

PERANCANGAN COWPER GUNA PEMANFAATAN GAS BUANG PELEBURAN LOGAM

Yoska Octaviano, Yusep Mujalis, Benny Siantury, Tono Sukarnoto dan Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
e-mail: rianti.ariobimo@gmail.com

Abstract: *A prototype of homemade furnace was built and the highest temperature it can reach during the trial process is approximately 400°C. Beside liquid metal, the furnace also produced exhaust gas as a side product. The exhaust gas is still hot. Hot gas can be used to improve the furnace's temperature based on blast furnace method. To apply this method, the furnace should be accompanied with cowper. In designing cowper, several parameters should be notice. The parameters are hot gas temperature, air flow direction, and its movement ability with the furnace. Hot gas temperature will determine the number of heat absorber layers. The direction of the air flow will determine the cowper construction. Movement ability is associated with space. The design is made based on VDI 2221. The cowper design concept is cowper to store hot gas made of ramming refractories with its outer diameter similar to oil tank and the movement mechanism only applied for migration.*

Keywords: *Cowper, furnace, exhaust gas, air flow direction, refractories.*

PENDAHULUAN

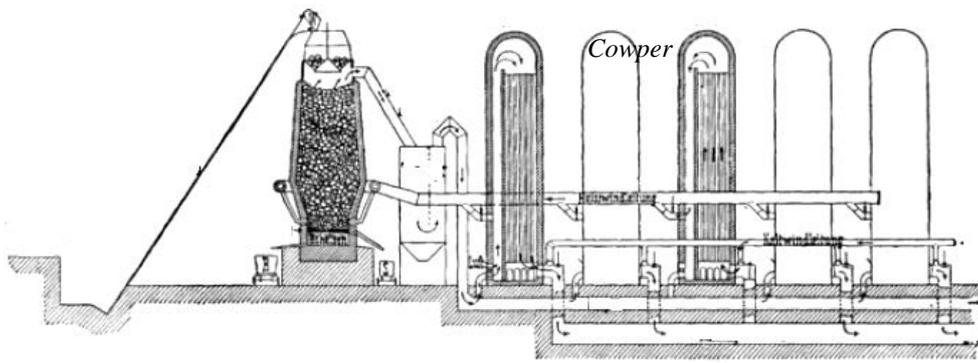
Dalam peleburan logam akan diperoleh gas sebagai hasil sampingan. Gas ini mempunyai temperatur yang tinggi tetapi kandungan oksigennya rendah. Walaupun demikian dengan menggunakan teknologi tertentu, gas ini tetap dapat dimanfaatkan. Salah satu diantaranya adalah penggunaan *Cowper*. *Cowper* adalah sebuah wadah yang berisi kisi-kisi batu tahan api. Prinsip dasar *Cowper* adalah perpindahan panas regeneratif [3]. Gas panas yang masuk ke dalam *Cowper* akan diserap panasnya ketika melewati kisi-kisi batu tahan api dan keluar sebagai gas dengan temperatur ruang. Panas itu akan tetap tersimpan dalam *cowper* sampai ada udara dingin yang kaya oksigen masuk ke dalam *Cowper* dan mengambil panasnya ketika melewati kisi-kisi batu tahan api tersebut. Udara ini akan mempunyai temperatur yang tinggi dan kaya oksigen sehingga dapat langsung dimanfaatkan. *Cowper* dikenal juga dengan nama *hot blast stove* dan *Cowper stove*. Teknologi *Cowper* dikembangkan untuk mendukung penyediaan udara panas yang konstan secara aliran dan temperatur untuk tanur tinggi (*blast furnace*) [3].

Udara panas dengan temperatur yang tinggi tersebut dapat dimanfaatkan untuk banyak hal, tetapi yang paling sering adalah untuk meningkatkan temperatur dapur peleburan. Dengan dimanfaatkannya udara panas kaya oksigen ini maka proses peleburan menjadi semakin cepat sehingga bahan bakar yang digunakan dapat dihemat.

Ziebijs dan Stanek melakukan penelitian terkait dengan aplikasi model matematik pada tanur tinggi dan karakteristik energi dari *Cowper*. Penelitian ini mereka lakukan untuk mengidentifikasi parameter kerja tanur tinggi dan nilai energi bersih dari tanur tinggi. Selain itu mereka juga membahas pengaruh injeksi bahan bakar dan peningkatan temperatur tanur tinggi terhadap fluks energi kimia, komposisi kimianya dan nilai kalor dari gas yang dipergunakan oleh pihak lain. Kesimpulan yang diperoleh adalah model matematik ini dapat diaplikasikan pada manajemen energi dari peleburan bijih besi [8]. Sedangkan sebelumnya, Ridgion membangun sebuah simulasi komputer analog untuk membantu perhitungan persamaan diferensial pada desain *Cowper*. Hasil perhitungan simulasi dibandingkan dengan solusi digital sederhana. Kesimpulan yang diperoleh adalah perhitungan simulasi komputer analog dapat digunakan secara terbatas pada kasus-kasus tertentu [3]. Tscheliesnig dan Schauritsch menerapkan metode pengujian *acoustic emission* (AE) pada uji coba sebuah *Cowper* baru [5]. Kesimpulan yang diperoleh adalah penggunaan metode pengujian dan monitoring *acoustic emission* pada *cowper* dapat diandalkan dan ekonomis dalam memprediksi kegagalan yang mungkin terjadi. Dai melakukan penelitian terkait pemanas keramik yang digunakan dalam *Cowper* [2]. Dai memperoleh kesimpulan bahwa

penggunaan pemanas keramik akan memberikan efisiensi pembakaran yang tinggi dan memenuhi persyaratan proses serta dapat mengurangi penggunaan energi.

Paper ini membahas perancangan pembuatan *cowper* sebagai pelengkap tungku peleburan logam yang sudah dibuat sebelumnya. *Cowper* yang dirancang harus sederhana, mudah dalam pengoperasiannya, dan murah seperti halnya tungku peleburan yang sudah berhasil dibuat oleh Yusep dkk [6], agar masyarakat dapat menggunakannya bersama-sama tungku peleburan untuk mendaur ulang logam dengan proses peleburan yang membutuhkan temperatur lebih tinggi. Perancangan *cowper* ini dibuat mengikuti VDI 2221 (Pahl dan Beitz, 1984). Berdasarkan metoda VDI 2221 tersebut maka perancangan ini akan melewati dua tahapan, yaitu: klarifikasi tugas dan perancangan. Perancangan sendiri akan terdiri atas tiga tahapan, yaitu perancangan konsep, perancangan wujud, dan perancangan detail. Klarifikasi tugas akan memberikan spesifikasi peralatan. Perancangan konsep akan menghasilkan abstraksi perancangan, struktur fungsi, prinsip solusi, konsep varian, dan evaluasi varian untuk rancangan yang sesuai dan optimum. Perancangan wujud akan memberikan prinsip yang akan digunakan, sedangkan perancangan detail akan memberikan gambar desain terpilih [4].



Gambar 1. Dapur peleburan menggunakan sistem *cowper* [7]

METODA PENELITIAN

Dapur peleburan yang menggunakan sistem *cowper* dapat dilihat pada Gambar 1. Proses perancangan *Cowper* dimulai dengan melakukan pengamatan dan evaluasi pada prototipe dapur peleburan (Mujalis dkk, 2014); kemudian dilanjutkan dengan pengamatan dan pengumpulan informasi terkait dengan spesifikasi (*demands*) yang harus dipenuhi dan keinginan pengguna (*wishes*) untuk membuat klarifikasi tugas. Selanjutnya proses diteruskan dengan perancangan konsep yang merupakan focus pada perancangan ini.

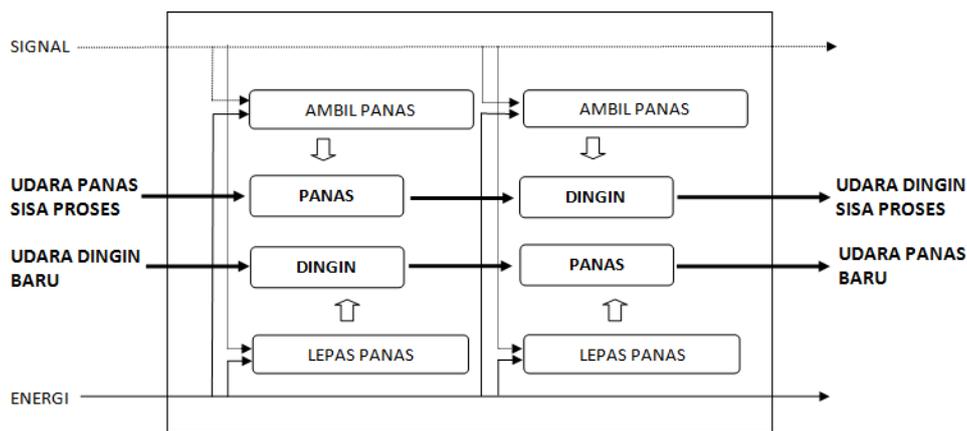
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tungku peleburan yang mungkin dibuat untuk skala rumah tangga adalah tungku peleburan logam non *ferro* Karena logam non *ferro* lebih mudah untuk di daur ulang. Logam non ferro dapat langsung dilebur (*remelting*) lalu dicetak tanpa memerlukan proses ekstraksi lainnya. Proses peleburan logam ini akan terjadi jika temperature lingkungan mencapai temperature lebur logam tersebut. Temperatur kelompok logam non *ferro* lebih rendah dibandingkan dengan logam *ferro*. Temperatur lingkungan akan naik jika dilakukan proses pemanasan. Proses pemanasan membutuhkan energi. Daftar spesifikasi tungku yang dirancang dapat dilihat pada Tabel 1.

Fungsi dari *cowper* adalah untuk menyerap panas yang masih dibawa oleh udara hasil peleburan dan melepaskan panas ke udara untuk kemudian dialirkan ke dalam dapur peleburan untuk membantu meningkatkan temperatur dapur peleburan tersebut. Berdasarkan fungsi ini maka yang harus diperhatikan dalam proses perancangan adalah temperatur udara hasil peleburan, susunan sekat batu tahan api untuk menyerap dan melepas panas, dan kemudahan laju aliran.

Tabel 1. Daftar spesifikasi.

Aspek	Daftar Spesifikasi	D/W
Geometri	Diameter <i>casing</i> maksimum 600 mm	D
	Tinggi <i>casing</i> maksimum 1000 mm	D
Kinematika	Alat dapat dipindah-pindahkan	D
Gaya	Pemasukan dan pengeluaran udara stabil	D
Energi	Masukan energi termal dapat mencapai temperature 700 ⁰ C	D
	Temperatur udara meninggalkan alat serupa dengan temperatur ruang.	W
	Temperatur udara keluar dari alat dan masuk dalam dapur minimal 300 ⁰ C.	W
Material	Refaktori mampu menahan sampai temperature 1000 ⁰ C	D
	<i>Casing</i> terbuat dari plat logam	D
Sinyal	Pengukuran temperature menggunakan <i>thermocouple</i>	D
	Pengukuran laju aliran menggunakan <i>flowmeter</i>	D
Perawatan	Perawatan sederhana	D
Perakitan	Mudah dirakit	D
Keselamatan	Aman bagi operator	D
	Aman bagi lingkungan	W



Gambar 2. Blok diagram struktur fungsi

Sub Fungsi	Kode	Prinsip Solusi			
		1	2	3	4
Sumber Udara	Panas A				
	Dingin B				
Material	Casing C				
	Refaktoris D				
Bentuk Penyerap Panas E					
Jenis Aliran Udara F					

Gambar 3. Prinsip solusi umum.

Sub Fungsi	Kode	Prinsip Solusi			
		1	2	3	4
Sumber Udara	Panas A				
	Dingin B				
Material	Casing C				
	Refaktoris D				
Bentuk Penyerap Panas E					
Jenis Aliran Udara F					

Gambar 4. Prinsip solusi spesifik.

Struktur fungsi dari perancangan ini adalah temperatur udara panas yang dihasilkan oleh proses peleburan harus dialirkan dan masuk kedalam *cowper* untuk kemudian bergerak memanasi

dinding sekat batu tahan api. Hal ini akan berlangsung terus sampai temperatur sekat batu tahan api panas. Setelah itu akan dialirkan udara untuk mendinginkan sekat batu tahan api tersebut dan disalurkan kedalam dapur. Blok diagram struktur fungsi ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Konsep varian.

Kode	Konsep Varian						Kode	Konsep Varian					
KV-1	A1	B1	C1	D2	E1	F1	KV-9	A1	B1	C1	D2	E2	F1
KV-2	A1	B1	C1	D2	E1	F2	KV-10	A1	B1	C1	D2	E2	F2
KV-3	A1	B1	C1	D2	E1	F3	KV-11	A1	B1	C1	D2	E2	F3
KV-4	A1	B1	C1	D2	E1	F4	KV-12	A1	B1	C1	D2	E2	F4
KV-5	A1	B2	C1	D2	E1	F1	KV-13	A1	B2	C1	D2	E2	F1
KV-6	A1	B2	C1	D2	E1	F2	KV-14	A1	B2	C1	D2	E2	F2
KV-7	A1	B2	C1	D2	E1	F3	KV-15	A1	B2	C1	D2	E2	F3
KV-8	A1	B2	C1	D2	E1	F4	KV-16	A1	B2	C1	D2	E2	F4

Tabel 3. Pemilihan kombinasi varian

Cowper	Pemilihan Kombinasi Varian								
	A	B	C	D	E	F	G	H	
	Variasi solusi dievaluasi dengan kriteria solusi				Keputusan Tandasolusi varian				
	(+) Ya (-) Tidak (?) Kekurangan Informasi (!) Periksa Spesifikasi				(+) Mengikat Solusi (-) Menghilangkan Solusi (?) Mengumpulkan Informasi (!) Memeriksa Spesifikasi				
	Sesuai dengan fungsi keseluruhan								
	Sesuai dengan daftar kehendak								
	Secara prinsip dapat diwujudkan								
	Dalam batasan biaya produksi								
	Pengetahuan tentang konsep memadai								
	Sesuai dengan keinginan pembuat								
	Memenuhi syarat keamanan								
								PENJELASAN	
KV-1	-	-	+	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-2	-	-	+	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-3	-	-	-	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-4	-	-	-	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-5	+	+	+	+	+	-	+	Kegagalan perpindahan panas	-
KV-6	+	+	+	+	+	+	+	Sesuai	+
KV-7	+	+	-	+	+	-	+	Kesulitan proses pembuatan	-
KV-8	+	+	-	+	+	-	+	Kesulitan proses pembuatan	-
KV-9	-	-	+	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-10	-	-	+	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-11	-	-	-	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-12	-	-	-	+	-	-	+	ketetapan aliran udara diri meragukan	-
KV-13	+	+	+	+	+	+	+	Sesuai	+
KV-14	+	+	+	+	+	+	+	Sesuai	+
KV-15	+	+	-	+	+	-	+	kesulitan proses pembuatan	-
KV-16	+	+	-	+	+	-	+	kesulitan proses pembuatan	-

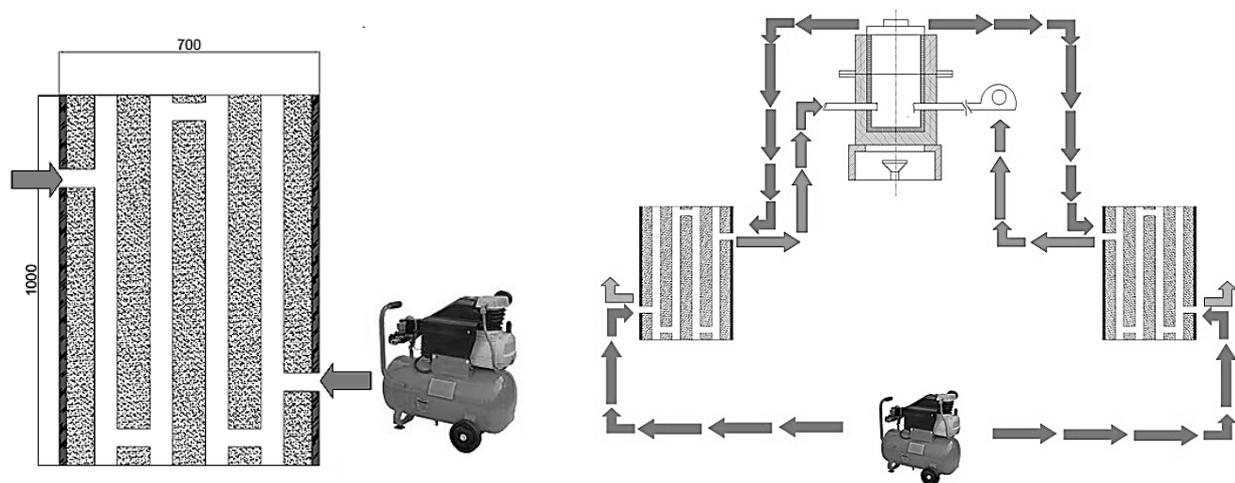
Berdasarkan struktur fungsi yang adalah disusunlah prinsip solusi untuk masing-masing sub fungsi yang meliputi sumber udara panas, sumber udara, material isolator, laju aliran dan konsep perpindahan panas dan jenis aliran udara. Sumber udara panas adalah gas buang hasil peleburan dapur, sedangkan sumber udara dingin berasal dari *blower* dan kompresor. Material isolator yang digunakan adalah batu tahan api dengan tiga pilihan bentuk, yaitu batu bata, pasir dan kowi. Sedangkan *casing* terbuat dari baja dengan pilihan memanfaatkan tong bekas oli, menggunakan plat atau melakukan proses pengecoran. Proses perpindahan panas akan terjadi pada dinding dan sekat yang dibuat dalam *cowper*. Bentuk dinding dan sekat tersebut juga mempunyai tiga pilihan, yaitu

berulir, rata, atau kotak-kotak. Sedangkan pilihan untuk arah aliran udara adalah lurus vertikal, luruh horisontal, berulir vertikal dan berulir horisontal.

Prinsip solusi ini dapat dilihat pada Gambar 3. Prinsip solusi yang ada dianalisa berdasarkan hasil pengamatan dan kondisi penggunaannya. Hasil analisa memberikan prinsip solusi yang lebih spesifik seperti terlihat pada Gambar 4 dan memberikan 16 konsep varian seperti tercantum pada Tabel 2. Konsep varian ini dibuat dengan memperhatikan kesesuaian antar sub fungsi.

Tabel 4. Kriteria evaluasi

No.	Kriteria	wt.	KV-6		KV-13		KV-14	
			N	B	N	B	N	B
1.	Perpindahan Panas	0,25	9	2,25	8	2,00	9	2,25
2.	Kemudahan Pembuatan	0,20	8	1,60	8	1,60	8	1,60
3.	Operasi	0,20	8	1,60	8	1,60	8	1,60
4.	Perawatan	0,17	8	1,36	8	1,36	9	1,53
5.	Kemudahan Perbaikan	0,18	8	1,44	8	1,44	9	1,62
Jumlah		1,00		8,25		8,00		8,60



a. Sketsa varian terpilih.

b. Sketsa sistem dengan varian terpilih.

Gambar 5. Sketsa varian terpilih

Evaluasi kualitatif terhadap 16 konsep varian menghasilkan 3 varian yang memenuhi spesifikasi, yaitu KV-6, KV-13 dan KV-14 seperti terlihat pada Tabel 3. Analisa kuantitatif yang dilakukan terhadap aspek perpindahan panas, kemudahan untuk dibuat, kemudahan untuk dioperasikan, kemudahan untuk dirawat dan kemudahan untuk diperbaiki konstruksinya maka diperoleh nilai bobot seperti terlihat pada Tabel 4. Bobot tertinggi diperoleh KV-14, yaitu 8,60. Berdasarkan bobot ini maka KV-14 dipilih untuk perancangan tahap selanjutnya. Varian terpilih adalah sebuah *cowper* yang dibuat dengan menggunakan drum bekasoli sebagai badan (*casing*) luar menggunakan sistem aliran udara horisontal dengan sekat batu tahan api berbentuk serbuk (*ramming*) yang dibuat langsung mengikuti desain sekat batu tahan api dan menggunakan kompresor sebagai sumber udara (Gambar 5). Penggunaan drum olibekas sebagai *casing* luar akan membantu proses daur ulang dan mempermudah konstruksi pembuatan. Penggunaan batu tahan api berbentuk serbuk untuk membentuk dinding bagian selain akan mempermudah proses pembuatan *cowper* juga akan memiliki perpindahan panas yang lebih homogen pada setiap luasan permukaan karena tidak adanya batas seperti pada penggunaan batu tahan api berbentuk bata. *Flowmeter* dan *thermocouple* akan digunakan untuk memastikan kestabilan aliran dan temperatur. Mengingat proses fungsinya maka *cowper* akan dibuat berpasangan atau 2 buah untuk 1 sistem

KESIMPULAN

Telah dibuat suatu konsep rancangan sepasang *Cowper* dengan metode VDI 2221 untuk meningkatkan temperatur tungku peleburan. *Cowper* ini menggunakan *casing* drum oli bekas, batu tahan api berbentuk serbuk dengan model bukan batu bata, arah aliran udara vertikal dan kompresor sebagai sumber udara. *Cowper* juga akan menggunakan *flowmeter* dan *thermocouple* untuk menjaga laju aliran dan temperatur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Perancangan ini adalah bagian dari penelitian yang dibiayai oleh Universitas Trisakti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Carvalho, M. d G. dan M. Nogueira, *Improvement of Energy Efficiency in Glass-Melting Furnaces, Cement Kilns and Baking Ovens*, Applied Thermal Engineering, 1997, Vol. 17, No. 8-10, hal. 921-933.
- [2] Dai, F-q, Huang, S-y, Li, S-h and K., Liu, Study of a ceramic burner for shaftless stoves, International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 2009, Volume 16, hal. 149.
- [3] Ridgion, J.M., Willmott, A.J. and J.H. Thewlis, *An analogue computer simulation of a Cowper Stove*, Computer Journal, 1964, Vol. 7 No. 3, hal. 188-196.
- [4] Sukarnoto, T., Soeharsono, dan Supriyadi, Perancangan Sistem Buka Tutup Pintu Geser Kompak pada Busway, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XI dan Thermofluid IV, UGM, Yogyakarta, 16-17 Oktober 2012.
- [5] Tscheliesnig, P., dan G. Schauritsch, *AT and AE monitoring for a pressure equipment (cowper) for steel Production*, prosiding of 11th European Conference on Non-Destructive Testing (ECNDT 2014), Prague, Czech Republic, 6-10 October 2014.
- [6] Yusep Mujalis, Yosca Octaviano, Benny Siantury, Tono Sukarnoto dan Rianti Dewi Sulamet-Ariobimo, *Perancangan Tungku Peleburan Logam Buatan Sendiri*, Prosiding Seminar Inovasi Teknologid dan Rekayasa Industri 2014, Universitas Andalas, Padang, 26 Agustus 2014.
- [7] Woodcroft, B., *Chronological Index of Patents Applied for and Patents Granted, for the Year 1857*, 1857, Paten No. 1404.
- [8] Ziebig, A. dan Stanek, W., *Identification of the influence of blast-furnace working parameters upon the supply and net calorific value of blast furnace gas*, Acta Montanistica Slovaca, 2003, Vol. 8 No. 4, hal. 194-196.