

A525

NO: 319 / 10 / BALAI RISET
DAN STANDARISASI INDUSTRI

DPP/BPPIP/BISB/290/2000

**PENINGKATAN TEKNOLOGI
PROSES PEMBAKARAN
BATU KAPUR**

DISPERPUSIP JATIM

**DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI DAN PERDAGANGAN
PROYEK PENGEMBANGAN DAN PELAYANAN TEKNOLOGI INDUSTRI JAWA TIMUR
BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI SURABAYA
Jl. Jagir Wonokromo 360 Telp. 8416612 - 8410054 Surabaya
2000**

PENINGKATAN TEKNOLOGI PROSES PEMBAKARAN BATU KAPUR

Disusun Oleh :

Ir. Rumintang. R. Panjaitan

Ir. Moeljaningsih

Prihato Sulistijo

DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN DAN PERDAGANGAN
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI DAN PERDAGANGAN
PROYEK PENGEMBANGAN DAN PELAYANAN TEKNOLOGI INDUSTRI JATIM
BALAI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI SURABAYA
Jl. Jagir Wonokromo 360 Telp: (031)8410054, Fax: (031)8415374
SURABAYA.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan karunianya, sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan.

Salah satu kegiatan yang telah dilaksanakan oleh Proyek Pengembangan Dan Pelayanan Teknologi Industri Jawa Timur tahun anggaran 2000 adalah "PENINGKATAN TEKNOLOGI PROSES PEMBAKARAN BATU KAPUR".

Kami menyadari bahwa laporan ini belum sempurna dan oleh sebab itu kami menerima dengan senang hati saran saran/kritik konstruktif dari para pembaca. Pada kesempatan ini perkenankan kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kami hingga laporan ini selesai.

Semoga penelitian yang kami lakukan ini dapat dikembalikan dan bermanfaat bagi industri kecil dan untuk pembangunan nusa dan bangsa.

Mengetahui :
Pemimpin Proyek PPTI Jawa Timur

Drs. I G. N. Nirawan
NIP : 090007831

Surabaya, Desember 2000
Penyusun,
Ir. Rumintang Ruslinda. P
Ir. Moeljaningsih
Prihato Sulistijo

DAFTAR ISI

HALAMAN

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL	iii
ABSTRAK	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar belakang	1
I.2 Pemecahan masalah.....	1
I.3 Maksud dan tujuan.....	2
I.4 Hasil yang diharapkan	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	3
Batu kapur.....	3
Kapur.....	3
Batu bara.....	4
Bata tahan api.....	5
BAB III. PELAKSANAAN PENELITIAN	6
III.1 Kegiatan laboratorium.....	6
III.2 Kegiatan lapangan	6
III.3 Survey	6
III.4 Bahan dan alat	7
III.5 Metode Penelitian	7
Blok Diagram Proses Pembakaran Batu Kapur.....	10
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
Perhitungan Biaya Pemakaian Bata tahan api.....	17
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	18
DAFTAR PUSTAKA	19

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 1: Hasil analisa bahan baku batu kapur daerah Jember	11
Tabel 2: Hasil analisa bahan baku batu kapur daerah Tuban	12
Tabel 3: Hasil analisa bahan bakar	12
Tabel 4: Hasil analisa pembakaran dengan biomassa ampas tebu	13
Tabel 5: Hasil analisa pembakaran dengan biomassa serbuk/limbah gergaji	13
Tabel 6: Hasil analisa pembakaran dengan biomassa kayu	14
Tabel 7: Hasil analisa pembakaran dengan energi listrik	14
Tabel 8: Hasil analisa pembakaran dengan kayu tanpa batubara	15

ABSTRAK

Dalam rangka peningkatan teknologi proses pembakaran batu kapur telah dilakukan penelitian pengolahan batu kapur menjadi kapur tohor dengan kombinasi biomassa dan batu bara yang bervariasi.

Suhu diamati dengan alat Thermokopel. Penahanan suhu dilakukan selama 2 jam antara suhu 900°C-1000°C pada saat terjadi peruraian CaCO_3 menjadi CaO dan CO_2 . Variasi biomassa yang digunakan adalah limbah gergajian, ampas tebu, dan kayu. Percobaan biomassa yang lain ini adalah untuk mengatasi kayu yang semakin langka. Nilai kalori dari biomassa yang paling tinggi adalah serbuk gergajian, yaitu 4083,41 k kal/kg, sedangkan ampas tebu nilai kalorinya 3446,12 k kal/kg, dan kayu bakar 2569,78 k kal/kg.

Batu gamping dan batu bara secara berlapis divariasi dengan perbandingan 3:1 dan 2½ : 1. Percobaan dilakukan dalam tungku dimana ruang pembakaran terbuat dari bahan bata tahan api.

Perlakuan pembakaran yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pembakaran dengan kayu tanpa batubara
- Pembakaran dengan batubara secara berlapis yang dikombinasi dengan biomassa kayu dengan perbandingan 3:1 dan 2½ : 1.
- Pembakaran dengan batubara secara berlapis yang dikombinasi dengan biomassa limbah gergajian dengan perbandingan 3:1 dan 2½ : 1.
- Pembakaran dengan batubara secara berlapis yang dikombinasi dengan biomassa ampas tebu dengan perbandingan 3:1 dan 2½ : 1..
- Pembakaran dalam tanur dengan energi listrik.

Dari hasil pembakaran batu kapur diperoleh bahwa perlakuan biomassa limbah gergajian dan ampas tebu sebagai substitusi kayu menghasilkan kadar CaO yang lebih baik dibandingkan dengan biomassa kayu.

Dengan menggunakan tungku dengan konstruksi bata tahan api pada ruang pembakaran lebih efisien dan mutu hasil pembakaran lebih baik dibandingkan dengan tungku yang tidak menggunakan bata tahan api.

DISPERPUSIP JATIM

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Potensi Kapur di Jawa Timur sangat besar kira-kira 30 juta ton terdapat di daerah Tuban (Babad), Pacitan, Gresik, Malang (Kepanjen, Pujen), Madura (Sumenep, Pamekasan, Sampang, Arosbaya), Trenggalek, Banyuwangi, Blitar, Bondowoso, Jember, Situbondo, Tulungagung.

Masalah mutu Kapur pada umumnya adalah dari teknis produksinya yaitu suhu pembakaran, bahan bakar, kehalusan ayakan dan packaging. Di lokasi sentra Kapur Jawa Timur, pada umumnya bahan bakar untuk pembakaran Kapur yang digunakan adalah kayu. Saat ini kayu sudah mulai langka. Kenyataannya di sentra Kapur yang ada di kabupaten Jember, kecamatan Puger, dari keseluruhan bahan bakar kayu, sepertiganya sudah diambil dari luar daerah.

Akhir-akhir ini pemakaian Kapur sangat luas, untuk pertanian, bahan bangunan, industri Semen dan industri Gula.

Masalah lain adalah Kapur yang tidak terbakar sempurna, ataupun Kapur mati tidak dapat bereaksi.

1.2. PEMECAHAN MASALAH

Percobaan-percobaan yang sudah pernah dilakukan tidak diulangi lagi pada penelitian ini, hanya dilakukan sebagai perbandingan. Percobaan yang kami lakukan adalah variasi biomassa antara lain limbah gergajian dan ampas tebu dikombinasi dengan batubara. Biomassa tersebut dicoba untuk mengatasi kelangkaan kayu bakar pada saat ini. Dengan mengetahui nilai kalori dan mencoba biomassa tersebut dapat digunakan sebagai substitusi kayu bakar pada pembakaran batu kapur, maupun yang dikombinasi dengan batu bara.

Deposit batu bara di Indonesia sangat banyak cukup untuk ratusan tahun dan sangat perlu pemasyarakatan batu bara kepada para pengrajin kapur.

Di Jawa Timur batu bara terdapat di daerah Bondowoso, Pamekasan, Pacitan, Tuban, Trenggalek. Penggunaan briket batu bara pada industri kecil dapat menghemat biaya antara 40 % sampai dengan 60 %. Program pemerintah untuk

menggalakkan dan memasyarakatkan pemakaian briket batu bara sebagai pengganti bahan bakar komersil, targetnya adalah 100 % pada pelita VII.

Tapi kenyataannya sampai saat ini masih banyak industri kecil yang belum menggunakan batu bara tersebut. Diperkirakan cadangan batu bara di Indonesia sebagai bahan baku briket batu bara sangat melimpah yaitu sekitar 34 miliar ton dan diperkirakan akan habis dalam waktu 230 tahun.

Pada penelitian ini dilakukan pembakaran dengan batu bara secara berlapis yang dikombinasi dengan variasi biomassa limbah gergajian dan ampas tebu sebagai substitusi kayu yang semakin langka. Pada pembakaran biomassa ini sangat dibutuhkan pada pemanasan awal saat penguapan H_2O yang tidak memerlukan suhu yang tinggi. Pada pemanasan awal yang lamanya sepertiga waktu dari seluruh pembakaran, penggunaan biomassa lebih efisien. Pada pemanasan awal ini sekali gus juga untuk penyulutan awal pembaraan batu bara. Biomassa ini juga dapat berfungsi untuk menaikkan efisiensi pembakaran batu bara.

1.3. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN.

Maksud dan tujuan penelitian adalah :

- Meningkatkan teknologi proses pembakaran dengan bahan bakar batu bara yang dikombinasi biomassa yang bervariasi dan juga dengan menggunakan bahan bata tahan api pada konstruksi tungku disekitar ruang pembakaran.
- Pemanfaatan potensi batu kapur yang ada di Jawa Timur.
- Membuat batu kapur menjadi bahan yang mempunyai nilai tambah dan dapat menciptakan lapangan kerja.

1.4. HASIL YANG DIHARAPKAN.

Dengan memasyarakatkan penggunaan batu bara sebagai bahan bakar batu kapur, dapat menaikkan suhu pembakaran, sehingga mutu batu kapur akan lebih baik. Dengan penggunaan batu bara dapat mengatasi pemakaian kayu yang semakin langka. Dengan menggunakan bata tahan api pada konstruksi tungku disekitar ruang pembakaran, dapat menghemat energi karena panas terkonsentrasi pada ruang batu kapur yang dipanaskan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BATU KAPUR:

Batu kapur atau batu gamping adalah jenis mineral alam yang berwarna putih, putih kekuningan, abu abu sampai coklat muda.

Kandungan utamanya adalah kalsium karbonat.

Bahan baku batu kapur yang ditambang, dihancurkan dan diayak untuk produk ukuran 1,3 sampai 5 cm dimuat dalam tanur (tungku) putar dan ukuran bongkah ukuran 7,5 sampai 20 cm untuk tanur (tungku) vertikal. Pada temperatur tinggi (900°C sampai 1400°C). Batu kapur diuraikan, sebagai gas CO_2 sebesar 44% dari berat batu kapur, dan CaO .

Mineral utama batu kapur adalah kalsit dan aragonit, dan pada batu kapur dolomit adalah dolomit. Kalsit dan aragonit mempunyai komposisi yang sama, tapi berbeda struktur kristalnya.

KAPUR.

Kapur adalah istilah umum untuk batu kapur yang sudah dibakar (yang telah dikalsinasi). Juga diketahui sebagai quicklime (kapur tohor), hydrated lime (gamping terhidrat), slaked lime (kapur kembang).

Penggunaan kapur sebagai material bangunan dalam mortar dan plester dinding sudah dilakukan sejak dahulu kala. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ untuk mengapur dinding dan CaO digunakan sebagai kapur tulis. Tetapi sejak perkembangan industri proses kimia, fungsi utamanya adalah sebagai bahan dasar industri pada posisi kedua setelah asam sulfat.

Lebih dari pada 90% digunakan sebagai bahan dasar untuk proses kimia. Penggunaan lain adalah untuk pabrik pemanasan baja, penjernihan air, pabrik kertas dan bubur kertas, batu tahan api, penstabilan pH pada tanah pertanian yang terlalu asam, limbah dan pengolahan limbah, pabrik kaca dan bahan bahan dasar kimia. Kapur bukan sebuah mineral, ini dibuat dari mineral batu kapur, coral, oystershell, semua yang bersumber kalsium karbonat. Dolomit, calcium magnesium karbonat, digunakan untuk produksi dolomit. Hanya bagian termurni dari batu yang digunakan untuk

kapur. Hasil kapur tergantung pada derajat pembakaran, secara kimia reaktif dengan air dan asam. Kapur yang telah dibakar kontak dengan air. Jika kapur dibakar keras melebihi suhu pembakaran, kereaktifannya terhenti. Salah satu produk kapur adalah dolomit mati bakar yang tidak reaktif (tidak bereaksi dengan air), digunakan sebagai material bata tahan api.

Penggunaan kapur sebagai bahan baku industri, yaitu untuk kapur tulis, kapur bangunan. Sebagai bahan bantuan/filler untuk industri filler, cat, kaporit, semen, industri plastik, pipa PVC, pengeras jalan, pembangunan bendungan (urugan), bahan dasar untuk semen portland, semen romawi, semen alam. Pada industri keramik, terutama dalam pembuatan kaca, alat dari kaca, email dan sebagainya. Pada industri kimia untuk bahan dasar pembuatan kalsium dalam pabrik gula, pembuatan gas CO_2 , $CaCO_2$, CaO , $CaCl_2$.

Pada industri minyak atau lemak sebagai penghilang warna, bahan kedokteran pasta, pencegah penyakit tanaman, untuk pembuatan pupuk. Dalam industri logam digunakan sebagai imbuh(flux). Juga sebagai bahan baku untuk benda kesenian dan lifografi.

BATU BARA.

Menurut ASTM, American Standards Testing Materials, menggolongkan batu bara menjadi 4 yaitu : Anthracite, Bituminuous, Subbituminuous dan Lignitic.

Golongan tersebut ditandai dari komposisi dan sifatnya seperti pada tabel berikut.

	Anthracite	Bituminuous	Subbitumi- nuous	Lignitic
Kadar air.	2 - 7%	2 - 15%	10 - 25%	35 - 40%
Zat mudah terbang.	3 - 10%	10 - 40%	30 - 35%	25 - 30%
Fixed carbon.	50 - 90%	40 - 70%	30 - 45%	25 - 30%
Nilai kalori : (k kal/gram)	4 - 7	4 - 7	4 - 7	3 - 4
Btu/lb	8000 - 13000	8000 - 14000	8000 - 14000	6000 - 7000

Batu bara di Kalimantan selatan adalah jenis anthracite dan bituminuous yang berkadar air 15 - 12%. Proses karbonisasi atau penguapan zat mudah terbang pada

batu bara berlangsung pada temperatur tinggi diatas 900°C . Agar batu bara dapat digunakan sebagai pengganti arang pada industri, maka batu bara harus dirubah dahulu menjadi kokas dengan jalan membakar batu bara dalam kondisi anaerob (miskin oksigen) yang disebut karbonisasi.

Batu bara dari Amerika utara yang terutama adalah batu bara muda kelas A (lignitic) yaitu bahan yang mengandung karbon berpori dan lunak berada diantara gambut dan batu bara subbituminous dengan nilai kalori kurang dari pada 8300 btu/lb (19300 kilojoule/kg) dalam keadaan lembab, mineral zat dasar bebas. Sumber keseluruhan batu bara muda di Amerika serikat diperkirakan kira kira 478×10^9 short ton (434×10^{10} ton metrik). Di Amerika utara batu bara muda diklasifikasikan sebagai batu bara muda A dan batu bara muda B, tergantung apakah nilai kalorinya lebih atau kurang dari pada 6300 btu/lb (14650 kJ/kg). Juga yang lainnya, batu bara muda umumnya dinamai batu bara coklat dengan dua golongan besar yang terkenal, disebut batu bara coklat lunak dan batu bara coklat keras.

BATA TAHAN API.

- Bata tahan api jenis chomotte adalah yang dibuat dari tanah liat dan dipakai untuk keperluan umum. Bata tahan api mempunyai sifat stabil baik sifat fisis, mekanis maupun kemampuan pada waktu dipergunakan. Semen tahan api adalah semen yang dipakai untuk memasang bata tahan api yang terdiri dari campuran tanah tanah tahan api dan butir butir chomotte. Menurut susunan kimia bata tahan api dibagi menjadi 4 yaitu :
 1. Bata tahan api jenis asam yaitu silika, chomotte, celeuriena tinggi.
 2. Jenis basa yaitu magnesit, dolomit.
 3. Jenis netral yaitu chromit, carbon (grafit).
 4. Jenis khusus yaitu zircon, theria, titania, boron nitrid, aluminium nitride, spined.

Menurut The American Refractones Institute :

- Kekuatan (daya tahan terhadap gaya mekanis).
- Resistance (daya tahan terhadap destruksi), daya tahan bahan terhadap gaya kimia dan fisika.
- Sifat sifat terhadap perambatan panas ► daya tahan terhadap conductivitas panas.

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

III.1. KEGIATAN LABORATORIUM

Dilaksanakan analisa bahan baku dari batu gamping yang akan dibakar. Batu bara, limbah gergajian, kayu bakar dan ampas tebu sebagai bahan bakar juga diadakan uji analisa. Maksud analisa ini adalah untuk mengetahui komposisi yang terkandung dalam bahan bahan tersebut. Parameter batu gamping yang dianalisa adalah : Zat tak larut dalam HCl, CaO, MgO, Fe₂O₃, SO₄, H₂O.

Parameter bahan bakar yang dianalis adalah : Nilai kalori, zat mudah terbang, kadar air dan bobot isi.

III.2. KEGIATAN LAPANGAN

Lokasi percobaan proses pembakaran batu kapur dilakukan di Balai Industri Surabaya, karena tungku yang dibuat dalam skala kecil untuk 0,1 ton (100 kg) batu kapur sesuai dengan dana yang tersedia. Batu kapur yang dibakar adalah dari daerah Tuban. Pelatihan dilakukan di daerah Tuban. Peserta terdiri dari para perajin industri kapur Tuban dan instansi terkait.

III.3. SURVEY

Dilakukan di beberapa lokasi yaitu.

- Daerah Kabupaten Jember di sentra kapur kecamatan Puger. Permasalahan di daerah ini adalah kelangkaan kayu yang sudah mulai dirasakan. Belum ada yang menggunakan bahan bakar batu bara.
- Daerah Kabupaten Tuban. Permasalahannya adalah kapur yang dibakar tidak matang. Di daerah ini juga belum ada yang menggunakan batu bara.

III.4 BAHAN DAN ALAT

Bahan bahan yang digunakan adalah:

- Batu kapur
- Batu bara
- Ampas tebu
- Limbah gergajian
- Kayu bakar (campuran)

Alat alat yang digunakan adalah:

Alat dilapangan:

- Tungku tempat pembakaran
- Ayakan 10 – 15 cm
- Timba
- Garu
- Serok
- Timbangan
- Termocouple

Alat di laboratorium:

- Bejana Geissler
- Erlenmeyer tutup asah
- Labu ukur
- Gelas piala
- Oven
- Exikator
- Neraca analitik
- Cawan porselin

III.5. METODE PENELITIAN

Prosedur kerja.

Persiapan bahan: Bongkahan batu kapur dipecah pecah menjadi ukuran 5 – 15 cm

Percobaan pendahuluan :

Bahan bahan batu kapur dianalisa terlebih dahulu untuk mengetahui komposisinya. Batu kapur dibakar hanya dengan kayu sebagai perbandingan untuk percobaan berikutnya.

Pembakaran dengan kombinasi batu bara dan salah satu biomassa dengan perbandingan batu kapur dan batu bara 2 : 1.

Cara cara pembakaran :

Untuk tungku pembakaran yang disarankan adalah pembakaran dengan cara berlapis batu kapur dan batu bara dikombinasi dengan bahan biomassa. Lapisan batu kapur dan batu bara di variasi dengan perbandingan 3 : 1 dan 2.5 : 1. Perbandingan 2 : 1 tidak dilakukan lagi karena pada percobaan pendahuluan telah dilakukan, setelah mencapai suhu yang diinginkan, dengan penahanan suhu selama 2 jam masih ada batu bara yang belum terbakar semuanya sehingga pemakaian batu bara tidak efisien.

Pembakaran dengan kombinasi batu bara dan variasi biomassa yang dilakukan adalah : limbah gergajian, ampas tebu dan kayu.

Dilakukan 10 kali percobaan pembakaran yaitu 2 kali percobaan pendahuluan dan 8 kali percobaan lanjutan.

Percobaan 1: Pembakaran dengan kayu tanpa batu bara sebagai perbandingan.

Percobaan 2: Pembakaran dengan batu bara secara berlapis yang dikombinasi dengan biomassa dengan perbandingan 2 : 1.

Percobaan 3: Pembakaran dengan batu bara secara berlapis yang dikombinasi dengan biomassa limbah gergajian dengan perbandingan batu kapur dan batu bara 3 : 1.

Percobaan 4: Sama dengan percobaan 3, tapi perbandingan batu kapur dan batu bara adalah 2,5 : 1.

Percobaan 5: Pembakaran dengan batu bara secara berlapis dikombinasi dengan biomassa ampas tebu dengan perbandingan batu kapur dan batu bara 3 : 1.

Percobaan 6: Sama dengan percobaan 5, tapi perbandingan batu kapur dan batu bara adalah 2,5 : 1.

Percobaan 7: Pembakaran dengan batu bara secara berlapis yang dikombinasi dengan biomassa kayu dengan perbandingan batu kapur dan batu bara 3 : 1.

Percobaan 8: Sama dengan percobaan 7, tapi perbandingan batu kapur dan batu bara adalah 2,5 : 1.

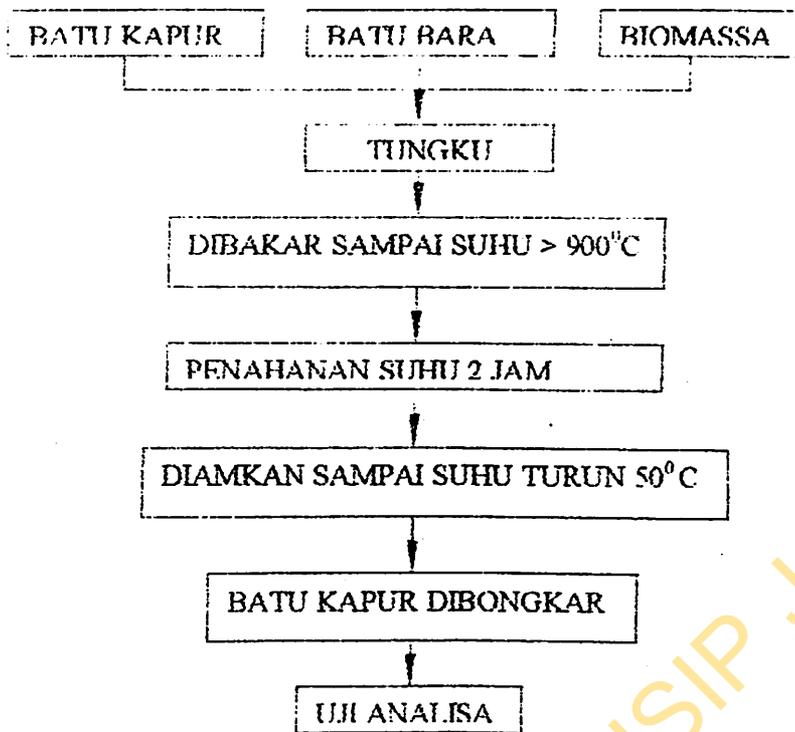
Percobaan 9 : Pembakaran batu kapur dalam tanur dengan penahanan suhu pada 950°C selama 1 ½ jam.

Percobaan 10 : Pembakaran batu kapur dalam tanur dengan penahanan suhu pada 950°C selama 2 jam.

Cara kerja:

- Batu kapur dan batu bara dimasukkan kedalam tungku sesuai dengan perbandingan yang dilakukan.
- Biomassa dimasukkan kedalam ruang pembakaran untuk memulai pemanasan awal.
- Suhu diamati dengan alat termocouple sampai mencapai suhu diatas 900°C .
- Penahanan suhu antara 900°C s/d 1100°C dilakukan selama 2 jam.
- Di dinginkan sampai suhu turun $40^{\circ} - 50^{\circ}\text{C}$.
- Batu kapur dibongkar.
- Dilakukan uji analisa batu kapur.

Blok diagram proses pembakaran batu kapur.



DISPERPUSIP JATIM

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey diperoleh informasi bahwa di sentra kapur Puger, Jember Jawa Timur, pemakaian kayu untuk pembakaran kapur sudah mulai berkurang. Seperti bagian dari jumlah yang dibutuhkan, sudah harus diambil dari luar daerah Jember. Di sentra ini menurut pengusaha kapur, belum ada yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar. Informasi dari daerah Tuban, kapur yang dibakar ada yang tidak matang.

Pada percobaan ini, batu kapur yang kami lakukan untuk percobaan adalah dari daerah Tuban. Hasil analisa bahan baku kapur dari daerah Jember dan Tuban adalah seperti pada tabel 1 dan tabel 2 berikut.

Tabel 1. Hasil Analisa Bahan Baku Kapur Dari Jember.

Parameter	Hasil (%)		
	I	II	III
SiO ₂	0,0544	0,0511	0,0847
R ₂ O ₃	0,8168	0,6131	0,6584
Fe ₂ O ₃	0,0223	0,0228	0,0168
Al ₂ O ₃	0,7945	0,5903	0,6416
CaO	54,1234	53,5107	54,5178
MgO	0,6905	0,5183	0,1704
SO ₄	0,5135	0,4125	0,3421
H ₂ O	0,0620	0,0807	0,0532

Keterangan: Volatil dengan kode contoh A, B, D pada suhu 500° C dan kode contoh C pada suhu 950° C. Kode contoh: A = Ampas tebu, B = Serbuk gergaji, C = Batu Bara jenis sarang tawon, D = Kayu Bakar.

Parameter	Kode				Metode/Alat
	A	B	C	D	
Nilai Kalori, Kcal/kg	3446,12	4083,41	4587,00	2569,78	Bom kalorimetri
Volatil, %	80,43	91,23	75,02	56,32	Gravimetri
H ₂ O, %	8,21	8,06	13,50	8,09	Gravimetri
Bulk density, g/cc	0,512	0,183	1,108	0,611	ISO 579

Tabel 3: Hasil Analisa Bahan Bakar.

Parameter	Hasil (%)		
	I	II	III
SiO ₂	0,28	0,16	0,32
R ₂ O ₃	0,87	0,80	0,94
Fe ₂ O ₃	0,02	0,05	0,06
Al ₂ O ₃	0,85	0,75	0,88
CaO	53,34	52,81	52,63
MgO	1,29	2,71	2,60
SO ₃	0,56	0,55	0,42
H ₂ O	0,04	0,05	0,07

Tabel 2: Hasil Analisa Bahan Baku Batu Kapur Dari Tuban.

Tabel 4. Hasil Analisa Pembakaran Batu Kapur Dengan Biomassa A.

Parameter	A1C1	A2C1	Rata - Rata	A1C2	A2C2	Rata - Rata
Zat tak larut asam	0,13	0,15	0,14	0,35	0,31	0,33
Fe ₂ O ₃	0,02	0,04	0,03	0,04	0,05	0,05
Al ₂ O ₃	1,47	1,41	1,44	1,74	1,70	1,72
CaO	92,10	92,56	92,33	89,34	89,02	89,18
MgO	1,15	1,23	1,19	2,76	2,52	2,64
SO ₄	0,34	0,30	0,32	0,28	0,30	0,29
H ₂ O	0,21	0,23	0,22	0,24	0,22	0,23

Keterangan :

Kode A adalah Ampas Tebu.

Kode C1 adalah Perbandingan Batu Kapur dan Batu bara 2 ½ : 1., bahan bakar biomassa 18 kg.

Kode C2 adalah

Perbandingan Batu Kapur dan Batu bara 3 : 1, bahan bakar biomassa 23,3 kg.

Lama pembakaran 6 jam.

Tabel 5. Hasil Analisa Pembakaran Batu Kapur Dengan Biomassa B.

Parameter	B1C1	B2C1	Rata - Rata	B1C2	B2C2	Rata - Rata
Zat tak larut asam	0,17	0,15	0,16	0,06	0,13	0,10
Fe ₂ O ₃	0,05	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	1,95	1,93	1,94	1,51	1,53	1,52
CaO	85,54	85,20	85,37	85,10	85,42	85,26
MgO	0,06	0,12	0,09	1,53	1,54	1,54
SO ₄	0,42	0,46	0,44	0,32	0,41	0,37
H ₂ O	0,70	0,58	0,64	0,06	0,46	0,26

Keterangan :

Kode B adalah Biomassa Serbuk Gergaji/limbah gergaji

Perbandingan C1 dan C2 sama dengan tabel 4

C1, lama pembakaran 7 jam, bahan bakar biomassa 17 kg.

C2, lama pembakaran 6 jam, bahan bakar biomassa 24 kg.

Tabel 6. Hasil Analisa Pembakaran Batu Kapur Dengan Biomassa D.

Parameter	D1C1	D2C1	Rata - Rata	D1C2	D2C2	Rata-Rata
Zat tak larut asam	0,24	0,26	0,25	0,08	0,10	0,09
Fe ₂ O ₃	0,03	0,02	0,02	0,06	0,04	0,10
Al ₂ O ₃	2,24	2,32	0,28	3,97	3,21	3,59
CaO	74,60	74,40	74,50	73,38	73,02	73,20
MgO	0,06	0,12	0,09	2,98	2,70	2,84
SO ₄	0,36	0,42	0,39	0,52	0,30	0,41
H ₂ O	0,01	0,04	0,03	0,08	0,04	0,06

Keterangan:

Kode D adalah biomassa kayu

Perbandingan C1 dan C2 sama dengan tabel 5

C1, lama pembakaran 6 jam, bahan bakar biomassa 28 kg.

C2, lama pembakaran 6 jam, bahan bakar biomassa 30 kg.

Tabel 7. Hasil Analisa Pembakaran Batu Kapur Dengan Energi Listrik

Parameter	E11	E12	Rata-Rata	E21	E22	Rata-Rata
Zat tak larut asam	0,02	0,03	0,03	0,20	0,12	0,07
Fe ₂ O ₃	0,06	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05
Al ₂ O ₃	0,57	0,51	0,54	1,72	1,39	1,56
CaO	91,38	91,22	91,30	95,65	95,25	95,45
MgO	2,44	2,18	2,31	1,40	1,72	1,56
SO ₄	0,55	0,40	0,48	0,22	0,18	0,20
H ₂ O	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Keterangan:

Kode E1 adalah penahanan dalam tanur pada suhu 950°C selama 1 ½ jam.

Kode E2 adalah penahanan dalam tanur pada suhu 950°C selama 2 jam.

Tabel 8. Hasil Analisa Pembakaran Dengan kayu Tanpa Batubara

Parameter	H1	H2	Rata-Rata	H3	H4	Rata-Rata
Zat tak larut asam	0,054	0,046	0,05	0,074	0,064	0,069
Fe ₂ O ₃	0,016	0,028	0,022	0,04	0,02	0,03
Al ₂ O ₃	1,21	1,42	1,32	1,56	1,40	1,48
CaO	65,52	64,20	64,86	87,28	86,12	86,70
MgO	1,04	0,98	1,01	2,04	2,55	2,29
SO ₄	0,41	0,38	0,39	0,62	0,41	0,52
H ₂ O	0,04	0,08	0,06	0,02	0,01	0,02

Keterangan:

Kode H1 dan H2, lama pembakaran 6 jam, bahan bakar 42 kg.

Kode H3 dan H4, lama pembakaran 10 jam, bahan bakar 64,4 kg.

Dari tabel 2 dapat dilihat hasil analisa uji bahan baku batu kapur daerah Tuban. Dari hasil analisa, kadar CaO adalah 53,34%. Kalau dihitung sebagai CaCO₃ adalah 95,25%. Kadar senyawa yang lain selain CaO tidak melebihi dari 5%. Bahan baku ini adalah termasuk baik.

Mutu hasil pembakaran kapur tergantung pada mutu bahan bakunya (kadar CaO), kondisi tungku, kondisi pembakaran, dan keadaan cuaca. Jika mutu bahan bakunya baik, mengandung kadar CaO diatas 53%, maka kadar CaO yang terjadi setelah pembakaran bisa diatas 90%. Tungku yang pada ruang pembakarannya terbuat dari bata tahan api, maka panas akan terkonsentrasi pada ruang tersebut dan bahan yang dibakar akan terbakar sempurna. Bahan bakar yang nilai kalorinya tinggi, akan lebih efisien dan membakar lebih sempurna. Keadaan cuaca juga mempengaruhi hasil produk. Cuaca hujan dengan kelembaban tinggi akan terjadi hasil pembakaran kapur yang terpecah-pecah sebelum dibongkar dari tungku. Lama pembakaran, banyaknya bahan bakar dan lamanya penahanan suhu setelah kapur mulai terurai juga ikut mempengaruhi hasil reaksi. Pada penelitian pendahuluan, dilakukan percobaan pada perbandingan 2:1 dengan biomassa ampas tebu. Hasil kadar CaO-nya adalah sebesar 88,85%. ini hampir sama dengan hasil pada perbandingan 3:1, tapi pemakaian batubara tidak efisien karena bahan bakar tersebut banyak yang belum

terbakar. Selanjutnya percobaan dilakukan dengan variasi perbandingan antara batu gamping dan batubara adalah 3:1 dan 2,5:1.

Dari tabel 3 tampak hasil analisa bahan bakar terhadap nilai kalori batubara adalah 4587 kkal/kg, serbuk gergaji 4083,41 kkal/kg, ampas tebu 3448.12 kkal/kg, sedangkan yang paling rendah adalah kayu 2569,78 kkal/kg. Dari hasil ini diketahui bahwa ampas tebu dan limbah gergaji baik untuk bahan bakar substitusi kayu karena nilai kalorinya lebih tinggi dari nilai kalori kayu.

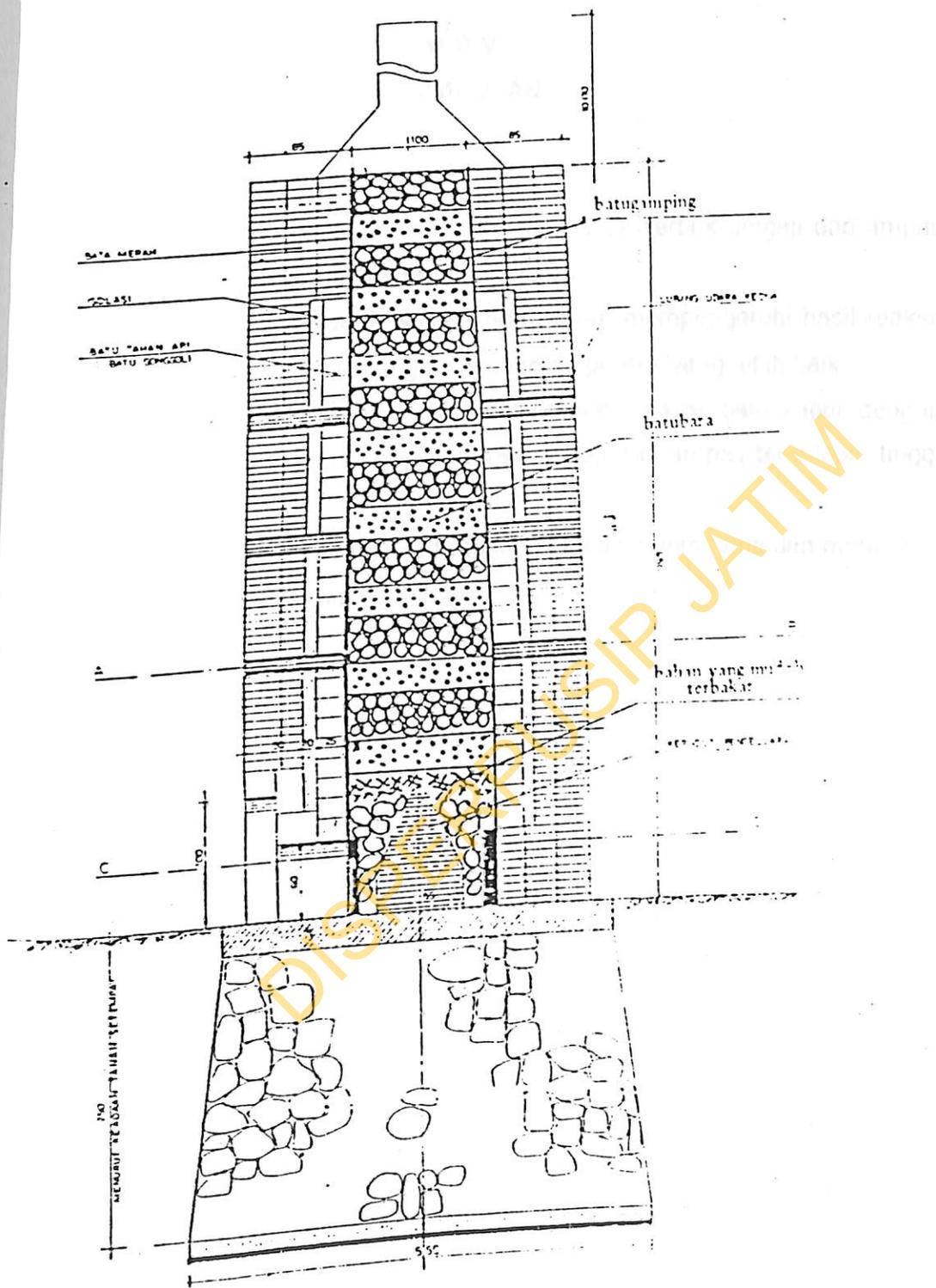
Pada tabel 4 hasil analisa pembakaran dengan biomassa ampas tebu terlihat bahwa pada perbandingan batu gamping dan batubara 2,5:1, kadar CaO-nya lebih tinggi daripada perbandingan 3:1. Hal ini kemungkinan karena pemakaian batubara pada perbandingan 2,5:1 lebih banyak.

Pada tabel 5 hasil analisa pembakaran batu kapur dengan serbuk/ limbah gergaji pada perbandingan 3:1 kadar CaO-nya hampir sama dengan perbandingan 2,5:1.

Pada tabel 6 hasil uji pembakaran dengan biomassa kayu, terlihat hasilnya lebih rendah.

Pada tabel 7 terlihat hasil analisa uji yang dibakar dalam tanur. Disini dilakukan perbedaan penahanan suhu pada 950°C (batu kapur mulai terurai). Pada penahanan suhu yang lebih lama, kadar CaO yang terjadi lebih tinggi.

Pada tabel 8 hasil analisa uji dengan bahan bakar kayu tanpa batubara dapat terlihat bahwa pada pembakaran yang waktunya lebih lama, menghasilkan kadar kapur yang lebih tinggi.



Gambar . Susunan umpan batubara dan batugamping dalam tungku pembakaran

BAB V

KESIMPULAN

- Hasil analisa uji terhadap nilai kalori biomassa serbuk gergaji dan ampas tebu lebih tinggi daripada kayu.
- Pada kondisi yang sama, waktu pembakaran mempengaruhi hasil reaksi. Waktu yang lebih lama menghasilkan mutu produk yang lebih baik.
- Pada kondisi yang sama, hasil analisis kimia kadar batu kapur dengan bahan bakar biomassa serbuk/limbah gergaji dan ampas tebu lebih tinggi daripada kayu.
- Tungku yang menggunakan bata tahan api lebih tahan lama dan mutu hasil pembakaran batu kapur lebih baik.

DISPERPUSIP JATIM