

REDUKSI PASIR BESI PANTAI SIGANDU KABUPATEN BATANG MENJADI *SPONGE IRON* MENGGUNAKAN *BURNER* GAS ASETILIN

*Its'nain Aji Pangestu¹, Sugeng Tirta Atmadja², Yusuf Umardani²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: itsnainajipangestu@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan pengolahan skala kecil pasir besi dari pantai Sigandu kabupaten Batang menjadi *sponge iron* dengan proses reduksi langsung menggunakan *burner* gas asetilin pada suhu 1200 °C. Berdasarkan percobaan yang dilakukan melalui proses pembuatan briket *pellet* komposit, serta dilakukan uji coba pembakaran menggunakan *burner* gas asetilin dengan komposisi briket adalah 75% pasir besi ditambahkan arang kayu sebanyak 20% berfungsi sebagai reduktor, dan 5% aci yang berfungsi sebagai perekat. Pasir besi menjadi besi diperlukan sejumlah tahapan produksi yang panjang, diawali dengan ekstraksi atau pemisahan mineral magnetik dengan non-magnetik menggunakan magnet untuk meningkatkan kadar Fe. Dari hasil ekstraksi dapat diketahui kadar pasir besi pantai Sigandu adalah 62,27%. Pada pengujian komposisi menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) komposisi pasir besi (*raw material*) didapatkan 3,56% Si, 6,12% C, 1,42% Mg, dan 51,23% Fe, setelah direduksi menjadi 62,13% Fe, 1,20% Mg, 0,85% C, dan 1,98% Si. Dari data tersebut terlihat peningkatan kadar Fe yang sebesar 10,09 %, disertai dengan penurunan kadar zat pengotor dalam *sponge iron*.

Kata kunci: Bijih besi, pasir besi, *pellet* komposit, reduksi langsung, *sponge iron*

Abstract

In this experiment has been done laboratory scale processing of iron sand from Sigandu beach regency of Batang to be sponge iron by direct reduction using oxyacetylene gas burner at 1200 °C. Based on the experiments conducted through the process of making a composite pellets briquettes, and conducted trials combustion using oxyacetylene gas burner with the composition of the briquettes is 75% iron sand, wood charcoal is added as much as 20% functions as a reductant, and 5% tapioca which functions as glue. The iron sand into iron is required a long production stages, begins with the extraction or separation of magnetic minerals with non-magnetic using magnets to increase levels of Fe. From the results can be known content extraction iron sand of Sigandu beach is 62.27%. In the composition testing using AAS method (Atomic Absorption Spectrometry) iron sand composition (raw material) obtained 3.56% Si, 6.12% C, 1.42% Mg, and Fe 51.23%, after reduced to 62.13% Fe, 1.20% Mg, 0.85% C and 1.98% Si. From these data seen increase in the Fe content of 10.09%, accompanied with a decrease in content impurities in the sponge iron.

Keywords: composite pellets, direct reduction, iron ore, iron sand, sponge iron

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya mineral seperti batubara, bijih nikel, bijih besi, pasir besi dan lain-lain. Akan tetapi pengembangan industri besi baja nasional dirasakan sangat lambat karena salah satu kendala utamanya adalah ketergantungan terhadap luar negeri yang sangat kuat, baik dalam hal bahan baku (*pellet*, *sponge iron*), bahan penunjang, maupun dalam hal teknologi [1]. Bahan baku awal dalam pembuatan besi dan baja adalah biji besi (*iron ore*) yang terkandung dalam pasir besi. Dalam upaya untuk pemanfaatan pasir besi lokal sebagai bahan baku besi dan baja, maka penelitian ini akan mencoba mengolah salah satu potensi tambang berupa pasir besi untuk diolah menjadi *sponge iron* yang nantinya dapat diolah lebih lanjut untuk kebutuhan industri.

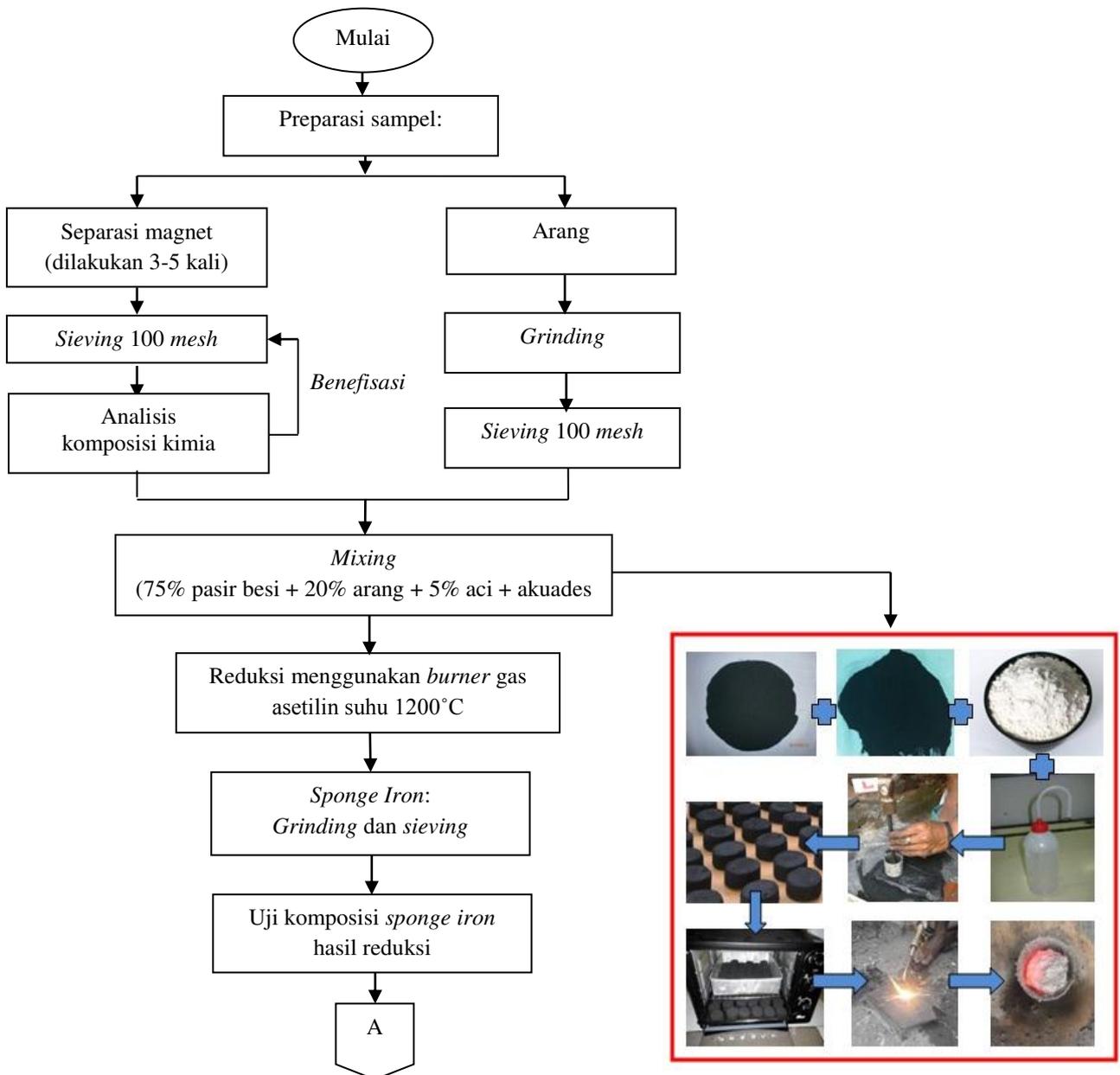
Biji besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti *hematite* (Fe_2O_3), *magnetite* (Fe_3O_4), *limonite* ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), atau *siderite* (Fe_2CO_3). Sebelum digunakan sebagai bahan baku pembuatan besi baja, bijih besi yang masih dalam bentuk oksida harus melalui tahapan tertentu. Tahapan tersebut disebut dengan proses reduksi [2]. Reduksi bijih besi berlangsung pada temperatur yang cukup tinggi. Secara kimia reduksi terhadap senyawa besi oksida dapat dilakukan dengan reduktan C atau H_2 yang akan menghasilkan produk gas CO atau uap air [3]. Nomura., dkk menyatakan kebanyakan besi oksida direduksi menjadi logam besi oleh CO yang dihasilkan selama oksidasi karbon pada suhu 1200 °C [4]. Pada proses reduksi dibutuhkan bahan lain sebagai reduktor yang akan

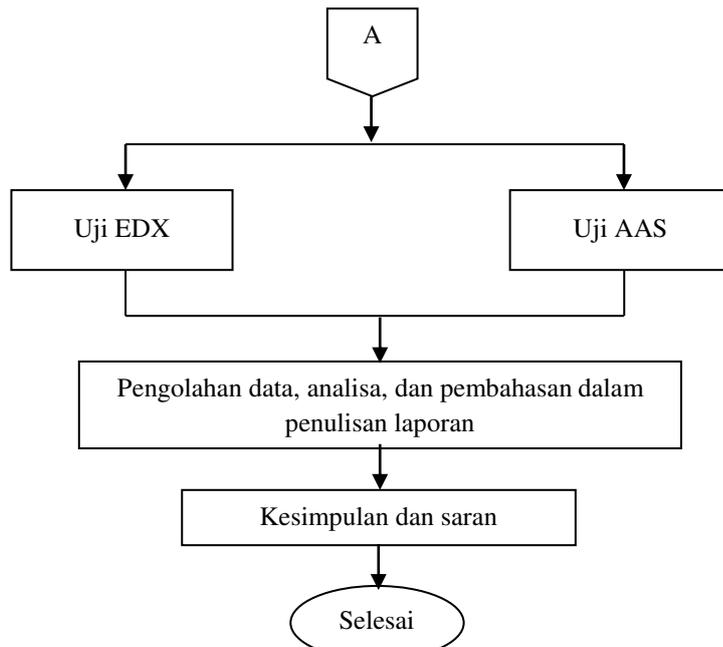
mengubah oksida besi dengan muatan tinggi menjadi oksida dengan muatan yang lebih rendah atau bahkan menjadi logam. Ketika suatu reduktor direaksikan secara langsung dengan bijih besi, maka reaksi disebut reduksi langsung. Sebaliknya jika suatu reduktor tidak secara langsung direaksikan dengan bijih besi maka reaksi disebut reduksi tidak langsung [5].

Sponge iron merupakan besi yang diperoleh dari reduksi bijih besi secara langsung pada temperatur dibawah titik lelehnya, bijih besi ini sering dalam bentuk *pellet* atau bulatan, dan mengacu kepada proses produksi yang dibuat menggunakan reduktor gas alam atau gas dari batubara atau reduktor padat misalnya batubara [6]. Dalam perkembangan selanjutnya istilah reduksi langsung menjadi lebih umum digunakan sebagai suatu teknologi pembuatan besi spons. Adapun besi spons digunakan sebagai salah satu bahan baku pada industri baja yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas baja yang dihasilkan [5].

Pada penelitian ini bertujuan untuk meneliti kandungan Fe pasir besi pantai Sigandu kabupaten Batang, mengetahui persentase campuran bahan baku reduksi, mengetahui mekanisme reduksi pasir besi menjadi *sponge iron* menggunakan *burner* gas asetilin, dan meneliti pengaruh reduksi pasir besi terhadap peningkatan persentase kandungan Fe.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN





Gambar 1. Diagram Alir Reduksi

2.1 Metode Ekstraksi

Pada Gambar 1 proses ekstraksi oksida besi (*hermetite*) pada pasir besi untuk menjadi besi diperlukan sejumlah tahapan produksi yang panjang, diawali dengan pemisahan mineral magnetik dengan non-magnetik. Pemisahan dilakukan dengan menggunakan magnet secara berulang 3-5 kali sehingga mineral yang mengandung magnetik akan tertarik, sedangkan konsentrat-konsentrat lain yang bersifat non-magnetik dan kotoran akan tertinggal dalam ruahnya. Hasil pemisahan ini disebut konsentrat oksida besi. Dengan membandingkan berat konsentrat (gr) dan berat pasir mula (gr), maka didapat harga persentase magnetik dengan rumus:

$$MD = \frac{\text{Berat Konsentrat}}{\text{Berat Pasir}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2.1.1 Sieving (pengayakan)

Pasir besi dari hasil ekstraksi dengan menggunakan magnet kemudian dilakukan pengayakan, untuk memisahkan pasir besi yang masih berukuran besar dan kecil, agar seragam ukuran butirannya sesuai dengan ukuran *mesh*. Pada pemasangan *mesh* dapat bervariasi sesuai ukuran *mesh*. Pada penelitian ini menggunakan ukuran 100 *mesh* (0,152 mm) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Sieving

2.1.2 Benefisasi

Pasir besi dari pantai Sigandu yang sudah melewati proses ekstraksi oleh magnet dan proses pengayakan (*sieving*) dengan ukuran 100 *mesh* kemudian dilakukan *benefisasi* melalui pencucian berulang pada sampel menggunakan air dan detergen dengan bantuan magnet. Menurut Novyanto., proses pembuangan kotoran, gas, tanah liat, dan pasir adalah pencucian [4]. Proses pencucian juga dipercaya dapat memaksimalkan kadar Fe yang terkandung dalam bijih besi. Pasir besi yang telah dicuci kemudian dijemur dan dikeringkan dengan panas matahari selama 1-2 hari (sampai kering), selanjutnya dilakukan proses pemanggangan (*roasting*) untuk mengurangi zat-zat seperti oksida besi, zat arang dan sebagainya.

2.2 Reduksi Oksida Besi

Tahap awal dari percobaan *sponge iron* adalah pembuatan *pellet* komposit. *Pellet* komposit adalah *pellet* yang sudah mengandung reduktor. Dalam penelitian ini pembuatan dibuat *pellet* dengan metode briket, bahan yang digunakan adalah pasir besi pantai Sigandu yang telah diayak ukuran yang lolos 100 *mesh* dicampur dengan hasil gilingan arang kayu (yang lolos ayakan 100 *mesh*), dan aci (tepung tapioka). Kemudian diaduk hingga homogen, campuran tersebut ditambahkan air akuades dengan perbandingan 1:1, kemudian dibuat briket *pellet* yang berukuran relatif besar berbentuk silinder dengan diameter 4 cm dan panjang 2 cm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



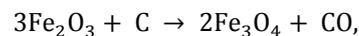
Gambar 3. Briket *pellet* ukuran Φ 4 cm, Panjang 2 cm

Briket *pellet* yang cukup besar ini dicetak menggunakan cetakan yang telah disiapkan dan dikompaksi manual menggunakan palu, sehingga membentuk padatan. Setelah proses kompaksi kemudian briket dioven dengan suhu 250 °C, dengan penahanan 2 jam untuk mengurangi kadar air yang terkandung didalamnya. Komposisi pembuatan briket adalah 75% pasir besi, 20% karbon, dan 5% zat perekat. Karbon yang digunakan disini adalah arang kayu yang berfungsi sebagai reduktor. Yayat., meneliti bahwa arang kayu memiliki unsur karbon yang cukup tinggi yaitu 76,85%, dan zat perekat menggunakan aci atau tepung tapioka.

Proses reduksi briket menggunakan *burner* gas asitelin sebagai metode dalam pembakaran briket dengan suhu mencapai 1200 °C, sehingga menghasilkan reaksi sebagai berikut:



Gambar 4. *Sponge iron* hasil reduksi



Proses reaksi diatas disebut dengan dengan reaksi reduksi secara langsung (*direct reduction*), dimana terjadi interaksi langsung antara Fe dan C. Pada reaksi ini juga biasa disebut dengan reaksi interaksi padat-padat, karena Fe_2O_3 dan C pada awal reaksi (sebelum energi diberikan) berwujud padat. Hasil proses reduksi langsung disebut dengan DRI (*Direct Reduction Iron*), karena hasilnya masih dalam bentuk padatan secara fisik pada permukaannya terlihat rongga-rongga atau porositas seperti pada Gambar 4. Proses reduksi langsung berjalan karena terjadi kontak antara oksida besi dan karbon. Kashiwa., menjelaskan kontak oksida besi dan karbon didefinisikan dalam tiga keadaan. Keadaan pertama adalah oksida besi dan karbon terpisah, pada keadaan ini reduksi langsung tidak akan terjadi dan reduksi tidak langsung akan mendominasi pada proses tersebut. Keadaan kedua adalah telah terjadi kontak antara oksida besi dan karbon tetapi kontakannya lemah, hal ini dikarenakan kontakannya hanya terjadi pada tingkat makro dan tanpa tekanan sehingga keadaan pertama akan berulang dimana reduksi tidak langsung akan mendominasi. Keadaan ketiga adalah kontak yang kuat terjadi antara oksida besi dan karbon dalam level atomnya [3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Persentase Kemagnetan Pasir Besi

Dari pengambilan sampel pasir pantai sebanyak 6 kg didapatkan 3,7355 kg pasir besi yang diperoleh dari proses ekstraksi dengan magnet permanen sebanyak 3-5 kali, maka penentuan persentase kemagnetan dapat dihitung dengan:

$$\text{MD} = \frac{3,7355 \text{ kg}}{6 \text{ kg}} \times 100\% = 62,27 \%$$

Setelah proses ekstraksi, dilakukan proses pengayakan dengan menggunakan 100 mesh, didapatkan 2,5079 kg, sehingga persentase menjadi:

$$MD = \frac{2,5079 \text{ kg}}{6 \text{ kg}} \times 100\% = 41,8 \%$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui 62,26 % pasir pantai Sigandu adalah pasir besi, dan 41,8 % merupakan raw material yang siap diproses untuk tahap reduksi.

3.2 Berat Briket Pellet

Tabel 1. Komposisi berat briket pellet

Komposisi	Pasir besi (kg)	Arang (kg)	Aci (kg)
		75%	20%
Sampel	2,25	0,6	0,15

Dari 3 kg campuran dihasilkan 68 briket siap reduksi dengan berat rata-rata per briket:
 berat per briket = 3 kg ÷ 68 = 0,044 kg = 4,12 gr

3.3 Berat Sponge Iron

Tabel 2. Berat sponge iron hasil reduksi

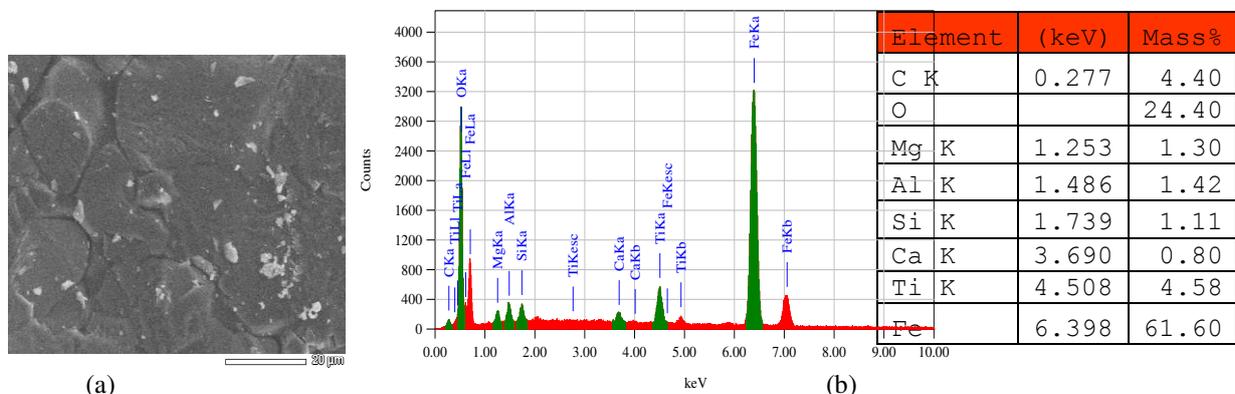
Sampel spesimen uji sponge iron	Berat (gr)
1	12,30
2	13,75
3	17,76
rata-rata	14,60

Berat total sponge iron = 14,60 gr × 68 = 992.8 gr = 0,993 kg
 Dari perhitungan diatas, diperoleh persentase proses reduksi sponge iron sebagai berikut:

$$wt\% \text{ sponge} = \frac{0,993}{3} \times 100\% = 33,1\%$$

3.4 Pengujian EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

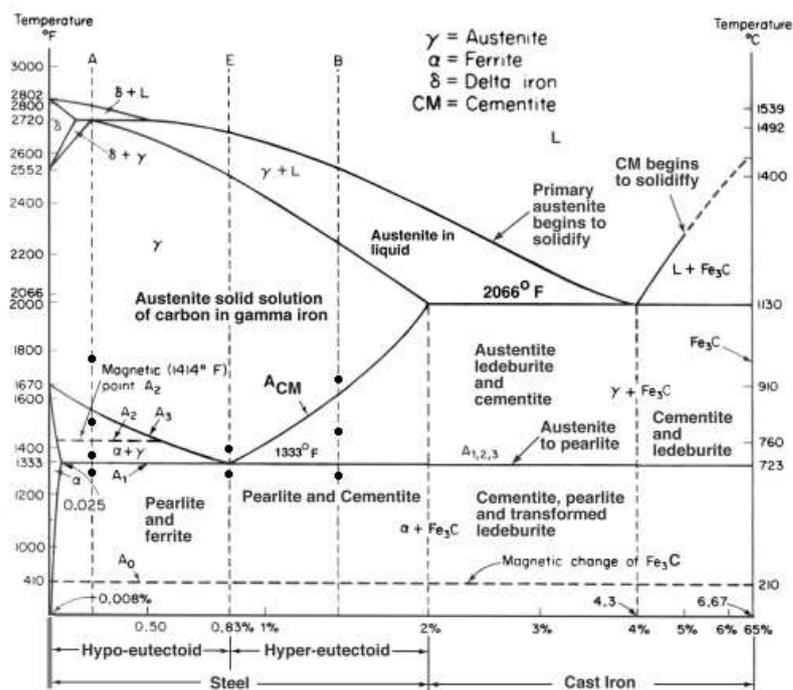
Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS atau EDX atau EDAX) adalah salah satu teknik analisis untuk menganalisa unsur atau karakteristik kimia dari spesimen. Karakteristik ini bergantung pada penelitian dari interaksi beberapa eksitasi sinar-X dengan spesimen. Kemampuan untuk mengkarakterisasi sejalan dengan sebagian besar prinsip dasar yang menyatakan bahwa setiap elemen memiliki struktur atom yang unik, dan merupakan ciri khas dari struktur atom suatu unsur, sehingga memungkinkan sinar-X untuk mengidentifikasinya seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) Posisi pada saat menembakan sinar-X, (b) Grafik parameter dari sinar-X dan unsur yang terkandung pada sponge iron

Berdasarkan hasil analisis EDX yang ditunjukkan Gambar 5.(a) daerah yang berwarna abu-abu menunjukkan senyawa besi, sedangkan daerah yang berwarna hitam menunjukkan impuritas. Berdasarkan Gambar 5.(b) dapat diketahui bahwa unsur-unsur pengotor dalam *sponge iron* yang terbentuk adalah logam-logam Ti, Mg, Al, Si dan oksigen yang masih terperangkap dalam besi. Fasa impuritas tersebut bisa berbentuk senyawa oksida besi titanium, oksida magnesium atau oksida aluminium. Karena persentase atom Fe, Ti dan O merupakan persentase terbesar dibandingkan atom lainnya, maka dapat dikatakan bahwa senyawa oksida besi titanium merupakan senyawa yang mayor pada fasa impuritas tersebut.

Berdasarkan hasil analisis EDX yang ditunjukkan Gambar 5(b) dapat disimpulkan bahwa besi yang terbentuk ternyata masih mengandung unsur karbon. Berdasarkan diagram fasa antara Fe-C maka *sponge iron* yang dihasilkan pada penelitian ini adalah besi cor yang berasal dari proses reduksi sekaligus peleburan karena konsentrasi karbon sebesar 4,80 wt% termasuk pada komposisi besi cor pada diagram fasa sistem Fe-C, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Fasa Fe-C [3]

3.5 Pengujian AAS

Pengujian AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) bertujuan untuk mengetahui nilai kandungan senyawa yang terdapat dalam material yang diuji.

Tabel 3. Hasil pengujian AAS *raw material*

Parameter Uji	Satuan	Komposisi
Mg (Magnesium)	%	1,42
Si (Silikon)	%	3,56
C (Karbon)	%	6,12
Fe (Besi)	%	51,23

Tabel 4. Hasil pengujian AAS *sponge iron*

Parameter Uji	Satuan	Komposisi
Mg (Magnesium)	%	1,20
Si (Silikon)	%	1,98
C (Karbon)	%	0,85
Fe (Besi)	%	62,13

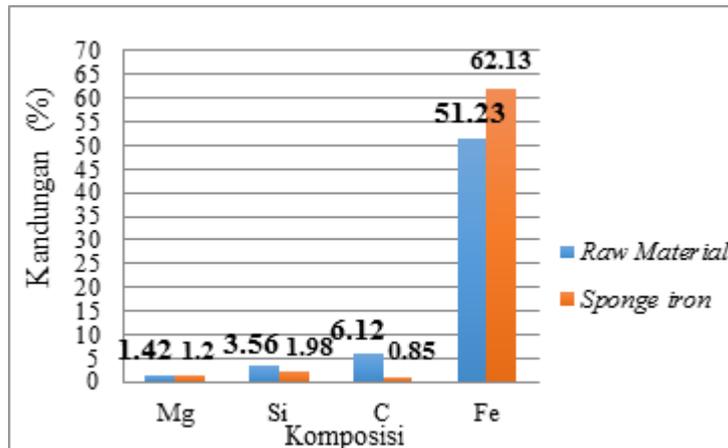
Dari Tabel 3 dan 4 dapat diketahui nilai kandungan senyawa Fe yang terdapat pada pasir besi dan *sponge iron* hasil reduksi dengan pengujian AAS terlihat jelas peningkatannya disertai penurunan pada unsur pengotornya.

3.6 Grafik Data Hasil Pengujian

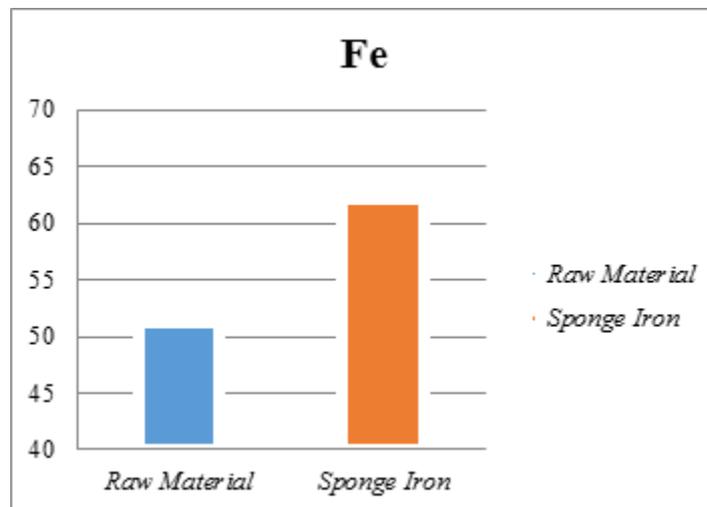
3.6.1 Perbandingan Komposisi *Raw Material* dan *Sponge Iron*

Produk *sponge iron* yang telah direduksi pada suhu 1200 °C dikarakterisasi menggunakan AAS untuk meneliti bagaimana pengaruh persentase komposisi kandungan unsur Fe dan kandungan unsur pengotornya, seperti unsur Mg (Magnesium), Si (silikon), dan C (karbon). Grafik perbandingan komposisi kandungan *raw material* dan *sponge iron*

dapat ditunjukkan pada Gambar 7 dan Grafik peningkatan kandungan Fe *sponge iron* terhadap *raw material* ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Grafik perbandingan komposisi kandungan *raw material* dan *sponge iron*



Gambar 8. Grafik peningkatan kandungan Fe *sponge iron* terhadap *raw material*

Dari Gambar 7 dapat diketahui bahwa dari hasil pengujian komposisi kandungan unsur dalam *raw material* pasir besi dan *sponge iron* hasil reduksi menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*), diperoleh kandungan unsur dalam *raw material* terdiri dari 51,23% Fe (besi), 6,12% C (karbon), 3,56% Si (silikon), dan 1,42% Mg (magnesium). Sedangkan pada *sponge iron* hasil reduksi terdiri dari 62,13% Fe (besi), 0,85% C (karbon), 1,98% Si (silikon), dan 1,20% Mg (magnesium). Dari Gambar 8 dapat diketahui data tersebut terlihat peningkatan persentase kandungan Fe yang signifikan yaitu sebesar 10,9%, karena terjadi penurunan pada unsur pengotornya.

4. KESIMPULAN

1. Pasir besi dari pasir pantai sigandu setelah dikarakterisasi menggunakan AAS didapatkan kandungan Fe pasir besi sebesar 51,23 %.
2. Persentase campuran pembuatan briket *pellet* sebanyak 75% pasir besi, 20% arang kayu, dan 5% aci. sudah cukup baik karena pada saat pencetakan briket dan pengeringan briket cukup keras sehingga ketika direduksi briket tidak hancur.
3. Reduksi pasir besi dipengaruhi oleh gas CO yang dihasilkan karena terjadi kontak dalam bentuk senyawa antara oksida besi dengan C (karbon) yang berfungsi sebagai reduktan dalam bentuk senyawa. Reaksi ini mengurangi oksida besi dan membentuk butiran-butiran besi.
4. Dari hasil uji komposisi didapatkan data pasir besi sebelum direduksi memiliki kandungan Fe sebesar 51,23 % dan setelah direduksi menjadi *sponge iron* kandungan Fe sebesar 61,13 %. Dari data tersebut terlihat peningkatan kadar Fe sebesar 10,9 % disertai penurunan kadar pengotornya.

5. REFERENSI

- [1] M. Ansar Nasir., (2011), "Reduksi Pasir Besi Menggunakan Energi Gelombang Mikro". Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November surabaya.

- [2] Suharto. dkk, (2012), “Proses Reduksi Bijih Besi Lampung Menjadi *Sponge Iron* Menggunakan *Rotary kiln*”: UPT.Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI, MT-98.
- [3] Wahyu F., (2009), “Telusuran Eksperimental Proses Reduksi Langsung *Pellet* Pasir Besi Menjadi *Ingot Besi*”, FMIPA, Universitas Indonesia.
- [4] Dadang H., (2009), “Reduksi Bijih Besi Laterit Dari Bayah Provinsi Banten Dengan Reduktor Batu Bara”, FMIPA, Institut Pertanian Bogor.
- [5] Yayat Imam S., (2012), “*Study* Penggunaan Reduktor Pada Proses Reduksi *Pellet* Bijih Besi Lampung Menggunakan *Rotary kiln*”, Sains, Teknologi, dan Kesehatan, 2089-3582.
- [6] Adil J., (2010), “Pembuatan Briket Besi *Sponge* Dari Bahan Baku Lokal”, UPT.Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI.