

MENDUKUNG INDUSTRI PERTAHANAN DENGAN ANALISA PROSES PENGOLAHAN BESI SPONS DARI PASIR BESI SEBAGAI BAHAN BAKU BAJA

Qomaru Zaman, Firman Johan, Hervianto Nugroho

Sekolah Staf dan Komando TNI Angkatan Laut

Jalan Ciledug Raya No.2, Seskoal, Jakarta selatan, DKI Jakarta, Indonesia 12230

qomaruzaman2004@gmail.com

Abstract *In coastal areas, there are generally a lot of sand deposits that contain iron sand and many particles contained in it. This iron sand is generally shaped like a rock with high mineral content and because of the weather this rock is eroded by water and sea waves so that it feels like it is being washed. In this condition, iron sand is generally black or gray and tends to be dark. The mineral content in iron sands is usually opaque minerals mixed with granular minerals, calcite, amphibole, quartz, feldspar, biotite, pyroxene, and tourmaline. In addition to this composition, iron sand contains titaniferous magnetite, magnetite, hematite, hematite, basaltic and volcanic andesitic. The methods used in this research is to observe and experiment the process of making sponge iron. The method and concept is similar to a cake-making experiment by mixing several raw materials to produce the best composition. In addition to getting the best composition, the process during mixing will also be observed and combined with the results of the composition of the raw materials. From the results of laboratory tests, the composition with variations A2, namely the addition of silica sand by 20% can produce the greatest chemical content of Fe. that is equal to 60.44%. While the lowest chemical content was obtained in the A3 variation with the addition of 20% activated carbon composition. In this condition, research with the addition of silica sand can be increased so that the obtained Fe content can increase.*

Keywords: *Iron Sand, Iron Pallet, Iron Sponge.*

PENDAHULUAN

Di daerah pesisir umumnya terdapat banyak ekali endapan pasir yang memiliki kandungan pasir besi dan banyak partikel yang terkandung di dalamnya. Pasir besi ini bumannya berbentuk seperti batuan dengan kadar mineral tinggi dan karena cuaca batuan ini tergerus oleh air dan gelombang laut sehingga seperti di cuci. Pada kondisi ini pasir besi umumnya berwarna hitam atau abu-abu cenderung gelap. Kadungan mineral yang terdapat pada material ini biasanya mineral yang bercampur butiran mineral, kalsit, amfbol, kuarsaa, felspar, biotit, piroksen, dan turmalin. Selain komposisi tersebut komposisi yang berada di pasir besi adalah titaniferous magnetit, magnetit, hematit, hematit, andesitik volkanik dan basaltik.

Pada umumnya pasir besi ini digunakan sebagai bahan utama pembuatan besi dan magnets, kandungann yang dibutuhkan oleh perusahaan besi dan magnet adalah kandungan bijih besinya. Selain dua industri tersebut industri pembuat kramik dan refractory juga memanfaatkan pasir besi sebagai bahan baku utama dan hanya mengambil kandungan konsentrat silikanya.

Di indonesia sendiri banyak sekalidaerah yang memiliki potensi pasir besi yang melimpah misalnya di pesisir sulawesi, sumatra, maluku, NTT, papua, dan bali. Dengan data statistik jumlah cadangan mencapai 173.810.000 ton serta logam 25.412.652,00 ton. Di indonesia industri terbesar dalam pengolahan pasir besi ini adalah PT. Krakatau Steel. Kebutuhan besi spons dengan $Fe \geq 60\%$ dengan jumlah yang besar membuat indonesia harus mengimpor untuk memenuhi kebutuhan. Pada tahun 2000 Indonesia melalui PT. Krakatau Steel mengimpor 3.500.00 ton pallet bijih besi per tahun dari negara Swedia, brazil, dan shilli.

Kondisi ini adalah salah satu penyebab industri pengolahan baja di indonesia tidak mampu bersaing dengan industri luar negeri. Dengan melakukan import maka biaya pengiriman dan bea cukai menjadi naik dan menyebabkan biaya produksi yang naik. Dengan memanfaatkan sumber daya alam yang besar maka seharusnya industri pengolahan baja ini dapat berkembang. Dengan berkembangnya industri pengolahan baja maka industri pertahanan juga akan semakin berkembang.

Bahan baku yang digunakan dalam industri pertahanan terkhusus industri persenjataan adalah baja. Dengan bahan baku baja yang sudah dapat di produksi secara mandiri maka biaya produksi dari industri

persenjataan akan menurun. Dengan demikian selain industri pengolahan baja yang berkembang akan membuat industri persenjataan juga berkembang. Dengan demikian maka kestabilan keamanan akan menjadi meningkat dan akan membuat perekonomian menjadi stabil dan naik.

Dengan analisa yang dilakukan ini nantinya industri persenjataan juga mengetahui kondisi pasir besi yang ada di Indonesia, dengan informasi ini industri persenjataan tidak lagi melakukan import pallet besi sehingga membuat jumlah produksi yang meningkat dengan biaya produksi yang rendah. Dengan demikian kemajuan industri persenjataan di Indonesia akan meningkat.

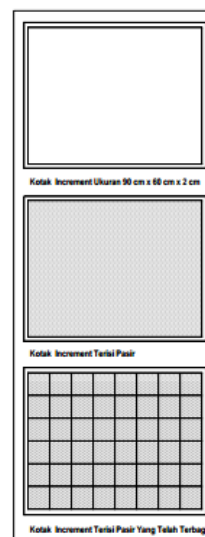
METODE

Metode yang dijalankan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan observasi dan dilakukan eksperimen proses pembuatan besi spons. Metode dan konsepnya mirip dengan eksperimen pembuatan kue dengan mencampurkan beberapa bahan baku sehingga menghasilkan komposisi terbaik. Selain mendapatkan komposisi yang terbaik proses selama pencampuran juga akan diamati dan akan dipadukan dengan hasil dari komposisi bahan baku tersebut.

Data dan acuan dari data penelitian adalah data sekunder dari penelitian yang pernah dilakukan terdahulu. Dan untuk data primer adalah data kuantitatif berupa observasi dan pengambilan sampel secara langsung ke lapangan. Sebagai contoh lokasi yang dijadikan tempat pengambilan sampel adalah tambang pasir besi di daerah Cipatujah, Prov Jawa Barat; Kec Kota Agung, Kab Tanggamus - Prov Lampung; dan Kab Lumajang - Prov Jawa Timur. Sedangkan sampel yang akan diteliti berupa sampel pasir besi untuk lokasi Kab Tanggamus, Cipatujah Kab Tasikmalaya, serta sampel pasir besi Kab Lumajang-Jawa Timur. Data yang dilakukan analisa adalah data sekunder dan data primer yang meliputi pengambilan sampel pasir besi, proses dalam pengambilan pasir besi dan proses pembuatan pallet besi, dan akan dilakukan verifikasi dengan data hasil laboratorium.

a. Metode sampling pasir besi

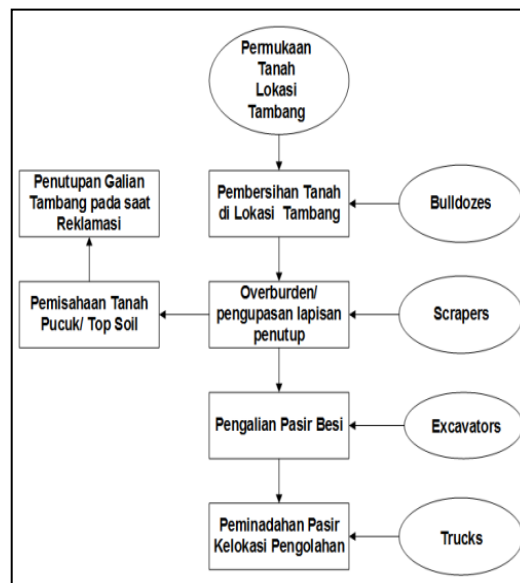
Metode yang dilakukan dalam pengambilan sampling pasir besi di lapangan digunakan dua metode yaitu metode increment dan rife splitter, pengambilan sampel tersebut harus dipastikan telah homogen dari setiap interval kedalaman pengambilan. Sampel yang diambil harus representatif sehingga akan membuat analisa kimia menjadi lebih teliti. Pengambilan sampel didasarkan pada prosedur baku dalam proses eksplorasi terhadap endapan pasir besi yang di dapat di pantai. Pengambilan sampel dilakukan pada setiap kedalaman yang pertama adalah sampel pasir besi di permukaan (Top sand). Selanjutnya akan dilakukan pengambilan sampel pasir besi pada kedalaman ± 2 meter dari permukaan tanah (top soil). Setelah di dapatkan sampel pasir besi yang dirasa cukup maka pasir besi selanjutnya di masukkan kedalam plastik dan diberikan label dan identitas. Proses pengiriman sampel pasir harus tetap terjaga, mulai dari temperature dan kelambaan pasir besi. Acuan yang digunakan dalam proses pengambilan sampel ini adalah Japan Industrial Standard metoda increment juga terisi di dalamnya. Dengan demikian pengambilan sampel akan stabil dan telah standart.



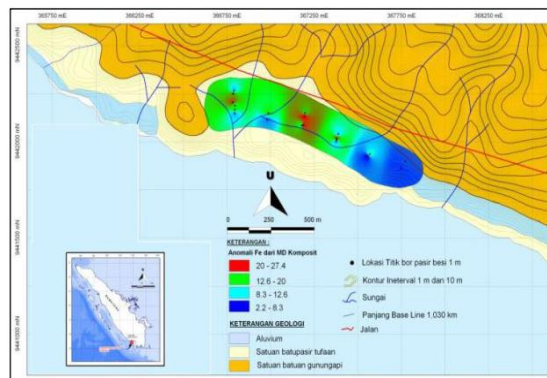
Gambar 1. Gambar 2D saringan yang penggunaan

b. Proses penambangan pasir besi

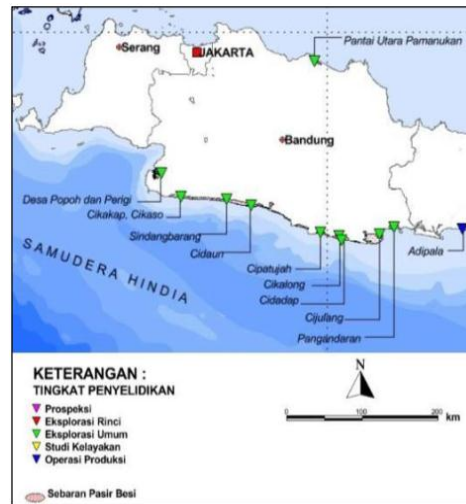
Proses pengambilan pasir besi yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah dengan teknik atau metode penambangann terbuka, yaitu penambangann langsung di permukaan lokasi lahan tambang. Hal ini dilakukan berdasarkan peta geologi dan peta sebaran pada area penelitian kedalaman pasir besi ±2 meter dari permukaan tabah (top soil). Teknik penambangan secara mekanik adalah dasar pelaksanaan penelitian pasir besi pada penelitian ini dan dengan keadaan tanah kering (dry methods). Metode ini dilakukan karena di angap sebagai metode penambangan yang paling ramah lingkungan (Go Green) dibandingkan dengan metode penambangan teknik lainnya. Teknik mekanik ini di sebut juga dengan teknik penambangan yang menggunakan alat-alat mekanik sebagai proses pengeborannya yaitu dengan alat-alat untuk memindahkan material ke unit pengolahan. Dengan pengambilandata dilakukan di lokasi tambang dengan keadaan pasir besi dengan sebaran dangkall yang berada di permukaan air tanah. Dengan demikian maka alur atau proses penambangan akan di tunjukkan pada diagram alir berikut ini (Gambar 2).



Gambar 2. Flow chart proses penambangan



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



Gambar 5. Peta Sebaran Pasir Besi di Provinsi Jawa Barat



Gambar 6. Peta Geologi Lumajang di Provinsi Jawa Timur

Dalam proses produksi besi spons akan digunakan metode eksperimen dengan melakukan beberapa percobaan. Eksperimen akan dilakukan dengan membuat tiga kondisi besi spons dengan kadar kehalusan yang berbeda. Besi spons yang digunakan untuk eksperimen akan dibagi sebagai berikut Besi Spons A1, Besi Spons A2, dan Besi Spons A3. Ke-tiga sampel tersebut diambil dari lokasi pertambangan yang sama yaitu Kec Cipatujah, Kab Tasikmalaya, Prov Jawa Barat. Pasir besi tersebut selanjutnya akan di buat adonan dan akan di kelompokkan untuk membuat besi spons. Pengelompokan menjadi tiga seperti yang telah dijelaskan besi spons A1, besi spons A2, dan besi spons A3, dengan masing-masing kelompok dilakukan perlakuan yang berbeda. Dalam proses produksi besi spons akan dibagi menjadi 2 (dua) tahapan yaitu:

1. Proses persiapan sampel pasir besi dilakukan dalam empat tahapan yaitu :
 - a. Sampel pasir besi disaring menggunakan saringan/screen No. 3 yang berfungsi untuk menyaring ukuran pasir besi dan membuang kotoran yang ada.



Gambar 7. Gambar contoh pasir besi



Gambar 8. Hasil Screen No 3



Gambar 1. Screen No 3 yang digunakan

b. Sampel pasir besi yang telah dilakukan penyaringan di dengan saringan No3 dan telah dipastikan terbebas dari kotoran selanjutnya dilakukan penyaringan tahap kedua. Yaitu dengan menggunakann saringan/screen No.2 untuk mendapatkan hasil pasir besi yang lebih haalus dan terhindar dari kotoran.



Gambar 10. Hasil Screen No 2



Gambar 11. Screen No 2 yang digunakan

a. Setelah dilakukan penyaringan dengan saringan/screen No.2 selanjutnya akan dilakukan penyaringan tahap akhir yaitu dengan saringan/screen No.1, sehingga mendapatkan hasil pasir besi yang lebih halus.



Gambar 12. Hasil Pasir besi Screen No 1.

c.



Gambar 13. Screen No 1 yang digunakan

Setelah proses penyaringan telah selesai pada saringan/screen No. 1 selanjutnya akan di proses untuk membuat pallet besi dengan tiga kondisi. Ketiga kondisi pallet besi tersebut nantinya yang akan dilakukan pengujian dan mendapatkan data eksperimen. Berikut ini adalah proses pembuatan pallet besi:

Pellet Besi Dengan Bahan Murni Pellet Besi A1

Proses awal pembuatan adonan pallet besi ini adalah dengan memanaskan tapioka dan mencampurkannya dengan air mineral panas. Selanjutnya adalah dengan mencampurkan ketiga bahan

tersebut menjadi satu dan di pastikan homogen. Proses pencampuran diawali dengan memasukkan tapioka dan air mineral panas selanjutnya di taburi dengan pasir besi yang sudah di saring sebelumnya. Setelah dipastikan telah tercampur dengan homogen dan komposisi yang telah sesuai, selanjutnya adonan di masukkan kedalam cetakan palet, dan dimasukkan kedalam microwave dengan settingan temperature 400°C secara merata dalam waktu pemanasan 5 menit. Tapioka digunakan sebagai perekat dalam proses pembuatan ini dengan perbandingan 5:1 yakni pasir besi silika 5 bagian dan tapioka 1 bagian. Atau 20% komposisi



Gambar 2. Pellet Besi Hasil Proses Microwave

Pellet besi dengan bahan pasir besi dan pasir silika A2.

Proses awal pembuatan adonan pallet besi ini adalah dengan memanaskan tapioka dan mencampurkannya dengan air mineral panas. Selanjutnya adalah dengan mencampurkan ketiga bahan tersebut menjadi satu dan di pastikan homogen. Proses pencampuran diawali dengan memasukkan tapioka dan air mineral panas selanjutnya di taburi dengan pasir besi yang sudah di saring sebelumnya. Setelah dipastikan telah tercampur dengan homogen dan komposisi yang telah sesuai, selanjutnya adonan di masukkan kedalam cetakan palet, dan dimasukkan kedalam microwave dengan settingan temperature 400°C secara merata dalam waktu pemanasan 5 menit. Tapioka digunakan sebagai perekat dalam proses pembuatan ini dengan perbandingan 5:1:1 yakni pasir besi silika 5 dan tapioka 1 & pasir silika 20%.



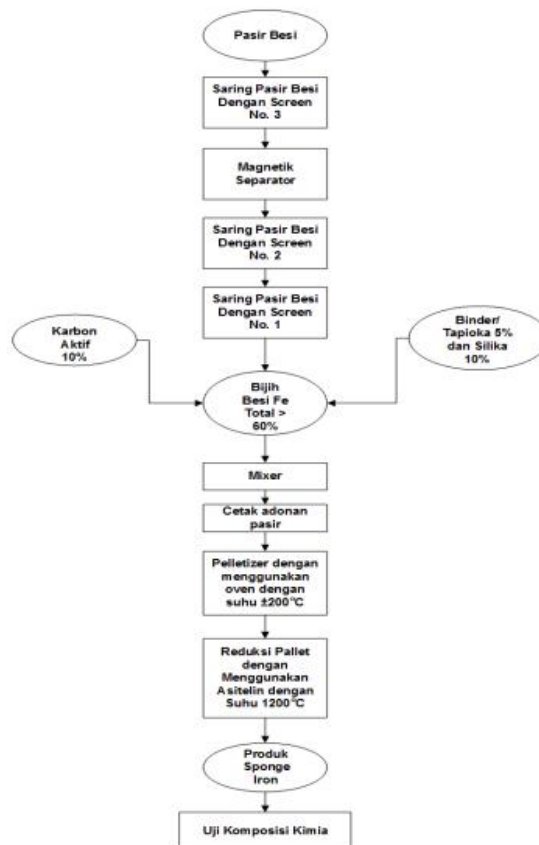
Gambar 3. Pellet Besi Campuran Silika Hasil Proses Microwave

Pellet besi dengan Bahan Pasir Besi Dicampur Karbon Aktif A3.

Proses awal pembuatan adonan pallet besi ini adalah dengan memanaskan tapioka dan mencampurkannya dengan air mineral panas. Selanjutnya adalah dengan mencampurkan ketiga bahan tersebut menjadi satu dan di pastikan homogen. Proses pencampuran diawali dengan memasukkan tapioka dan air mineral panas selanjutnya di taburi dengan pasir besi yang sudah di saring sebelumnya. Setelah dipastikan telah tercampur dengan homogen dan komposisi yang telah sesuai, selanjutnya adonan di masukkan kedalam cetakan palet, dan dimasukkan kedalam microwave dengan settingan temperature 400°C secara merata dalam waktu pemanasan 5 menit. Tapioka digunakan sebagai perekat dalam proses pembuatan ini dengan perbandingan 5:1:1 yakni pasir besi silika 5 dan tapioka 1. Dan karbon aktif 1.



Gambar 4. Pellett Besi Campuran Karbon Aktif Hasil Proses Microwave



Gambar 5. Flowchart proses eksperiment

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini akan dibagi menjadi tiga tahapan. Pembahasan akan diawali dengan proses pengambilan sampel pasir besi dilanjutkan dengan proses pembuatan pallet besi atau besi spons, yang terakhir akan dibahas hasil dari uji lab.

a. Pengambilan Sample Pasir Besi

Pada proses pengambilann sampel pasir besi terdapat beberapa kendala yang dihadapi. Dengan kondisi area tambang yang kering maka alat yang dibutuhkan untuk proses pengeboran dan mendapatkan sampel memerlukan mata bor yang kuat dan mesin yang mumpuni. Hal yang perlu di persiapkan dalam proses pengambilan sampel dengan sistem mekanik ini adalah kondisi alat dan tools yang mumpuni. Seperti mata bor yang memiliki spesifikasi dan kekerasan tertentu. Selain itu motor penggerak bor juga harus di pastikan memiliki torsi yang besar. power motor yang besar dan mata bor yang memiliki spesifikasi bagus akan memudahkan dalam proses pengeboran. Sepesifikasi pasir besi dalam proses pengambilan sampel ini menjadi tidak terlalu penting karena proses yang sangat sulit dilakukan. Ketentuan pasir besi yang di peroleh faktanya tidak dapat 100% sesuai dengan standart. Hal ini dapat terjadi karena banyak faktor yang terjadi. Problem selama proses pengambilan sample juga sangat berpengaruh terhadap hasil. Sehingga kedepannya perlu di lakukan kesesuaian terkait dengan proses pengambilan sampel ini. Dengan demikian hasil pengujian dapat lebih seragam dan hasil yang diperoleh menjadi lebih akurat.

b. Penambangan Pasir Besi

Pada proses penambangan pasir besi hal yang perlu di lakukan analisa mendalam adalah kondisi geologi dari area yang akan dilakukan pengambilan sample. Dengan megetahui karakteristik geologi dari area yang akan di lakukan pengambilan sampel maka dapat pula di tetapkan metode yang sesuai untuk menjalankannya. Dengan demikian hasil yan diperoleh menjadi lebih maksimal dan tidak akan terjadi kesalahan bahkan kecelakaan kerja. Selain karakteristik geologi tersebut perlu juga dilakukan analisa pada lingkuang sekitar area pengeboran. Hal ini sangatlah penting dalam proses pengambilan sampel. Karena banyak banyak kajadianarea tambang yang dapat longsor dengan cepat. Metode atau teknik pengambilan sample pada penelitian ini sudah cukup sesuai dengan tingkan keamanan yang tinggi 100%. Dengan demikian hasil pasir besi yang diperoleh tidak jauh dengan apa yang telah diperkirakan sebelumnya.

c. Pembuatan Pellet Besi dari Hasil Pengambilan sample pasir besi

Pembuatan pallet besi ini sama seperti mambuat bricket untuk shisa. Dengan mencampurkan tepung tapioka sebagai media perekat hasil pallet yang diperoleh menjadi lebih baik dan merekat sempurna. Pembuatan pallet ini telah di sesuaikan dengan standart yang berlaku. Dengan pemanasan selama 5 menit dengan temperature 400°C . kondisi ini diharapkan dapat menurunkan kadar air dalam pallet dan di dapatkan hasil maksimal.

d. Hasil Uji Labororium

Dibawah ini akan ditunjukkan tabel hasil pengujian laboratorium dari ketiga variasi pallet besi yang telah dibuat. Dengan tabel hasil laboratorium ini maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan dan dilakukan analisa yang mendalam terkait dengan komposisi terbaik dalam dalam pembuatan pallet besi.

Tabel 1. Hasil laboratorium pallet 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

Berdasarkan darii hasil uji lab di atas dapatt dilihat bahwa kandungan Fe atau besi yang terbesar adalah pada variasi A2 yaitu sebesar 60,44% dengan komposisi penambahan pasir silika sebesar 20% ternyata cukup efektif dalam meningkatkanstruktur kimia Fe dalam eksperimen ini. Dan unsur Fe yang terdapat

dalam variasi A1 yang dilakukan hanya dengan menyampurkan pasir besi dan tapioka maka struktur kimia Fe hanya menghasilkan 59,9% hanya selisih kurang dari 1% dengan variasi A1. Hal ini mungkin dapat terjadi karena dalam proses pemanasan 400°C dalam waktu 5 menit hasilnya kurang banyak membuang kadar air, atau kondisinya juga dapat terjadi karena proses pengujian laboratorium yang memiliki tingkat toleransi hasil yang tinggi.

Variasi A3 menunjukkan kadar Fe yang paling rendah diantara ketiga variasi tersebut. dengan hasil Fe sebesar 57,6% maka jika dibandingkan dengan Variasi A2 sebesar 60,44% selisihnya mencapai 3%. Dengan data yang telah diperoleh maka penelitian dengan variasi A2 dengan kandungan Fe terbesar harus dilakukan penelitian lebih lanjut sehingga dapat di kembangkan kembali sehingga dapat menghasilkan nilai Fe yang cukup besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan hasil maksimal dari eksperiment pasir besi. Maka dengan data labolatorium yang telah disajikan dapat ditarik beberapa kesimpulan dalam penelitian ini. Kesimpulan tidak hanya berkaitan dengan hasil uji laboratorium tetapi juga metode-metode yang dilakukan selama proses penelitian dijalankan. Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam proses pengolahan pasir besi menjadii pallet bes8ii perlu di buat standart ketetapan yang dapat dijadikan acuan sebagai proses penelitian. Dengan adanya standart ini maka hasil eksperiment akan stabil dan hasil yang di dapat menjadii baik & tidak rancu. Teknologi dan alat yang digunakan dalam dalam proses penelitian juga dapat di standartkan sehingga dapat mempermudah.
2. Dari hasil pengujian laboratorium didapat komposisi dengann variasi A2 yaitu penambahan pasir silika sebesar 20% dapat menghasilkan kadar kimia Fe yang paling besar. yaitu sebesar 60,44%. Sedangkan kadar kimia terendah di peroleh pada variasi A3 dengan komposisi penambahan karbon aktif sebesar 20%. Pada kondisi ini maka penelitiandengan penambahan pasir silika dapat ditingkatkan sehingga kadar Fe yang diperoleh dapat meningkat.
3. Dengan bukti penelitian ini maka pihak industri pengolahan baja dan besi seharusnya dapat mengembang-kan pengolahan pasir besi dalam negeri sehingga tidak perlu melakukan import. Dengan kondisi bahan baku yang baik ini maka dapat membuat industri persenjataan juga akan semakin maju. Dengan proses pengolahan dan bahan bakuyang dilakukan didalam negeri maka kualitas produk akan menjadi lebih baik dan dapat menurunkan biaya produksi. Dengan penelitian ini juga diharapkan pemerintah dapat melakukan perencanaan kedepannya sehingga proyek pengolahan pasir besi menjadi besi siap digunakan akan berkembang dengan pesat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdul, F., & Wasik, H. (2019). Analisa Penggunaan Beberapa Jenis Arang Lokal Sebagai Reduktor dalam Proses Pembuatan Besi Spon (Sponge Iron) dari Bahan Baku Pasir Besi Menggunakan Metode Reduksi Langsung. *Jurnal IPTEK*, 22(2), 43–50.
- [2] Amin, M., Suharto, S., Reni, R., & Dini, D. (2013). Karakteristik Fisik Pellet dan Sponge Iron pada Bahanbaku Limbah Karat dengan Pasir Besi sebagai Pembanding. *Prosiding SEMIRATA 2013*, 1(1), 179–184.
- [3] Anggara, M., Widhiyanuriyawan, D., & Sasongko, M. N. (2016). Pengaruh penggunaan pasir besi pada Heat Absorber Plate Terhadap Produktifitas dan Efisiensi Solar Destilation. *Senas Pro*, 345–353.
- [4] Anguntoro. 2015. “Uji Karakteristik Sponge Iron Hasil ReduksiMenggunakan Burner Las Asitelin dari Pasir Besi Pantai Ngebum Kendal”. *Jurnal Teknik Mesin S-1*. Vol. 3. No. 4.
- [5] Austin, GT. 1985. *Shreve’s Chemical Process Industries*. Fifth Edition. New York: McGraw-Hill Book Co.
- [6] Herianto, E., & Arif, A. (n.d.). *Pelet Bijih Besi Berkarbon*.
- [7] Hidayat, A., Intan, E., & Putri, K. (2016). *di Kabupaten Cianjur*. 36, 567–576.
- [8] <http://www.tekmira.esdm.go.id>, diakses pada 9 September 2018
- [9] Iteratur, L. (2022). P RODUKSI B ESI DAN T ERAK T ITANIUM K ADAR T INGGI DARI K ONSENTRAT P ASIR B ESI ATAU T ITANOMAGNETIT : U LASAN. 2021, 119–133.



- [10] Oediyani, S., & Firdaus, E. (2018). Effect Of Time Resistance And Binder Against Cilacap Iron Sand Reduction. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 14(1), 63.
- [11] Pangestu, I., Atmadja, S., & Umardhani, Y. (2015). Reduksi Pasir Besi Pantai Sigandu Kabupaten Batang Menjadi Sponge Iron Menggunakan Burner Gas Asetilin. *Reduksi Pasir Besi Pantai Sigandu Kabupaten Batang Menjadi Sponge Iron Menggunakan Burner Gas Asetilin*, 3(2), 102–109.
- [12] Prabowo, H. (2011). *Bijih Besi*. 1–23.
- [13] Pusat Sumber Daya Geologi. 2014. Pasir Besi di Indonesia Geologi, Eksplorasi dan Pemanfaatan- nya. Pusat Sumber Daya Geologi, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [14] Suherman, I. (2015). Analisis teknoekonomi pengembangan pabrik peleburan bijih besi dalam rangka memperkuat industri besi baja di Indonesia. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 12(1), 23–44.
- [15] Zulhan, Z. (2013). Baja sebagai produk dari pengolahan paling banyak digunakan di dunia . Pada 2011 dan 2012 yang dipicu oleh oleh PT Krakatau Steel dan Gunung Steel Group . Selain itu , beberapa pabrik baru menggunakan teknologi EAF (electric arc akan teru. *Majalah Metalurgi*, 28(2), 105–120.