

PENGARUH BAHAN PEREKAT DAN WAKTU REDUKSI PADA PEMBUATAN BRIKET SPONGE DARI BIJIH BESI LOKAL

Adil Jamali, Fika Rofiq Mufakhir dan Muhammad Amin

UPT Balai Pengolahan Mineral Lampung LIPI
Jl Ir Sutami Km 15 Tanjungbintang, Lampung Selatan
E-mail : adilj03@yahoo.com

Masuk tanggal : 03-10-2011, revisi tanggal : 09-07-2012, diterima untuk diterbitkan tanggal : 20-07-2012

Intisari

PENGARUH BAHAN PEREKAT DAN WAKTU REDUKSI PADA PEMBUATAN BRIKET SPONGE DARI BIJIH BESI LOKAL. Besi *sponge* merupakan produk antara dalam pembuatan besi-baja melalui proses reduksi langsung bijih besi. Dalam penelitian ini dibuat besi *sponge* dari bijih besi lokal yang hasilnya dapat dimanfaatkan oleh industri besar ataupun industri kecil yang menggunakan dapur kupola. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium untuk menentukan kondisi proses yang optimal dalam pembuatan briket *sponge*. Dari percobaan yang dilakukan pada temperatur reduksi 1150 °C, untuk perekat bentonit diperoleh *sponge* dengan metalisasi optimal sebesar 96 % dengan waktu reduksi 40 menit. Briket *sponge* dengan perekat aci mengalami metalisasi sedikit lebih baik dari briket berperekat bentonit. Yaitu 84,26 % dibanding 83,59 % pada reduksi 60 menit, dimana berat jenis lebih besar 4,87 g/cm³ dibanding 3,37 g/cm³ dengan jumlah pengotor lebih kecil akan tetapi mudah pecah. Briket *sponge*-bentonit mempunyai titik leleh 1522 °C, berhasil dilebur dalam tungku induksi listrik pada temperatur 1541 °C. Pada titik lebur *sponge* tersebut kupola udara dingin diperkirakan belum mampu untuk digunakan melebur *sponge*, dalam hal ini diperlukan kupola udara panas. Temperatur reduksi yang relatif rendah (1150 °C), dimaksudkan untuk mempermudah penyediaan peralatan reduksi dan pengoperasiannya. Prospek hasil penelitian ini adalah bahwa briket *sponge* dengan perekat bentonit berpeluang besar menjadi umpan kupola, karena secara fisik tidak mudah pecah. Briket *sponge* berperekat aci berpeluang sebagai umpan tungku induksi listrik, karena akan menghasilkan slag yang lebih sedikit disebabkan perekat akan menguap dalam pemanasan. Briket yang mudah pecah dapat digerus menghasilkan *sponge* halus untuk penggunaan dalam pengolahan air buangan.

Kata kunci : Briket, Bentonit, Aci, Besi sponge, Bijih besi

Abstract

EFFECT OF BINDER AND REDUCTION TIME IN THE PREPARATION OF SPONGE IRON BRIQUETTE FROM LOCAL IRON ORE. *Sponge Iron is an intermediate product in Iron and Steel production through Direct Reduction process of iron ore. In this experiment, sponge iron was made from local iron ore as feed for big Industry and small one that use cupola furnace. The method used was laboratory experiment to find optimum process condition on sponge Iron briquette preparation. From experiment at 1150 °C, reduction time 40 minutes using bentonite as binder, the optimum sponge metalization of 96 % was obtained. Sponge briquette with starch binder has a slightly better metalization compared to sponge with bentonite binder. Namely 84.26 % and 83.59 % respectively at 60 minutes reduction time. The densities are 4.87 g/cm³ and 3.37 g/cm³ respectively. Although starch binded sponge contain less impurities, it is more brittle than bentonite binded sponge. Bentonite binded sponge which has a melting point of 1522 °C was melted in induction furnace at 1541 °C. It is predicted that melting at these temperature using cupola furnace will require a hot blast instead of cold blast cupola. The relatively low reduction temperature of 1150 °C used in the experiment was chosen so that reduction equipment was easy to build and operated. The prospect of the experimental results is that bentonite binded sponge would be suitable as feed of cupola melting furnace due to its better crushing strength. Starch binded sponge is suitable for induction furnace feed, due to its small impurities that will produce a minimum slag. The brittle and easily disintegrated starch binded sponge when pulverized to powder can be used in waste water treatment.*

Ke ywords : Briquette, Bentonite, Starch, Sponge iron, Iron ore

PEDAHULUAN

Konsep pohon industri yang diperkenalkan oleh departemen perindustrian Republik Indonesia dapat digunakan untuk memperjelas keterkaitan aktifitas produksi dari bahan baku sampai produk jadi dalam suatu cabang industri. Pemetaan aktifitas dalam bentuk pohon dikenal dengan pohon industri akan memberikan informasi aktifitas yang belum dilakukan di dalam negeri atau masih lemah pelaksanaannya dan yang telah dilaksanakan dengan baik. Dalam cabang industri besi baja, aktifitas pembuatan besi *sponge* masih perlu diperkuat dengan penelitian dan pengembangan. Hal ini disebabkan bahan baku *pellet* yang digunakan untuk membuat *sponge* dengan teknologi yang tersedia, seluruhnya masih diimpor dengan nilai puluhan milyar rupiah per tahun. Industri pembuatan *pellet* bijih besi belum ada di Indonesia. Lebih ke hulu industri benefisiasi bijih besi menghasilkan konsentrat besi yang siap lebur juga masih kosong. Jadi ada dua kegiatan industri antara penambangan bijih besi sampai menjadi *sponge* yang belum tersedia di tanah air.

Metode pembuatan *sponge* dikemukakan oleh Kashiwaya et. al. (2001)^[1], Camci et al (2002)^[2], Markotic (2002)^[3], Matsui et al (2004)^[4], Gudenau (2005)^[5] dan Alamsari et al (2010)^[6]. Informasi pembuatan *sponge* dapat juga diperoleh dari paten pembuatan besi *nugget*, besi bulat berukuran 1 mm – 30 mm dengan komposisi kimia seperti besi kasar atau *pig iron*. US Patent nomor : US 2007/0258843 A1 yang didaftarkan oleh Midrex International B.V. dengan penemu Shuzo Ito et al (2007)^[7], memuat uraian pembuatan besi *nugget* yang termasuk di dalamnya melalui pembuatan *sponge*. Besi *nugget* dibuat dengan mereduksi *pellet* komposit menjadi *sponge* dan melelehkannya menjadi besi serta *slag*. Proses pembuatan dilakukan di dalam tungku putar atau *rotary hearth furnace*.

Sponge yang terjadi mempunyai kadar karbon 4,58 %, Fe metal 66,34 % pada rasio metalisasi 86 %. *Sponge* tersebut dilebur pada temperatur antara 1250 – 1350 °C. Pada proses yang sama dengan metalisasi 92,3 % diperoleh *sponge* dengan kadar C 3,97 % dan Fe 74,13 %.

Price-Falcon (1979)^[8] memaparkan paten mengenai cara mengatur karburisasi dalam pembuatan *sponge* berbasis gas. Intinya dengan memasukkan uap air (H₂O) kedalam daerah reduksi ataupun pendinginan dalam reaktor guna menghambat atau mengurangi karburisasi. Kemudian Martinez-Vera et al (1980)^[9] mengemukakan temuannya mengenai metode karburisasi dalam proses berbasis gas. Metodenya didasarkan pada penggunaan gas yang mengandung karbon misal CO atau CH₄ yang direaksikan dengan *sponge* di daerah pendinginan pada temperatur 700 – 400 °C, sehingga disamping mendinginkan juga sekaligus memasukkan karbon ke dalam *sponge*. Pengaturan proses dilakukan dengan mengontrol *specific gravity* gas pereaksi yang diresirkulasikan di daerah pendinginan tersebut. Adapun Hirsch (2003)^[10] menyarankan dalam paten untuk membuat *iron carbide* atau Fe₃C menggunakan *reactor fluidized bed* dalam dua tahap. Pertama reduksi pada 500 – 900 °C dengan hydrogen 1/k 90 % volume menghasilkan lebih 90 % besi *sponge*. Selanjutnya karburisasi menggunakan gas metan dengan kandungan air maksimal 1,5% dan H₂ antara 10 – 40 %, pada temperatur 500 – 800 °C. Dengan cara ini menurutnya akan dihasilkan *Sponge* dengan senyawa Fe₃C sebanyak 85 %.

Iacotti et al (1979)^[11] mempunyai ide membuat *sponge* briket dari *sponge* halus yang baru keluar dari reaktor *fluidized bed* antara 600 – 700 °C kemudian dicampur karbon beberapa saat lalu dibriket menghasilkan *sponge* dengan kadar karbon 2,13-2,5 %. Selain itu *sponge* yang dihasilkan hanya dapat dimanfaatkan menggunakan tungku listrik yang dimiliki industri menengah atau besar. Industri

kecil umumnya tidak memiliki tungku listrik sehingga tidak dapat menggunakannya karena faktor ukuran dan bentuk *sponge* serta titik lebur *sponge* yang tinggi mendekati 1500 °C. Dengan sifat-sifat tersebut produk *sponge* yang ada di tanah air tidak dapat dilebur ditungku tungkit atau kupola. Industri *sponge* yang hanya satu di dalam negeri perlu diperkuat dengan variasi produk yang dapat dipakai oleh industri kecil.

Keterkaitan industri besar penghasil *sponge* dengan industri kecil pengecoran pembuat barang jadi, masih terputus. Untuk menyambung keterkaitan ini, dan untuk memanfaatkan bijih besi lokal maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguasai metoda pembuatan besi *sponge* berkadar karbon 1/k 3% yang dapat dimanfaatkan oleh industri kecil dengan menggunakan dapur kupola. Hasil penelitian akan bermanfaat pada pelaku industri penambangan bijih besi dan pasir besi serta batubara. Dengan diberlakukannya Undang Undang Mineral dan batu bara yang baru yang mengharuskan pengolahan di dalam negeri untuk bahan tambang dan mineral yang akan diekspor, maka pengusaha mineral memerlukan dukungan teknologi yang siap pakai dalam pengolahan mineral, utamanya bijih besi dan pasir besi. Diharapkan hasil penelitian ini memberikan jawaban akan kebutuhan tersebut.

PROSEDUR PERCOBAAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium yang didahului dengan studi literatur teori pembuatan *sponge*. Berdasarkan teori yang ada dan pengalaman sebelumnya, dibuat perkiraan hasil *sponge* yang didapat dengan tahapan proses tertentu. Perkiraan ini kemudian dibuktikan dengan percobaan skala laboratorium lalu hasilnya dibahas, dibandingkan dengan teori dan perkiraan yang telah dikembangkan. Pengukuran

suhu reduksi dilakukan dengan termokopel, sedangkan untuk waktu reaksi menggunakan *stop watch*. Komposisi briket sebelum dan setelah reaksi dianalisa kimia terutama kandungan Fe metal dan Fe total serta karbon. Variabel penelitian adalah waktu reaksi, dan jenis perekat yaitu bentonit dan aci. Indikator keberhasilan reduksi adalah persentase metalisasi yaitu perbandingan kadar Fe metal terhadap Fe total dalam *sponge*. Semakin besar semakin baik reaksi atau konversinya. Sifat fisik *sponge* diukur dari kerapatannya dan kekuatan terhadap beban atau benturan secara kualitatif. Untuk mengetes titik leleh *sponge* digunakan analisa DTA (*differential thermal analysis*), dari data ini dapat diperkirakan kelayakan peleburan *sponge* dengan berbagai tungku, misal kupola atau tungku induksi. Untuk membuktikan bahwa *sponge* yang dihasilkan bermanfaat dilakukan peleburan *sponge* hasil percobaan ini di tungku induksi. Diamati temperatur logam cair dan waktu peleburan. Selanjutnya dari pembahasan, akan ditampilkan kesimpulan dan saran.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini meliputi persiapan bahan, termasuk pengadaan bahan baku, bahan konstruksi, dan bahan kimia. Bahan baku digiling dan dihaluskan sesuai dengan keperluan, dari 100 s/d 200 mesh. Analisa kimia kemudian dilakukan terhadap batu bara, bijih besi dan binder bentonit serta tepung tapioka. Dilain pihak telah disiapkan, desain dan konstruksi tungku reduksi kapasitas 10 kg *sponge*, dilengkapi dengan *burner* berbahan bakar minyak solar dan termokopel indikator. Dilanjutkan dengan pembuatan briket komposit yang terdiri dari bijih besi halus, batu bara dan binder, melalui proses penghalusan bahan baku, pengadukan dan pencetakan briket serta pengeringannya. Bentuk briket ditunjukkan dalam Gambar 1, sebelum dipanaskan mempunyai panjang 3 cm, lebar 2,5 cm dan tebal 2

cm. Percobaan reduksi briket komposit untuk menghasilkan briket besi *sponge* sesuai spesifikasi yang ditetapkan. Metalisasi *sponge* $\geq 86\%$ dan karbon ≥ 3

%. Analisa fisika produk *sponge* diantaranya kerapatan dan titik lebur, dan analisa kimia kadar karbon, total besi serta kandungan logam besi di dalamnya

HASIL PERCOBAAN

Tabel 1. Daftar hasil analisa *sponge*

No	Tanggal Test	Kode Sample	Hasil Analisa (W %)				Keterangan	
			MFe	FeO	TFe	Fe Metal		
1	07/05/2010	SPA	58,22	14,72	-	-	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Bentonit	5%
							di tahan selama 60 menit	
2	07/05/2010	SPB	54,73	13,19	-	-	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Aci	5%
							di tahan selama 60 menit	
3	10/12/2010	30 menit	-	-	60,16	57,05	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Bentonit	5%
							di tahan selama 30 menit	
4	10/12/2010	40 menit	-	-	59,55	57,24	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Bentonit	5%
							di tahan selama 40 menit	
5	11/08/2010	20 menit	-	-	54,11	49,24	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Bentonit	5%
							di tahan selama 20 menit	
6		10 menit	-	-	*	*	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Bentonit	5%
							di tahan selama 10 menit	
7		20 menit	-	-	*	*	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Bentonit	5%
							di tahan selama 20 menit	
8		30 menit	-	-	*	*	Bijih Besi	75%
							Batu Bara	20%
							Aci	5%
							di tahan selama 30 menit	

Komposisi kimia :

Batu bara : MT = 14,37 %
 VM = 48,03 %
 Ash = 4,55 %
 FC = 45,88 %

Bentonit : SiO₂ = 68,25 %
 Al₂O₃ = 12,84 %
 CaO = 2,73 %
 MgO = 0,85 %
 Fe₂O₃ = 0,25 %

Pasir Besi	: SiO ₂	=	7,89	%
	: Fe ₂ O ₃	=	86,24	%
	: Fe Total	=	60,37	%
	: CaO	=	0,81	%
	: Al ₂ O ₃	=	0,41	%

Tabel 2. Data analisis berat jenis binder aci sebelum pemanasan

Bahan Binder : Aci/Tapioka

No	Berat Briket (Gr)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
1	33,2	42 - 54 = 12	2,8
2	30,4	50 - 61 = 11	2,8
3	31,5	50 - 62 = 12	2,6
4	32,6	45 - 55 = 10	3,5
5	32,1	40 - 51 = 11	2,9
<i>Rata-rata</i>			2,9

Bahan Binder : Bentotit

No	Berat Briket (Gr)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
1	30,7	58 - 72 = 14	2,2
2	32	46 - 57 = 11	2,9
3	38,8	36 - 49 = 13	3
4	34,6	60 - 68 = 8	4,3
5	31,1	44 - 58 = 14	2,2
<i>Rata-rata</i>			2,9

Tabel 3. Data analisis berat jenis binder aci setelah pemanasan

No	Berat Briket (Gr)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
1	23,4	50 - 54 = 4	5,9
2	20,7	40 - 44 = 4	5,2
3	28,5	60 - 66 = 6	4,8
4	20,9	56 - 61 = 5	4,2
5	17,5	44 - 48 = 4	4,4
<i>Rata-rata</i>			4,9

Bahan Binder : Bentotit

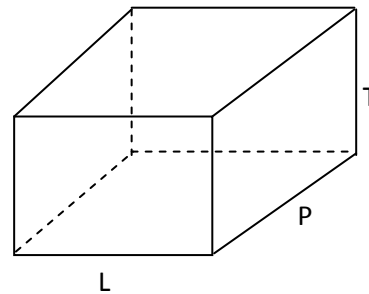
No	Berat Briket (Gr)	Volume Air (ml)	Berat Jenis
1	28,8	60 - 68 = 8	3,6
2	24,4	50 - 57 = 7	3,5
3	27,5	50 - 58 = 8	3,4
4	23,3	40 - 48 = 8	2,9
5	23,8	90 - 97 = 7	3,4
<i>Rata-rata</i>			3,4

Ukuran briket sama seperti percobaan yang dilakukan pada tahap 1.

Data hasil pengukuran sebelum pemanasan briket :

Bahan Binder : Aci / Tapioka

Bahan Binder : Bentonit



Dimensi Briket :

P = Panjang = 3 cm

L = Lebar = 2,5 cm

T = Tinggi = 2 cm

Gambar 1. Bentuk briket komposit (bijih besi +batubara+ perekat) dalam percobaan

Ukuran setelah pemanasan briket ditunjukkan dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Data hasil pengukuran setelah pemanasan briket dengan binder aci

No	Panjang (P)	Lebar (L)	Tinggi (T)
1	2,5	2,5	1,9
2	2,9	2,4	2,4
3	2,9	2,4	1,9
4	2,4	2,8	2,3
5	2,9	2,4	1,6

Rata-rata	2,7	2,5	2
-----------	-----	-----	---

Bahan Binder : Bentotit

No	Panjang (P)	Lebar (L)	Tinggi (T)
1	3	2,5	2
2	2,8	1,8	1,7
3	2,5	2,1	1,9
4	2,6	2	1,8
5	1,7	2,3	1,8
Rata-rata	2,5	2,1	1,8

Data Peleburan Sponge di Tungku Induksi Listrik

Percobaan dilakukan di Laboratorium Pengecoran Logam UPT. BPML – LIPI. Data peleburan *sponge* dalam tungku induksi listrik ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data hasil percobaan peleburan *sponge* dalam tungku induksi

No	Kode	Spesifikasi <i>Sponge</i>	Hasil Analisa Temperatur (°C)	
			Sebelum	Sesudah
1	A	Berat 1,2 Kg	1540	1541
		Bentuk Kotak		
		<i>Sponge</i> yang ditahan 30 menit		
2	B	Berat 1,5 Kg	1541	1539
		Bentuk Kotak		
		<i>Sponge</i> yang ditahan 40 menit		
3	C	Berat 1,5 Kg	1557	1560
		Bentuk Bulat		
		<i>Sponge</i> yang ditahan 20 menit		

Ket :

Kondisi Tungku Induksi sebelumnya digunakan untuk melebur baja dengan temperatur sampai terakhir di uji 1540 °C.

Hasil Analisa Differential Thermal Analysis (DTA) terhadap *Sponge*

Hasil analisa DTA ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Data hasil analisa DTA besi *sponge*

Parameter Uji	Hasil Temperatur (°C)	
	Kode Sample	
	A (30 Menit)	B (40 Menit)
Sintering Point	1472	1462
Softening Point	1498	1472
Sphere Point	1524	1494
Half Sphere Point	-	1522

Data Pengukuran Karbon dalam *Sponge*

Data hasil pengukuran karbon dalam *sponge* ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data hasil analisa karbon

Parameter Uji	Hasil Karbon (%)	
	Kode Sample	
	A (30 Menit)	B (40 Menit)
Kandungan karbon	40,9	35,2

PEMBAHASAN

Dengan ukuran briket yang ada sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 1, pada temperatur 1150 °C dihasilkan *sponge* yang merata tereduksi dari luar ke dalam briket *sponge*. *Sponge* mengalami pengecilan volume dari briket asalnya, sehingga berat jenisnya meningkat.

Bentuk *sponge* berpelekat bentonit yang telah direduksi beserta dengan briket komposit asalnya yang belum dipanaskan, ditunjukkan dalam Gambar 2. Terlihat adanya penyusutan ukuran dan perubahan warna dari hitam ke abu-abu. Briket *sponge* dengan bentonit tetap *compact*, masif dan kuat. Hasil pengukuran perubahan berat jenis kedua macam *sponge* adalah; *sponge* dengan perekat tapioka semula 2,87 g/cm³ menjadi 4,87 g/cm³, sedangkan yang berpelekat bentonit semula 2,93 gr/cm³ menjadi 3,37 gr/cm³.

Bentuk fisik *sponge* A (perekat tapioka) setelah menjadi *sponge* sebagian pecah menjadi *sponge* halus sebagaimana terlihat pada Gambar 3, sisanya yang tidak pecah mempunyai daya ikat antar partikel yang lemah sehingga mudah digerus menjadi *sponge* halus. Bentuk fisik *sponge* B (perekat bentonit) adalah masif, tidak mudah pecah sehingga cocok untuk umpan kupola. Untuk *sponge* A dapat dijadikan umpan *induction furnace* atau dimanfaatkan sebagai bahan kimia *zero valent iron* untuk pengolahan limbah cair, terutama senyawa halogen dan *chrome hexavalent*.

Gambar 4a merupakan *sponge* berperekat bentonit yang masif. Sedangkan Gambar 4b adalah *sponge* dengan perekat bentonit pada percobaan ulangan, hasilnya bentuk *sponge* yang masif.

Metalisasi *sponge* B sebesar 83,5 9% dengan dasar Fe total menurut perhitungan sebesar 69,66 % sedangkan metalisasi *sponge* A sebesar 84,26 %, jadi metalisasi *sponge* A sedikit lebih tinggi dibanding B. Untuk mencapai target metalisasi sebesar 86 % akan dilakukan percobaan lanjutan pada temperatur dan waktu lebih singkat. Untuk optimasi energi harus diketahui waktu reaksi yang optimal, dengan percobaan variasi waktu pada temperatur tetap.

Sponge A akan lebih mudah dilebur di tungku induksi listrik karena mempunyai kerapatan lebih besar dari B yaitu 4,87 gr/cm³ dan mengandung pengotor lebih sedikit dibanding B. Sedikitnya pengotor, karena bahan perekat aci yang digunakan telah habis menguap pada pemanasan temperatur tinggi, sementara pengotor B terbentuk salah satunya dari pengikat bentonit yang tetap tinggal dalam *sponge* pada pemanasan temperatur tinggi. Pengotor yang lebih sedikit lebih dapat diterima dalam pengoperasian tungku listrik. Sementara itu untuk kupola, kekuatan *sponge* lebih dipentingkan, sedangkan jumlah *slag* yang lebih banyak

masih dapat ditoleransi sampai sebesar 25 % cairan besi dan *slag*.

Pada percobaan selanjutnya dilakukan reduksi pada “waktu reduksi” masing masing 40 menit, 30 menit dan 20 menit, dengan perekat bentonit dan temperatur reduksi 1150 °C. Persen metalisasi adalah perbandingan dalam persen antara kandungan logam besi dan besi total (logam dan oksida) di dalam *sponge*. Angka persen metalisasi biasa digunakan sebagai ukuran keefektifan proses reduksi. Semakin besar metalisasi semakin efektif reduksinya.

Dari data percobaan terlihat bahwa pada waktu reduksi 20 menit, metalisasi yang terjadi adalah 91 %, kemudian naik menjadi 94 % pada waktu reduksi 30 menit dan naik lagi menjadi 96 % pada waktu reduksi 40 menit. Pada kondisi reaksi dalam reaktor laboratorium ini yaitu temperatur 1150 °C, terbukti bahwa reduksi selama 40 menit merupakan kondisi optimal. Pada waktu reduksi 30 dan 20 menit masih tersisa oksida besi di dalam *sponge* yang belum tereduksi masing masing sebesar 6 dan 9 %. Sementara itu waktu yang lebih lama yaitu 60 menit memberikan persen metalisasi yang lebih rendah yaitu 83 – 84 %. Hal ini dapat dijelaskan bahwa setelah reduksi mencapai metalisasi yang mendekati 100 %, nampaknya terjadi reoksidasi yang menurunkan metalisasinya. Adanya reoksidasi bisa disebabkan telah berkurangnya karbon di dalam briket komposit yang akan menurunkan atmosfer reduksi di sekitarnya atau ada fluktuasi atmosfer reaktor karena berubahnya masukan udara dalam sistem pembakaran batubara untuk menghasilkan temperatur reduksi.



Gambar 2. Briket komposit dan *sponge* perekat bentonit



Gambar 3. Briket dan *sponge* perekat tapioka



(a)



(b)

Gambar 4. (a) *Sponge* perekat bentonit $T = 1150$ °C, 60 menit, (b) Proses pengulangan pada (a)

Selanjutnya untuk membuktikan bahwa besi *sponge* yang dihasilkan dapat dilebur menghasilkan besi-baja, maka dilakukan peleburan besi *sponge* hasil percobaan ini

dalam tungku induksi listrik kapasitas 500 kg sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 5a dan 5b. Gambar 5a adalah pemasukan umpan briket *sponge* pada tungku induksi listrik. Sedangkan Gambar 5b, adalah pengukuran suhu pada peleburan *sponge* menggunakan termokopel. Data hasil peleburan disajikan dalam Tabel 5. Pada bahan yang dilebur, sebagian dilakukan analisa kandungan karbon total yang ada di dalam *sponge* yang hasilnya disajikan pada Tabel 7. Selanjutnya data dalam Tabel 5 dan Tabel 7 dibandingkan.

Besi *sponge* yang direduksi selama 20 menit dan 30 menit pada peleburan ini menghasilkan kalor yang dapat meningkatkan temperatur besi cair dalam tungku masing masing sebesar 3 dan 1 °C. Sebaliknya untuk *sponge* yang direduksi 40 menit, pada waktu dilebur ternyata menyerap kalor lebih banyak dari yang dihasilkan sehingga menurunkan temperatur besi cair sebesar 2 °C. Tabel 7 memberikan petunjuk penting, bahwa kandungan karbon *sponge* 30 menit lebih besar dari kandungan karbon *sponge* 40 menit yaitu dengan selisih 5,74%. Nampaknya kandungan karbon yang lebih banyak dari *sponge* 30 menit bereaksi dengan oksigen menghasilkan kalor yang dapat meningkatkan suhu logam cair. Sementara itu kandungan karbon *sponge* 40 menit tidak cukup untuk meningkatkan suhu logam cair. Dengan dimasukkannya *sponge* yang mengandung karbon relatif tinggi antara 30 – 40 % akan menimbulkan fenomena yang perlu dibahas tersendiri. Efek positifnya adalah adanya pemanfaatan energi dari karbon dan pengadukan oleh gas CO hasil reaksi karbon dan oksigen dalam cairan besi.



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Pemasukan *sponge* pada tungku induksi listrik, (b) Pengukuran temperatur besi cair dalam tungku induksi listrik

Untuk mengetahui titik lebur *sponge* dilakukan analisa DTA yang memberikan hasil yang sesuai dengan data peleburan di tungku induksi listrik (Tabel 5).

Dengan demikian percobaan ini belum memenuhi target menghasilkan *sponge* dengan titik lebur 1450 °C yang dapat dilebur dalam tungku kupola udara dingin sebagaimana hipotesa kerja yang dibangun pada waktu perencanaan percobaan. Hasil yang diperoleh adalah *sponge* yang diperkirakan dapat dilebur dalam tungku kupola udara panas dan terbukti dapat dilebur dalam tungku induksi listrik. Metalisasi *sponge* yang dihasilkan dari percobaan ini mencapai 96 %, atau melebihi target sebesar 86 %. Karena penelitian ini belum menghasilkan target yang diharapkan, dimana kandungan karbon di dalam *sponge* belum berhasil dianalisa, namun secara keseluruhan telah memberikan hasil yang cukup signifikan. Untuk itu diharapkan dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya, agar diperoleh hasil yang lebih baik.

KESIMPULAN

Percobaan pembuatan *sponge* briket dengan bahan perekat tapioka dan bentonit telah berhasil dilakukan menghasilkan *sponge* dengan metalisasi 83,56%; 84,21%; 91%; 94% dan 96%. Hasil metalisasi ini melebihi target yang direncanakan yaitu sebesar 86%. Waktu reduksi yang optimal didapatkan pada angka 40 menit untuk temperatur reduksi 1150 °C. *Sponge* yang dihasilkan berhasil dilebur dalam tungku induksi untuk menghasilkan besi cair.

Percobaan lebih lanjut disarankan untuk mengoptimalkan waktu reduksi yang pada percobaan ini diperoleh selama 40 menit. Jika pengoperasian reaktor pada temperatur 1200 – 1300 °C, dapat diatasi maka disarankan mencoba pada temperatur tersebut. Agar tujuan membuat *sponge* yang mudah dilebur tercapai, mekanisme karburisasi pada temperatur > 1000 °C perlu dipahami lebih baik dengan percobaan karburisasi temperatur tinggi. Selain itu *sponge* halus yang dihasilkan dalam percobaan ini mempunyai potensi pemanfaatan yang luas sehingga perlu diperdalam dalam kegiatan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kashiwaya Yoshiaki, et al. 2001. „Reaction Behavior of Facing Pair between Hematite and Graphite : A Coupling Phenomenon of Reduction and Gasification”. *ISIJ International*. : 41, 8, 818-826.
- [2] CAMCI Ladin, et al. 2002. „Reduction of Iron Oxides in solid Wastes Generated by Steelworks”. *Turkish J. Eng. Env, Sci.*: 26, 37-44.
- [3] Markotic A., et al. 2002. „State of The Direct Reduction and Reduction Smelting Processes”. *Journal of Mining and Metallurgy*. : 38 (34-4), 123-141.
- [4] Matsui Takashi, et al. 2004. „Influence of Gangue Composition on

- Melting Behavior of Coal-Reduced Iron Mixture”. *ISIJ International*. : 44, 12, 2105-2111.
- [5] Gudenau Heinrich Wilhelm, et al. 2005. „Research in The Reduction of Iron Ore Agglomerates Including Coal and C-containing Dust”. *ISIJ International*. : 45, 4, 603-608.
- [6] Alamsari Bayu, et al. „Studi of the effect of Reduced Iron Temperature Rising on Total Carbon Formation in Iron Reactor Isobaric and Cooling Zone”. *Advance in Mechanical Engineering*, Hindawi Publishing Corporation.: doi. 11.1155/2010/192430.
- [7] Ito Shuzo, et al. 2007. Metallic Iron *Nugget* s: US Patent Pub. No. US 2007/0258843 A1.
- [8] Price-Falcon Juan F., et al. 1979. Controlling Carburization in The Reduction of Iron ore to Sponge Iron; US Patent No. 4.150.972.
- [9] Martinez-Vera Enrique R., et al. 1980. Method for Carburizing Sponge Iron, US Patent No. 4.224.057.
- [10] Hirsch Martin, et al. 2003. Method for Producing Iron Carbide from Granulated *Sponge* Iron, US Patent Pub. No. US 6.627.171 B2.
- [11] Iacotti Italo, et al. 1979. Process for The Production of Carburized *Sponge* Iron Briquettes, US Patent No. 4.178.170.

RIWAYAT PENULIS

Adil Jamali , lahir di Cepu, Jawa Tengah, S1 Teknologi Kimia ITB, S2 Extractive Metalurgy and Mineral Processing Scholl of Mines UNSW, Sydney, bekerja sebagai peneliti dan Kepala Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI, Subang.