

Kaji Eksperimental Kekuatan Briker Hasil Reduksi Bijih Besi Dengan Batubara Muda Menggunakan Metode Hot Briquetted Iron (HBI)

Khairil, Sarwo Edhy S., Andre Adhitya

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia

Email: andre.adhitya96@gmail.com

Abstract

This research aims to study the mechanics (strength) properties of iron ore briquettes. Iron ore briquettes are made using the hot briquetted iron method (HBI). HBI is a briquette after reduction directly and pressed at a temperature above 650 °C and has more density than 5000 kg/m³. The specimens used were iron ore briquettes made of the composition of iron ore, coal, and adhesives. The composition of the briquettes is 55: 40: 5, 65: 30: 5, 75: 20: 5, 85:10: 5 and the reduction temperature is 750°C, 850°C, 950°C and 1050°C. There are 16 briquet specimens. After the briquettes are made, the briquettes are reduced using a reduction blast furnace which is fuel by LPG and CO₂ gas. When the mass of briquette is no longer decrease ore the time (reach steady state condition) the briquettes take out from the blast furnace for press. Pressing is carried out in hot briquettes conditions and the press load is 15 tons. The results obtained from testing the I-Type Tumbler Test have more small particle ruptures because the briquettes have lost their adhesive during the reduction process and coal does not affect the strength of the HBI briquettes. After being reduced briquettes are given more adhesive so that briquettes can be tested again. Iron ore briquettes after reduction are stronger than those before reduction. In the variation 85:10:5 obtained from testing I-Type Tumbler Test iron ore briquettes test after reduction has a number of particle small rupture 0,21% while iron ore briquettes before reduction of 3,35%.

Keywords: Iron ore briquette, HBI, Reduction, Coal.

1. Pendahuluan

Baja merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan di dunia. Baja terdiri dari paduan besi (Fe) dan karbon (C). Salah satu bahan baku pembuatan baja adalah hot briquetted iron (HBI). Briker HBI dibuat dari briker bijih besi yang telah direduksi langsung. Briker bijih besi juga disebut *sponge iron*. *Sponge iron* merupakan bahan baku dalam industri baja melalui proses reduksi langsung dalam bentuk gumpalan. *Sponge iron* biasanya digunakan ditempat pembuatannya dan ada juga yang di ekspor ke pabrik lain. Sebelum di ekspor *sponge iron* harus diolah lagi agar meningkatkan kualitas jual. Salah satu contoh pengolahan lanjutannya adalah dengan cara mengubah *sponge iron* menjadi HBI. Apabila *sponge iron* tidak diolah lagi maka besi *sponge iron* itu akan rentan teroksidasi dan mudah pecah dalam waktu pengirimannya. HBI adalah bentuk lanjutan dari DRI (*Direct Reduction Iron*) yang telah dipadatkan pada suhu lebih besar dari 650 °C pada saat pemadatan dan memiliki massa jenis lebih dari 5000kg/m³.

HBI dikembangkan sebagai produk untuk mengatasi masalah yang terkait dengan pengiriman dan penanganan DRI [1]. HBI ini dibuat dengan menggunakan metode DRI (*direct reduction iron*).

DRI adalah proses reduksi langsung yang digunakan untuk merubah briker menjadi *sponge iron* atau bahan dasar baja [2].

Untuk proses pembuatan HBI diperlukan bahan baku *sponge iron*, *sponge iron* terdiri dari bijih besi, batubara dan perekat. Bijih besi merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan baja sedangkan batubara berperan selama proses reduksi dan perekat digunakan untuk menyatukan bahan baku tersebut. Briker bijih besi ini digunakan untuk mengatasi masalah pengiriman pemakaian dan penyimpanan. Namun pengaruh komposisi batubara terhadap reduksi perlu dipelajari lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana pengaruh variasi batubara terhadap sifat mekanik (kekuatan) dari briker HBI.

2. Metode dan Peralatan

2.1. Bijih Besi

Bijih Besi merupakan bahan baku utama industri baja. Bijih besi adalah bahan galian yang mengandung unsur besi (Fe) yang dapat dimanfaatkan secara ekonomis. Bijih besi adalah campuran mineral berharga yang mengandung besi dengan mineral-mineral lainnya. Meskipun dapat digunakan langsung untuk bahan baku pembuatan

besi, bijih besi tersebut biasanya diolah terlebih dahulu untuk memperbaiki karakteristik kimia dan fisiknya. Semua cara digunakan untuk mengolah dan memperbaiki karakteristik kimia dan fisika yang disebut proses benefisiasi bijih (*ore beneficiation*). Mineral yang mengandung besi dapat dikelompokkan menurut komposisi kimianya sebagai oksida, karbonat, sulfida, dan silikat [3]. Bijih besi ada 5 macam yaitu *magnetite*, *hematite*, *limonite*, *ilmenite*, *siderite*.

2.2. Batubara

Batubara adalah fosil dari tumbuh-tumbuhan yang mengalami perubahan kimia akibat tekanan dan suhu yang tinggi dalam jangka waktu yang lama. Komposisi penyusun batubara terdiri dari campuran hidrokarbon dengan komponen utama karbon. Disamping itu juga mengandung senyawa dari oksigen, nitrogen, dan belerang. Peringkat batubara umumnya disusun berdasarkan kandungan karbon padat dan nilai kalornya, yang terhitung berdasarkan keadaan bebas atau tidak ada unsur mineral. Secara umum peringkat batubara diklasifikasikan atas empat jenis seperti dijelaskan berikut ini. Lignit merupakan batubara dengan kandungan karbon paling rendah yaitu 60 % dan nilai panas sekitar 17.4 MJ/kg sering juga disebut dengan batubara coklat (*brown coal*). Sub-bituminous merupakan batubara dengan kandungan karbon 71 % dan nilai panas sebesar 23.02-29.30 MJ/kg, jenis ini juga memiliki kandungan sulfur yang lebih rendah dibanding dengan jenis lainnya sehingga banyak digunakan. Bituminous merupakan batubara dengan kandungan karbon sekitar 87 % dan nilai panas sebesar 32.6 MJ/kg, sering digunakan pada pembangkit listrik dan industri baja. Antrasit merupakan batubara berkarbon tinggi diatas 91 % dengan nilai panas melebihi 32.6 MJ/kg [4].

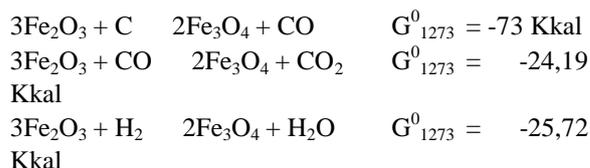
2.3. Briket

Briket adalah suatu bahan yang berupa serbuk atau potongan-potongan kecil yang dipadatkan dengan menggunakan mesin pres dengan dicampur bahan perekat sehingga menjadi bentuk yang solid. Briket dikenal dalam 2 jenis yaitu tipe yontan (silinder berlubang) dan tipe mametan (bantal/telur). Ukuran untuk tipe yontan adalah garis tengah 150 mm, tinggi 142 mm, berat 3,5 kg dan mempunyai lubang-lubang, dan untuk jenis mametan mempunyai lebar 32-39 mm, panjang 46-58 mm dan tebal 20- 24 mm [5].

2.4. Reduksi Langsung

Bijih besi merupakan bahan baku utama dalam pembuatan logam-besi. Untuk mendapatkan logam-besi tersebut, bijih besi yang masih dalam bentuk

oksida harus melalui suatu tahapan tertentu. Tahapan tersebut dibutuhkan untuk melepaskan sejumlah oksigen yang terikat pada bijih besi sehingga pada akhirnya yang tersisa pada bijih besi tersebut hanya Fe dalam bentuk logamnya. Adapun untuk melepas oksigen yang terikat pada bijih besi dibutuhkan suatu reduktor. Reduktor yang dapat digunakan dapat berupa C, CO atau H₂ seperti yang ditunjukkan pada reaksi berikut:



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. Persamaan diatas merupakan contoh persamaan reduksi langsung [6].

2.5. Hot Briquetted Iron (HBI)

HBI adalah bentuk lanjutan dari DRI (*Direct Reduction Iron*) yang telah dipadatkan pada suhu lebih besar dari 650 °C pada saat pemadatan dan memiliki massa jenis lebih dari 5000kg/m³. Gambar 1 menunjukkan briket HBI yang dikembangkan sebagai produk untuk mengatasi masalah yang terkait dengan pengiriman dan penanganan DRI. HBI merupakan produk yang relatif baru dikembangkan dalam 25 tahun terakhir sebagai suplemen untuk besi kasar dan scrap dipabrik baja tanur listrik. HBI merupakan pilihan ketika bahan logam disimpan dan dipindahkan [1].



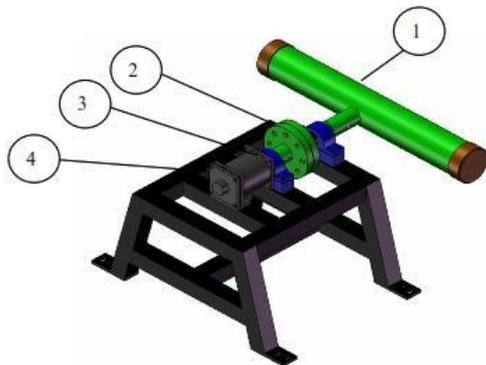
Gambar 1. Briket HBI

2.6. Kualitas Hot Briquetted Iron (HBI)

Kualitas briket bijih besi yang baik sebagai bahan baku dalam industri peleburan besi sangatlah penting karena penggunaan briket bijih besi dengan kualitas tinggi sangat berpengaruh terhadap

operasional pada industri. Parameter yang diukur dalam menguji kualitas briket bijih besi adalah indeks kekerasan terhadap abrasi dan indeks kekuatan pecah briket bijih besi. Kualitas briket bijih besi dianalisa berdasarkan hasil pengujian kekuatan dengan menggunakan *I-Type Tumbler Test* dan dapur reduksi. *I-Type Tumbler Test* adalah salah satu metode pegujian kekuatan untuk menentukan kekuatan briket terhadap abrasi dan daya pecah, seperti ditunjukkan pada Gambar2.

Gambar 3 menunjukkan alat pembuat briket. Prinsip kerja alat ini adalah dengan briket yang dimasukkan ke dalam sebuah silinder dan diputar dengan kecepatan 34 rpm selama 5 menit. Setelah itu partikel yang terpisah dari briket diukur. Hasil yang ingin diperoleh adalah partikel yang lepas dari briket sedikit [7].



Keterangan:

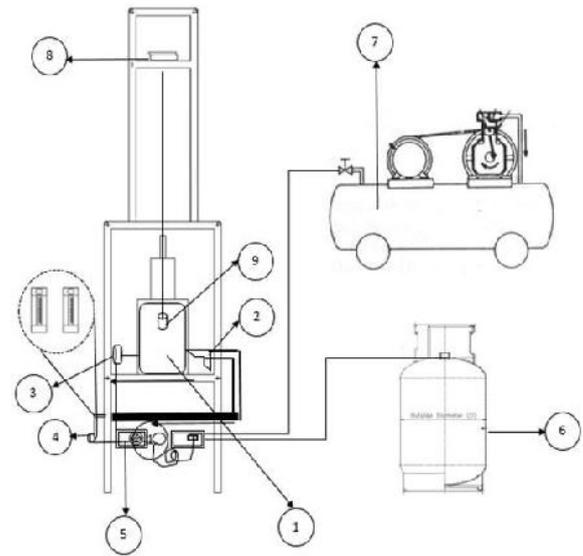
1. I-Type Tumbler
2. Kopleng fleksibel
3. Gearbox
4. Motor listrik
5. Flowmeter

Gambar 2. Alat uji *I-type tumbler test* [7]

2.7. Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bijih besi, batubara, dan aspal, seperti ditunjukkan Gambar 4 dan 5. Jumlah keseluruhan spesimennya ada 16 buah. Masing-masing variasi memiliki 4 buah spesimen adapun variasinya 55:40:5, 65:30:5, 75:20:5, 85:10:5. Untuk proses reduksinya akan menggunakan dapur yang berbahan bakar LPG. Dimana temperatur reduksi yang ingin dicapai adalah 750 °C, 850 °C, 950 °C dan 1050 °C. Sebelum briket bijih besi dibuat bongkahan bahan baku dihaluskan sampai mess 5 atau 4 mm.

Mempersiapkan bahan baku pembuatan briket seperti bijih besi, batubara dan perekat (aspal) dimana untuk screening bijih besi menggunakan mesh 5 dan batubara menggunakan mesh 5. Setelah bahan baku dicampurkan dengan takaran tertentu dan direduksi langsung menggunakan dapur reduksi.



Keterangan:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Tungku pelebur | 6. Tabung Lpg |
| 2. Unit bUrner | 7. Kompresor |
| 3. Termokopel | 8. Timbangan digital |
| 4. Flowmeter | 9. Wadah sampel |
| 5. Pembaca Temperatur | |

Gambar 3. Dapur reduksi briket bijih besi



Gambar 4. Bijih besi



Gambar 5. Batubara

Untuk meratakan perekatnya campuran briket dipanaskan menggunakan kompor gas. Setelah

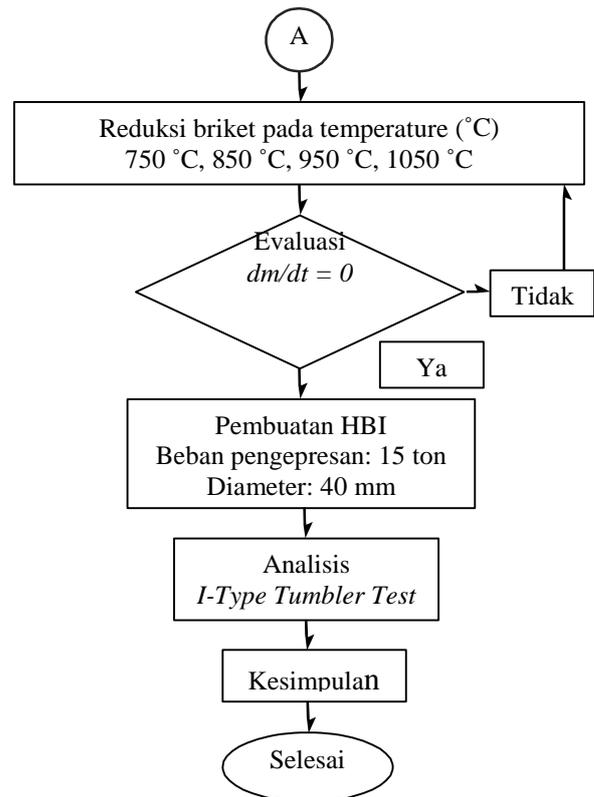
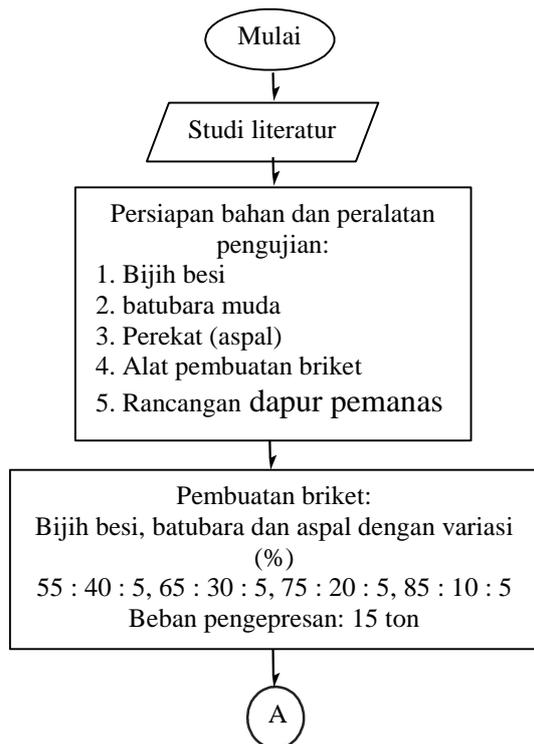
dipanaskan langsung dipres menggunakan mesin pres dengan beban pengepresan 15 ton. Kemudian terbentuklah briket bijih besi. Briket kemudian direduksi menggunakan dapur reduksi dengan temperatur tertentu dan langsung dipres lagi menggunakan mesin pres dengan beban pres 15 ton dalam kondisi masih panas. Setelah itu terbentuklah briket HBI. Briket HBI akan kita uji ketahanan fisiknya menggunakan metode *I-Type Tumbler Test*, setelah dilakukan pengujian maka didapatkan data dari hasil pengujian tersebut. Langkah-langkah tersebut ditunjukkan pada Gambar 6.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Kehilangan Massa Terhadap Komposisi Briket

Data yang dihasilkan dari penelitian ini akan diplot dalam grafik kekuatan briket terhadap komposisi dan temperatur reduksi. Penelitian ini dimulai dari mencapai temperatur reduksi. Untuk mereduksi briket bijih besi diperlukan bahan bakar LPG dan udara. Tabel 1 menunjukkan laju konsumsi bahan bakar dan udara saat proses reduksi. Dari tabel dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur reduksi maka bahan bakar dan udara yang diperlukan akan semakin banyak.

Setelah temperatur reduksi tercapai maka langkah selanjutnya adalah mereduksi briket bijih besi. Proses reduksi selesai sampai briket tidak terjadi penurunan massa. Kemudian briket dikeluarkan dari dapur reduksi dan langsung dipres dalam keadaan panas dan beban pengepresan 15 ton.

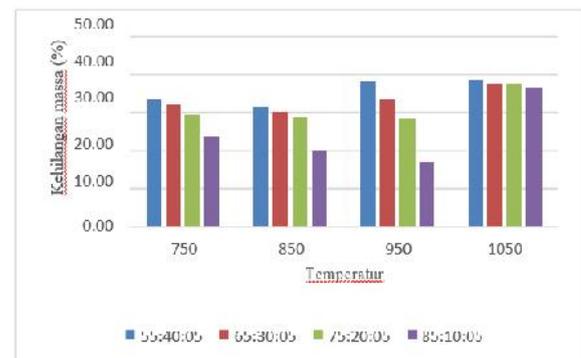


Gambar 6. Skema penelitian

Tabel 1. Laju konsumsi bahan bakar dan udar.

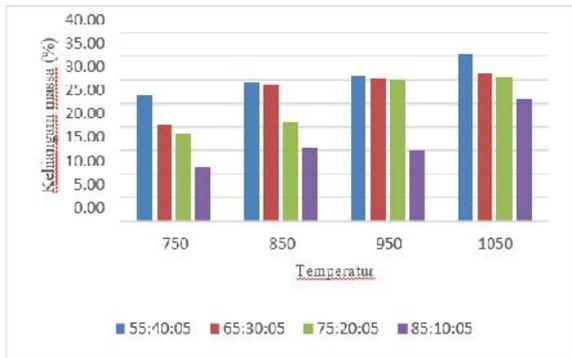
| No | Temperatur | LPG | Udara |
|----|------------|---------|--------|
| 1. | 750 °C | 1,1 L/m | 25 L/m |
| 2. | 850 °C | 1,3 L/m | 35 L/m |
| 3. | 950 °C | 1,7 L/m | 45 L/m |
| 4. | 1050 °C | 2 L/m | 50 L/m |

Gambar 7 menunjukkan laju kehilangan masa saat proses reduksi. Rata-rata kehilangan massa terbesar terjadi pada temperatur 1050°C. Untuk kehilangan massa terbesar terjadi pada komposisi 55:40:5 pada temperatur reduksi 950°C yaitu 38,43 %. Dari gambar 7 dapat disimpulkan semakin banyak kandungan barubara maka kehilangan massanya juga akan semakin tinggi.



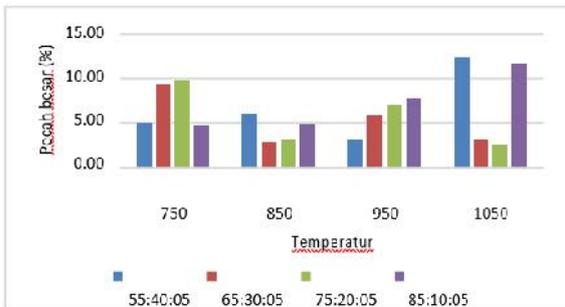
Gambar 7. Hubungan kehilangan massa terhadap temperature saat reduksi

Gambar 8 menunjukkan kehilangan massa setelah proses reduksi dan pengepressan. Pada saat ini berat bijih besinya bertambah dikarenakan pada saat di dapur briket dipengaruhi oleh udara yang dihembuskan saat proses reduksi. Pada grafik ini kehilangan massa terbesar terjadi pada temperatur 1050 °C pada komposisi 55:40:5. Dapat disimpulkan semakin banyak batubara dalam briket bijih besi maka laju kehilangan massanya juga semakin tinggi.

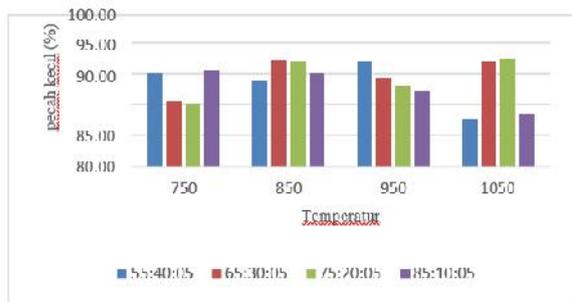


Gambar 8. Hubungan kehilangan massa terhadap temperature setelah reduksi

3.2. Pengaruh Kekuatan Briket HBI terhadap Komposisi



Gambar 9. Hubungan pecah besar briket HBI terhadap temperature pada masing-masing komposisi



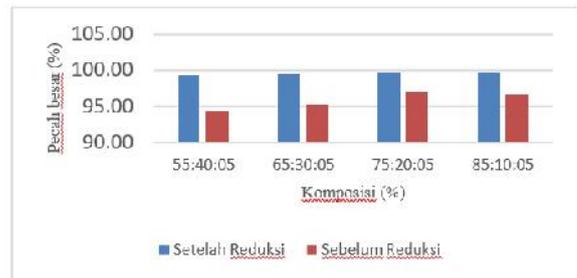
Gambar 10. Hubungan pecah kecil briket HBI terhadap temperature pada masing-masing komposisi

Gambar 9 menunjukkan jumlah persentase partikel pecah besar briket HBI setelah dipres saat temperatur tinggi dan Gambar 10 adalah jumlah persentase partikel pecah kecil briket HBI. Pada

briket HBI jumlah partikel pecah kecilnya lebih banyak daripada partikel pecah besarnya dikarenakan briket HBI telah kehilangan perekatnya saat proses reduksi. Jumlah partikel pecah besar yang paling tinggi ada pada komposisi 55:40:5 dan temperatur reduksi 1050 °C yaitu 12,37 %. Sedangkan jumlah partikel pecah kecil yang paling tinggi ada pada komposisi 75:20:5 dan temperatur reduksi 1050 °C yaitu 97,33 %. Penambahan batubara dan variasi temperatur tidak mempengaruhi kekuatan briket secara berarti.

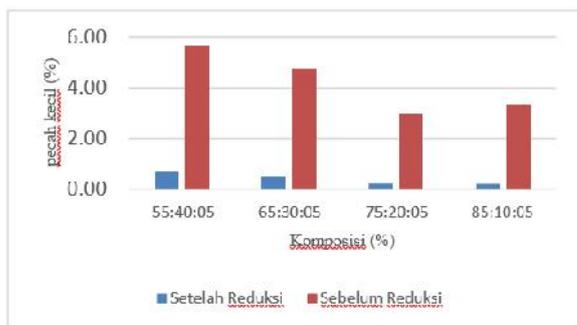
3.3. Perbandingan Kekuatan Briket Bijih Besi Sebelum dan Sesudah Reduksi

Gambar 11 merupakan perbandingan persentase partikel pecah besar antara briket bijih besi setelah reduksi dan sebelum reduksi. Dari gambar 11 menunjukkan bahwa briket bijih besi setelah reduksi lebih baik dari ada briket bijih besi sebelum reduksi. Hasil yang paling baik adalah briket bijih besi setelah reduksi dengan komposisi 85:10:5 dengan jumlah partikel pecah besar 99,79 %, sedangkan briket bijih besi sebelum reduksi memiliki jumlah partikel pecah besar 96,65 %.



Gambar 11. Hubungan pecah besar briket bijih besi setelah reduksi dengan briket bijih besi sebelum reduksi

Gambar 12 merupakan perbandingan partikel pecah kecil briket bijih besi setelah reduksi dengan briket bijih besi sebelum reduksi. Jumlah partikel pecah kecil yang terendah terjadi pada komposisi 85:10:5 yaitu 0,21 %, sedangkan briket bijih besi sebelum reduksi memiliki jumlah partikel pecah kecil 5,67 %.



Gambar 12. Perbandingan pecah kecil briket bijih besi setelah reduksi dengan briket bijih besi sebelum reduksi

4. Kesimpulan

Kaji ekperimental sifat mekanik (kekuatan) briket bijih besi telah selesai dilaksanakan. Enam belas spesimen digunakan dalam penelitian ini, yaitu 4 spesimen pada komposisi 55:40:5, 4 spesimen pada komposisi 65:30:5, 4 spesimen pada komposisi 75:20:5, dan 4 spesimen pada komposisi 85:10:5. Dari keempat komposisi spesimen itu masing masing memiliki temperatur reduksi yang berbeda-beda. Temperatur reduksi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 750°C, 850 °C, 950 °C, 1050 °C. Dari penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Jika temperatur reduksi semakin tinggi maka penggunaan bahan bakar dan udara juga semakin banyak. Misalnya pada temperatur reduksi 750 °C dibutuhkan bahan bakar 1,1 L/m dan udara 25 L/m sedangkan pada temperatur reduksi 1050 °C dibutuhkan bahan bakar 2 L/m dan udara 50 L/m.
2. Untuk laju kehilangan massanya dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kandungan batubara pada briket bijih besi maka laju kehilangan massanya saat proses reduksi semakin tinggi pula. Kehilangan massa tertinggi terjadi pada komposisi 55:40:5 dikarenakan briket bijih besi memiliki komposisi 40% batubara. Sedangkan rata-rata kehilangan massa terbanyak terjadi pada temperatur reduksi 1050 °C
3. Dari hasil pengujian kekuatan briket HBI dengan metode pengujian *I-Type Tumbler Test* hasil yang didapat adalah jumlah partikel pecah kecil briket lebih banyak dari pada jumlah partikel pecah besarnya, hal ini dikarenakan briket telah kehilangan perekatnya selama proses reduksi. Untuk jumlah partikel pecah besar yang paling banyak terdapat pada komposisi 55:40:5 dan temperatur reduksi 1050 yaitu 12,37 %. Penambahan batubara dan variasi temperatur reduksi tidak mempengaruhi kekuatan briket HBI secara berarti.
4. Setelah briket HBI didinginkan bijih besi yang telah tereduksi diberi perekat dan dipres dengan beban pres 15 ton. Kekuatan briket bijih besi setelah reduksi lebih baik dari briket bijih besi sebelum reduksi. Dari hasil pengujian diperoleh partikel pecah kecil briket setelah reduksi lebih sedikit dibandingkan dengan briket bijih besi sebelum reduksi. Partikel pecah kecil briket bijih besi setelah reduksi yang paling baik terdapat pada komposisi 85:10:5 dengan jumlah pecah kecil 0,21 % sedangkan briket bijih besi sebelum reduksi memiliki jumlah partikel pecah kecil 3,35 %.

Daftar Pustaka

- [1] 2018, Hot Briquetted Iron, *Metallics*, available at: <https://www.metallics.org/hbi.html>, diakses pada 12 Mei 2018.
- [2] A. K. Biswas, 1981, *Principles of Blast Furnace Iron Making*, Cootha Publishing House, Brisbane, Australia.
- [3] U. Wahyudi, 2006, *Dikta Dapur dan Bahan Bakar, Tugas Akhir Fakultas Teknik*, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon.
- [4] Komaruddin, 2008, Analisis Pengaruh Penambahan Proses Reduksi Batu Besi dengan Batubara Di Kalimantan Selatan, *Tesis Pascasarjana*, Universitas Indonesia Jakarta.
- [5] Yusuf, Sofyan, 2013, Energi Terbarukan Pengganti Batubara, Briket, available at: <http://muslimengineer1453.blogspot.com/2013/03/briket-energi-terbarukan-pengganti-batu-16.htm?m=1>, diakses pada 25 Mei 2018.
- [6] A. K. Biswas, 1981, *Principles of Blast Furnace Iron Making*, Cootha Publishing House, Brisbane, Australia.
- [7] Khairil, Irwansyah, 2010, Kaji Eksperimental Teknologi Pembuatan Kokas dari Batubara Sebagai Sumber Panas dan Karbon pada Tanur Tinggi (Blast Furnace), Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.