150°C dan tekanan maksimum 4 - 5 kg/cm<sup>2</sup>.
3. Alat pengering yang didesain dapat memanaskan ruang pengering 70°C dan dapat dijaga konstan, sehingga tidak merusak kasiat bahan yang dikeringkan. Energi panas yang dihasilkan dari pembakaran limbah ampas tebu atau bagase dengan tungku pembakaran yang dibuat dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi lain di industri, dan panas gas buang yang dihasilkan dari pembakaran dapat dimanfaatkan sebagai energi pada alat pengering hasil agro.

#### DAFTAR PUSTAKA.

1. Asme, 1989, Boiler and Pressure Vessel Code an American National Standard Recommended Guideline For the Cane of Power Boiler.
2. Daryanto, Drs. 1999. Teknik Pesawat Tenaga, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah.
3. Gunarif Tarb, 1987. Operasi Pengering Pada Pengolahan Hasil Pertanian. PT. Madiyatama Sarana Perkasa, Jakarta..
4. Hanung Tri Hutomo, 1995. Sistem Pembakaran dan Pengawasan Ketel.
5. Hasnedi, 1995. Modifikasi Tungku Untuk Pembuatan Kokas Batubara, Direktorat Teknologi Pengembangan Sumberdaya Energi, TPSA, BPPT.
6. Toto Haryanto, Ir. 1995. Teori Dasar Uap, Lembaga Pendidikan Perkebunan. Waren L Cabe, Julian C. Smith, Peter Harriot, 1993. Unit Operating of Chemical Engineering Fifth Edition, Mc. Graw Hill International, Singapore.