

RANCANG BANGUN DAN PEREKAYASAAN TUNGKU FLUIDIZED BED Sirkulasi BATU BARA KALORI RENDAH (LIGNIT) UNTUK MENGHASILKAN EFISIENSI PEMBAKARAN TINGGI DAN RAMAH LINGKUNGAN

(DEVELOPMENT OF THE COAL COMBUSTION FOR INCREASE EFFICIENCY, ASH REDUCTION AND CLEAN ENVIRONMENT)

Mochamad Furqon
Balai Besar Tekstil
mfurqon_bblm@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini, dilakukan pengembangan tungku pembakaran tipe fluidized bed sirkulasi, batubara yang digunakan untuk pembakaran adalah jenis batu bara kalori rendah (lignite). Batubara yang diumpungkan ke dalam ruang bakar, campuran serbuk batu bara dan batu kapur, dengan rasio Ca/S : 0,8 – 1,4. Diperoleh kondisi pelepasan SO₂ antara 71,2 -98,2% . Emisi gas NO_x : 32 ppm pada suhu 700 C dan 320 pada suhu 850 C. Efisiensi pembakaran diperoleh antara 94,6 -96,8%.

Kata kunci : Fluidized bed sirkulasi, nilai kalori rendah, lignit, emisi NO_x, pelepasan SO₂, efisiensi pembakaran

ABSTRACTS

In this study, conducted the development of fluidized bed type furnace circulation, which is used for coal combustion is a type of low calorie coal (lignite). Coal is fed into the combustion chamber, a mixture of coal powder and limestone, with a ratio of Ca/S: 0.8 to 1.4. Conditions of the release of SO₂ is obtained between 71.2 -98.2%. NO_x emissions: 32 ppm at a temperature of 700 C and 320 at a temperature of 850 C. Combustion efficiency is obtained between 94.6 -96.8%.

Key words : Circulating fluidized bed, low calorie value, lignite, emissions NO_x, release of SO₂, combustion

BAB I. PENDAHULUAN

Industri merupakan salah satu sektor yang banyak mengkonsumsi energi untuk mendukung kegiatan produksinya. Diperkirakan komponen biaya energi sekitar 16 – 32% dari total biaya produksinya, tergantung dari jenis industri.

Dewasa ini bahan bakar batu bara merupakan bahan bakar yang banyak dipergunakan untuk kebutuhan energi, baik untuk utilitas/pembangkit tenaga listrik ataupun untuk proses produksi, terutama boiler, pemanasan, pengeringan dll. Kondisi ini disebabkan bahan bakar batu bara dinilai lebih murah dibandingkan dengan bahan bakar minyak.

Jenis bahan bakar batu bara yang banyak dipergunakan untuk pemanasan

boiler dan pemanasan proses sebagian besar jenis batu bara bituminus (> 5.000 kkal/kg). Tungku pembakaran batu bara yang dipergunakan industri adalah jenis fixed bed/stocker dan bubbling fluidized bed.

Pemakaian tungku jenis fluidized bed masih terbatas. Karakteristik dari tungku jenis fixed bed/stocker adalah menghasilkan limbah padat abu terbang (fly ash) dan abu dasar (bottom ash). Limbah padat abu tersebut masih mengandung karbon (C) cukup tinggi > 15% dari total abu, dengan nilai kalori antara 2.000 – 3.000 kkal/kg limbah padat dengan kandungan karbon tinggi mengindikasikan bahwa efisiensi pembakaran rendah (< 90%) dan limbah tersebut masih dikategorikan limbah B3.

Pengembangan tungku pembakaran batu bara pada kegiatan ini dilakukan melalui cara modifikasi mekanisme pembakaran, pemanfaatan limbah padat pembakaran menjadi bahan bakar sekunder dan modifikasi emisi gas buang melalui penambahan sorben batu kapur.

Diharapkan pengembangan ini dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, mereduksi limbah padat fly ash dan bottom ash serta mereduksi emisi gas Sox dan Nox.

Efisiensi pembakaran melalui pembakaran Tungku Fluidized bed Sirkulasi efisiensi pembakaran tinggi, bisa mencapai 99% (flaxes et all). Hal ini disebabkan limbah padat yang keluar dari siklon atau penangkap debu diumpankan kembali sebagai bahan bakar padat sekunder.

Efisiensi pembakaran dapat dihitung dengan persamaan

$$\eta = 100 [1 - (Q_{lc} + Q_{lb}) / F_c \cdot H] \%$$

Dimana

- η : Efisiensi Pembakaran
 Q_{lc} : Nilai panas abu, kcal/jam
 Q_{lb} : Nilai panas gas buang, kcal/jam
 F_c : Pemakaian batubara kg/jam
 H : Nilai panas pembakaran batu bara, kcal/kg

Pada pembakaran dengan Fluidized bed Sirkulasi oksida belerang yang diperoleh dari pembakaran batu bara akan menjadi padatan, hasil reaksi batu bara dan serbuk kapur atau dolomit.

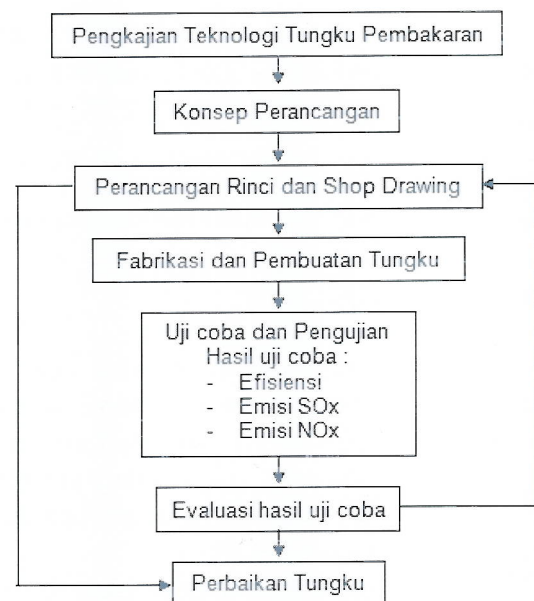
Padatan alkali CaO dihasilkan dari proses kalsinasi batu kapur bereaksi dengan SO_2 , sebagai berikut :

Dari reaksi di atas dapat dilihat bahwa volume mole $CaSO_4$ sekitar 3 kali lebih besar di banding volume batu kapur. Pembentukan $CaSO_4$ menghasilkan porositas tertutup dan reaksi akan berhenti sebelum seluruh CaO dipergunakan (flaxes et all) rasio Ca/S sekitar 2 – 4 pada Fluidized bed konvensional sedangkan pada Fluidized bed Sirkulasi rasio Ca/S < 2.

Keuntungan lain dari pemakaian tungku Fluidized bed Sirkulasi adalah rendahnya emisi gas NO_x , hal ini disebabkan muatan bahan bakar yang berlangsung dalam 2 tahap (primer dan sekunder), sekaligus dapat menurunkan suhu pembakaran, dapat menurunkan pembentukan emisi gas NO_x . Emisi gas yang terbentuk NO_x sekitar 150 – 350 ppm, tergantung dari suhu pembakaran.

BAB II. METODE PENELITIAN

Alur kegiatan rancang bangun dan perekayasa tungku fluidized bed sirkulasi batu bara kalori rendah (lignit) untuk menghasilkan efisiensi pembakaran dan ramah lingkungan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Kegiatan Rancang Bangun dan Perekayasa Tungku Fluidized

Bahan dan alat

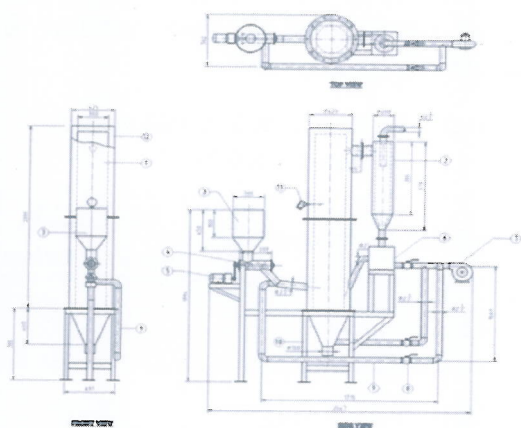
Pada kegiatan ini dipergunakan batu bara kalori rendah jenis lignit, nilai kalori < 4.500 kkal/kg dari Kalsel Sulawesi Tengah dan Bayah.

Spesifikasi Tungku Fluidized Bed sirkulasi yang dipergunakan pada kegiatan ini adalah hasil rancangan dan prabikasi seperti pada gambar 2 dan 3.

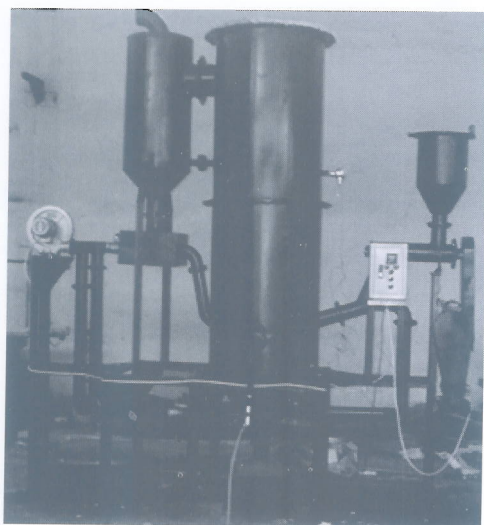
Diameter dalam tungku : 450 mm
 Tinggi tungku : 2.000 mm
 Lubang pengisian : 200 mm
 dari plat dasar
 500 mm
 dari plat dasar

Pengisian batu bara : Screw Feeder
 Diameter plat dasar : 1.000 mm

Diameter lubang
 udara plat : 0,90 mm
 Blower : 2 PK
 Refraklon : Castabel



Gambar 2. Rancangan Tungku Fluidized Bed Sirculasi



Gambar 3. Pabrikasi Tungku Fluidized Bed Sirculasi

Parameter proses

Cara penyalaan dilakukan terlebih dulu memanaskan silinder tungku pada suhu 600 °C dengan burner gas LPG. Setelah suhu tersebut di capai burner gas dimatikan, pengisian batu bara serbuk ke dalam ruang bakar dengan meniupkan blower.

Parameter proses sebagai berikut :

Kecepatan Fluidized : 0,3–0,5 m/dtk
 Kecepatan Terminal : 1,0–1,5 m/dtk
 Kecepatan operasi : 1,5–3,0 m/dtk
 Laju muatan batu bara : 15–17,5 kg/g

BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

• Batu bara

Hasil uji batu bara yang dipergunakan pada kegiatan ini adalah :

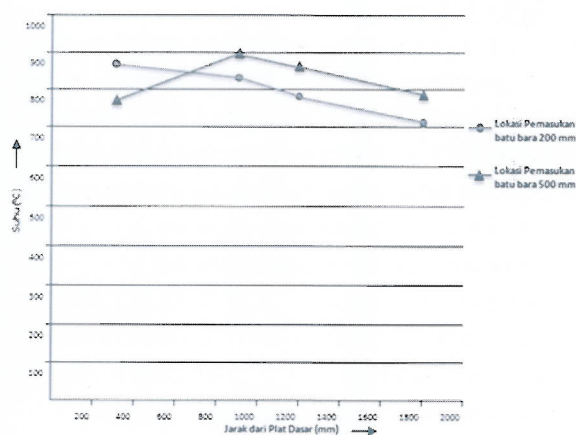
Karbon Fixed C : 32,95%
 Volatile matter VM : 26,40%
 Ash : 24,20%
 Nilai kalori : 4.348 kkal/kg

• Suhu Pembakaran

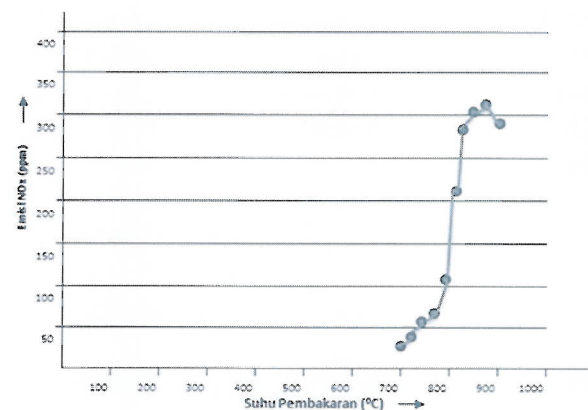
Suhu pembakaran dilakukan pada 2 posisi pemasukan batu bara, yaitu 200 dan 500 mm diatas plat distribusi. Hasil uji suhu pembakarannya dapat di lihat pada tabel 1 dan gambar 4

Tabel 1 Suhu Pembakaran

No.	Jarak dari plat dasar (mm)	Suhu (°C)	Plat
1.	300	870	Lokasi pemasukan batu bara 200 mm
2.	900	830	
3.	1200	780	
4.	1800	720	
5.	300	780	Lokasi pemasukan batu bara 500 mm
6.	900	910	
7.	1200	860	
8.	1800	790	



Gambar 4. Grafik Suhu Pembakaran



Gambar 5 Grafik Emisi Gas Nox terhadap Suhu Pembakaran

• Emisi Gas Nox

Hasil uji emisi gas NOx dapat di lihat pada tabel 2 dan gambar 5 di bawah ini :

Tabel 2 Hasil Pengujian Emisi NOx

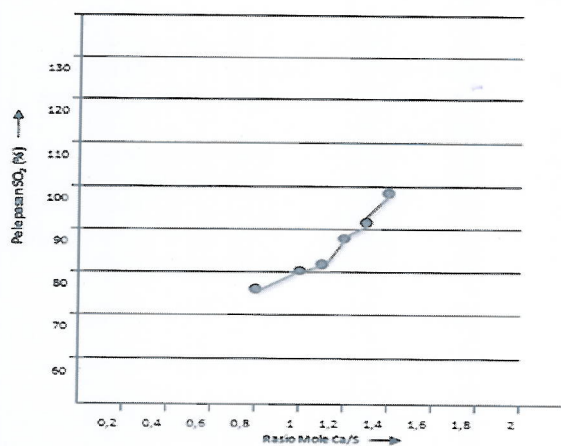
Suhu rata-rata pembakaran (°C)	Emisi NOx (ppm)	Index Emisi NOx $E \times 10^{-4}$ ml/g batu bara
700	32	0,078
720	40	0,097
740	64	0,156
760	80	0,195
780	122	0,297
810	224	0,546
820	282	0,687
840	304	0,741
860	316	0,770
880	320	0,780
900	286	0,697

• Pelepasan Gas SO₂

Hasil uji pelepasan gas SO₂ dapat di lihat pada tabel 3 dan gambar 6 di bawah ini :

Tabel 3 Hasil Pengujian Pelepasan Mole Gas SO₂

Rasio mole Ca/S	Pelepasan % SO ₂	Index Emisi SOx, mole SO ₂ /g batu bara
0,8	77,2	$3,52 \times 10^{-4}$
1,0	80,2	$2,02 \times 10^{-4}$
1,1	83,6	$2,55 \times 10^{-4}$
1,2	87,4	$1,72 \times 10^{-4}$
1,3	93,4	$0,95 \times 10^{-4}$
1,4	98,2	$0,29 \times 10^{-4}$



Gambar 6. Grafik Pelepasan Gas SO₂ terhadap rasio Ca/S

Mashum, dkk (2008) mengatakan bahwa beberapa senyawa asam yang diproduksi oleh bakteri memiliki afinitas yang lebih tinggi daripada orthofospat terhadap beberapa kation logam berat, akibatnya fosfat terbebas ke dalam larutan tanah menjadi bentuk tersedia bagi tanaman.

Tingginya konsentrasi logam yang memfiksasi P, sehingga P tersedia berkurang. Unsur P merupakan komponen utama penyusun asam ribonukleat dan deoksiribonukleat (RNA dan DNA) yang membentuk ester dengan fosfat, senyawa ini merupakan senyawa penting pada semua makhluk hidup. Kurangnya P tersedia sehingga serapan P tanaman juga berkurang menyebabkan kurangnya energi untuk melakukan aktifitas pertumbuhan lainnya termasuk pertumbuhan organ vegetatif dan generatif tanaman. Adanya warna ungu pada daun menandakan bahwa tanaman mengalami defisiensi P, sehingga ATP (*adenosin trifosfat*) yang merupakan energi yang dibutuhkan untuk merombak amilum tidak tersedia, akibatnya terjadi penumpukan karbohidrat pada daun dan batang tanaman. Unsur P berperan dalam proses perombakan gula dalam bentuk ATP, gula yang dirombak akan menjadi energi untuk menyusun sel dan jaringan tanaman baru.

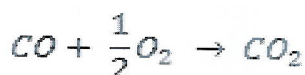
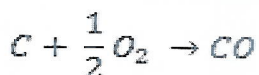
• Efisiensi Pembakaran

Data kondisi pembakaran dan nilai kalori gas buang dan ash dapat di lihat pada tabel 4 di bawah ini.

PEMBAHASAN

Mekanisme pembakaran batu bara terdiri dari 2 tahap, yaitu pembakaran volatile dan pembakaran tar. Pembakaran volatile berlangsung singkat sedangkan pembakaran tar berlangsung lambat, karena itu menentukan lamanya pembakaran batu bara keseluruhan. Untuk batu bara dengan ukuran kecil berlangsung beberapa detik saja, sedangkan batu bara ukuran besar lebih lambat.

Pembakaran tar dimulai dari reaksi kimia oksigen pada permukaan tar dan terjadi dekomposisi dari oksida permukaan tar. Selanjutnya menghasilkan gas CO. Gas oksida karbon kemudian dioksidasi menjadi CO₂ pada daerah batas gas-serbuk tar. Gas CO₂ bergerak keluar menuju lintasan gas mereduksi CO jika dengan tar. Reaksi keseluruhan dapat dilihat pada persamaan reaksi sebagai berikut :



Reaksi berlangsung tidak hanya berlangsung C dengan gas O₂, tetapi dengan gas lain yang ada pada sistem, yaitu H₂ dan S.

Laju reaksi pembakaran tar dikendalikan oleh 2 proses, yaitu laju reaksi kimia karbon oksigen pada permukaan tar dan laju perpindahan oksigen gas sekitar laisan batas sekitar permukaan partikel.

• Suhu Pembakaran

Tungku fluidized bed sirkulasi mempergunakan bahan bakar berupa batu bara serbuk, oleh karena itu pola distribusi bahan bakar tergantung dari variasi ukuran partikel dan kecepatan udara tiup.

Tabel 4. Efisiensi Pembakaran

Posisi pemasukan batu bara (mm)	Nilai panas batu bara kkal/kg	Laju konsumsi batu bara kg/jam	Nilai panas udara kkal/jam	Nilai panas abu kkal/jam	Suhu maksimum °C	Efisiensi Pembakaran (%)
200	4348	15,4	2248	143	870	94,8
500	4348	15,4	2093	124	910	96,6

Pada kondisi aliran gas keatas, serbuk batu bara memiliki pola distribusi terbang, mengambang dan jatuh pada plat distribusi udara tergantung dari kecepatan udara, lebih rendah, seimbang atau lebih besar dibandingkan kecepatan terminal serbuk batu bara.

Pada kondisi kecepatan udara tinggi dapat meningkatkan jarak antar serbuk atau porositi, sedangkan pada kecepatan rendah mengakibatkan serbuk kasar jatuh atau tetap didasar plat distribusi.

Jarak antar serbuk batu bara pada pembakaran dapat meningkatkan laju pembakaran, sehingga pembakaran berlangsung cepat dan menghasilkan panas tinggi.

Melalui pemasukan batu bara pada 2 posisi diperoleh data sebagai berikut :

Pembakaran pada posisi pemasukan batu bara primer 200 mm di atas plat dasar menghasilkan suhu maksimum 870 °C, lebih rendah dibandingkan pada pembakaran pada posisi pemasukan 500 mm, yaitu 910 °C. Hal ini disebabkan pengaruh pemasukan batu bara sekunder pada posisi 500 mm di atas plat distributor yang disertai udara hembus rendah menurunkan suhu pemanasan.

• Emisi Gas Nox

Pembentukan gas NO_x sangat kompleks, berbagai parameter yang mempengaruhinya seperti tipe boiler, kapasitas, karakteristik batu bara, suhu pembakaran, waktu pembakaran.

Pada penelitian ini hanya difokuskan pada suhu pembakaran yang terjadi pembentukan gas Nitrogen Oksida terdandung dari suhu pembakaran, dapat di lihat pada tabel diatas pada suhu < 800 °C emisi gas NO_x sangat rendah (< 100 ppm), tetapi pada suhu lebih tinggi dari 800 °C terjadi peningkatan yang sangat tinggi tetapi masih sekitar 300 ppm, bahkan pada suhu 900 °C terjadi penurunan sekitar 286 ppm. Kondisi ini masih menunjukkan masih sangat memenuhi ambang batas emisi gas NO_x yang diizinkan. Hal ini terjadi karena dengan dilakukannya pemasukan batu bara balik/sekunder yang disertai udara tiup, menurunkan suhu pembakaran dan dapat menghambat pembentukan gas Nox.

• Pelepasan Gas So₂

Berdasarkan hasil uji komposisi batu bara rasio mole Ca/S mengalami kesetimbangan pada posisi rasio Ca/S : 0,8, yang merupakan acuan awal dan tidak perlu ada penambahan batu kapur pada pembakaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Program Kreatif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa (PKPP), yang telah mendanai kegiatan Perancangan dan Perekayasaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruce G. Miller. 2005. *Coal Energy System* : 195 - 236
- Dogu. T. 1999. *The Importance of Structure and Diffusion in The Kinetics of Gas-Solid Non Catalytic Reaction*, Reaction of Calcined Limes Tone With SO₂. Chem Engineering Institute, lisboa
- Eastman ML. 2003. *Clean Power Initiative, Clean Power Conference*.
- Kelly AG and Layden. 1997. *Fluidized Bed Combustion of Coal with high Ash*. Inst of Energy
- Mariatis, Bridgwater. 1991. *Fluidized Bed Gassification of Wood, In Research in Thermodynamical Biomass Conversion Kuestza Plaas L, Bierbach*. 1997. Experience with Combustion Fluidized Bed. LurgiGmbHGervinstrabe, Frankfurt
- R. Lithner. J Wang. 1991. on *Dimensional Fluidized Bed Furnace Model, Proceeding Seminar*, Technischen Universitat Braun Schweig, Germany
- SaraivaPC,T.Azevedo and Carvalho. 1993 *Mathematical Simulation on Fluidized Bed Combustor*, Institute Superior Technica Lisbon : 545 - 565
- Uysal B Z Mutel and Dogu, 1993. *Fluidized Bed Coal Combustion Emission and Heat Transfer Characteristic*. Chemical Engineering Symposium, Ankara, : 435 - 442
- Vogel Gj. 1993. *Reduction of Emission of Sulfur Oxide and Nitrogen Oxides by Addition of during The Combustion of Coal in Fluidized Bed*. EPA.