TUGAS AKHIR – TL184834

PEMULIHAN ELEMEN BERNILAI DAN ZAT BERBAHAYA DARI TERAK DALAM PROSES PEMURNIAN :REVIEW

RACHNANTA RIFKI APRIYANTO
NRP. 02511640000093

Dosen Pembimbing
Sungging Pintowantoro, Ph. D.
Yuli Setyorini, S.T., M.Phil., Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – TL 184834

PEMULIHAN ELEMEN BERNILAI DAN ZAT BERBAHAYA DARI TERAK DALAM PROSES PEMURNIAN :REVIEW

RACHNANTA RIFKI APRIYANTO
NRP. 02511640000093

Dosen Pembimbing
Sungging Pintowantoro, Ph. D.
Yuli Setyorini, S.T., M.Phill, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

FINAL PROJECT – TL 184834

VALUED ELEMENTS FROM SLAG ON THE PURIFICATION PROCESS :REVIEW

RACHNANTA RIFKI APRIYANTO
NRP. 02511640000093

Advisor
Sungging Pintowantoro, Ph. D.
Yuli Setyorini, S.T., M.Phil, Ph.D.

MATERIAL AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

(*This page is intentionally left blank*)

REVIEW PEMULIHAN ELEMEN BERNILAI DAN ZAT BERBAHAYA DARI TERAK DALAM PROSES PEMURNIAN

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
RACHNANTA RIFKI APRIYANTO
NRP 02511640000093

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D. ..... (Pembimbing I)
2. Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng ..... (Pembimbing II)

SURABAYA
Juli 2020

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

REVIEW PEMULIHAN ELEMEN BERNILAI DAN ZAT BERBAHAYA DARI TERAK DALAM PROSES PEMURNIAN

Nama : Rachnanta Rifki Apriyanto
NRP : 02511640000093
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing 1 : Sungging Pintowantoro, Ph. D.
Dosen Pembimbing 2 : Yuli Setyorini, S.T., M.Phil., Ph.D

Abstrak

Tingginya produksi besi yang dihasilkan dari konverter oksigen, yang mayoritas berupa sludge konverter dan air limbah dihasilkan setiap tahun berupa bahan limbah. Pemanfaatan limbah hasil konverter oksigen dalam bijih besi perlu dilakukan sebagai upaya pengurangan emisi dan mengurangi penggunaan air bersih. Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan menandai karakterisitik sludge konverter melalui uji EDX dan sinar-X (XRD). Hasil pengujian menujukkan bahwa besi oksida yang terkandung membungkus logam Fe dan pengotor lainnya (impurities).Pengaruh konsentrasi sludge konverter mulai pada granulasi hingga indeks sinter secara berurutan dipelajari dari beberapa jurnal yang dikaji mandiri. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa permeabilitas produk meningkat namun juga menurun, mencapai maksimum pada konsentrasi sludge konverter 40%. Perilaku perpindahan elemen berbahaya juga dipelajari. Salah satunya unsur Cl yang berperan penting dalam menghilangkan logam alkali. Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan pemanfataan sludge konverter pada sintering bijih besi, yang akan membantu mengurangi emisi besi pada industri baja.

Kata Kunci: ***Sludge konverter, bijih besi, konverter oksigen***

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

VALUED ELEMENTS FROM SLAG ON THE PURIFICATION PROCESS :REVIEW

Student Name : Rachnanta Rifki Apriyanto
NRP : 02511640000093
Department : Material and Metallurgical Engineering
Advisor 1 : Sungging Pintowantoro, Ph. D.
Advisor 2 : Yuli Setyorini, S.T., M.Phil,. Ph.D.

Abstract

High iron production is produced from oxygen converters, the majority of which are converter sludges and wastewater generated annually in the form of waste materials. Utilization of oxygen converter waste results in iron ore needs to be done as an effort to reduce emissions and reduce the use of clean water. This research was conducted quantitatively by marking the characteristics of the converter sludge through the EDX and X-ray (XRD) tests. The test results show that the iron oxide contained metal wrap and other impurities (impurities). The effect of the concentration of the converter sludge from granulation to the sintered index are sequentially studied from several independent study journals. The findings of this study indicate that the product permeability increases but also decreases, reaching a maximum at a 40% converter sludge concentration. Displacement behavior of dangerous elements is also studied. One of them is Cl which plays an important role in removing alkali metals. This study aims to propose the use of converter sludge in iron ore sintering, which will help reduce iron emissions in the steel industry

Keywords: ***Converter sludge, iron ore, oxygen converter***

(*This page is intentionally left blank*)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan skripsi yang berjudul “REVIEW PEMULIHAN ELEMEN BERNILAI DARI TERAK PADA PROSES PEMURNIAN” ini dapat diselesaikan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Perjalanan panjang telah penulis lalui dalam rangka perampungan penulisan tugas akhir ini. Banyak hambatan yang dihadapi dalam penyusunannya, namun berkat kehendak-Nyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini patutlah kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah Hariyanto dan Bunda Yuli Rachmawati tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang dan dukungan kepada penulis.
2. Kepada Bapak Sungging Pintowantoro, Ph.D dan Ibu Yuli Setyorini, S.T., M.Phil,. Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas segala bimbingan, ajaran, dan ilmu-ilmu baru yang penulis dapatkan selama penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Fakhreza Abdul S.T., M.T telah meluangkan waktu untuk membimbing sewaktu pembmbing tidak bisa.
4. Kepada kakak Rheiza tersayang yang telah memfasilitasi penyusunan tugas akhir hingga selesai.
5. Adika dan Dimas yang menemani pengerjaan tugas akhir dimanapun itu.
6. Kepada seluruh karyawan dan staff Departemen Teknik Material yang membantu melancarkan kegiatan studi belajar-mengajar di Departemen Teknik Material

7. Teman – teman Curenk yang telah menghibur selama penyusunan tugas akhir ini.
8. Hilman dan Fathi sebagai wadah curhat disaat penulis terhambat menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat. Penulis pun berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan semoga Allah SWT memberi lindungan bagi kita semua. Aamiin.

Surabaya, 26 Juli 2020
Penulis

Rachnanta Rifki Apriyanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN. Error! Bookmark not defined.
Abstrak.....**vii**
Abstract.....**ix**
KATA PENGANTAR.....**xi**
DAFTAR ISI .....**xiii**
DAFTAR GAMBAR.....**xv**
DAFTAR TABEL .....**xvii**
1 BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang.....1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 2
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA **3**
2.1 Blast Furnace 3
2.2 Tanur Oksigen (BOF) 4
2.3 Slag 6
2.3.1 Karakterisasi Slag 6
2.3.2 Pemanfaatan Slag 7
2.4 Sludge.....9
2.4.1 Karakterisasi Sludge 9
2.4.2 Pemanfaatan Sludge.....10
2.5 *Fire Refining*.....11
3 BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....**13**
3.1 Diagram Alir.....13
3.2 Bahan Penelitian 14
3.3 Metode Penelitian 14
3.4 Pengujian.....15
3.4.1 XRD.....15
3.4.2 EDX-SEM.....17
3.4.3 AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) 18
4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....**21**

4.1 Karakterisasi dari Coverter Sludge 21
4.1.1 Komposisi Kimia 21
4.1.2 Distribusi Ukuran 23
4.1.3 Kandungan pada Converter Sludge 25
4.2 Pengaruh Konsentrasi *Converter Sludge* pada Hasil Sinter 30
4.2.1 Mikrostruktur Hasil Sinter 30
4.2.2 Kualitas Hasil Sinter 34
5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 39
5.1 Kesimpulan 39
5.2 Saran 40
DAFTAR PUSTAKA 42
LAMPIRAN 49
UCAPAN TERIMA KASIH 51
BIODATA PENULIS 53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Review Jurnal 13
Gambar 3.2 Skema proses granulasi converter sludge 15
Gambar 3.3 Skema proses sintering 15
Gambar 3.4 Instrumen XRD 16
Gambar 3.5 Instrumen EDX 17
Gambar 4.1 Distribusi Ukuran Converter Sludge (Das et al,2007) 23
Gambar 4.2 Komposisi Kimia sludge konverter 23
Gambar 4.3 Distribusi ukuran sludge konverter (a) Fraksi kasar (b) Fraksi halus 25
Gambar 4.4 Mikrostruktur Converter Sludge 26
Gambar 4.5 Hasil pengujian XRD (a) fraksi halus (b) fraksi kasar 27
Gambar 4.6 Mikrostruktur persebaran komposisi Sludge Converter dari hasil SEM-EDX 30
Gambar 4.7 Mikrostruktur hasil sinter dengan menggunakan Converter Sludge (a) 0% (b) 7% (c) 15% (d) 20% (e) 25 % (f) 30% (g) 35% (h) 40% 33
Gambar 4.8 Hasil sinter dengan pengaruh penambahan Converter Sludge (a)Temperatur gas buang (b)Tingkat sinter vertikal (c) Yield (d) Kekuatan Gelas 36

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia dari Slag LD 6
Tabel 2.2 Distribusi Unsur dan Ukuran yang Diterima 10
Tabel 3.1 Analisis komposisi kimia bahan baku.....14
Tabel 3.2 Komposisi Sludge proses pembuatan baja 14
Tabel 4.1 Komposisi kimia dan kualitas (Shao, 2019)....21
Tabel 4.2 Komposisi kimia converter sludge 22

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses peleburan bijih logam merupakan sumber utama dalam produksi bahan-bahan berbahan dasar besi. Besi sekarang adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan pada dunia industri yang merupakan dampak dari pertumbuhan ekonomi. Untuk membuat suatu diperlukan juga kandungan nikel sebagai salah satu campuran atau paduan dalam baja tersebut. Di negara Cina banyak perusahan perushaan pengolahan besi yang menghasilkan limbah hasil blast oxygen furnace (converter) yang tidak diolah. Di Indonesia sendiri sedang tidak berhenti mengambangkan pengelolahan bijih besi dan nikel. Salah satu perusahaan yang mengelola bijih besi dan nikel adalah PT. ANTAM Tbk. yang memiliki beberapa pabrik produksi di Indonesia dengan menetapkan kadar batas kandungan produk untuk diproduksi.(Syamsul,2017). Produksi besi duni mencapai 1.808 juta ton pada tahun 2018, data tersebut meningkat sebesar 112,7% dari tahun 2000. Besi merupakan bahan yang dapat didaur ulang dengan baik karena dapat dapat digunakan ulang dengan cara merubah bentuk, mengurangi bahan sesuai dengan kebutuhan dengan menerapkann prinsip “reduce, reuse, recycle”. Produk daur ulang sangat disukai dengan permurnian yang tepat. Dengan cara ini pula dapat melestarikan sumber daya yang tidak terbarukan. Berbagai macam cara dapat dilakukan untuk mengambil bahan-bahan yang masih dapat digunakan setelah proses tungku pembakaran. Salah satunya dapat menggunakan *sludge* / lumpur coverter untuk mengoptimalisasi bahan yang digunaka dalam proses pembuatan baja. Review penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan sludge converter yang ditambahkan pada proses pembuatan baja dengan menganalisa

komposisi kimia, mikrostruktur dan distribusi ukuran pada hasil sintering.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan Latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah bagaimana pengaruh pemanfaatan *sludge converter* dalam recovery kandungan bernilai pada proses pemurnian?

1.3 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode yang digunakan hanya melalaui metode pemurniaan reduksi, membuat peneliti selanjutnya terbatasi oleh satu metode

2. Review ini membahas slag dan sludge secara umum pada proses permurnian besi.

3. Komposisi sludge yang digunakkan dianggap sama pada setiap peletisasi sinter

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk Menganalisis komposisi kimia, mikrostruktur, dan distribusi ukuran hasil sintering pada penambahan hasil recovery *sludge converter*.

1.5 Manfaat Penelitian

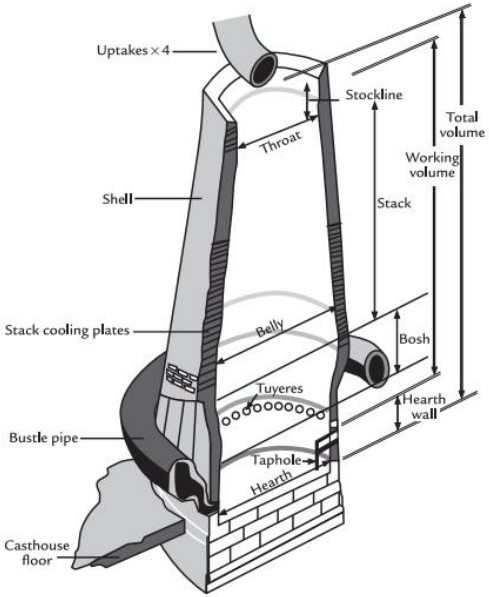
Pengamatan ini bermanfaat untuk mengetahui hasil penambahan sludge converter pada recovery elemen berharga proses fire refining dengan membandngkan hasil proses tersebut dengan proses tanpa penambahn sludge converter.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Blast Furnace

Tungku pembakaran besi biasanya memiliki poros vertikal tinggi. Tujuan utama tungku pembakaran adalah untuk memproduksi besi cair dari bijih besi untuk produksi baja cair yang biasa disebut *pig iron* (bongkahan). Bijih oksida Fe padat (hematit, Fe2O3), kokas (87-91% karbon), dan fluks dibebankan ke bagian atas blast furnace. Paduan besi cair, pada pembakaran 1500℃, 94,5% Fe, 4,5% C, dan 1% [Si+Mn], dilemparkan dari perapian bersama dengan lelehan dan terak oksida yang kaya dengan kotoran. Udara bertekanan tinggi ditiup ke dalam tungku ledakan melalui tuyer – tuyer, membakar kokas, dan menyuntikkan bahan bakar untuk menciptakan panas yang dibutuhkan untuk mencium bijih besi dan fluks. Pada Gambar 2.1 merupakan bagian potong dari tungku pembakaran. Gas yang dihasilkan naik dengan cepat melalui bahan muatan tungku juga dikenal sebagai beban. Beban dipanaskan, Fe oksida direduksi menjadi Fe, dan bahan padat dilebur dan dikumpulkan di perapian. Molten produksi besi biasanya 4.000 12.000 ton per blast furnace per hari. Proses ini berkelanjutan dan beroperasi dengan ketersediaan yang sangat tinggi, biasanya lebih dari 95% dari waktu yang tersedia.

Pada 2016, 94% pengurangan bijih besi dunia dilakukan di blast furnace. Pengingat dilakukan oleh pengurangan kondisi padat yang dikenal sebagai Pembuatan Besi Pengurangan Langsung (Direct Reduction). Blast furnace menggunakan karbon dalam kokas untuk mengurangi Fe pelet oksida, sinter, dan bijih yang dihancurkan menjadi besi metalik. Dalam buku ini, reduksi berarti penghapusan oksigen (O) dari oksida besi. Ledakan itu tungku menghasilkan paduan besi cair pada 1500℃.



Gambar 2.1 Bagian potongan blast furnace

Fe oksida dan kokas dibebankan ke bagian atas tanur pembakaran pada tekanan tungku dan dalam lapisan terpisah. Besi cairnya disadap dari dasar tungku ke ladle dikenal sebagai ladle torpedo. Itu segera dikirim cair ke toko pembuatan baja. Terak oksida cair dan kaya pengotor produk sampingan disadap dengan besi cair, segera dipisahkan di luar tanur sembur, dipadatkan, dan dijual sebagai agregat jalan atau untuk digunakan pada produksi semen.

2.2 Tanur Oksigen (BOF)

Ada beberapa cara umum dalam melakukan suatu proses pembuatan baja. Cara yang pertama dalam produksi baja yaitu meggunakan bijih besi sebagai bahan baku utama. Yang kedua bisa melalui proses Direct Reduction (DR) dan electric Arc Furnace (EAF). Dua proses terakhir memerlukan odal jauh lebih sedikit daripada blast furnace dan blast oxygen furnace yang perlu

melibatkan skrap baja dan bijih besi dan dimurnikan dalam proses electric arc furnace (EAF) (Wei et al., 2017).

Proses Blast Oxygen Furnace ada dalam bagian primer produksi baja, yang juga menggabungkan proses blast furnace. Didalam blast furnace bijih besi, batu kapur, dan bahan bakar dicampur dan disuplai secara terus-menerus melalui bagian atas tungku, sementara udara panas dipaksa untuk masuk ke bagian bawah furnace (Van der Fliet, 2009). Produk akhir dari proses ini adalah besi logam cair berupa terak yang masih bercampur, yang mana setelah BF imasukkan ke dalam blast oxygen furnace dan yang terakhir dikelompokkan sebagai limbah atau produk sampingan (side-product). Jika dalam suatu baja mengandung karboon terlalu tinggi dapat mengakibatkan cacat seperti inklusi dan lubang sembur (blowholes) selama proses solidifikasi, maka dari itu proses BOF adalah penting dalam pembuatan baja karena mennurunkan kandungan karbon pada paduan lelehan dan mengubah material menjadi baja karbon rendah. Blast Oxygen Furnace (BOF) pada dasarnya adalah konverter dimana panas dihasilkan secara internal oleh oksidasi kotoran yang berada dalam terak cair. Saat terak cair, juga dilakukan penambahan oksigen kedalamnya, hal ini bertujuan untuk membentuk oksida besi dan karbon monoksida. Tingkat temperatur dan jumlah panas yang dihasilakan di dalam tungku ditentukan oleh laju oksidasi unsur logam dan temperatur besi leleh yang diterima dai proses blast furnace.(Remus & Roudier,2010)

Dikarenakan meningkatnya jumlah skrap besi, skrap-skrap tersebut terkadang ditambahkan kedalam BOF, memanfaatkan biaya 20%-30% dari biaya total (Masoudi,2017). Batu kapur dan fluks lain ditambahkan kedalam tungku untuk membentuk terak yang mengandung kotoran atau bahan tidak diperlukan untuk dikeluarkan dari logam cair. Pada akhir proses blast oxygen furnace baja cair dan terak membentuk suatu lapisan tidak bercampur yang dipisahkan kemudian di *tap*. Setelah *tapping* kemudian dipadatkan dan diproses cor lalu dikirim ke tempat pembuangan atau penyimpanan (Ndlovu, 2017). Komposisi logam

panas dari proses blast furnace , skrap logam yang ditambahkan dan reaksi kimia yang terjadi selama siklus blast oxygen furnace berpengaruh dalam menentukan komposisi terak serta jumlah yang diproduksi.

2.3 Slag

2.3.1 Karakterisasi Slag

Di India generasi slag peleburan baja lebih dari 2 MT per tahun. Jumlah terak baja dari berbagai industri baja adalah 150-200 kg / ton baja diproduksi. Terak dalam jumlah besar dari pabrik baja diproduksi melalui tungku dan oksigen dasar tungku LD. Tujuan utama proses LD adalah untuk mengubah besi dan baja kasar cair menjadi baja berkualitas tinggi.

Komposisi kimia dari sampel terak LD khas yang dihasilkan di pabrik baja ditunjukkan pada Tabel 2.1. Komponen utama adalah Fe, CaO, dan SiO2. Tingginya kandungan CaO di terak dapat digunakan untuk menggantikan sebagian batu kapur sebagai bahan fluks untuk mengurangi besi pada baja membuat biaya. Banyak pabrik baja di Dunia menggunakan terak LD sebagai pengganti batu kapur.

Tabel 2.1 Komposisi kimia dari Slag LD

Constituents	Percent	
	Sample 1	Sample 2
SiO_2	12.16	12.0
Al_2O_3	1.22	1.58
FeO	26.30	27.89
CaO	47.88	50.0
MnO	0.28	–
MgO	0.82	1.50
P_2O_5	3.33	3.35
S	0.28	0.30
LOI	7.54	–
Na_2O	0.036	–
K_2O	0.071	–

Selain karakteristik fluks LD terak, pemulihan nilai logam dari Terak dilakukan dengan berbagai teknik. Teknik reduksi peleburan

diterapkan untuk pemulihan logam mulia seperti vanadium dan kromium dari terak LD menggunakan sebuah Tungku Tamman. Tingkat metalisasi terak adalah 98% pada 1600 ◦C pada 30 menit waktu (Park et al., 1994). Terak juga direduksi dalam tanur listrik untuk memisahkan terak dan logam. Pemulihan nilai logam dari terak baja dilakukan dengan penambahan kecil jumlah aditif mineral ke dalam slag cair diikuti dengan kristalisasi slag. Itu aditif bertindak sebagai inti untuk kristalisasi dikalsium silikat dalam terak (Weiss et al., 1987). Pemecahan terak menghasilkan 65–80% kerak dan 10–15% chip.

2.3.2 Pemanfaatan Slag

Terak LD dapat digunakan di banyak bidang seperti kondisioner tanah, pupuk, pemulihan nilai logam, dll. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan slag LD yang dihancurkan untuk tumbuh sayuran seperti tomat, kentang, bawang, bayam, dan tanaman seperti gandum, di tanah asam (Maslehuddin et al., 2003). Hasilnya menunjukkan bahwa dengan menambahkan konsentrasi terak antara 1,5 dan 5,0 t / ha, sesuai dengan jenis tanah dan penggunaan pertaniannya, dimungkinkan untuk mencapai peningkatan proporsional dalam pH tanah serta perubahan pada kompleks pertukaran. Hasilnya adalah peningkatan kualitas dan produktivitas tanah. Produksi pupuk dari baja memproduksi produk sampingan seperti terak LD, dolomit semi terkalsinasi, dan amonium sulfat.

Pemanfaatan sebagai material pada proses sinter, Terak baja dengan kandungan CaO di atas 50% dapat digunakan sebagai bahan peremaja bijih sinter, sebagian menggantikan jeruk nipis komersial. Penambahan terak dapat meningkatkan kualitas, mengurangi konsumsi bahan bakar akibat panas pembebasan reaksi oksidasi Fe dan FeO, dan mengurangi biaya bijih sinter (Liu, 1994). Lebih dari 56% dan 24% dari slag baja yang diproduksi telah digunakan sebagai bahan sinter di Amerika Serikat dan Jerman (Jiang, 2002). Di Cina, Baoshan Iron and Steel Group (Bao Steel) mulai menggunakan kembali slag baja untuk sintering pada

tahun 1996, sekarang memiliki jumlah penggunaan kembali yang stabil sebesar 15.000 ton (Zhang G, 2006). Perusahaan Besi dan Baja Lianyuan (Lianyuan Steel) telah memanfaatkan slag baja sebagai material sinter sementara dalam beberapa tahun terakhir jumlah sintering telah menurun karena peningkatan kandungan fosfor dalam bijih besi dan logam panas atau penurunan CaO dan Kandungan Fe dalam terak baja (Zeng, 2007)

Pemanfaatan slag sebagai bahan kontruksi, Guo dan Khater mengaplikasikan slag baja ke dalam pembuatan keramik kaca. Zhang percaya slag baja merupakan bahan potensial untuk produksi keramik. Shih, dkk. menemukan bahwa yang sesuai penambahan slag baja dapat menurunkan temperatur pembakaran yang dibutuhkan batako. Untuk perusahaan baja, Baja Wuhan menggunakan slag baja untuk menghasilkan batu bata dan ubin pavior berwarna (Chen MZ, 2010). Baja Lianyuan menemukan *steel slag baking free load-bearing tile* (Zeng, 2007). Pada tahun 2010, standar nasional Cina 'Terak baja untuk bata berlubang beton dan bata pavior beton 'dikeluarkan.

Terak baja memliki kekuatan dan daya tahan yang tinggi, dapat diproses menjadi agregat yang berkualitas tinggi sebanding dengan agregat alam. Kepadatan curah tinggi, tingkat kekuatan tinggi dan abrasi dan juga tekstur kasar slag baja memenuhi syarat sebagai bahan konstruksi untuk hidrolik dengan tujuan rekayasa. Di Jerman, sekitar 400.000 ton per tahun digunakan sebagai agregat untuk stabilisasi para bankir dan dasar sungai melawan erosi (Motzh H, 2001). Asosiasi Terak Nippon di Jepang sudah ada sejak 1993 terlibat dalam penelitian teknologi aplikasi untuk penggunaan slag pembuatan baja sebagai bahan untuk tanah perbaikan dalam pembangunan pelabuhan dan landasan pelabuhan. Dan pada tahun 2008 menerbitkan Guide to the use in port and Huang Yi et al. Pembangunan Pelabuhan. Perusahaan baja JFE di Jepang membuat terumbu buatan untuk kayu laut / karang pemuliaan (blok laut) menggunakan terak baja berkarbonasi. Terumbu buatan menunjukkan stabilitas tinggi dalam air laut karena terdiri dari CaCO3, seperti cangkang dan karang, dan mereka bertindak

sebagai habitat perkembangbiakan yang bagus untuk rumput laut dan karang. Di Cina, Xu membuat blok pelindung beton untuk proyek pantai laut, sebagian mengganti pasir dengan terak baja dan semen dengan bubuk terak halus, dan balok beton memiliki telah diterapkan secara praktis di pekerjaan reklamasi pantai laut Cina Timur dan proyek pelabuhan Luchao. Li (2005) menyiapkan beton terumbu buatan kekuatan tinggi dengan terak tungku tinggi butiran 79%, terak baja 15%, 5% gipsum desulfurisasi gas buang dan 1% campuran sebagai bahan semen dan butiran terak baja sebagai agregat halus dan kasar.

2.4 Sludge

2.4.1 Karakterisasi Sludge

Partikel padat halus pulih setelah pembersihan basah gas yang muncul dari konverter LD dalam bentuk lumpur disebut sebagai lumpur LD. Selama proses ini tungku memancarkan sangat partikel oksida besi halus yang dikeluarkan dari gas limbah dengan proses penggosokan basah. Limbah ini dapat mengandung CaO, Zn, Pb, dll. Tingkat tinggi tergantung pada jenis batu kapur dan bahan kimia skrap yang digunakan selama proses pembuatan baja. Di pabrik baja, tingginya kadar air lumpur LD (35-40%) merupakan hambatan utama dalam daur ulang ke sinter menanam. Ini menjadi lengket dan membentuk gumpalan setelah lama terpapar ke atmosfer. Oleh karena itu, lumpur LD harus dikeringkan secara optimal dan dapat ditangani sebelum didaur ulang. Untuk memenuhi persyaratan lingkungan yang ketat, baja menjadi penting tanaman untuk mengembangkan proses daur ulang bahan limbah ini. Lumpur mengandung cukup banyak jumlah besi dan kapur dan karena itu sangat cocok untuk daur ulang di pabrik yang disinter.

Tabel 2.2 Distribusi Unsur dan Ukuran yang Diterima

Size (μm)	wt.%	Fe (%)	Acid Ins (%)	CaO (%)
+1000	9.8	65.34	0.79	9.75
+500	12.9	63.7	0.40	9.0
+300	4.0	65.34	0.58	8.75
+150	4.4	62.82	0.80	9.5
+75	0.5	61.9	1.21	13.0
+45	6.8	63.38	1.29	10.0
−45	61.6	64.2	0.69	9.5
Head	100	64.16	0.71	8.62

Reduksi karbotermik lumpur tanpa penambahan batubara di bawah atmosfer nitrogen untuk konversi menjadi besi metalik telah dilaporkan. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan rasio berat lumpur, ukuran sampel padat, kandungan karbon, kepadatan sampel padat atau suhu reaksi dapat meningkatkan laju reduksi (Chen et al., 1992). Namun untuk penggunaan langsung jenis briket atau pelet lumpur ini penting untuk menggumpalkan denda.

2.4.2 Pemanfaatan Sludge

Untuk memaksimalkan penggunaan LD sludge dalam pembuatan sinter, pra peletisasi lumpur LD sangat penting. Uji coba pabrik percontohan berhasil menunjukkan kelayakan daur ulang juta ton debu dan lumpur pabrik baja yang sekarang biasanya diisi tanah, dan biasanya mengubahnya menjadi produk yang berguna, yaitu, logam panas untuk produksi baja, mentah kaya seng
bahan untuk industri logam nonferrous, dan slag untuk road bed dan produksi semen. Uji coba pabrik percontohan dan studi kelayakan selanjutnya menunjukkan bahwa limbah pabrik baja oksida dapat dicairkan dengan cara yang ramah lingkungan untuk pengembalian investasi yang menarik (Sarma et al., 1996).

Reduksi karbotermik lumpur tanpa penambahan batubara di bawah atmosfer nitrogen untuk konversi menjadi besi metalik telah dilaporkan. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan rasio berat lumpur, ukuran sampel padat, kandungan karbon, kepadatan

sampel padat atau suhu reaksi dapat meningkatkan laju reduksi (Chen et al., 1992). Namun untuk penggunaan langsung jenis briket atau pelet lumpur ini penting untuk menggumpalkan di proses akhir.

Studi aglomerasi yang dilakukan di Laboratorium Riset Regional menunjukkan bahwa, Lumpur LD seperti itu tidak memberikan kekuatan yang cukup pada briket. Bagaimanapun memungkinkan untuk mendapatkan kekuatan hijau membuat briket memiliki kekutan tarik yang memadai serta kekuatan penghancur untuk mendaur ulang di pabrik dengan menggunakan lumpur LD yang dikombinasikan dengan skala pabrik. Kombinasi pengikat memainkan peran penting dalam pembentukan aglomerat. Agar memiliki kekuatan hijau yang cukup untuk pembuatan pellet dibutuhkan minimal 2% kapur dan 6% bahan pengikat organik. Studi pelet dengan membedakan jumlah pengikatnya ditunjukkan pada tabel Pengeringan pelet pada suhu 110℃ selama 1 jam, menyebabkan kekuatan penghancuran pelet meningkat pesat. Proses tersebut juga diamati bahwa sekitar 8–9% pengikat anorganik diperlukan untuk membuat pelet.

Tabel 2.3 Studi peletisasi sludge konverter

Serial no.	Organic binder (%)	Lime (%)	Inorganic binder (%)	Green strength (no. of drops)	Crushing strength (kg/pellet)	
					Naturally cured	Dried
1.	3	1	6	2	1.25	3.1
2.	6	2	6	2	6	10.9
3.	6	2	8	5	12.2	31

2.5 *Fire Refining*

Fire refining adalah proses dengan tujuan menghilangkan sulfur dan oksigen didalam konverter atau *furnace* dalam dua tahap : tahap pertama Sulfide dioksidasi menjadi uap oksida dengan udara. Tahap kedua adalah menghilangkan oksigen yang berikatan dengan metal menggunakan gas hidrokarbon (Havlik,2008). Salah satu teknik *Fire Refining* juga dilakukan pada Industri tembaga yang menggunakan konverter *Pierce-Smith* (Gambar 2.5) yang

menghilangkan sulfur dan oksigen pada *blister* tembaga. Yaitu dengan cara menembakkan udara O_2 untuk oksidasi dan bahan bakar hidrokarbon seperti LPG untuk reduksi (Davenport,2002).

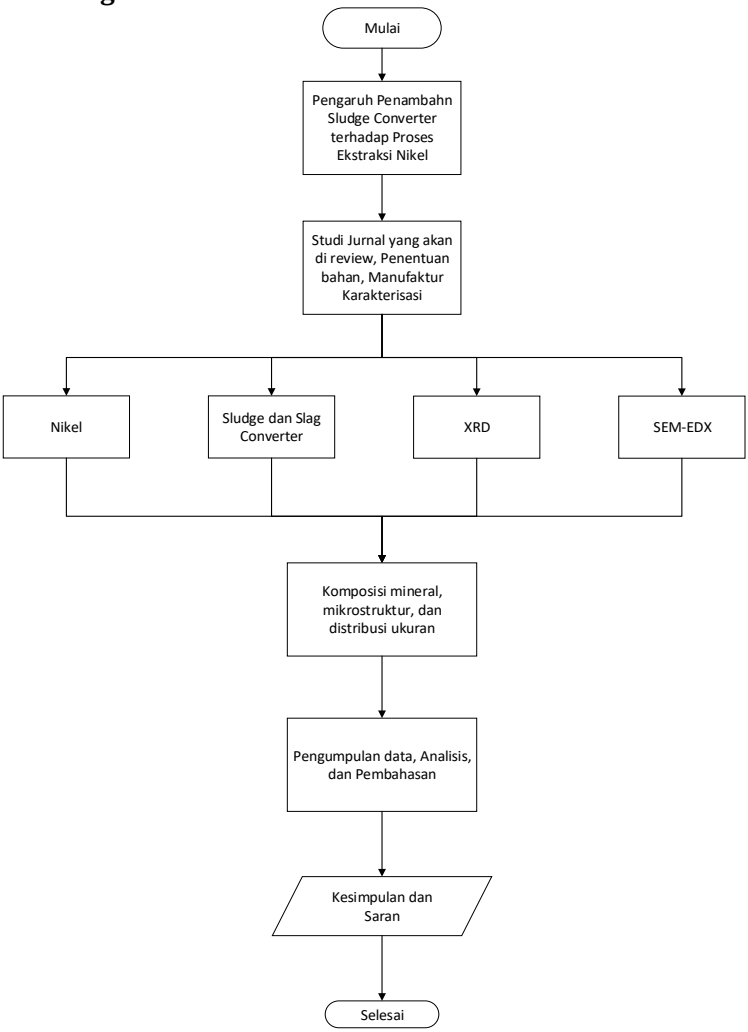
Menurut suhu leleh dan volatilisasi yang berbeda logam, pemisahan logam dari banyak mineral dengan reduksi adalah metode ekstraksi yang umum. Karena itu, oksigen berpotensi oksida yang berbeda dalam CS adalah fondasi penting untuk menentukan reaksi. Pada suhu konstan, nilai PO2 yang rendah berarti rendah potensi oksigen oksida, energi bebas Gibbs rendah Δr Gm ∅, dan tinggi stabilitas oksida (Marcus, 1991; Mondal et al., 2004). Gibbs standar energi bebas dapat digunakan sebagai standar untuk menilai stabilitas relatif oksida, yang dapat dinyatakan sebagai Persamaan (1)

$$\Delta r G_m^{\emptyset} = \Delta_r H_m^{\emptyset} - T \Delta_r S_m^{\emptyset} \quad (1)$$

$\Delta_r H_m^{\emptyset}$ dan $\Delta_r S_m^{\emptyset}$ mewakili nilai rata-rata perubahan dalam entalpi dan perubahan dalam entropi, masing-masing. $\Delta_r H_m^{\emptyset}$ dan $\Delta_r S_m^{\emptyset}$ sangat lemah pada suhu atau perubahan secara kasar diimbangi oleh satu sama lain, dan mereka dapat dikenali sebagai konstanta

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir Review Jurnal

3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan sebagai data penelitian ini didapatkan melalui proses sintering oleh perusahan di Cina. Pada Tabel 3.1 menunjukkan komposisi kimia dari *ore* dan fluks yang digunakan dalam proses. Hasil komposisi tersebut didapatkan dengan melakukan uji komposisi dan flourensasi x-ray (XRF).

Tabel 3.1 Analisis komposisi kimia bahan baku

Material	TFe	FeO	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	MnO	S	P	K_2O	Na_2O	Zn
Ore 1	61.7	0.28	0.11	0.12	2.94	2.33	0.33	0.04	0.35	0.04	0.04	0.002
Ore 2	58.4	0.42	0.10	0.19	4.31	2.87	0.21	0.04	0.34	0.03	0.03	0.002
Ore 3	57.1	0.38	0.26	0.16	1.69	2.94	0.06	0.02	0.13	0.03	0.03	0.003
Ore 4	61.4	0.56	0.12	0.10	1.41	2.22	0.07	0.01	0.15	0.04	0.04	0.003
Ore 5	65.4	0.70	0.13	0.09	2.76	0.99	0.29	0.03	0.27	0.04	0.03	0.003
Ore 6	63.0	0.56	0.18	0.27	3.41	2.89	0.43	0.06	0.26	0.02	0.01	0.003
Ore 7	66.0	26.9	0.31	0.96	0.44	4.05	0.04	0.09	0.03	0.12	0.04	0.001
Ore 8	67.4	27.1	1.51	4.26	0.48	2.09	0.06	0.35	0.03	0.01	0.02	0.005
Sinter return fines	57.9	5.91	7.06	1.15	2.51	3.14	0.35	0.19	0.26	0.12	0.11	0.050
Steelmaking slag	45.5	32.7	29.83	5.28	3.36	11.41	2.09	0.27	1.42	0.07	0.35	0.007
Quick-lime	–	–	71.00	2.20	1.40	3.01	–	–	–	0.23	0.13	0.01
Dolomite	–	–	43.50	22.00	1.10	3.43	–	–	–	0.21	0.11	0.01

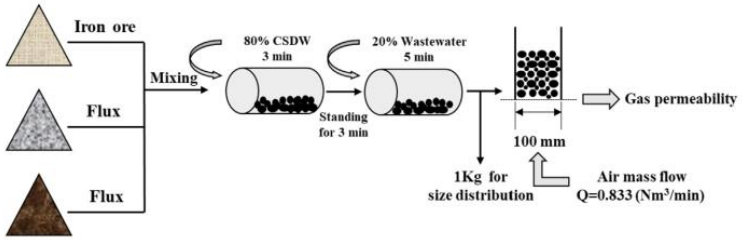
Pada Tabel 3.2 menjelaskan komposisi dari *sludge* yang dihasilkan dari proses pembuatan baja di Cina. Dengan melakukan percobaan menggunakan variabel tertentu (0%, 15%, 25%, 30%, 40%, 50%)

Tabel 3.2 Komposisi Sludge proses pembuatan baja

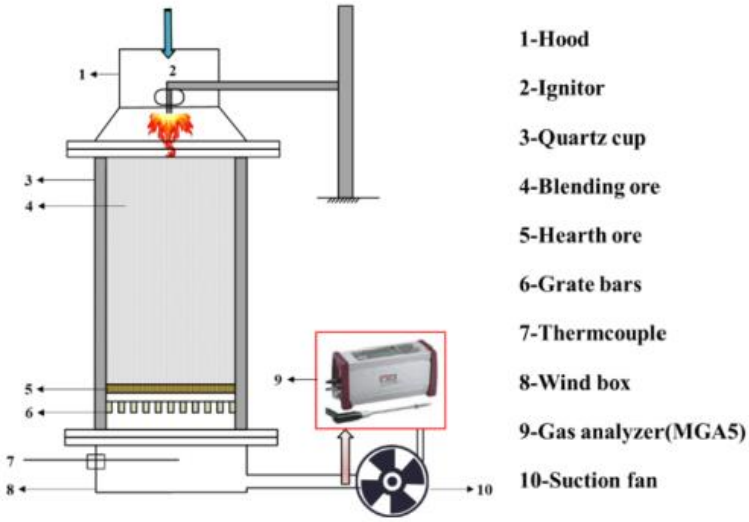
Ash composition							Proportion
SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO	Fe_2O_3	SO_2	P	
45.00	30.00	4.00	0.60	15.4	4.49	0.51	4.00

3.3 Metode Penelitian

Metode reduksi meggunakan oksigen, oksigen berpotensi oksida yang berbeda dalam sludge konverter adalah fondasi penting untuk menentukan reaksi. Pada suhu konstan, nilai PO2 yang rendah berarti rendah potensi oksigen oksida, energi bebas Gibbs rendah



Gambar 3.2 Skema proses granulasi converter sludge



Gambar 3.3 Skema proses sintering

3.4 Pengujian

3.4.1 XRD

Untuk mengetahui struktur kristal dan senyawa secara kualitatif dilakukan pengujian X-Ray Diffraction (XRD) dari

sampel hasil reduksi dengan menggunakan alat XRD PAN Analytical. Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar-X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum sinar X memiliki panjang gelombang 103 - 10 nm, berfrekuensi 1017 - 1020 Hz dan memiliki energi 103 - 106 eV. Panjang gelombang sinar-X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal. XRD digunakan untuk menentukan ukuran kristal, regangan kisi, komposisi kimia dan keadaan lain yang memiliki orde yang sama. Alat yang digunakan untuk uji XRD PAN Analytical ditunjukkan seperti pada Gambar 3.10. XRD yang dipakai adalah XRD Teknik Material dan Metalurgi FTIRS ITS.

Gambar 3.4 Instrumen XRD

3.4.2 EDX-SEM

Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy atau EDX adalah suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa elemen atau karakteristik kimia dari suatu sampel. Prinsip kerja dari alat ini adalah metode spektroskopi, dimana elektron ditembakkan pada permukaan sampel, yang kemudian akan memancarkan X-Ray. Energi tiap-tiap photon X-Ray menunjukkan karakteristik masingmasing unsur yang akan ditangkap oleh detektor EDX, kemudian secara otomatis akan menunjukkan puncak-puncak dalam distribusi energi sesuai dengan unsur yang terdeteksi. Hasil yang didapatkan dari pengujian EDX adalah berupa grafik energi (KeV) dengan counts. Dari data grafik tersebut kita bisa melihat unsur- unsur yang terkandung di dalam suatu sampel beserta persentasenya. Alat yang digunakan untuk uji EDX ditunjukkan seperti pada Gambar 3.9 EDX yang dipakai adalah EDX di Teknik Material dan Metalurgi FTIRS ITS

Gambar 3.5 Instrumen EDX

3.4.3 AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)

Metode AAS berprinsip pada absorbsi cahaya oleh atom. Pada awalnya atom yang tidak diberikan energi berada dalam keadaan stabil (Ground State), ketika diberikan energi, atom – atom akan berubah konfigurasinya dan menyebabkan menjadi tidak stabil (excited state). Atom-atom menyerap cahaya yang ditembakkan oleh sumber cahaya dengan panjang gelombang tertentu, dan kemudian elekton yang terkena energi cahaya tersebut akan meninggalkan atom tergantung pada jenis unsurnya. Detektor akan mengukur panjang gelombang yang ditransmisikan oleh spesimen dan membandingkannya dengan panjang gelombang yang sebelumnya. Dengan absorpsi energi, berarti memperoleh lebih banyak energi, suatu atom pada keadaan dasar dinaikan tingkat energinya ketingkat eksitasi. Hasil dari pengujian AAS adalah berupa grafik antara absorbansi vs konsentrasi. Keberhasilan analisis ini tergantung pada proses eksitasi (Beralih ke tingkat energi yang lebih tinggi) dan memperoleh garis resonansi yang tepat. Alat pengujian AAS bisa dilihat pada Gambar 3.6. Pengujian AAS diperlukan untuk mengetahui beberapa kadar unsur-unsur berharga didalam sludge konverter.

Gambar 3.6 Alat Pengujian AAS

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi dari Coverter Sludge

4.1.1 Komposisi Kimia

Seperti yang dirangkum dalam Tabel 4.1, sludge konverter memiliki kandungan Cl yang tinggi (909,1 mg / L) dan Ca (43,76 mg / L). Kekerasan ini relatif tinggi, mencapai 380 mg / L dengan PH 11,8. Bahan kimia Komposisi sludge konverter diilustrasikan pada Tabel 4.2 Hasil menunjukkan bahwa komponen utamanya adalah FeO, CaO, SiO2, MgO, ZnO, Al2O3 dan MnO. Karena tingginya kadar Fe (49,67%) dan konten CaO (25,45%), sludge konverter bisa menjadi bahan baku yang sangat baik di industri besi dan baja. Dapat disimpulkan bahwa kandungan Al2O3 dan TiO2 adalah jauh lebih rendah di sludge konverter daripada di bijih besi, yang membuatnya menjadi bahan mentah yang sangat baik bahan untuk pembuatan besi dan pembuatan baja. Namun, sludge konverter berisi zat berbahaya tingkat tinggi, seperti ZnO (2,81%), K2O (0,19%), dan Na2O (0,18%)

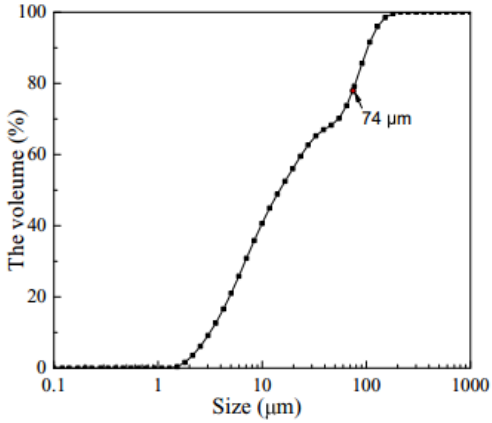
Tabel 4.1 Komposisi kimia dan kualitas (Shao, 2019)

Material	TFe	FeO	CaO	MgO	Al_2O_3	SiO_2	MnO	S	P	K_2O	Na_2O	Zn
Ore 1	61.7	0.28	0.11	0.12	2.94	2.33	0.33	0.04	0.35	0.04	0.04	0.002
Ore 2	58.4	0.42	0.10	0.19	4.31	2.87	0.21	0.04	0.34	0.03	0.03	0.002
Ore 3	57.1	0.38	0.26	0.16	1.69	2.94	0.06	0.02	0.13	0.03	0.03	0.003
Ore 4	61.4	0.56	0.12	0.10	1.41	2.22	0.07	0.01	0.15	0.04	0.04	0.003
Ore 5	65.4	0.70	0.13	0.09	2.76	0.99	0.29	0.03	0.27	0.04	0.03	0.003
Ore 6	63.0	0.56	0.18	0.27	3.41	2.89	0.43	0.06	0.26	0.02	0.01	0.003
Ore 7	66.0	26.9	0.31	0.96	0.44	4.05	0.04	0.09	0.03	0.12	0.04	0.001
Ore 8	67.4	27.1	1.51	4.26	0.48	2.09	0.06	0.35	0.03	0.01	0.02	0.005
Sinter return fines	57.9	5.91	7.06	1.15	2.51	3.14	0.35	0.19	0.26	0.12	0.11	0.050
Steelmaking slag	45.5	32.7	29.83	5.28	3.36	11.41	2.09	0.27	1.42	0.07	0.35	0.007
Quick-lime	–	–	71.00	2.20	1.40	3.01	–	–	–	0.23	0.13	0.01
Dolomite	–	–	43.50	22.00	1.10	3.43	–	–	–	0.21	0.11	0.01

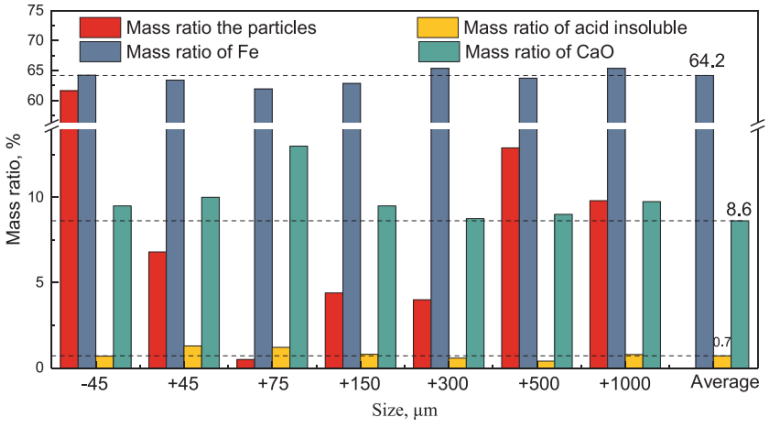
Tabel 4.2 Komposisi kimia converter sludge

Typical chemical compositions of CS (wt. %).														
Source	TFe	FeO	SiO2	CaO	Al2O3	MgO	S	P	C	ZnO	PbO	TiO2	K2O+Na2O	MnO
(Wu et al. (2012))	53,80	22,80	1,50	14,42	0,15	4,56		0,09		0,81				0,86
Marcos et al. (Cantarino et al., 2012)	50,65	50,37	0,43	5,85		2,48			1,116	5,44	0,07			
Cheng Steel (Hu, 2010)	59,82	70,54	2,01	9,60	0,81	2,44	0,15	0,02				0,193		
Xiangsteel (Zhi-hong, 2006)	51,96	65,71	5,30	10,90	1,83	5,20	0,15	0,12	3,74	3,71	0,14			
(Xia et al. (2015))	53,30	48,11	2,45	12,60		6,32			3,00	0,05	0,01		0,86	
(Zhang et al. (2013))	65,34	52,05	1,66	22,30	0,36	6,41		0,08		1,31				0,764
Karimian et al.(Karimian, 2012)	44,30	19,22	1,30	6,12	0,10	0,24	0,13	0,12		0,03			0,50	1,02
(Lan et al. (2007))	50,5	54,17	3,7	16,6	0,5	5,5	0,15							0,5
Maxteel (Li, 2005)	42,71	52,05		19,92	0,60	4,20	0,18	0,06						
Baosteel (Li, 2005)	48,59	12,79		9,23	1,17	4,44			4,20	3,00	1,11			
Xinsteel (Li, 2005)	48,84	18,77		11,58	1,01	5,89	0,34	0,08	2,01					
Listeel (Li, 2005)	55,36	50,37		4,63	2,02	6,61			3,01	0,47	0,40			
Tangsteel (Li, 2005)	50,76	54,17		9,58	0,83	1,23	0,10	0,07						
Anmsteel (Li, 2005)	56,46	48,11		12,00	0,87		0,11	0,08	3,51	0,09	0,43			
Jisteel (Li, 2005)	55,99	22,80		12,30	0,70	1,13	0,01	0,03	0,15					
(Ren et al. (1998))	50,81	44,48	1,76	16,05	0,36	2,98	0,12	0,03		0,16				0,64
(Gao et al. (2010))	51,96	65,71	5,30	10,90	1,83	5,20	0,15	0,12	3,74	3,71	0,14			
B. (Das et al. (2007))	61,00	76,93	1,97	10,59	0,95	0,38		0,13						0,24

4.1.2 Distribusi Ukuran



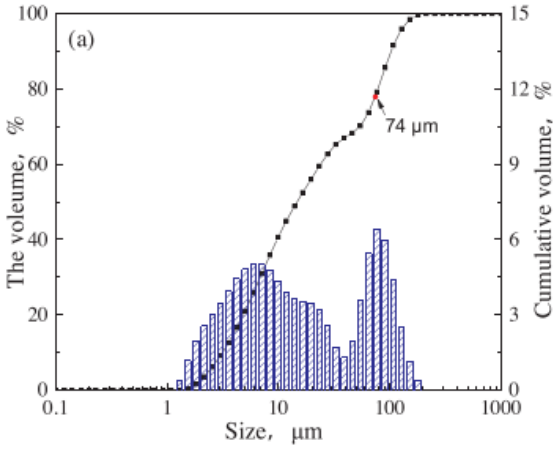
Gambar 4.1 Distribusi Ukuran Converter Sludge (Das et al,2007)

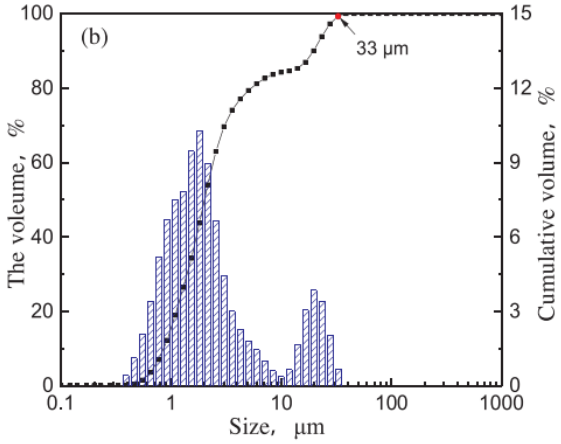


Gambar 4.2 Komposisi Kimia sludge konverter

Gambar 4.1 memberikan keterangan grafik distribusi ukuran sludge konverter yang mana menunjukkan bahwa ukuran butir sludge konverter sangat baik dan proporsi partikel (<74µm) terhitung menyumbang 80%. Secara umum, sludge konverter dikumpulkan dalam proses basah dan dapat dibagi ke dalam fraksi

kasar dan halus. Gambar 4.3 menunjukkan ukuran khas distribusi sludge konverter kasar dan halus ditentukan oleh partikel laser analisis ukuran (LMS-30) dengan panjang gelombang 670 nm dan rentang penentuan 0,1-1000 µm. Ukuran rata-rata kasar dan halus masing-masing adalah 32,21 dan 4,86 µm. Hasilnya menunjukkan bahwa ukuran butir sludge konverter sangat kecil. Das et al. (2007) meneliti hubungan antara komposisi unsur sludge konverter dan distribusi ukuran, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Hasilnya menunjukkan bahwa asam tidak larut, Fe, dan CaO didistribusikan secara seragam di semua fraksi ukuran.



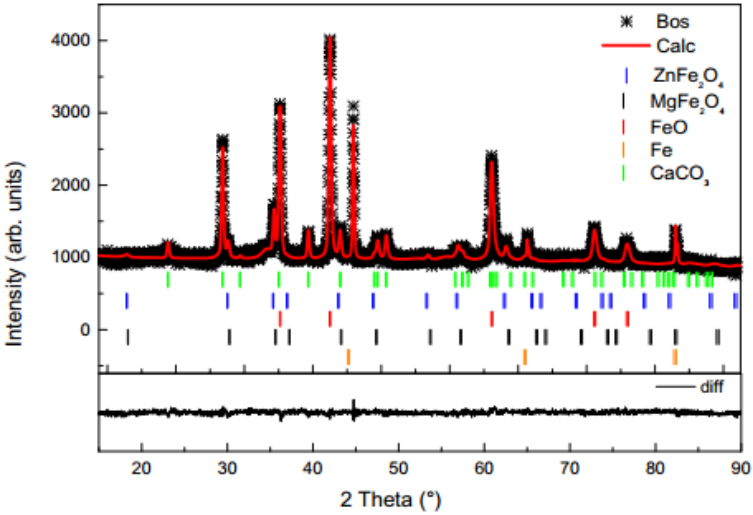


Gambar 4.3 Distribusi ukuran sludge konverter (a) Fraksi kasar (b) Fraksi halus

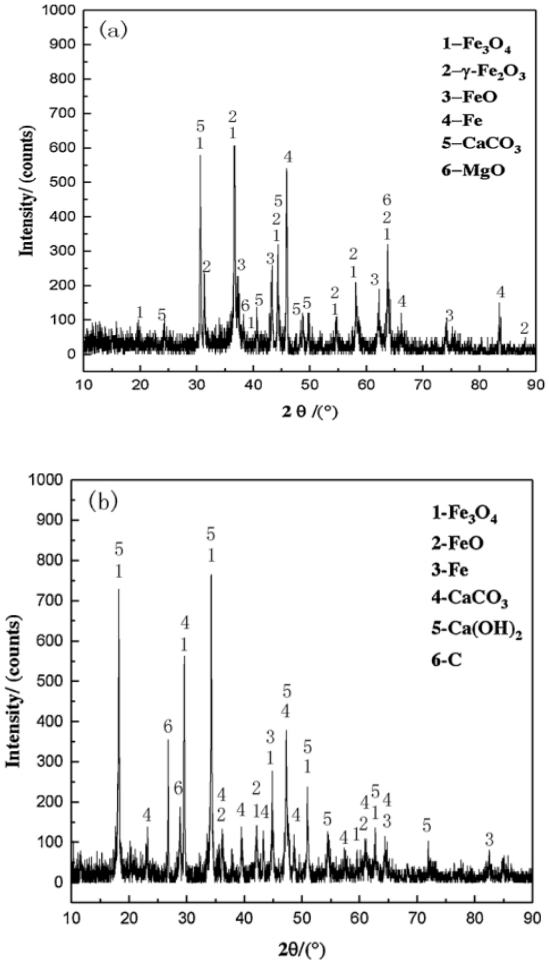
4.1.3 Kandungan pada Converter Sludge

Gambar 4.4 menggambarkan karakteristik mineral sludge konverter melalui X-ray difraksi dengan radiasi Cu Kα (M21XVHF22, MAC Science Co., Ltd., Jepang). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi fase utama sludge konverter adalah magnetit (Fe3O4), hematit (Fe2O3), wustite (FeO), besi metalik (Fe), karbon (C), kalsit (CaCO3) dan kalsium hidroksida (Ca (OH) 2). XRD pola menunjukkan bahwa fraksi halus dan kasar CS memiliki kesamaan komposisi. r-Fe2O3 dan MgO ditemukan sebagian besar di CS halus, sementara Ca (OH) 2 dan C ada sebagian besar di CS kasar. Selanjutnya keduanya baik-baik saja dan CS kasar memiliki kandungan besi yang tinggi terutama yang ada dalam bentuk dari FeO. Pola XRD selanjutnya mengkonfirmasi keberadaan besi metalik. Keberadaan Ca (OH) 2 meningkatkan hidrofilia CS, yang mungkin bermasalah untuk proses daur ulang (Long et al., 2018b). Gambar 4.6 menggambarkan struktur mikro khas CS yang diperoleh oleh sebuah 250 mikroskop pemindaian lingkungan (SEM). Sebagian besar CS partikel pada Gambar 4.6 mengandung besi logam

dengan bentuk bulat. Dari analisis XRD dan SEM, bisa dilihat besi metalik itu dan oksida besi dalam CS ada secara independen. Akibatnya, kurangnya untuk eutektik mineral dapat ditemukan di CS. Besi oksida membungkus logam Fe, dan pengotor lain seperti CaO, MgO dan ZnFe2O4 dicampur dalam bentuk akumulasi fisik, yang menunjukkan bahwa logam Fe dapat dipisahkan dalam metode fisik.



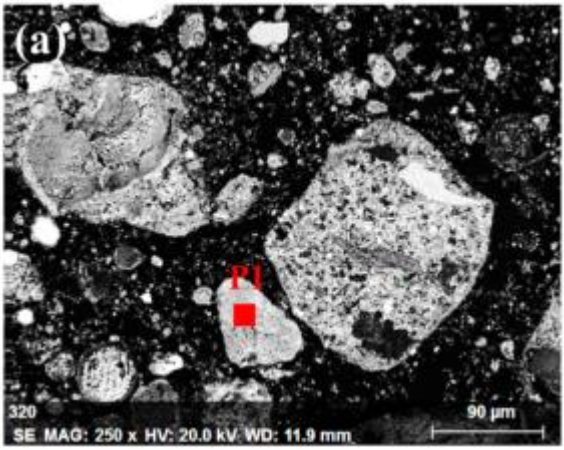
Gambar 4.4 Mikrostruktur Converter Sludge

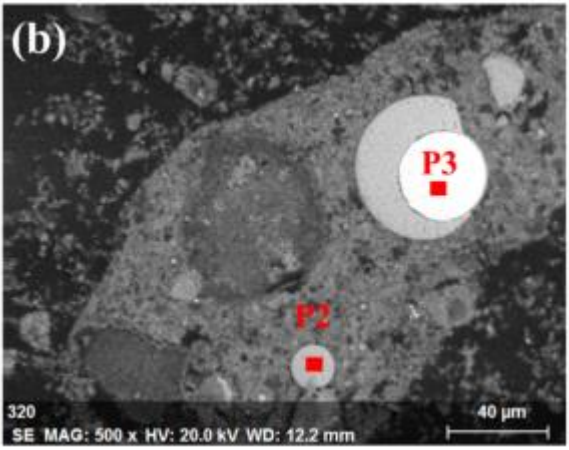


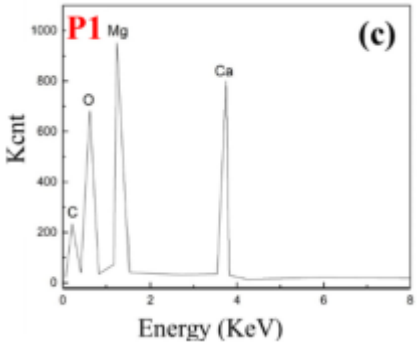
Gambar 4.5 Hasil pengujian XRD (a) fraksi halus (b) fraksi kasar

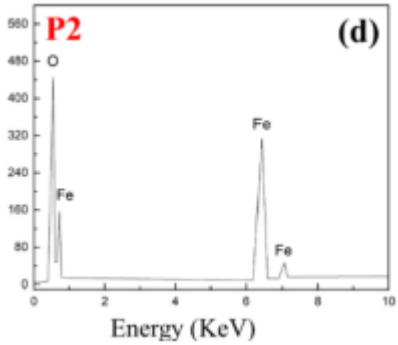
Pada Gambar 4.6 menunjukkan kandungan pada sludge converter dilihat dari mikrostruktur yag didapat dari hasil SEM-EDX. Kebanyakan dari dari peta struktur tersebut menunjukkan partikel Fe-metal yang berbentuk bulat. Dari gambar tersebut

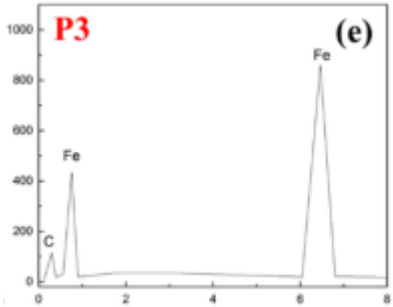
terlihat besi metal dan oksida besi ada dan berdiri masing-masing pada sludge converter. Dimana oksida besi terbungkus dalam besi metal dengan mineral eutektik yang lebih sedikit dan pengotor lainya. Dari hasil SEM-EDX dapat dikonfirmasi bahwa terdapat elemen-elemen seperti Fe, Si, Ca, Mg, C, Cr, dan Zn ada dalam sludge converter. Dalam hasil pengujian juga menunjukkan Ca, Mg, Si, Zn, dan Cr yang ada dalam converter sludge berupa bentuk oksida. Namun Fe ditemukan dalam bentuk metalic dan oksida.




(b)
P3
P2
320
40 µm
SE MAG: 500 x HV: 20.0 kV WD: 12.2 mm


P1
Mg
(c)
Ca
O
C
Kcnt
1000
800
600
400
200
0
0
2
4
6
8
Energy (KeV)



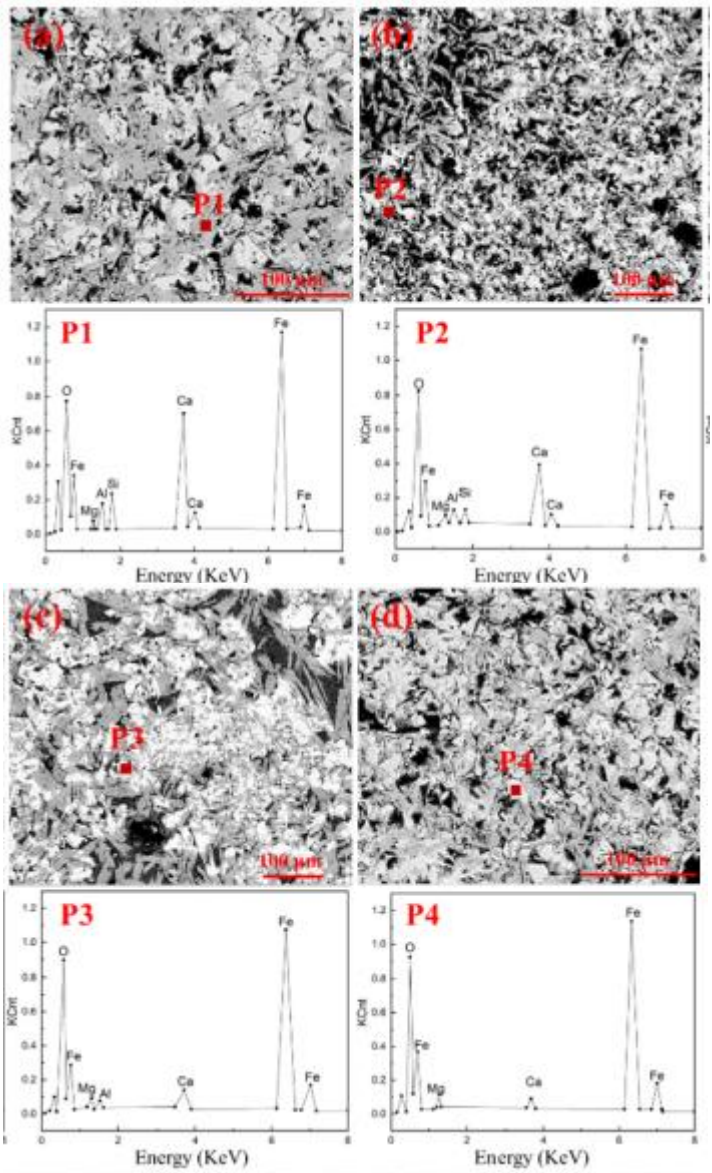


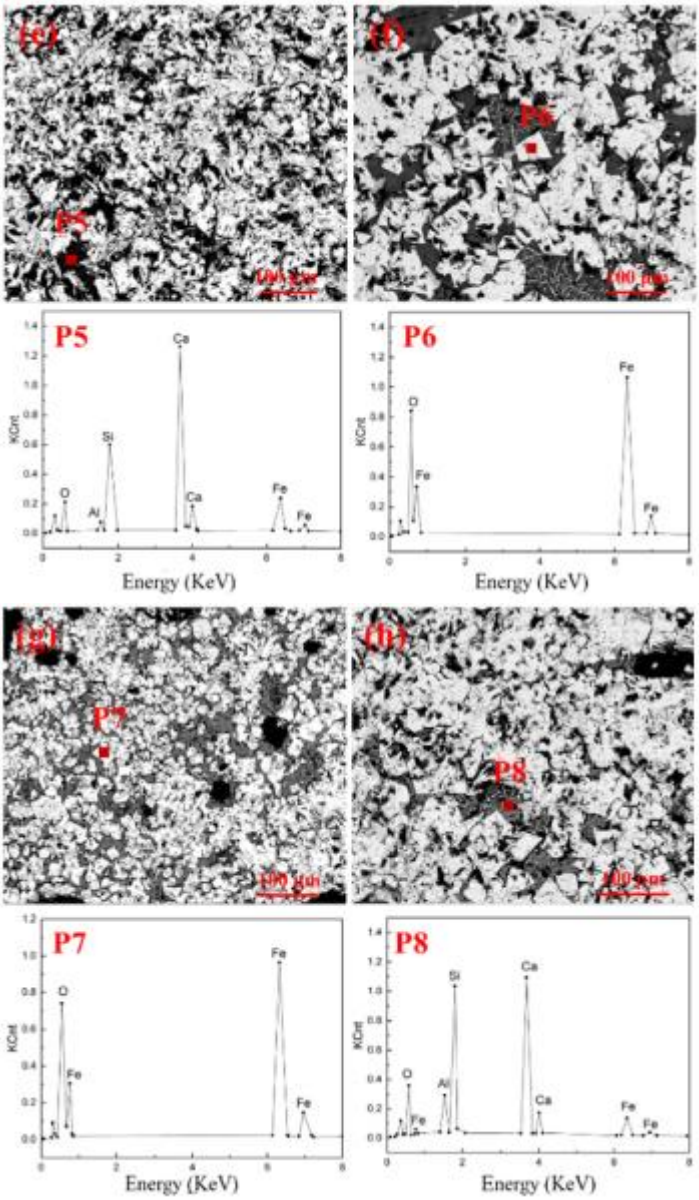
Gambar 4.6 Mikrostruktur persebaran komposisi Sludge Converter dari hasil SEM-EDX

4.2 Pengaruh Konsentrasi *Converter Sludge* pada Hasil Sinter

4.2.1 Mikrostruktur Hasil Sinter

Mikrostruktur hasil sinter yang didapatkan dari hasil pengujian SEM-EDX ditunjukkan oleh Gambar 4.5


(a)
P1
(b)
P2
P1
P2
P3
P4
(c)
P3
(d)
P4
KCnt
Energy (KeV)
O
Fe
Ca
Mg
Al
Si


(e)
P5
(f)
P6
P5
Ca
Si
O
Al
Ca
Fe
Fe
KCnt
Energy (KeV)
P6
Fe
O
Fe
Fe
KCnt
Energy (KeV)
(g)
P7
(h)
P8
P7
Fe
O
Fe
Fe
KCnt
Energy (KeV)
P8
Ca
Si
O
Al
Fe
Ca
Fe
Fe
KCnt
Energy (KeV)

Gambar 4.7 Mikrostruktur hasil sinter dengan menggunakan Converter Sludge (a) 0% (b) 7% (c) 15% (d) 20% (e) 25 % (f) 30% (g) 35% (h) 40%

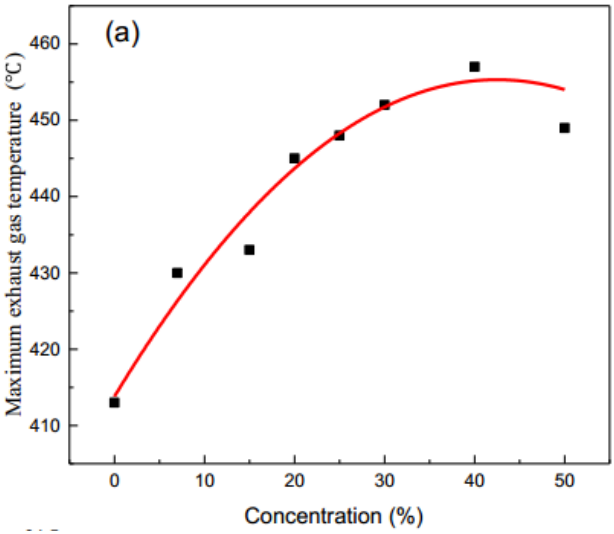
NO.	CSDW Concentration, %	CS	DW	Ore 1	Ore 2	Ore 3	Ore 4	Ore 5	Ore 6	Ore 7	Sinter return fines	Steelmaking slag	Quick-lime	Dolomite	Coke
1#	–	–	6.86	16.96	20.87	16.95	10.19	1.96	1.84	2.61	11.39	2.63	4.15	5.83	4.6
2#	7	0.52	6.61	16.96	20.77	16.85	10.09	1.96	1.74	2.51	11.39	2.63	4.15	5.84	4.6
3#	15	1.23	7.04	16.87	20.66	16.76	10.03	1.95	1.73	2.49	11.33	2.62	4.06	5.68	4.6
4#	20	1.74	6.97	16.80	20.58	16.69	9.99	1.94	1.72	2.48	11.29	2.61	4.00	5.56	4.6
5#	25	2.33	7.28	16.73	20.49	16.62	9.95	1.93	1.71	2.47	11.24	2.6	3.90	5.44	4.6
6#	30	2.98	7.13	16.64	20.39	16.54	9.90	1.92	1.7	2.46	11.18	2.59	3.82	5.28	4.6
7#	40	4.67	7.08	16.43	20.12	16.32	9.77	1.90	1.68	2.43	11.03	2.55	3.60	4.90	4.6
8#	50	6.97	7.13	16.13	19.77	16.03	9.60	1.86	1.65	2.38	10.84	2.51	3.28	4.38	4.6

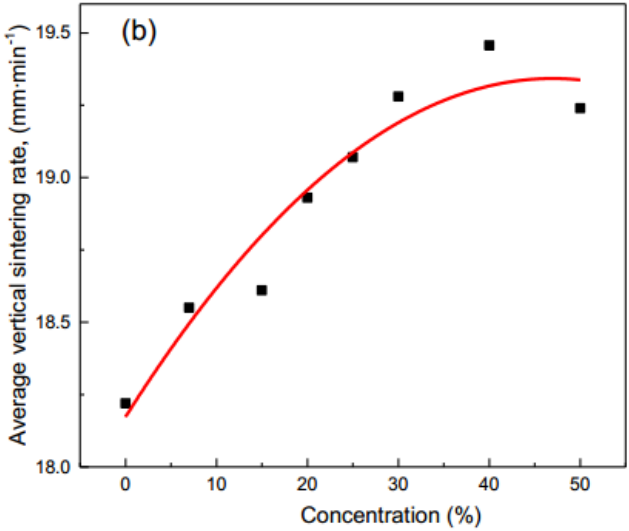
Gambar 4.8 Hasil pencampuran ore dengan sludge konverter

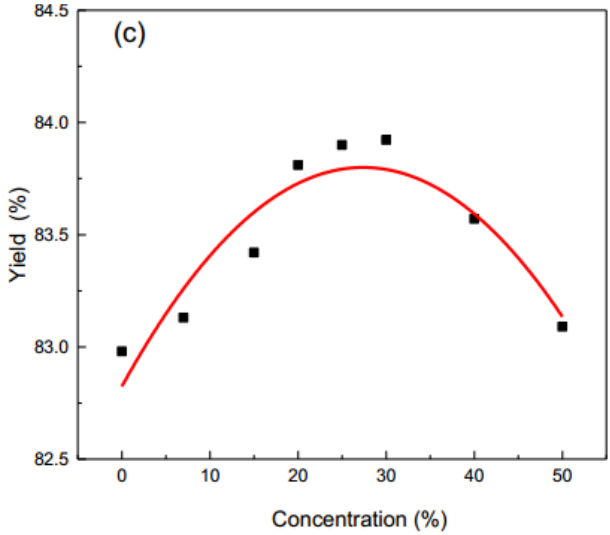
Gambar 4.7 menunjukkan struktur mikro dari sinter dipelajari oleh SEM-EDS. Dalam sinter (Gbr 4.7 (a)), hematit terjalin dengan magnetit dan kalsium ferit adalah fasa utama dari sinter. Dengan peningkatan konsentrasi CS dari 7% menjadi 30%, lebih banyak kalsium ferit (Gbr 4.7 (b, P2)) dan hematit skeletal lebih sedikit ditemukan pada sinter. Ini adalah terutama karena peningkatan konsentrasi CS meningkatkan permeabilitas gas dari bahan unggun dan meningkatkan potensi oksigen selama sintering, yang kondusif untuk pembentukan kalsium ferrite (Jeon et al., 2010; Webster et al., 2013). Karena reductibilitas yang sangat baik dan kekuatan konsolidasi ferit kalsium, ini mineral dapat meningkatkan kekuatan ikatan dan meningkatkan indeks reduksi sinter (Wang et al., 2019). Saat konsentrasi sludge konverter melebihi 40%, banyak dari hematit sekunder ditemukan di sinter, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.7 (g, h, P6, P7). Yang luar biasa permeabilitas bahan unggun dengan konsentrasi CS juga mengarah kehilangan panas dalam jumlah besar. Pendinginan cepat dari sinter disebabkan transisi fase hematit yang tidak lengkap. Sejumlah besar studi (Donskoi et al., 2018; Mizutani et al., 2018; Shuang-ping et al., 2016) menunjukkan bahwa ekspansi volume terjadi selama pengurangan hematit, yang buruk untuk kekuatan dingin dan disintegrasi reduksi suhu rendah sinter

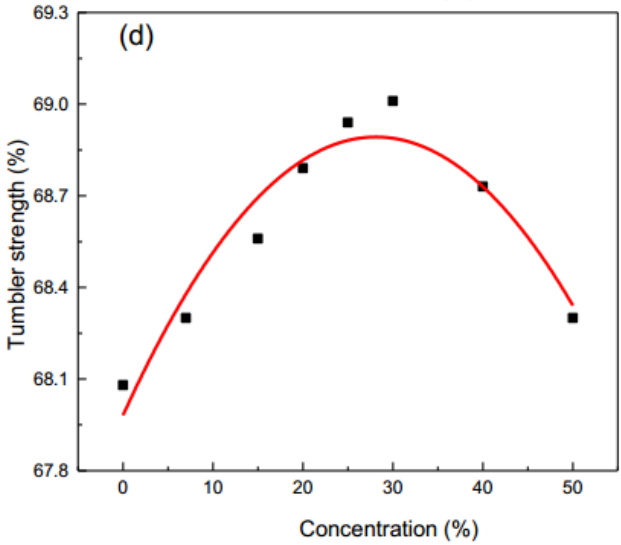
4.2.2 Kualitas Hasil Sinter

Beberapa indeks yang penting untuk mengetahui kualitas sinter dengan meneliti atau mengetahui baik tidaknya hasil sinter yang ditinjau dari yield, rata-rata tingkat sinter vertikal, dan temperatur gas buang maksimal yang dihasilkan. Pada Gambar 4.6 menunjukka parameter masing-masing indeks yang diperhatikan.




(b)
Average vertical sintering rate, (mm·min^{-1})
19.5
19.0
18.5
18.0
0
10
20
30
40
50
Concentration (%)


(c)
Yield (%)
84.5
84.0
83.5
83.0
82.5
0
10
20
30
40
50
Concentration (%)



Gambar 4.9 Hasil sinter dengan pengaruh penambahan Converter Sludge (a)Temperatur gas buang (b)Tingkat sinter vertikal (c) Yield (d) Kekuatan Gelas

Pada Gambar 4.8 (a) tempertaur gas buang yang dihasilkan sering digunakan untuk karakterisasi. Temperatur gas buang yang dihasilkan pada pengelohan menggunakan converter sludge meningkat dari 413°C menjadi 453°C dan menurun dengan rata-rata 449°C. Dilihat dari hasil yang ditunjukkan mengindikasi peningkatan efisiensi pembakaran bahan bakar dengan melakukan penambahan konsentrasi converter sludge pada saat proses sinter, yang juga memberi efek berkurangnya panas yang terbuang saat proses. Kemudian pada Gambar 4.8 (b) menunjukkan pengaruh konsentrasi penambahan converter sludge terhadap kecenderungan mengubah rata-rata sintering vertikal. Peningkatan konsentrasi converter sludge mengubah permeabilitas gas dan membuat potensi oksigen akan meningkat selama proses sinter. Pengaruh tersebut membuat efisiensi bahan bakar dan laju sinter vertikal meningkat. Yield dan indeks tumbler (TI) menunjukkan

temperatur sekitar kekuatan sinter, yang memberitahukan indikator ukur resistensi tabrakan selama proses. Pada Gambar 4.8 (c dan d) hasil menujukkan pennningkkata pada awal proses dan kemudian menurun dengan semakin banyaknya pemberian konsentrasi converter sludge. Dapat dilihat kurva mencapai maksimum pada konsentrasi converter sludge 30%. Sedangkan hasil yield dan kekuatan tumbler mencapai nilai maksimum masing-masing 83,97% dan 69,01%. Perubahan mikrostruktur pada hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 menghasilkan grafik yang bagus, dengan penambahan konsentrasi converter sludge dari 7% menjadi 30% lebih banyak kalsium ferit dalam sinter sehingga meningkatkan kekuatan sinter. Struktur hematit yang terkandung didalam hasil sinter berdampk buruk untuk kekuatan sinter

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Karena tingginya output yang dihasilkan oleh konverter oksigen, sebagian besar sludge konverter dihasilkan sebagai bahan limbah. Tetapi dikarenakan tingginya kandungan zat berbahaya seperti ZnO, PbO, K2O, Na2O dan beberapa zat berbahaya lainnya yang terkandung didalam sludge konverter membatasi penggunaannya secara luas, dan juga memungkinkan membawa masalah utuk proses produksi dan lingkungan sekitar. Untuk mengatasi masalah tersebut teknologi daur ulang sludge konverter, dengan cara logam pelet, persiapan sintering bijih, pelet bijih, dikombinasikan dengan fluks, dan produk bernilai tinggi adalah opsi yang layak dipertimbangkan.

Pemanfaatan pelet logam tidak hanya memanfaatkan besi dan karbon didalam sludge konverter, tetapi juga dapat secara efektif menghilangkan dan mendaur ulang kandungan Zn didalam sludge konverter. Mengingat pemulihan elemen berharga dan produk utama, pemanfaatan sludge konverter terbaik saat ini adalah menggunakan pelet logam. Perhitungan berdasarkan teori menunjukkan bahwa K, Na, dan Pb juga dapat dihilangkan dan didaur ulang dengan cara *vaporizing* dalam bentuk gas.

Pemanfaatan sludge converter dalam sintering bijih besi untuk pembuatan besi adalah yang paling metode pemulihan yang efektif karena tingginya produk sinter. Itu teknologi sintering mini-pelet direkomendasikan untuk diatasi fluktuasi CaO dan H2O dalam campuran dan meningkatkan optimalisasi dalam sinter. Menjadi mirip dengan sintering bijih besi, penambahan CS di pelet teroksidasi dapat sangat mengurangi konsumsi bentonit, kemudian tingkatkan kadar Fe dan kinerja pelet. Namun demikian, zat berbahaya tidak dapat dihilangkan di bawah atmosfer oksidasi, zat berbahaya ini akan diedarkan dan terakumulasi dalam blast furnace.

Pemanfaatan sludge konverter untuk mempersiapkan fluks gabungan dapat secara efektif mendaur ulang Fe dan CaO dalam CS, tetapi harus lebih banyak perhatian dibayar untuk isi P, S, Zn, Pb, dan Cu dalam fluks gabungan ludge konverter. Untuk satu hal, Zn, Pb, dan Cu dapat dengan mudah direduksi oleh karbon dalam baja cair pada antarmuka cairan baja terak dan melukai kinerja baja. Untuk hal lain, logam berat dapat masuk kembali ke dalam debu dan menyebabkan kerusakan pada lingkungan berulang kali. Studi tentang perilaku migrasi logam berat untuk pembuatan baja cukup diperlukan untuk mengevaluasi dosis rasional CS dalam fluks gabungan.

Pembahasan dan penelitian ini juga menunjukkan bahwa berdasarkan metode fisik, sludge konverter juga dapat digunakan sebagai bahan baku untuk menyiapkan produk bernilai tambah tinggi, seperti mengurangi bubuk besi, perubahan tanah dan penyerap ion logam berat untuk air limbah. Semua metode fisik tidak dapat menangani secara fundamental dengan masalah pemanfaatan lumpur secara mandiri. Pemanfaatan produk sampingan diperoleh setelah pemulihan kebutuhan pengolahan air dan Fe perawatan lebih lanjut. Akibatnya, Pyrometalurgi memiliki efisiensi pemrosesan yang lebih tinggi. Berdasarkan ulasan ini, teknologi pemanfaatan sludge konverter terbaik saat ini adalah untuk mempersiapkan pelet logam

5.2 Saran

Adapun beberapa saran dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

- Memperhatikan kandungan P dan S dalam kombinasi fluks yang dapat merugikan proses defosforilasi dan desulfurasi.
- Meneliti lebih lanjut perilaku migrasi atau perpindahan K, Na, dan Pb.
- Memerlukan lebih banyak penelitian untuk menentukan mode kombinasi antara metode fisik, metode pyrometalurgi untuk memanfaatkan sludge konverter.

- Melakukan penelitian pengolahan zat berbahaya dalam sludge konverter agar dapat meminimalisir hambatan untuk daur ulang.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

DAFTAR PUSTAKA

Cai, X.Y., 2008. BOF sludge preliminary application in BOF steelmaking. Sichuan Metall. 30, 8-15

Chen, D., Gou, H., Lv, Y., Li, P., Yan, B., Xu, J., 2018. Preparation and recovery of iron carbide from pyrite cinder using carburization-magnetic separation technology. J. Min. Metall. Sect. B Metall. 54

Chen, J., 2014. Research on recycling technology of steelmaking sludge. Steelmaking 30, 5–9.

Das B, Prakash S, Reddy PSR, Biswal SK, Mohapatra BK, Misra VN. Effective utilization of blast furnace flue dust of integrated steel plants. Eur J Miner Process Environ Protect 2002b;2(2):61–7

Das, B., Prakash, S., Reddy, P.S.R., Misra, V.N., 2007. An overview of utilization of slag and sludge from steel industries. Resour. Conserv. Recycl. 50, 40-57

Fei, Y.E., 2011. Practice and discussion on utilizing the sludge recycle technology in the sintering of Bayi Steel. Shandong Metall. 3, 26

Feng, J., Li, H., Li, C.X., Song, W.C., Nian, W., Guo, L.F., 2013. Research on using limestone for slagging during BOF steelmaking process. Adv. Mater. Res. Trans. Tech. Publ. 237–245

Fernández-González, D., Ruiz-Bustinza, I., Mochón, J., González Gasca, C., Verdeja, L.F., 2017. Iron ore sintering: process. Miner. Process. Extr. Metall. Rev. 38, 215–227

Gao, C.Y., Yi, L.I., De Liu, L., Liu, X., Center, T., 2016. Practice on recycling use of ferrous waste in steelmaking. Sichuan Metall. 38, 76–79

Gomes, G.S.L., Dos Santos, V.L., 2013. Systems and Methods for Recycling Steelmaking Converter Sludge. pp. 1–12.

Gupta, V.K., Srivastava, S.K., Mohan, D., Sharma, S., 1998. Design parameters for fixed bed reactors of activated

carbon developed from fertilizer waste for the removal of some heavy metal ions. Waste Manage. 17, 517–522

He, H.Y., Tang, Z.Y., Pei, W.B., Wang, H.H., 2012. Preparation of metallization pellets with BF gas dust and converter sludge. Chin. J. Process Eng. 1

Hiroshi, T., Masaharu, I., Tetsuharu, 2002. Dust recycling technology by the rotary hearth furnace. Nippon Steel Tech. Rep. Overseas 147–152

Innes, J.A., 1963. Metallized pellets from ore-coke mixtures. JOM 15, 294–297.

Gao, W., Cairen, L., Li, J., 2009. Research on the pellet-making of concentrate fines with BOF OG sludge. Henan Metall. 6, 6–7.

Jia, W., Wang, J.L., Zhang, H., Wei, Q., 2017. Experimental research on adding metallurgical dust to pellets. Henan Metall. 6, 7–9

Jin, Z., Liu, J., 2006. Service test of guniting high concentration OG sludge in Masteel. Anhui Metall. 3, 0

Kadirvelu, K., Thamaraiselvi, K., Namasivayam, C., 2001. Removal of heavy metals from industrial wastewaters by adsorption onto activated carbon prepared from an agricultural solid waste. Bioresour. Technol. 76, 63–65

Karimian, N., 2012. Effect of converter sludge, and its mixtures with organic matter, elemental sulfur and sulfuric acid on availability of iron, phosphorus and manganese of 3 calcareous soils from central Iran. Afr. J. Agric. Res. 7, 568–576

Lanzerstorfer, C., Bamberger-Strassmayr, B., Pilz, K., 2015. Recycling of blast furnace dust in the iron ore sintering process: investigation of coke breeze substitution and the influence on off-gas emissions. ISIJ Int. 55, 758-764.

Lei, H., Li, K., 2015. Application of sludge pellet in converter steelmaking. China Metall. 25, 8–11

Li, Y.H., 2005. Researchy and progress in China's resourcalization technology of converter Sludge. Met. Miner. 101–106

Li, Q., 2013. Research and practice of sludge ball used in steelmaking technology. Laigang Sci. Technology. 685-688

Litster, J.D., Waters, A.G., 1988. Influence of the material properties of iron ore sinter feed on granulation effectiveness. Powder Technol. 55, 141-151

Liu, Z., Rao, L., Gui, M., Liu, F., Liu, S., Huang, Q., 2018. Research and practice of comprehensive utilization of Fe containing dust in Masteel. China Metall. 28, 71–76

Long, H., Bai, M., Jia, Y., Liang, D., Ren, S., 2018b. Investigation of factors affecting drying characteristics of pellets made from iron-bearing converter sludge. Ironmak. Steelmak. 45, 356–362

Lv, X., Bai, C., Qiu, G., Zhang, S., Hu, M., 2010b. Moisture capacity: definition, measurement, and application in determining the optimal water content in granulating. ISIJ Int. 50, 695-701

Manchisi, J., Rowson, N.A., Simmons, M.J.H., 2013. Kinetics of Metals Adsorption in Acid Mine Drainage Treatment With Blast Furnace Slag. Sch. Chem. Eng. Univ., Birmingham, UK

Marcus, Y., 1991. Thermodynamics of solvation of ions. Part 5. Gibbs free energy of hydration at 298.15 K. J. Chem. Soc. Faraday Trans. 87, 2995–2999

Melali, A.R., Shariatmadari, H., 2008. Application of steel making slag and converter sludge in farm manure enrichment for corn nutrition in greenhouse conditions. JWSSIsfahan Univ. Technol. 11, 505–513.

Mo, T., 2007. Reaserch on Using Sludge of Converter Prepare Combined Flux. Xi'an University of Architecture and Technology

Ngah, W.S.W., Hanafiah, M., 2008. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: a review. Bioresour. Technol. 99, 3935–3948

Peng, J., Xie, R., Lai, M., 2018. Energy-related CO2 emissions in the China's iron and steel industry: a global supply chain analysis. Resour. Conserv. Recycl. 129, 392–401

Rehmat A, Mensinger MC. Recovery of direct reduced iron from blast furnace dust. In: Second international symposium on extraction and processing for the treatment and minimization of wastes; 1996. p. 27–30

Ren, S., Zhang, J., Wu, L., Liu, W., Bai, Y., Xing, X., Su, B., Kong, D., 2012. Influence of B2O3 on viscosity of high Ti-bearing blast furnace slag. ISIJ Int. 52, 984-991

Ren, Z.X., Liu, H.S., Chang, X.W., Tang, Z.Y., 1998. Lime hydration test of converter OG dust and application to sinter production. Iron Steel 33, 4–8.

Shi, L., Chen, R.H., Wang, R.Y., 2008. Study of present utilization state and development trend of iron-containing sludge & dust in iron & steel industry. China Resour. Compr. Util. 2, 12–15.

Song, J., 1995. Application of new OG slurry technology in Baosteel. Sinter. Pelletizing 20, 32–35.

Su, F., Lampinen, H.O., Robinson, R., 2004a. Recycling of sludge and dust to the BOF converter by cold bonded pelletizing. ISIJ Int. 44, 770-776.

Su, Y., Jin, J., Wang, G., Yi, M., 2004. Development and application of steelmaking dust directly charging in sinter mixing material. China Metall. 6, 18–21.

Wang, Y.H., Du, P., Ren, L.Q., 2015. Experiment of pelletizer sintering by fine powder and sludge. China Metall. 25, 11-14.

Wang, Y., Liu, Z., Zhang, J., Du, C., Niu, L., 2019. Central band structures: new insights into the coupling effects between the pores and minerals of sinter. Metall. Mater. Trans. B

Wang, Y.Z., Zhang, J.L., Liu, Z.J., Du, C.B., 2017. Recent advances and research status in energy conservation of iron

ore sintering in China. JOM (J. Occup. Med.) 69, 2404-2411

Wu, Z.J., Zhou, Y., Su, S.H., Gao, Z.F., Wu, X.R., Li, L.S., 2012. A novel conversion of converter sludge into amorphous multi-doped FePO4cathode material for lithium ion batteries. Scripta Mater. 67, 221-224.

Zhang, Z.F., Wu, Z.J., Su, S.H., Gao, Z.F., Li, L.S., Wu, X.R., 2013. Sustainable preparation of Li(FeM)PO4/C from converter sludge and its electrochemical performance as a cathode material for lithium ion batteries. J. Alloys Compd. 574, 136–141

Zhao, J., Zhu, H., 2004. Commercial exprement and production on using steel making directly sludge into sintering directly. J. Anhui Vocat. Coll. Metall. Technology. 14, 23-25.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

LAMPIRAN

1. Wang Yaozu, dkk 2019

Journal of Cleaner Production 256 (2020) 120—132

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro

Co-utilization of converter sludge-containing dedust wastewater in iron ore sintering to save fresh water, enhance quality and reduce pollution

Yaozu Wang [a,c], Jianliang Zhang [a,b], Zhengjian Liu [a,*], Chengbo Du [a], Johannes Schenk [c], Jiugang Shao [d], Yapeng Zhang [d]

[a] School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology Beijing, 30th Xueyuan Road, Haidian District, Beijing, 100083, PR China
[b] School of Chemical Engineering, The University of Queensland, St Lucia, QLD, 4072, Australia
[c] Primetals Technologies, Metallurgical Center, Primetals Technologies Austria, Turmstrasse 44, Linz, 4031, Austria
[d] Han Steel Company of HBIS Group, Factory Road 250, Handan, 056015, Hebei province, PR China
[e] LTD Research Institute of Technology, Shougang Group CO., 68th Shijingshang Street, Shijingshan District, Beijing, 100041, PR China

ARTICLE INFO

Article history:
Received 27 March 2019
Received in revised form
14 May 2019
Accepted 17 June 2019
Available online 21 June 2019

Handling Editor: Vladimir Strezov

Keywords:
Dedust wastewater
Converter sludge
Iron ore sintering
Harmful elements

ABSTRACT

Due to the high proportion of the steel output produced by oxygen converter, significant quantities of converter sludge (CS) and dedust wastewater (DW) are generated annually as waste materials. This study tries to achieve the co-utilization of converter sludge-containing dedust wastewater (CSDW) in iron ore sintering to save fresh water and minimize reduction. Firstly, the study quantitatively characterized the mineralogical characteristics of the CS through X-ray diffraction (XRD-Rietveld) and scanning electron microscope (SEM-EDS). The results indicated that the iron oxides occupied the metallic Fe, and other impurities such as CaO, MgO and ZnFerite mixed in the way of physical accumulation. The mineral composition of the CSDW was similar to the CS. Subsequently, the influence of CSDW on the sintering (SPR), and size factor (SLR), influence of CSDW concentration on the granulation performance and sintering indexes was systematically studied through a series of experiments. Research findings showed that the permeability first increased from 0.61 to 1.08 JPU and then reduced to 0.94 JPU, and reached the maximum when the CSDW concentration was 40%. Migration behaviors of harmful elements Zn, K, Na, and Cl have been studied based on experiments and thermodynamic calculations. Cl in DW plays an important role in promoting the removal of alkali metals. The catalytic mechanism can be summarized as the reaction of HCl, Cl, and alkali metal oxides (Na_2O, K_2O), $NaAlSi_2O_6$, and $KAlSi_2O_6$ to form NaCl and KCl. With this technology, the removal rate of ZnO, K_2O, and Na_2O increased from 2.8% to 74%, 18%–62%, 1%–16%, respectively. This study aims to propose a new method for the co-utilization of CSDW in iron ore sintering, which would be helpful to save fresh water and reducing emissions in the iron and steel industry.

© 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Steel stands as one of the most widely used materials in the world across industries from construction to blacksmithing to sewing. As one of the essential industry, the iron and steel industry is the impact of China's national economic development (da Silva et al., 2018; Peng et al., 2018; Wang et al., 2017). World steel output reached 1808 million tons in 2018, up 112.7% from 2000, with growth in China contribution most of the rise as its total output share rose to 51.32% from 15.1%. Generally, technologies of steelmaking can be divided into basic oxygen furnace (converter), open-hearth steelmaking and electric steelmaking. Fig. 1 gives the proportion of the steel output produced by converter to the total output in some countries in 2017. The statistical results indicate that converter is the most important method to produce steel in the world, especially in China. During the operation of a converter, the high-pressure oxygen blown by lance plays an essential role in controlling the carbon content of the molten steel. Accordingly, a

* Corresponding author.
Email address: liuzhengjian@ustb.edu.cn (Z. Liu).

https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.203
0959-6526/: 2019 Elsevier Ltd. All rights reserved.

2. Jiang Diao, dkk 2016

ARTICLE IN PRESS

Journal of Cleaner Production xxx (2016) 1–9

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro

System assessment of recycling of steel slag in converter steelmaking

Jiang Diao [a,*], Wang Zhou [a], Zhaoqun Ke [a], Yong Qiao [a], Tao Zhang [b], Xuan Liu [a], Bing Xie [a]

[a] College of Materials Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, PR China
[b] Department of Scientific Research, Chongqing University of Education, Chongqing 400065, PR China

ARTICLE INFO

Article history:
Received 30 July 2016
Received in revised form
8 March 2016
Accepted 9 March 2016
Available online xxx

Keywords:
Steel slag
Recycling
Steelmaking
Dephosphorization
Temperature drop

ABSTRACT

Aimed to utilize useful components and reduce the environmental impacts, the present study investigated the recycling of steel slag in converter steelmaking. A mathematical model based on the regression analysis model was firstly developed to calculate the activities of calcium oxide and ferrous oxide and the substitution ratio of steel slag. The dephosphorization experiments were conducted in an induction furnace. In addition, theoretical analysis of the detailed heat expenditure items of dephosphorization agent was carried out. The heat enthalpy of unit mass slag was measured by differential scanning calorimetry. The results of dephosphorization experiments indicate that there is a sharp drop in phosphorus content in hot metal at the initial stage of dephosphorization. It was found that the optimal proportion of steel slag in dephosphorization agent is 20%. The heat enthalpy of unit mass slag Na1 and Na2 are 1164 kJ/kg and 1131 kJ/kg, respectively. The cooling capacity of steel slags are lower than the conventional material. Adding steel slag in dephosphorization agent, combined with the high FeO, CaO and Al2O3 melts, could reduce the temperature of 80 ton of hot metals by up to 83.68 °C. The corresponding temperature drop by using Na1 and Na2 steel slags are 56.8% and 55.9% °C, respectively. For each increase of 5% substitution ratio with Na1 slag, the temperature drop of hot metal increases by 5.80 °C; for each increase of 5% substitution ratio with Na2 slag, the temperature drop of hot metal increases by 2.39 °C. The main factor that influences the temperature drop is the slag amount.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Integrated steel plants utilize large amounts of slag former such as lime and dolomite to produce steel. During the production of steel, 2–4 t of wastes are being generated per tonne of steel produced (Guo et al., 2007). The various solids wastes exist in the form of slags, sludges, dusts, mill scales, etc. Amongst the numerous solid wastes, steel slag is a byproduct of steelmaking industry, which comes from hot metal refining processing using basic oxygen furnace or electric arc furnace. The amount of steel slags from different steel industries are 100–150 kg/t of steel output (Guo et al., 2015; Proctor et al., 2000). According to the statistical data of Worldsteel Association, China's crude steel output is 822.7 million tons in 2014, which means the generation of steel slag is over 80 million tons per annum. Compared with the developed countries, the comprehensive utilization ratio of steel slag in China is relatively low. The conventional method for disposal of steel slags is dumping. As the fly ash in open-air slag yard would pollute the air and the harmful components like chromium, arsenic, and phosphorus, etc. would dissolve in water, which are highly objectionable from the pollution point of view. Therefore, the increasing accumulation of steel slags not only occupies plenty of land, but also pollutes the environment and water. It becomes a seriously problem of both the society and the industry itself (Tossavainen, 2005).

Various efforts have been made on the utilization of steel slags. Steel slags have been applied in many areas, such as cement production, road construction, civil engineering, landfill daily cover, fertilizer production, and so on. In general, the main application can be divided into two ways (Chen and Rosenberg, 2002). One is the direct application of steel slag in the ironmaking and steelmaking process; the other includes recovery of metals from steel slag and then the application of the remaining slag outside the iron and steel making process.

For the first way, as the main components in the steel slags are calcium oxide (CaO), iron (Fe), ferrous oxide (FeO), silicon dioxide (SiO_2), magnesium oxide (MgO) and manganese oxide (MnO), it can be used as fluxing material in sintering, ironmaking or steelmaking

* Corresponding author. Tel.: +86 23 65102105.
Email address: diaojiang@163.com (J. Diao).

http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.040
0959-6526/: 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Please cite this article in press as: Diao, J., et al., System assessment of recycling of steel slag in converter steelmaking, Journal of Cleaner Production (2016), http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.040

3. Jianlong Guo, dkk 2018

Waste Management 78 (2018) 318–330

Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman

Steel slag in China: Treatment, recycling, and management

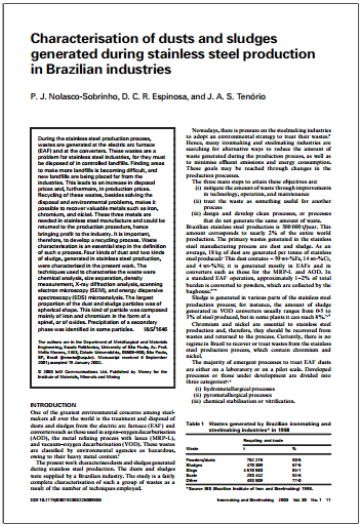
Jianlong Guo, Yanping Bao *, Min Wang

ARTICLE INFO

ABSTRACT

1. Introduction

4. Nolasco-Sobrinho, dkk 2003



Characterisation of dusts and sludges generated during stainless steel production in Brazilian industries

P. J. Nolasco-Sobrinho, D. C. R. Espinosa, and J. A. S. Tenório

INTRODUCTION

Table 1 Wastes generated by Brazilian ironmaking and steelmaking industries* in 1998

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa selama menulis skripsi dan studi Jurusan Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember ini cukup banyak orang –orang yang terlibat dalam memberikan bantuan maupun bimbingan terhadap kami, oleh sebab itu tidak mungkin bagi penulis untuk melupakan budi baik dan jasa-jasa mereka. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Sungging Pintowantoro, Ph.D dan Ibu Yuli Setyorini, S.T., M.Phil., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan saran dan bimbingan bagi kami serta atas kesabaran dan kepercayaannya kepada penulis selama ini.
- Bapak Fakhreza Abdul S.T., M.T telah meluangkan waktu untuk membimbing sewaktu pembmbing tidak bisa.
- Bapak Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Material yang telah membantu proses belajar di jurusan ini.
- Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyananta S.T., M.Sc selaku koordinator tugas akhir Departemen Teknik Material ITS
- Seluruh staff pengajar dan karyawan Jurusan Teknik Material ITS. Terima kasi atas loyalitas yang telah diberikan kepada Departemen Teknik Material.
- Ayah dan Bunda atas segala kasih sayang, dukungan, nasehat, dan doanya yang telah memotivasi penulis unutk maju.
- Rheiza Rachawan Apriyanto kakak pertama yang telah memfasilitasi penulis untuk mengerjakan tugas akhir
- Adika Muhammad atas waktunya yang telah diluangkan untuk menemani mengerjakan tugas akhir ini, dan motivasi yang diberikan.
- Hilman dan Fathi yang telah mendkung dan memotivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir saya dan menjadi sarjana bersama

- Kelompok Curenk yang telah membantu beberapa hal dalam tugas ahir ini
- Teman-teman Laboratorium Pengolahan Mineral dan Material ITS
- Teman-teman mahasiswa Teknik Material angkatan 2016 yang telah mendukung dari awal kuliah hingga pengerjaan tugas akhir

Semoga ALLAH SWT memberikan balas budi kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini dengan balasan yang bermanfaat. Aamiin.....Yaarobbal Alamiin

BIODATA PENULIS

Rachnanta Rifki Apriyanto, dilahirkan di Malang, Jawa Timur. Telah melalui pendidikan di SMA Negeri 1 Malang dan mendapatkan peluang untuk melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Material dan Metalurgi pada tahun 2016.

Merupakan seorang pelajar aktif dalam organisasi dan merangkul jabatan sebagai Kepala Departemen Dalam Negeri Himpunan Teknik Material ITS pada tahun 2018. Menjadi anggota tim Kaderisasi Terpusat Institut Teknologi Sepuluh Nopember periode pertama. Menjalani kerja praktek lapangan di salah satu perusahaan tambang milik negara bernama Vale Indonesia Tbk di pedalaman Sorowako, Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Telah menempuh 148 sks (satuan kredit semester) sebagai salah satu syarat menjadi lulusan sarjana di ITS. Berharap tugas akhir yang telah ditulis ini bermanfaat bagi elemen-elemen yang membutuhkan dan sekaligus bermanfaat juga untuk penulis di masa depan.

Menikmati masa-masa sebagai mahasiswa dengan mencari ilmu dan pengembangan softskill yang diminati oleh penulis sehingga menjadi pemikir yang kritis dan kreatif, senantiasa memiliki rasa ingin tau yang tinggi. Berbagai pengalaman hidup yang berharga telah menjadi pijakan paradigma untuk terus hidup lebih maju. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur atas terselesaikannya tugas akhir ini yang berjudul “Review Pemulihan Elemen Bernilai dan Zat Berbahaya dari Terak Dalam Proses Permurnian”.