

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M5-022 Perancangan Dan Pengembangan Tungku Pengecoran Paduan Tembaga Berbahan Bakar Briket Batubara Peringkat Rendah Dengan Pengayaan Oksigen Udara Pembakaran

Pratiwi, D.K.¹, Nugroho, Y.S.², Koestoer, R.A.³, Soemardi, T.P.⁴

¹Post Graduate Student, Mech. Eng. Dept. Engineering Faculty, Indonesia University,
Lecturer of Engineering Faculty, Sriwijaya University
E-mail : pratiwi.diahkusuma@yahoo.com

^{1,2,3} Lecturer of Post Graduate Program, Mech. Eng. Depart.,
Engineering Faculty, Indonesia University

ABSTRAK

Kondisi ekonomi global saat ini sangat berpengaruh terhadap industri manufaktur. Harga bahan bakar yang semakin tinggi menyebabkan biaya produksi dan operasional semakin mahal. Sehingga sebagian besar industri kecil pengecoran logam terpaksa gulung tikar. Oleh karena itu harus dicari bahan bakar alternatif yang murah namun mampu menggantikan BBM dalam menghasilkan kalor yang dibutuhkan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan perencanaan dan pengembangan tungku pengecoran logam berbahan bakar briket batubara peringkat rendah dengan pengayaan oksigen udara pembakaran. Tungku ini akan beroperasi sekitar temperatur 1200 °C untuk melebur paduan tembaga. Berdasarkan perhitungan analitis, maka didapat effisiensi maksimum tungku yang dapat dicapai serta dimensi tungku yang akan dikembangkan.

Kata Kunci : Tungku, Rugi-rugi termal, effisiensi, bilangan tak berdimensi ξ

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Pendahuluan

Pada industri kecil pengecoran logam sumber energi panas yang digunakan untuk proses peleburan adalah minyak tanah, sedangkan pada industri menengah dan modern digunakan listrik. Akibat kondisi ekonomi Indonesia saat ini, harga minyak tanah menjadi mahal. Oleh karena itu perlu dicari bahan bakar alternatif yang dapat menyebabkan biaya produksi menjadi lebih murah. Persediaan batubara lokal yang melimpah telah mendorong banyak penelitian tentang tungku hemat energi dengan bahan bakar batubara sebagai bahan bakar alternatif selain minyak tanah.

Batubara yang dijual secara domestik adalah batubara peringkat rendah dalam bentuk briket batubara non karbonisasi. Namun pembakaran briket ini secara alami (*natural drag*), temperatur nyala bara maksimum yang dapat dicapai sangat rendah, yaitu $\pm 800^{\circ}\text{C}$. Temperatur yang rendah ini tidak cukup untuk melebur logam yang titik cairnya diatas 1000°C . Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan melakukan pembakaran dengan pengayaan oksigen udara pembakaran. Menurut teori dan beberapa penelitian terdahulu, pembakaran batubara peringkat rendah dengan metode ini dapat menghasilkan temperatur nyala hingga 2000°C .

2. Prosedur Perancangan Tungku

Pada penelitian ini, perancangan tungku dilakukan menurut prosedur sbb :

1. Menentukan kapasitas logam yang akan dicor, dalam hal ini logam yang akan dicor adalah paduan tembaga, dimana temperatur cairnya adalah 1085°C .
2. Menentukan material dan dimensi kowi yang digunakan. Kowi (*crucible*) yang akan digunakan dalam perancangan ini adalah A12 dari bahan grafit dengan kapasitas 18 kg paduan tembaga. Grafit dipilih karena lebih tahan terhadap temperatur operasi sekitar 1200°C .
3. Menghitung jumlah kalor untuk melebur tembaga sampai pada temperatur tuangnya. Perhitungan ini dimulai dari fasa padat pada temperatur kamar hingga temperatur tuangnya.
4. Membuat perhitungan pembakaran stoikiometrik briket berdasarkan komposisi kimia dan zat-zat yang terkandung dari analisa proksimat dan ultimat. Sehingga diketahui jumlah kalor yang dilepaskan pada reaksi kimia pembakaran briket batubara non karbonisasi.
5. Menentukan volume ruang bakar yang dibutuhkan, material refraktori tungku yang akan digunakan dan sifat fisiknya.
6. Menentukan persamaan perpindahan panas yang terjadi dan menghitung besar rugi-rugi termal yang akan terjadi pada effisiensi tungku yang diprediksi dapat dicapai pada desain tungku ini..
7. Menghitung dimensi tungku berdasarkan $\ln r_2/r_1$ yang diprediksi.
8. Menghitung dimensi tungku dan effisiensi maksimum yang dapat dicapai.

a. Peleburan Logam

Kalor yang dibutuhkan pada proses peleburan tembaga adalah :

$$H_{\text{tot,logam}} = m \cdot [c_{p,\text{padat}} (T_{\text{cair}} - T_{\text{awal}}) + \Delta h_f \\ + c_{p,\text{cair}} (T_{\text{cair}+100} - T_{\text{cair}})] \quad \dots \quad (1)$$

Dimana :

m = berat logam yang akan dilebur didalam kowi (sama dengan kapasitas kowi) = 18 (kg)

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

c_p = panas jenis logam fasa padat = 0.092 (kcal/kg.°C)

$c_{p,cair}$ = panas jenis logam fasa cair = 0.112 (kcal/kg.°C)

T_{cair} = temperatur cair logam = 1085 (°C)

T_{awal} = temperatur awal logam sebelum dipanaskan

=30 (°C)

h_f = panas fusi tembaga = 48.9 (kcal/kg)

b. Sifat Briket Batubara Non Karbonisasi

Komposisi briket batubara yang akan digunakan sebagai bahan bakar untuk melebur paduan tembaga ditunjukkan pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Data Analisis Batu Bara Non Karbonisasi

No	Parameter	Hasil
1.	Total Moisture	20.84 %
2.	Proximate Analysis - Inherent Moisture - Ash Content - Volatile Matter - Fixed Carbon	10.75 % 17.34 % 35.36 % 38.55 %
3.	Sulphur	1.87 %
4.	Calorific Value	6214

Perhitungan pembakaran stoikiometrik briket dilakukan berdasarkan komposisi kimia dan zat-zat yang terkandung dari data hasil analisa proksimat dan ultimatum diatas.

c. Perpindahan Panas

Perpindahan panas yang terjadi adalah konduksi, koveksi, dan radiasi. Namun karena ruang bakar dipenuhi oleh briket yang menyala dan bersinggungan langsung dengan dinding kowi dan dinding tungku, maka perpindahan panas konduksi lebih dominan.

$$\ln(r_2 / r_1) + \frac{k_A}{k_B} \ln(r_3 / r_2) = \frac{2\pi L k_A}{Q_L} T_1 - T_3 \dots\dots (2)$$

Dimana :

Q_L = kehilangan panas pada masing-masing effisiensi tungku, η (kcal)

T_1 = Temperatur bara briket yang ingin dicapai, 1200 °C

T_3 = Temperatur lingkungan, 30 °C

k_A = konduktifitas panas Midcast , 1.31 W/mK

k_B = konduktifitas panas Metalite-1000, 0.5 W/mK

L = tinggi ruang bakar, 300 mm

r_1 = jari-jari bagian dalam tungku

r_2 = jari-jari bagian luar lapisan Midcast

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

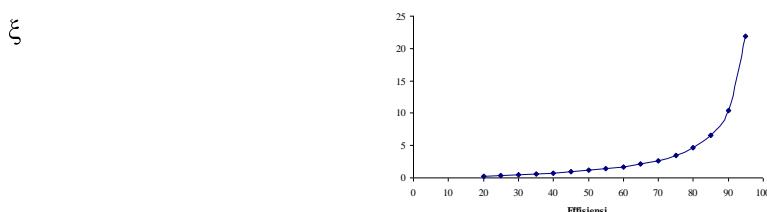
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

r_3 = Jari-jari bagian luar lapisan metalite-1000

Dimana :

$$\frac{2\pi L k_A}{Q_L} T_1 - T_3 = \xi \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

Adalah merupakan bilangan tak berdimensi yang tergantung pada besar kehilangan panas, effisiensi tungku, temperatur, konduktifitas panas lapisan isolasi pertama, waktu perambatan panas, tinggi dinding lapisan isolasi.

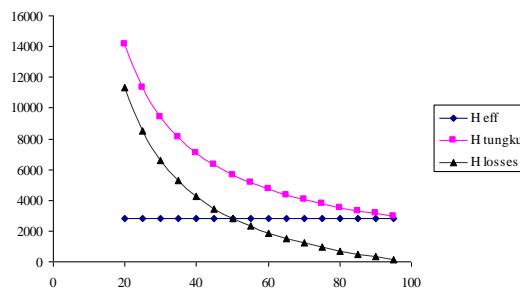


Gambar 1. Hubungan antara η vs ξ

Pada Gambar 1. diatas tampak bahwa semakin tinggi η maka ξ akan naik. Effisiensi maksimum akan dicapai pada $\xi = 25$. Dengan menggunakan persamaan bilangan tak berdimensi ξ tersebut diatas dapat dihitung dimensi tungku berdasarkan harga $\ln r_2/r_1$ yang diprediksi. Semakin tinggi effisiensi dan ξ maka dimensi cendrung untuk semakin besar. Hal ini disebabkan karena semakin kecil rugi-rugi panas yang diinginkan terjadi maka makin tebal refraktory atau lapisan isolasi panas.

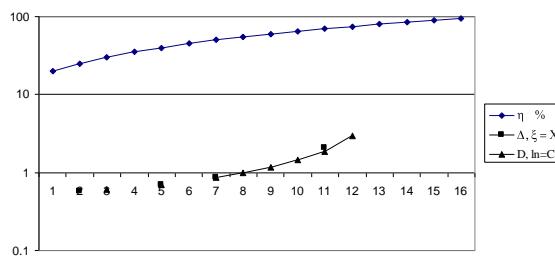
3. Analisis

Analisa terhadap perhitungan desain tungku ini dilakukan dengan menggambar grafik hubungan antara kalor effektif, kalor yang hilang kelingkungan, dan kalor yang harus dihasilkan dari pembakaran briket didalam tungku



Gambar 2. Hubungan antara kalor effektif (H_{eff}) dengan rugi-rugi thermal (H_{losses}) dan panas yang harus dihasilkan dari pembakaran bahan bakar briket batubara non karbonisasi.

Perhitungan untuk diameter tungku dilakukan dengan menggabungkan hubungan antara $\ln r_2/r_1$, η dan ξ .



Gambar 3. Grafik Rangkuman perhitungan gabungan untuk diameter tungku

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan ternyata effisiensi maksimum tungku yang dapat dicapai pada perancangan ini adalah pada $\eta = 50\%$, $\xi = 1.152674$, $l d r_2/r_1 = 0.3$, dan diameter tungku $D = 0.86\text{ m}$

Daftar Pustaka

- [1] Jaluria, Y., *"Design and Optimization of Thermal Systems"*, 2nd Edition, Taylor & Francis Group, LLC, New York, 2008.
- [2] Vanderplaats, G.N., *"Numerical Optimization Techniques For Engineering Design"*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984