

ANALISIS PROSES PENGOLAHAN PASIR BESI MENJADI BESI SPONS DALAM RANGKA Mendukung Industri Pertahanan Bahan Baku Baja

IRON SAND PROCESSING ANALYSIS FOR SPONGE IRON IN ORDER TO SUPPORT THE DEFENSE INDUSTRY OF STEEL RAW MATERIALS

Sovian Aritonang, Jupriyanto, dan Riyadi Juhana

Program Studi Teknologi Daya Gerak dan Program Studi Industri Pertahanan
Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan Indonesia
(sovian.aritonang@idu.ac.id, jupriyanto@idu.ac.id, dan riyadi.juhana@tp.itb.ac.id)

Abstrak – Jumlah cadangan pasir besi sebagian besar tersebar di wilayah pesisir perairan Indonesia, dari pesisir sebelah barat Sumatera, pesisir pantai selatan Jawa juga Bali, pesisir Sulawesi, pesisir Nusa Tenggara Timur (NTT), serta pesisir Papua. Jumlah cadangan keseluruhan untuk bijih sebanyak 173.810.612 ton dan logam sebanyak 25.412.652,62 ton. Tetapi pemanfaatannya belum optimal, karena PT. Krakatau Steel, dan PT. Krakatau Posco baru memproduksi plat baja sebanyak 24.000 sampai dengan 36.000 ton per tahun. Sedangkan kebutuhan plat baja untuk industri perkapalan tiap tahunnya dibutuhkan 900.000 ton per tahun. Dengan kebutuhan bahan baku plat baja berupa besi spons dengan $Fe \geq 60\%$, PT. Krakatau Steel masih mengimpor dari luar negeri. Buktinya, PT. Krakatau Steel sebelum dan selama tahun 2000-an masih mengimpor Pellet Bijih Besi dari negara Swedia, Chili, dan Brazil sebesar 3.500.000 ton per tahun. Kondisi ini merupakan penyebab industri baja nasional tidak bisa bersaing dengan industri baja luar negeri, karena bahan baku yang diimpor dikenakan bea masuk. Ini peluang untuk membangun perusahaan bahan baku baja, karena selama ini industri bahan baku baja di Indonesia hanya ada dua perusahaan. Kondisi ini mendorong dilakukannya pembuatan besi spons, dengan proses pembuatan besi spons dengan teknologi yang disesuaikan dengan kapasitas produksi terpasang. Penelitian ini menganalisis pembuatan besi spons dengan menggunakan pasir besi Cipatujah, sebagai bahan baku untuk pembuatan besi spons, dengan hasil yang didapat berupa besi spons dengan kadar tertingginya $Fe \geq 60,44\%$. Ini dapat dipakai untuk keperluan bahan baku pembuatan baja PT. Krakatau Steel (PT. KS), karena selama ini PT. KS mengklaim bahwa produk besi spons lokal $Fe < 60\%$. Ini dapat mendorong kemandirian bahan baku baja, yang dampak pada kemandirian industri pertahanan. Tetapi pemerintah juga harus melakukan proteksi dan memprioritaskan bahan baku baja produksi nasional untuk produksi baja nasional. Dengan jalan industri baja nasional milik pemerintah membina konsorsium vendor pemasok bahan baku (besi spoin) agar kualitas dan pasokan besi spons berkesinambungan.

Kata Kunci: pasir besi, pellet besi, besi spons

Abstract – The amount of iron sand reserves is mostly spread in the coastal waters of Indonesia, from the coast of Sumatra, the southern of Java to Bali, the beaches of Sulawesi, beaches in East Nusa Tenggara (NTT), and the northern coast of Papua. Total reserves for ore are 173,810,612 tons and metal as much as 25,412,652.62 tons. But its utilization was not optimal, because PT. Krakatau Steel, and PT. Krakatau Posco has produces steel plates only 24,000 to 36,000 tons per year. While the need for steel plates for the shipping industry each year requires 900,000 tons per year. With the need for raw material for steel plates in the form of iron sponges with $Fe \geq 60\%$, PT. Krakatau Steel is still imported from abroad. The proof is PT. Krakatau Steel before and during the year 2000 still imported Iron Ore

Pellets from the countries of Sweden, Chile and Brazil for 3,500,000 tons per year. This condition is the cause of the national steel industry unable to compete with the foreign steel industry, because imported raw materials are subject to import duties. This is an opportunity to build a steel raw material company, because all this time the steel raw material industry in Indonesia has only two companies. This condition encourages the manufacture of iron sponges, with the process of making iron sponges with technology adapted to installed production capacity. This study analyzed the manufacture of iron sponges using Cipatujah iron sand, as raw material for the manufacture of iron sponges, with the results obtained in the form of iron sponges with the highest levels of Fe $\geq 60.44\%$. This can be used for the purposes of raw materials for steel making PT. Krakatau Steel (PT. KS), because so far PT. KS claims that Fe $< 60\%$ local sponge iron products. This can encourage the independence of steel raw materials, which impacts on the independence of the defense industry. But the government must also protect and prioritize steel raw materials for national production for national steel production. With the national government steel industry, the consortium of vendors supplying raw material (iron sponge) to maintain the quality and supply of continuous sponge iron.

Keywords: iron sand, iron pellet, iron sponge

Pendahuluan

Pasir besi merupakan endapan pasir didalamnya terkandung partikel besi, biasa didapat di daerah pesisir. Pasir besi dibentuk dari batuan yang terkandung mineral besi yang tergerus oleh cuaca, air permukaan dan gelombang yang terakumulasi dandicuci gelombang laut. Warna pasir besi pada dasarnya abu gelap dan hitam. Umumnya, pasir besi mengandung mineral opak bercampur dengan butiran-butiran mineral seperti kuarsa, kalsit, felspar, amfibol, piroksen, biotit, serta turmalin. Pasir besi biasanya mengandung magnetit, *titaniferous* magnetit, ilmenit, limonit, dan hematit. Pasir besi terdiri dari basaltik dan andesitik vulkanik.¹ Umumnya pasir besi digunakan sebagai bahan baku industri baja dan magnet, kandungan yang diambil dari industri ini adalah konsentrat bijih besinya. Selain untuk industri baja dan magnet, industri keramik dan *refractory* juga menggunakan

¹ <http://www.tekmira.esdm.go.id>, diakses pada 9 september 2018

pasir besi, tetapi yang diambil hanya konsentrat silikanya.²

Jumlah pasir besi banyak tersebar di seluruh pantai perairan Indonesia, mulai dari wilayah pesisir Sumatera, pesisir selatan Jawa juga Bali, pesisir Sulawesi, pesisir Nusa Tenggara Timur, Maluku dan pesisir Papua, dengan jumlah cadangan bijih mencapai 173.810.612 ton serta logam 25.412.652,63 ton.³ Kebutuhan bahan baku plat baja berupa besi spons dengan Fe $\geq 60\%$, PT. Krakatau Steel masih mengimpor dari luar negeri. Buktinya PT. Krakatau Steel sebelum dan selama tahun 2000-an masih mengimpor Pellet Bijih Besi dari negara Swedia, Chilli, dan Brazil sebesar 3.500.000 ton per tahun.⁴

Kondisi ini merupakan penyebab industri baja nasional tidak bisa bersaing dengan industri baja luar negeri, karena

² GT. Austin, *Shreve's Chemical Process Industries*, Fifth Edition, (New York: McGraw-Hill Book Co., 1985).

³ Pusat Sumber Daya Geologi, *Pasir Besi di Indonesia Geologi, Eksplorasi dan Pemanfaatannya*, (2014), hlm. 65

⁴ Loc. cit

bahan baku yang diimpor dikenakan bea masuk. Ini peluang untuk membangun perusahaan bahan baku baja, karena selama ini industri bahan baku baja di Indonesia hanya ada dua perusahaan. Kondisi ini mendorong dilakukannya pembuatan besi spons, dengan proses pembuatan besi spons dengan teknologi yang disesuaikan dengan kapasitas produksi terpasang.

Metode Eksperimen

Metode dalam penelitian ini adalah observasi disertai eksperimen proses pembuatan besi spons. Konsepnya hampir sama dengan pembuatan kue, tetapi yang membedakan dari besi spons dalam proses pencampuran yaitu besi spons menggunakan molen mix, sedangkan proses pembuatan kue kering pencampuran menggunakan mixer.

Sumber yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder berupa referensi literatur. Sedangkan untuk data primer yaitu data kuantitatif yaitu observasi dan pengambilan sampel atau contoh ke lokasi tambang pasir besi di Daerah Cipatujah, Provinsi Jawa Barat; Kecamatan Kota Agung, Kabupaten Tanggamus-Provinsi Lampung; dan Kabupaten Lumajang-Provinsi Jawa Timur. Sedangkan sampel yang akan diteliti berupa sampel pasir besi untuk lokasi Kabupaten Tanggamus, Cipatujah-Kabupaten Tasikmalaya, serta sampel pasir besi Kabupaten Lumajang-Jawa Timur.

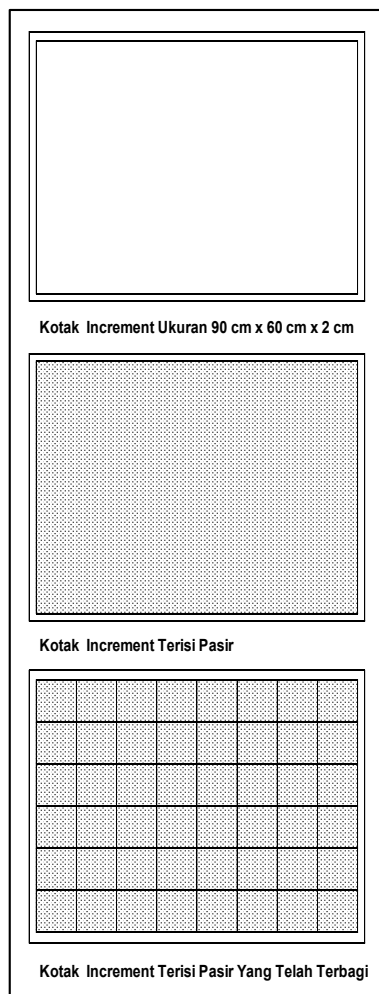
Data yang dianalisis dalam penelitian ini merupakan data primer dan data sekunder meliputi pengambilan conto pasir besi, aliran proses penambangan pasir besi, aliran proses produksi besi pellet, dan data hasil uji laboratorium.

- **Metode Pengambilan Conto Pasir Besi**

Berdasarkan data dilapangan, pengambilan conto pasir besi di lapangandapatdilaksanakandengan 2 (dua) cara yakni *increment* atau *Riffle splitter*. Conto harus homogen dari setiap interval kedalaman. Conto harus representatif akan menjamin ketelitian dalam analisis kimia, perhitungan sumber daya atau cadangan dari endapan pasir besi Pengambilan conto-conto tersebut didasari oleh prosedur baku dalam eksplorasi endapan pasir besi pantai.

Dalam penelitian ini, pengambilan contoh pasir besi ditiap-tiap lokasi penelitian terdiri dari conto pasir besi dipermukaan (*top sand*), serta conto pasir besi ± 2 meter dari permukaan tanah (*top soil*). Kemudian conto pasir besi tersebut dimasukkan kedalam plastik sampel yang selanjutnya akan diproses sesuai ketentuan standar yang berlaku yaitu pengeringan dengan panas matahari. Kegiatan yang dilakukan dalam proses preparasi dengan metoda *increment* mengacu pada *Japan Industrial Standard*.

Gambar 1. Sketsa Alat Reduksi Conto dengan Metoda *Increment*



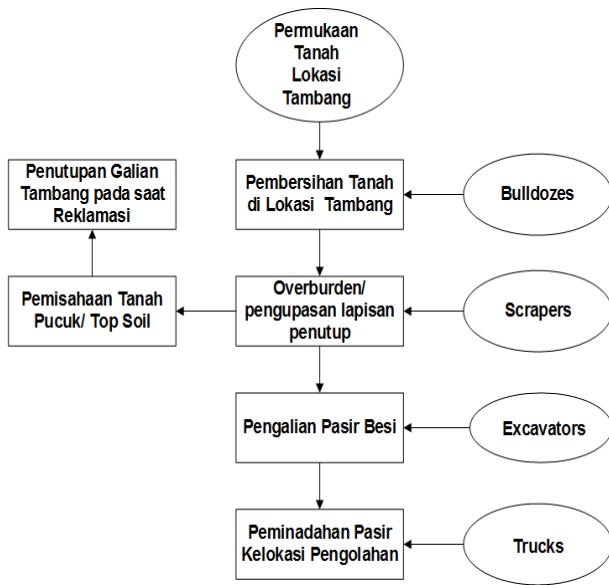
Sumber: Pusat Sumber Daya Geologi, Diolah oleh peneliti, 2018

- **Proses Penambangan Pasir Besi**

Dalam penelitian ini, proses penambangan pasir besi dilakukan dengan teknik penambangan terbuka yaitu cara penambangan dilakukan di atas permukaan lahan tambang, karena berdasarkan peta geologi, peta sebaran pada daerah penelitian kedalaman pasir besi ± 2 meter dari permukaan tanah (*top soil*).

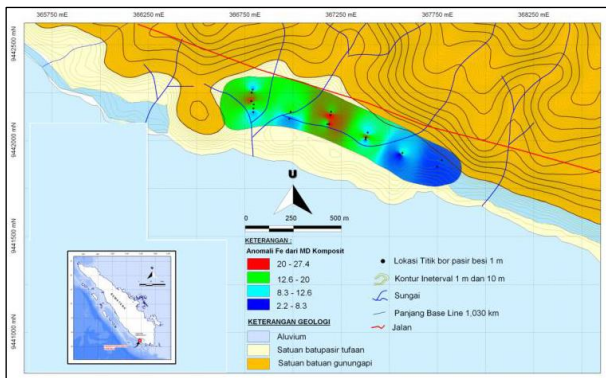
Dalam penelitian ini, perencanaan dan perancangan pasir besi menggunakan teknik penambangan mekanik, dengan metode proses kering (*dry methods*). Hal ini karena teknik penambangan ini sangat ramah lingkungan (*Go Green*) bila dibandingkan dengan teknik lainnya. Teknik penambangan mekanik adalah suatu teknik penggalian dengan menggunakan peralatan mekanik yaitu dengan menggunakan truk/konveyor, *excavators*, *scrapers*, *loaders*, serta *bulldozer* untuk memindahkan material ke unit pengolahan. Karena lokasi penambangan (Cipatujah) keberadaan pasir besi dengan sebaran dangkal atau diatas permukaan air tanah. Adapun tahapan penambangan ini dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah.

Gambar 2. Diagram Alir Proses Penambangan Pasir Besi untuk Lokasi Penelitian



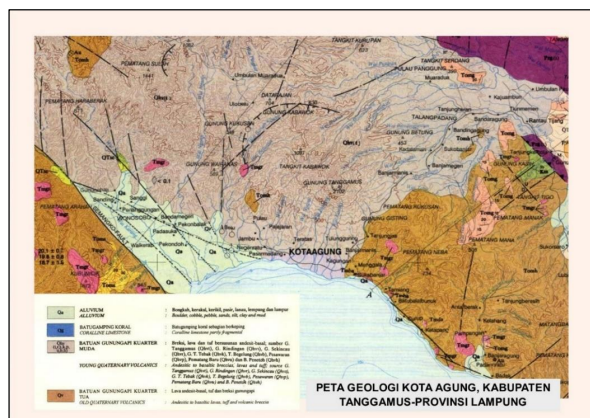
Sumber: Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 3. Peta Sebaran Magnetit Degree (MD) Komposit Daerah Lampung



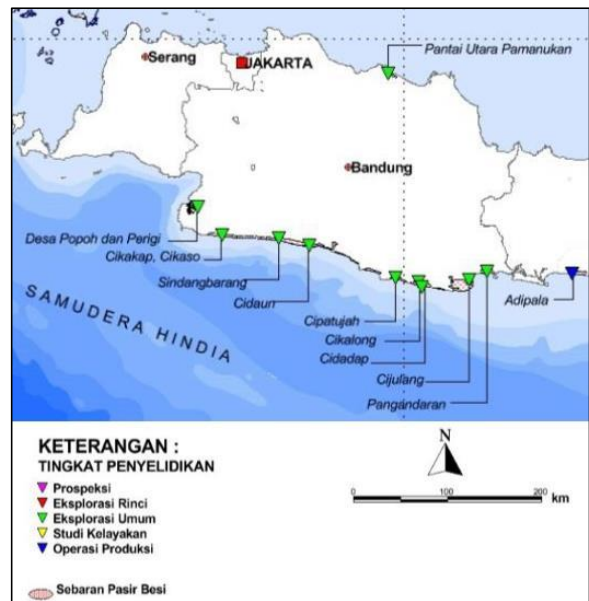
Sumber: Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 4. Peta Sebaran Magnetit Degree (MD) Komposit Daerah Lampung



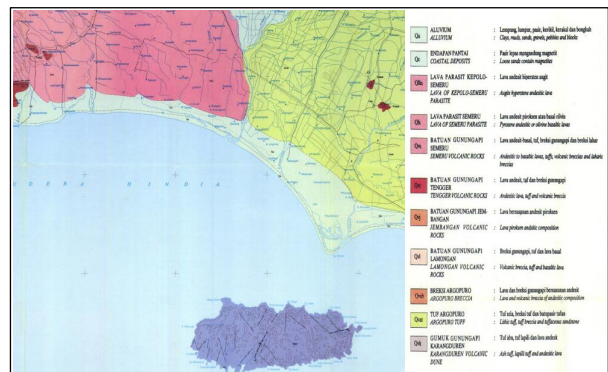
Sumber: Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 5. Peta Sebaran Pasir Besi di Provinsi Jawa Barat



Sumber: Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 6. Peta Geologi Lumajang di Provinsi Jawa Timur



Sumber: Diolah oleh peneliti, 2018

Untuk proses pembuatan besi spons dilakukan dengan metode eksperimen dengan membuat tiga sampel besi spons. Besi Spons A-1, Besi Spons A-2, serta Besi Spons A3. Ketiga bahan baku pembuatan besi adalah sama yaitu conto pasir besi yang diambil dari Kecamatan Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat.

Conto pasir besi tersebut kemudian dibuat Besi Spons A1, Besi Spons A-2, dan

Besi Spons A-3, dengan masing-masing mendapat perlakuan yang berbeda. Dalam pembuatan besi spons dibagi menjadi 2 (dua) tahapan yaitu:

a. Preparasi Conto Pasir Besi

Proses preparasi conto pasir besi dilakukan dengan 4 (empat) tahapan yaitu:

- Conto pasir besi disaring menggunakan saringan/screen No. 3 yaitu pemisahan pasir besi dari kotoran.

Gambar 7. Conto Pasir Besi



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 8. (a) Conto Pasir Besi Hasil Screen No. 3, (b) Screen No 3

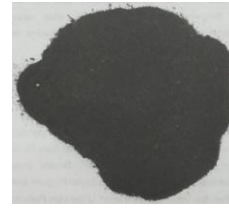


(a) (b)

Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

- Conto pasir besi hasil treatment screen No. 3 dipisahkan dari pengotor dengan menggunakan magnet separator.

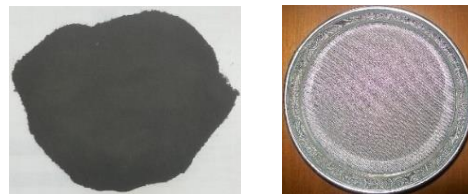
Gambar 9. Conto Pasir Besi Hasil Pemisahan Magnetik



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

- Conto pasir besi yang sudah dipisahkan dari pengotor selanjutnya disaring kembali dengan cara disaring dengan screeno.2 untuk mendapat hasil yang lebih halus dan dari pengotor.

Gambar 10. (a) Conto Pasir Besi Hasil Screen No. 2, Screen No. 2

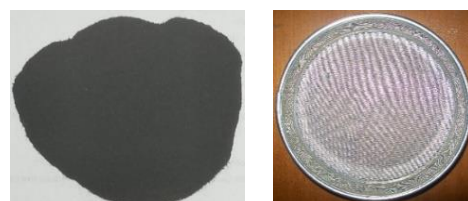


(a) (b)

Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

- Selanjutnya conto hasil screen No.2, saring kembali dengan menggunakan screen No. 1 untuk mendapat hasil yang lebih halus dan dari pengotor.

Gambar 11. (a) Conto Pasir Besi Hasil Screen No. 1, (b) Screen No. 1



(a) (b)

Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 12. Proses Penyaringan Conto Pasir Besi



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

b. Proses Pembuatan Pellet Besi

Dalam eksperimen pembuatan Pellet besi yang akan dibuat berupa 3 (tiga) jenis pellet besi yaitu:

– **Pellet besi dengan bahan murni pellet besi. A-1**

Tapioka dipanaskan dengan mencampurnya dengan air mineral panas. Sesudah tercampur dengan homogen tuangkan pasir besi aduk sampai campuran tapioka dengan pasir besi tercampur rata (homogen). Tuangkan campuran diatas kedalam cetakan, susun cetakan di plate. Masukkan plate kedalam *microwave* setting *microwave* dengan suhu 400°C, dengan waktu 5 menit. Untuk bahan perekat digunakan tepung tapioka dengan campuran 5 : 1 yaitu pasir silika 5 bagian dan tapioka 1 bagian atau kandungan tapioka 20%.

Gambar 13. Pellet Besi Hasil Proses *Microwave*



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan Diolah oleh peneliti, 2018

– **Pellet besi dengan bahan pasir besi dan pasir silika A-2.**

Tapioka dipanaskan dengan mencampurnya dengan air mineral panas. Sesudah campur pasir silika dengan tapioka aduk sampai homogen, tuangkan pasir besi aduk sampai campuran merata (homogen). Tuangkan campuran diatas kedalam cetakan, susun cetakan di plate. Masukkan plate kedalam *microwave* setting *microwave* dengan suhu 400°C, dengan waktu 5 menit. Untuk bahan perekat digunakan tepung tapioka dengan campuran 5 : 1: 1 yaitu pasir silika 5 bagian, pasir silika 1 bagian dan tapioka 1 bagian atau kandungan silika dan tapioka sama dengan 20%.

Gambar 14. Pellet Besi Campuran Silika Hasil Proses *Microwave*



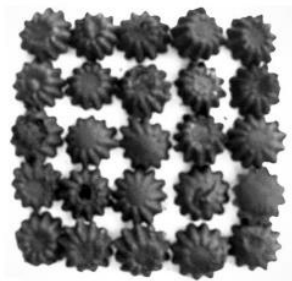
Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan Diolah oleh peneliti, 2018

– **Pellet besi dengan Bahan Pasir Besi Dicampur Karbon Aktif A-3.**

Tapioka dipanaskan dengan mencampurnya dengan air mineral panas. Sesudah tercampur tuang karbon aktif aduk sampai campuran merata (homogen). Tuangkan campuran diatas kedalam cetakan,

susun cetakan di plate. Masukkan plate kedalam *microwave* setting *microwave* dengan suhu 400°C, dengan waktu 5 menit. Untuk bahan perekat digunakan tepung tapioka dengan campuran 5 : 1: 1 yaitu pasir silika 5 bagian, karbon aktif 1 bagian dan tapioka 1 bagian atau kandungan silika dan tapioka sama dengan 20%.

Gambar 15. Pellet Besi Campuran Karbon Aktif Hasil Proses *Microwave*



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 16. Loyang untuk Wadah Cetakan



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 17. Cetak Besi Spons



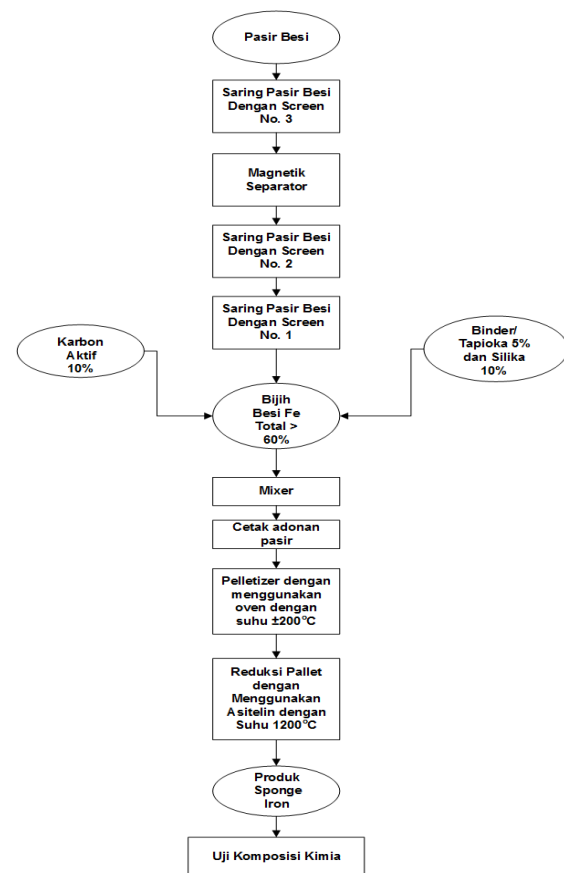
Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 18. Microwave



Sumber: Lab. TDG dan IP, FTP Unhan, Diolah oleh peneliti, 2018

Gambar 19. Proses Eksperimen pembuatan Besi Spons



Sumber : Anguntoro, “Uji Karakteristik Sponge Iron Hasil Reduksi Menggunakan Burner Las Asitelin dari Pasir Besi Pantai Ngebum Kendal”, *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 3 No. 4, 2015.

Sesudah besi spons dibuat, untuk mengetahui kadar Fe murni dari masing-masing sampel besi spons, kemudian dilakukan uji laboratorium berupa analisis kimia dilakukan di Balai Besar Bahan

dan Barang Teknik (B4T), sedangkan sampel yang diuji terdiri dari 5 (lima) sampel berupa 2 (dua) conto yaitu pasir besi dipermukaan (A-5), conto pasir besi dikedalaman 2 meter kebawah (A-4), serta 3 (tiga) produk hasil eksperimen yaitu Pellet Besi A-1 (konsentrat pasir besi ditambah tapioka sebagai binder), Pellet Besi A-2 (konsentrat pasir besi + Pasir silika ditambah tapioka sebagai binder), dan Pellet Besi A-3 (konsentrat pasir besi+ Karbon Aktif ditambah tapioka sebagai binder). Conto pasir besi dan produk hasil eksperimen berupa pellet besi yang merupakan pasir besi Cipatujah, Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat.

Berdasarkan hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh Balai Besar Bahan dan Barang teknik (B4T), Badan Penelitian Pengembangan Industri Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, maka hasil uji analisis kimia dengan metode ASTM C 575-05 dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Uji Kimia Contoh Pasir Besi dan Pellet Besi

Deskripsi	A1	A2	A3	A4	A5
SiO ₂	1,91%	1,02%	5,06%	5,68%	61,84%
Fe ₂ O ₃	85,61%	86,34%	82,29%	82,22%	33,35%
Al ₂ O ₃	0,68%	0,72%	0,70%	0,69%	6,04%
Fe	59,93%	60,44%	57,60%	57,55%	23,34%
Mn	1,32%	0,96%	0,87%	0,95%	0,79%
TiO ₃	9,98%	10,46%	10,97%	9,96%	7,48%
Specific Gravity	1,75	1,70	1,69	1,69	1,67

Sumber: Lab. Uji Kimia, B4T, Badan Penelitian dan Pengembangan Industri, Kementerian Perindustrian 2018

Hasil dan Pembahasan

Pembahasan dalam penelitian ini terdiri dari Pengambilan Conto Pasir Besi, Penambangan Pasir Besi, Pembuatan Pellet Besi/Besi Spons, serta Pembahasan Hasil Uji Laboratorium.

• Pengambilan Conto Pasir Besi

Dalam pengambilan conto pasir besi yang paling penting perlu diperhatikan adalah dalam preparasi di lapangan untuk kesiapan peralatan yang akan digunakan dalam pengambilan conto harus disesuaikan dengan keadaan lokasi yang akan diambil conto. Selain peralatan yang akan dipergunakan, data primer yaitu data mengenai log bor, data sebaran, dan data geologi. Disamping data tersebut, peta hidrogeologi dari daerah lokasi penelitian sangat diperlukan. Ini dibutuhkan untuk menentukan metode dalam teknik pengambilan conto dan teknik penambangan apabila lokasi penelitian akan dieksplotasi.

Untuk metode standar pengambilan conto, tidak harus mengikuti salah satu standar yang ada. Tetapi harus disesuaikan dengan keadaan karakteristik lokasi, lingkungan, serta data-data teknis conto yang akan diambil.

- **Penambangan Pasir Besi**

Metode dan teknik penambangan yang akan digunakan harus disesuaikan dengan karakteristik geologi daerah atau lokasi yang akan dieksploitasi. Hal tersebut untuk mengantisipasi terjadinya kecelakaan kerja dan bencana alam sebagai contoh gempa bumi dan bencana longsor.

Disamping karakteristik geologi, keadaan lahan disekitar lokasi harus menjadi perhatian. Untuk ketiga lokasi daerah penelitian lokasi disekitar pantai, terutama untuk Cipatujah dan Lumajang lokasi di Pantai Samudera Hindia atau pesisir pantai selatan Pulau Jawa, yang sebagian besar masyarakatnya berprofesi sebagai nelayan dan petani. Selain itu, pantai selatan Pulau Jawa merupakan daerah rawan bencana gempa bumi.

Mengenai teknik penambangan yang akan dipakai di daerah penelitian sebaiknya digunakan metode penambangan yang ramah lingkungan (Go Green) yang sesuai dengan keadaan lingkungan sekitarnya, baik itu keadaan struktur tanah dan profesi masyarakat disekitarnya.

- **Pembuatan Pellet Besi dari Conto Pasir Besi**

Metode, teknik, serta teknologi peralatan yang akan digunakan dalam pembuatan

Pellet Besi juga Besi Spons, disesuaikan dengan peruntukan dan *requirement* yang dibutuhkan oleh pengguna. Metode, teknik, serta teknologi yang akan diterapkan dalam pembuatan pellet besi juga besi spons harus disesuaikan dengan kapasitas produksi yang direncanakan sesuai dengan permintaan pengguna. Sebaiknya metode, teknik, serta teknologi peralatan yang dipakai harus tepat guna.

Karena teknologi tepat guna akan mengoptimalkan hasil produksi, memberi keuntungan berupa ongkos biaya produksi murah, mudah dibangun, mudah dirawat, mudah digunakan, aman digunakan, serta ramah lingkungan (Go Green).

- **Hasil Uji Laboratorium**

Melihat hasil uji kimia laboratorium maka ada beberapa yang perlu dibahas mengenai hasil uji laboratorium terutama hasil persentase Fe. Terdapat perbedaan antara ketiga sampel pellet besi (A-1, A-2, A-3), tetapi mendapat perlakuan yang sama untuk adonan pellet besi pada saat dilakukan pengeringan dengan suhu $\pm 400^{\circ}\text{C}$.

Untuk pellet besi A-1 perlakuannya hanya menambahkan binder (perekat berupa tapioka sebanyak 20%) yang kadar Fe yang dihasil sebesar 59,93%. Pellet besi A-2 perlakuannya dengan menambahkan pasir silika sebanyak 20% dan perekat berupa tapioka sebanyak 20%, maka dihasilkan kadar Fe sebesar 60,44%. Sementara untuk pellet besi A-3 perlakuannya hanya menambahkan karbon aktif sebanyak 20%, dengan hasil Fe sebesar 57,50%.

Hasil yang didapat dari ketiga perlakuan pembuatan pellet besi, bahwa perlakuan pellet besi A-2 menghasilkan kadar Fe murni sebesar 60,44%, yaitu perlakuan dengan menambahkan pasir silika sebanyak 20%. Penambahan pasir silika sebanyak 20% akan menaikkan kadar Fe murni sebesar 2,89%, dari kadar conto yang hanya 57,55%. Penambahan pasir silika untuk menaikkan kadar Fe murni dalam penelitian ini perlu diuji lebih lanjut, dengan melakukan penelitian lanjutan.

Kesimpulan

Kesimpulan dan rekomendasi dalam suatu penelitian bukan keputusan akhir yang mengikat tetapi merupakan suatu rujukan optimal yang dapat dipakai dalam pengambilan keputusan sesuai dengan persoalan yang dihadapi.

Berdasarkan tujuan penelitian, hasil eksperimen, serta analisis data dan pembahasan maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam proses pengolahan pasir besi menjadi besi spons dalam rangka menuju kemandirian bahan baku baja industri pertahanan, harus disesuaikan dengan sumber daya yang ada, baik sumber daya manusia, teknologi proses, utilitas, serta peralatan yang mendukung, disesuaikan dengan rencana dan rancangan kapasitas terpasang.
2. Selain proses pengolahan yang akan direncanakan dan dirancang, yang berpengaruh terhadap kemandirian

bahan baku baja nasional adalah kapasitas cadangan tambang, serta kadar konsentrat bijih besi harus mengandung $Fe \geq 60\%$. Dalam penelitian ini, kadar konsentrat bijih besi mengandung $Fe \geq 60,44\%$, yang selama ini ada anggapan bahwa kadar pasir besi yang dimiliki Indonesia kurang dari 60% ($Fe \leq 60\%$). Ini dijadikan alasan oleh perusahaan baja nasional milik pemerintah untuk tidak menggunakan produk pasir besi, besi pellet atau besi spons produk lokal.

3. Untuk kemajuan dan kemandirian bahan baku baja nasional, maka perusahaan pengelolaan pasir besi nasional yang memproduksi kebutuhan besi spons dan pellet besi harus mendapatkan kebijakan pemerintah berupa proteksi dan prioritas utama sebagai pemasok bahan baku baja untuk produksi baja nasional. Karena selama ini kebutuhan bahan baku pembuatan baja untuk produksi nasional dalam hal ini PT. Krakatau Steel (Persero), serta PT. Krakatau Posco, salah satu anak perusahaan PT. Krakatau Steel (Persero) dengan Posco Korea Selatan yang selama ini menggunakan bahan baku impor yaitu Pellet Bijih Besi sebanyak 3.500.000 ton per tahun⁵ dari Swedia, Chilli, dan Brazil.

⁵ Pusat Sumber Daya Geologi, *op.cit*, hlm. 64.

Daftar Pustaka

Buku

Austin, GT. 1985. *Shreve's Chemical Process Industries*. Fifth Edition. New York: McGraw-Hill Book Co.

Pusat Sumber Daya Geologi. 2014. *Pasir Besi di Indonesia Geologi, Eksplorasi dan Pemanfaatannya*. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.

Jurnal

Anguntoro. 2015. "Uji Karakteristik Sponge Iron Hasil Reduksi Menggunakan Burner Las Asitelin dari Pasir Besi Pantai Ngebum Kendal". *Jurnal Teknik Mesin S-1*. Vol. 3. No. 4.

Website

<http://www.tekmira.esdm.go.id>, diakses pada 9 September 2018.