

# STUDI PENGOLAHAN BIJIH MANGAN MENJADI *FERROMANGAN* MENGGUNAKAN TANUR BUSUR LISTRIK SATU FASE

## *Study on Manganese Ore Processing to be Ferromanganese Using an One Phase Electric Arc Furnace*

---

YAYAT I. SUPRIYATNA

UPT. Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI  
Jl. Ir. Sutami KM.15 Tanjung Bintang - Lampung Selatan  
Telp.(0721) 350054 Fax.(0721) 350056  
e-mail: yayat\_iman@yahoo.com

### SARI

Telah dilakukan penelitian pembuatan ferromangan dari bijih besi, bijih mangan, *scrap*, kokas dan kapur menggunakan tanur busur listrik satu fase. Percobaan dilakukan melalui proses preparasi bahan dengan ukuran -80 + 100 mesh, kemudian direduksi dan dilebur dalam tanur busur listrik. Variabel yang digunakan adalah komposisi *charge material*. Dilakukan analisis kimia terhadap bahan dan produk yang dihasilkan untuk mengetahui keberhasilan proses dan kualitas produk. Hasil terbaik yang didapat adalah kadar Mn = 76,12% (pada komposisi bahan baku 6.000 gr bijih mangan dan 560 gr bijih besi) yang termasuk klasifikasi Ferromangan Standard Grade C (Mn : 74 – 76%). Persentase perolehan Mn berkisar antara 38,99 – 67,85% dan % perolehan Fe berkisar antara 69,32 – 96,49%. Basisitas terak yang diperoleh masih rendah, yaitu antara 0,10 - 0,38 yang mengakibatkan perolehan Mn rendah dan terak yang diperoleh titik leburnya tinggi sekitar 1600°C, sehingga mengakibatkan kesulitan pengeluaran logam cair maupun teraknya, karena terak cepat membeku. Untuk menghindari kesulitan pada saat pengeluaran produk peleburan, maka komposisi terak harus mengalami perubahan, yaitu dengan menambahkan kapur lebih banyak dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sedemikian rupa sehingga didapat terak dengan titik lebur dan viskositas yang rendah.

Kata kunci: bijih mangan, bijih besi, tanur busur listrik satu fase, ferromangan, besi baja

### ABSTRACT

*Research has been conducted for ferromanganese production made from iron ore, manganese ore, lime, scrap and coke in one phase electric arc furnace. Based on experiments, size preparation of raw material was made 80+100 mesh, then it was reduced and melting in an electric arc furnace. Variable used in this experiment was material composition charge. Chemical analysis due to raw material and products were done to examine the product quality and how the process runs successfully. The best result is Mn = 76.12 % ( raw material composition was 6,000 gr manganese ore and 560 gr iron ore) that belong to ferromanganese Standard Grade C classification (Mn = 74-76%). Mn acquirement is in between 38.99% to 67.85% and Fe acquirement is in between 69.32% to 96.49%. Slag basicity is low between 0.10 to 0.38 resulting low Mn and high melting point of slag (about 1600 degrees), so liquid metal and slag are difficult to be expeled because slag falls on rapid freezing. To avoid this problem, slag composition must be changed by adding more lime and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> until it has low melting point and viscosity.*

*Keywords: manganese ore, iron ore, one phase electric arc furnace, ferromanganese, iron steel*

---

## PENDAHULUAN

*Ferromangan* banyak digunakan di dalam industri baja, baik dalam pembuatan baja perkakas, baja konstruksi, maupun baja khusus, yang mempunyai kandungan unsur Mn relatif tinggi.

Sejalan dengan laju perkembangan industri baja di Indonesia, kebutuhan *ferromangan* meningkat dari tahun ke tahun. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, hingga saat ini sebagian besar atau hampir keseluruhan dari kebutuhan *ferromangan* diimpor dari luar. Berdasarkan Koesnohadi (2009) kebutuhan Mn-*alloy* (*ferromangan*) di Indonesia pada tahun 2004 sebesar 20.000 ton/tahun dan pada tahun 2009 sebesar 63.000 ton/tahun. Kebutuhan *ferromangan* untuk pembuatan baja kasar adalah 10,6 kg FeMn/ton baja kasar.

Seiring meningkatnya konsumsi Mn-*alloy* maka harga bijih mangan dan *ferromangan* ikut meningkat. Hal ini ditunjukkan data pada tahun 2005 dimana harga Mn-*ore* 176 USD/ton dan FeMn-*alloy* 1180 USD/ton. Sedangkan pada kuartal pertama 2009 harga Mn-*ore* 202 USD/ton dan FeMn-*alloy* 1577 USD/ton (Koesnohadi, 2009).

Menurut hasil penelitian yang pernah dilakukan dan data dinas pertambangan di Indonesia terdapat cadangan bahan baku untuk pembuatan *ferromangan* dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Potensi cadangan bijih mangan di Indonesia cukup besar, namun terdapat di berbagai lokasi yang tersebar di seluruh Indonesia. Potensi tersebut terdapat di Pulau Sumatera, Kepulauan Riau, Pulau Jawa, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Papua ([www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id), 2012).

Data yang dilansir Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada tahun 2010 melalui [www.majalahtambang.com](http://www.majalahtambang.com), 2012 menyebutkan bahwa sumberdaya mangan di Indonesia sebesar 10,62 juta berupa bijih dan 5,78 juta ton merupakan logam. Sementara cadangan yang ada 0,93 juta ton berupa bijih dan logam sebanyak 0,59 juta ton ([www.majalahtambang.com](http://www.majalahtambang.com), 2012).

Usaha-usaha untuk mengembangkan industri pembuatan *ferromangan* dengan memanfaatkan bahan baku lokal akan mengurangi ketergantungan kita kepada pihak luar dan menghemat devisa negara serta menciptakan lapangan kerja.

Untuk membuat *ferromangan* dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan tanur tiup atau menggunakan tanur busur listrik (*electric arc furnace*). Bahan baku untuk kedua cara tersebut adalah bijih besi dan mangan. Sedangkan untuk pereduksinya digunakan kokas atau arang kayu, kemudian sebagai zat imbuhan digunakan batu kapur (*limestone*) (Kamarijanto dkk., 1984).

Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh gambaran tentang kemungkinan dikembangkannya industri pembuatan *ferromangan* menggunakan tanur busur listrik, khususnya tanur busur listrik satu fase dengan memanfaatkan potensi mineral di dalam negeri.

## Teori

*Ferromangan* merupakan bentuk paduan antara unsur besi dan unsur mangan dimana mangan merupakan unsur yang dominan. Kandungan unsur mangan di dalam *ferromangan* pada umumnya berkisar antara 70% - 90% Mn. Kandungan unsur-unsur lainnya dalam paduan ini antara lain adalah carbon (C) hingga 7,5%, Si hingga 3%, P hingga 0,4%, dan S hingga 0,05%. Selebihnya terdiri atas unsur besi (Fe) (Subagja dkk., 1983).

Jenis lain paduan besi dan mangan dengan kadar unsur mangan yang lebih rendah (10-25%) dikenal sebagai *Spiegel Eisen*. Klasifikasi yang lebih jelas dari *Ferromangan* dan *Spiegel Eisen* ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Jenis – jenis paduan besi – mangan tersebut banyak digunakan dalam industri baja baik sebagai sumber unsur paduan, sebagai *deoxidizers* maupun sebagai *desulfurizing agent*. Dua kegunaan yang terakhir dikarenakan sifat unsur mangan yang memiliki sifat afinitas yang besar terhadap oksigen dan belerang.

*Ferromangan* atau *Spiegel Eisen* pada umumnya dibuat dengan menggunakan tanur busur listrik untuk pembuatan besi kasar (Chakrabarti, 2010). Pada dasarnya pembuatan paduan-paduan tersebut merupakan proses reduksi dari bijih besi atau besi *scrap* dan bijih mangan di dalam tanur busur listrik, dimana logam besi dan mangan mencair. Kemudian akan saling larut membentuk suatu paduan yang dikenal sebagai *ferromangan*.

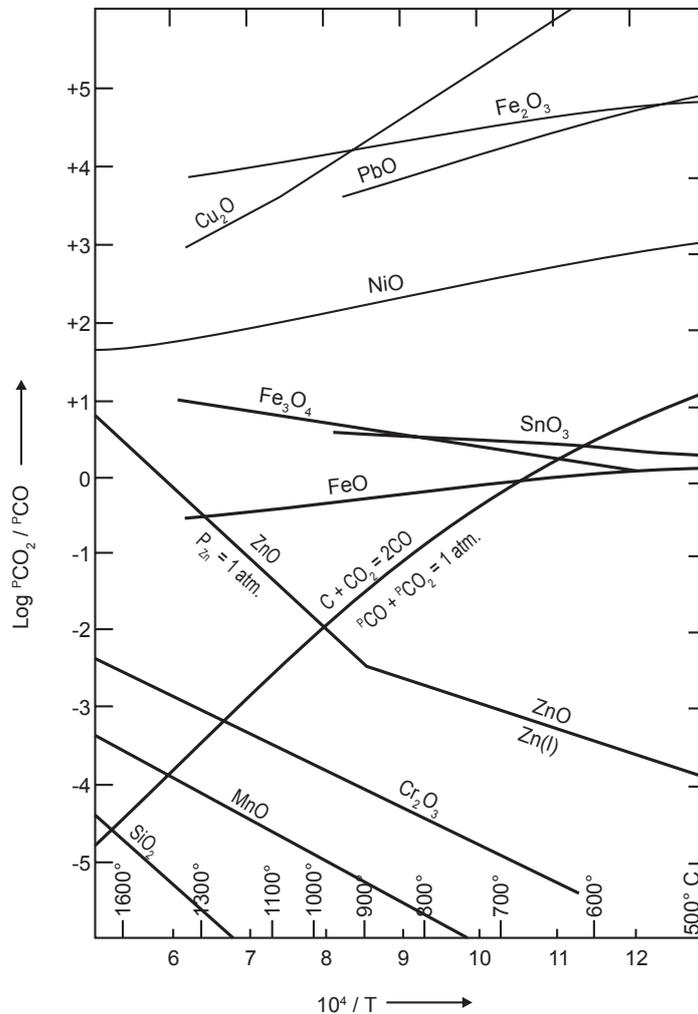
Kemungkinan oksida logam dapat direduksi oleh gas CO dapat dilihat pada diagram perbandingan  $pCO_2/pCO$  (Gambar 1).

Tabel 1. Klasifikasi ferromangan menurut standard ASTM(Subagja dkk., 1983)

Kadar (%)	Ferromangan kadar karbon rendah		Ferromangan kadar karbon menengah				Ferromangan standar			Spiegel Eisen		
	Grade A	Grade B	Grade A	Grade B	Grade C	Grade D	Grade A	Grade B	Grade C	Grade A	Grade B	Grade C
Mn	85-90	80-85	80-85	80-85	80-85	80-85	78-82	76-78	74-76	16,0-19,0	19,0-21,0	21,0-23,0
C(max)	0,75	0,75	1,5	1,5	1,5	1,5	7,5	7,5	7,5	6,5	6,5	6,5
Si(max)	2,0	5,0-7,0	1,0	1,5	0,70	0,53	1,2	1,2	1,2	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-3,0
P(max)	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,35	0,35	0,35	0,080	0,080	0,080
S(max)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,050	0,050	0,050

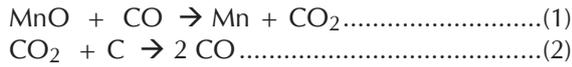
Reduksi oksida-oksida logam dengan gas CO tanpa adanya karbon padat, keseimbangan reaksinya tidak dipengaruhi kesetimbangan reaksi Boudouard.

Reduksi berlangsung apabila perbandingan  $p_{CO_2}/p_{CO}$  terletak pada garis kesetimbangan dari oksida yang bersangkutan. Tampak bahwa oksida-oksida



Gambar 1. Diagram perbandingan  $p_{CO_2}/p_{CO}$  sebagai fungsi temperatur untuk reduksi beberapa jenis oksida (Kamarijanto, 1984)

Pb, Cu, dan Ni akan tereduksi pada kondisi dimana kadar CO relative rendah. Tetapi untuk oksida-oksida tertentu seperti oksida mangan dan silika diperlukan kondisi dimana hampir tidak terdapat gas CO<sub>2</sub>. Pada kondisi ini begitu CO<sub>2</sub> terbentuk maka reaksi akan terhenti. Hal ini dapat dihindari apabila terdapat juga karbon padat, hingga kesetimbangan reaksi reduksi akan dipengaruhi oleh kesetimbangan reaksi Boudouard (Subagja dkk., 1985):



Ini berarti begitu terbentuk gas CO<sub>2</sub> dari reaksi (1) maka akan bereaksi dengan karbon padat membentuk gas CO sehingga reaksi reduksi tersebut akan bergeser ke kanan terus menerus.

Kesetimbangan antara MnO, Mn, dan C terjadi pada temperatur dimana kedua garis kesetimbangan reaksi berpotongan. Dengan kata lain Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> akan tereduksi menjadi FeO pada temperatur 650°C, FeO menjadi Fe pada temperatur 700°C, sedangkan MnO dan SiO<sub>2</sub> tereduksi pada temperatur 1400°C dan 1600°C (Bason, 2007). Adapun reduksi Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menjadi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> berlangsung pada temperatur yang

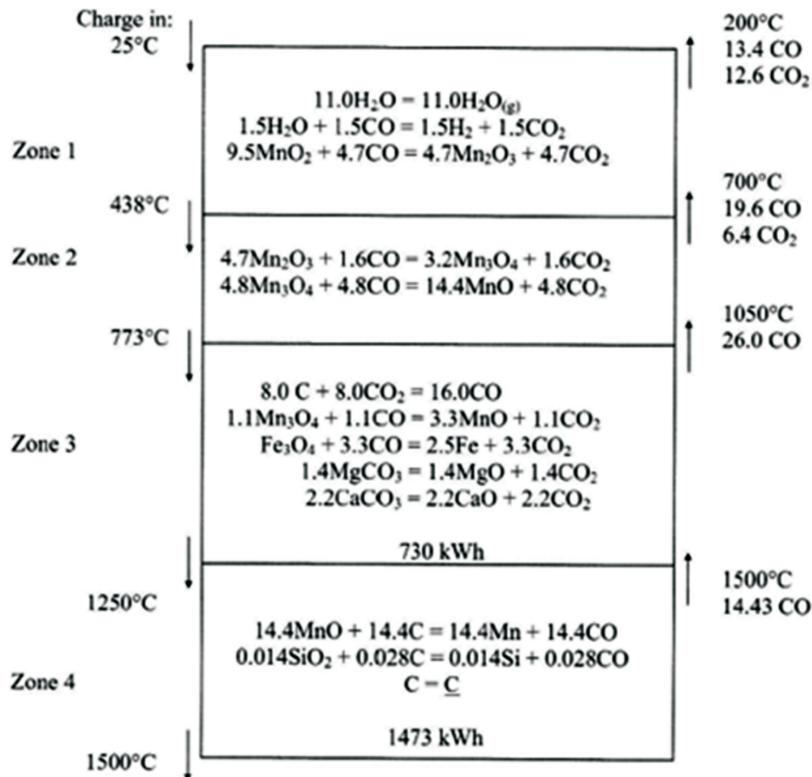
relatif lebih rendah dari reduksi oksida-oksida besi yang lain.

Berikut adalah tahapan proses reaksi pembuatan *High Carbon Ferromanganese* dengan kadar 79% Mn (Gambar 2).

**METODOLOGI**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengolah bijih mangan sebagai bahan utama, bijih besi, kokas dan kapur menjadi *ferromangan* menggunakan tanur busur listrik satu fase. Variabel yang digunakan adalah komposisi *charge material* yang dimasukkan ke dalam tanur busur listrik, sedangkan arus dan tegangan yang digunakan tetap yaitu 300 A dan 35 KVA.

Penambahan material bijih besi dilakukan secara bertahap dengan menggantikan sebagian berat *scrap*, sedangkan penambahan bijih mangan semakin diperbesar. Penambahan kapur komposisinya diatur sedemikian rupa agar diperoleh terak yang memiliki basisitas sekitar 1,4-1,5 karena berdasarkan pengalaman, kondisi terak pada tingkat basisitas ini memiliki titik lebur dan kekentalan



Gambar 2. Proses pembuatan HC *Ferromangan* (Zulhan, 2012)

relatif rendah. Karakteristik *charge material* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Ada 6 komposisi *charge material* yang digunakan dalam percobaan ini. Komposisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Bahan baku antara lain bijih besi, bijih mangan, kapur, dan kokas yang terlebih dahulu mengalami preparasi untuk mendapatkan ukuran yang sesuai agar dapat digunakan sebagai umpan peleburan dalam tanur busur listrik satu fase. Ukuran yang diambil berkisar antara 0,5-1 cm untuk semua bahan tersebut di atas, kecuali untuk kapur ukurannya relatif kecil yaitu -80+100 mesh. Kemudian dilakukan penimbangan terhadap bahan-bahan baku untuk memperoleh 6 jenis percontoh yang masing-masing memiliki komposisi berturut-turut sesuai dengan komposisi I, II, III, IV, V dan VI seperti yang telah dikemukakan pada Tabel 3.

*Charging* atau penuangan contoh percobaan ke dalam tanur busur listrik peleburan dilakukan berturut-turut dari contoh dengan komposisi I, II, III dan seterusnya sampai dengan contoh ke VI.

Di dalam percobaan ini, lama waktu reaksi adalah lamanya material atau bahan baku berada di dalam tanur busur listrik yaitu dari saat *charging* hingga

dilakukan pengeluaran produk logam cair. Waktu reaksi berkisar antara 2 sampai 3 jam.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 6 jenis komposisi umpan yang dicoba, diperoleh produk paduan Fe-Mn yang komposisinya dapat dilihat pada Tabel 4. Sedangkan untuk komposisi terak dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh logam *ferromangan* dengan kandungan Mn berkisar antara 70-76%, C maksimum 7,5%, Si maksimum 1,2%, P maksimum 0,35% dan S maksimum 0,05%.

Tabel 4 merupakan hasil analisis logam hasil peleburan dalam percobaan ini untuk masing-masing komposisi bahan baku. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa dengan naiknya bijih mangan yang digunakan dalam komposisi bahan baku akan menyebabkan naiknya kandungan Mn di dalam produk logam, dan dengan bijih mangan yang tertinggi yang digunakan dalam percobaan ini yaitu 6.000 gr bijih mangan dan 560 gr bijih besi, menghasilkan produk logam dengan kandungan Mn sebesar 76,12%. Bila dilihat dari klasifikasi *ferromangan* menurut standar ASTM (Tabel 1), maka logam yang diperoleh, kan-

Tabel 2. Analisis kimia *charge material*

Bahan baku	Kandungan (%)							
	Fe	Mn	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P	S
Scrap	96,92	0,08	0,04	-	-	0,02	0,19	0,001
Bijih besi	56,83	0,76	10,12	0,11	2,90	3,47	0,09	-
Bijih mangan	1,53	55,99	4,28	0,59	0,20	1,29	0,16	-
Kapur	0,09	0,02	-	99,37	-	-	-	-
Kokas	-	-	4,87	0,89	0,012	0,34	0,075	0,80

Tabel 3. Komposisi *charge material* untuk pembuatan paduan Fe-Mn

Bahan baku	Berat (gr)					
	I	II	III	IV	V	VI
Scrap	681	681	500	300	200	200
Bijih besi	0	560	560	560	560	560
Bijih mangan	3500	3000	4200	4000	5000	6000
Kapur	200	320	137	50	200	200
Kokas	300	300	800	850	880	1130

Tabel 4. Analisis kimia produk hasil percobaan pembuatan Fe-Mn

Unsur	Produk (%)					
	FeMn 1	FeMn 2	FeMn 3	FeMn 4	FeMn 5	FeMn 6
Fe	84,59	96,9	83,48	80,12	16,34	14,23
Mn	8,19	7,59	11,51	10,92	74,52	76,12
C	5,88	4,66	4,77	4,54	4,86	4,95
Si	0,34	0,002	4,49	5,49	0,46	0,43
P	0,14	0,19	0,06	0,05	0,07	0,03
S	0,003	0,0001	0,009	0,002	0,003	0,001

Tabel 5. Analisis kimia terak pada percobaan pembuatan Fe-Mn

Unsur	Slag (%)					
	FeMn 1	FeMn 2	FeMn 3	FeMn 4	FeMn 5	FeMn 6
SiO <sub>2</sub>	23,37	29,42	29,77	32,53	26,2	29,2
FeO	1,11	11,41	1,17	1,04	1,49	0,72
MgO	3,75	1,11	1,76	1,2	1,33	2,16
CaO	6,96	2,82	6,78	3,8	10,06	10,54
MnO	43,06	37,46	50,34	53,47	42,26	37,45
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,16	2,43	5,76	3,89	9,96	12,63

dungan Mn-nya termasuk ke dalam *Ferromangan Standard Grade C* (Mn : 74 – 76%). Begitupun dengan kandungan karbon yang terlarut di dalam logam yang dihasilkan mempunyai kecenderungan untuk naik dengan naiknya jumlah bijih mangan yang digunakan di dalam komposisi bahan baku.

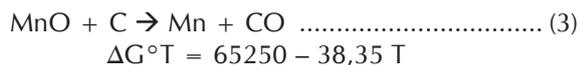
Untuk unsur-unsur yang lain (selain Fe) di dalam produk logam mengalami penurunan dengan naiknya jumlah bijih mangan di dalam komposisi bahan baku, sehingga kadarnya telah berada di bawah yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, pada pembahasan ini hanya akan ditekankan pada kandungan mangan, karbon dan terak.

♦ Kandungan mangan

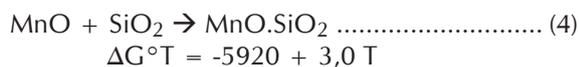
Bila dilihat dari hasil analisis produk logam dari masing-masing komposisi bahan baku walaupun menunjukkan kenaikan kandungan mangan akibat kenaikan jumlah bijih mangan di dalam komposisi bahan baku, tapi untuk produk FeMn 1-4 jauh lebih rendah dari logam *ferromangan* yang diharapkan. Sedangkan untuk produk FeMn 5-6 telah memenuhi target *ferromangan* yang ingin dibuat. Ada beberapa hal yang menyebabkan masih rendahnya kandung-

an Mn di dalam produk logam FeMn 1-4 yaitu antara lain :

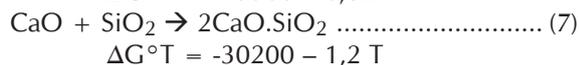
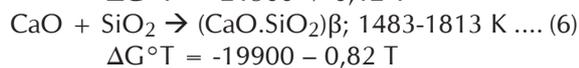
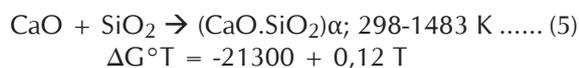
- Secara termodinamika afinitas logam mangan terhadap oksigen lebih besar daripada logam besi, sehingga reaksi reduksi di dalam tanur busur listrik untuk besi oksida akan lebih mudah dibandingkan reduksi mangan oksida atau dengan perkataan lain besi oksida akan tereduksi sempurna sedangkan mangan oksida hanya tereduksi sebagian. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan logam dengan kandungan mangan yang tinggi dari suatu proses peleburan dengan tanur busur listrik, disyaratkan perbandingan unsur mangan dan besi di dalam komposisi bahan baku harus lebih besar dari 8. Sedangkan perbandingan mangan dan besi di dalam komposisi bahan baku yang digunakan dalam percobaan ini, masih jauh lebih rendah dari yang dipersyaratkan, sehingga dengan demikian kandungan besi di dalam produk logam FeMn 1 – 4 masih dominan.
- Mangan oksida (MnO) akan mengalami reduksi langsung di daerah hearth berdasarkan reaksi (Chakrabarti, 2010).



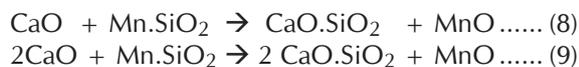
Karena MnO merupakan oksida yang bersifat basa, maka MnO ini akan bereaksi dengan SiO<sub>2</sub> (bila basisitas terak rendah), dengan demikian kehilangan Mn yang masuk ke dalam terak akan semakin banyak.



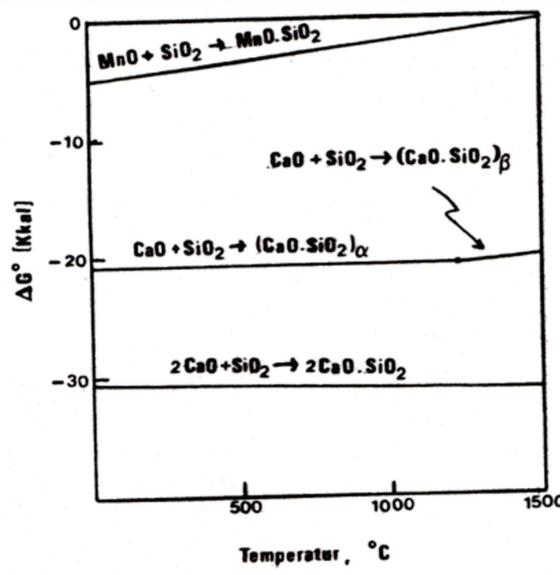
Untuk memperkecil kehilangan Mn yang masuk ke dalam terak maka perbandingan CaO/SiO<sub>2</sub> di dalam terak harus tinggi karena CaO mempunyai afinitas terhadap SiO<sub>2</sub> yang lebih besar daripada MnO (Subagja, 1983). Bentuk grafiknya dapat dilihat pada Gambar 6.



Dengan demikian MnO akan terbebaskan dari ikatan dengan silikatnya (Subagja, 1983).



Kemudian MnO yang terbebaskan ini akan direduksi oleh karbon berdasarkan reaksi (3) menghasilkan logam. Dari data percobaan, dihitung % perolehan Mn dan perbandingan %CaO / %SiO<sub>2</sub> di dalam terak; terlihat bahwa % perolehan berkisar antara 38-67%, seperti terlihat pada Tabel 6.



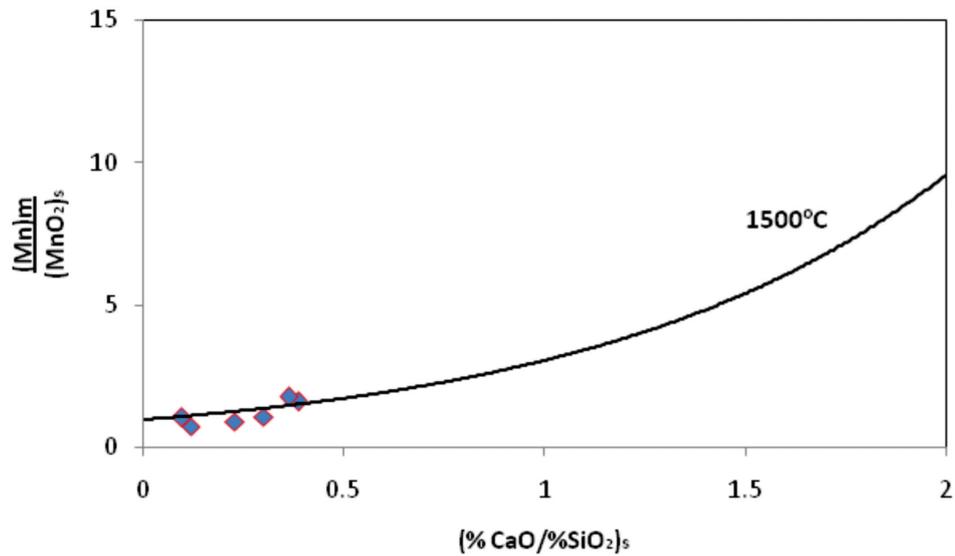
Gambar 3. Perubahan energi bebas pembentukan CaO.SiO<sub>2</sub>, 2CaO.SiO<sub>2</sub> dan MnO.SiO<sub>2</sub> fungsi temperatur (Khodorovsky dan Riss, 1967)

Masih rendahnya % perolehan Mn ini dikarenakan perbandingan %CaO/ %SiO<sub>2</sub> di dalam terak masih rendah. Sebagai perbandingan, pada Gambar 4 menunjukkan pengaruh %CaO/%SiO<sub>2</sub> didalam terak terhadap perubahan [%Mn]<sub>m</sub> / [%MnO]<sub>s</sub>.

Data hasil percobaan yang diperoleh kemudian diplot ke dalam grafik standar yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil secara umum memperlihatkan bahwa dengan meningkatnya basisitas (%CaO/%SiO<sub>2</sub>) maka perolehan mangan dalam produk meningkat sedangkan mangan dalam terak yang berupa oksida jumlahnya menurun, sehingga perbandingan (Mn) m/(MnO)s akan semakin besar nilainya.

Tabel 6. Persentase perolehan mangan – besi dan perbandingan %CaO / %SiO<sub>2</sub> di dalam terak dari masing-masing komposisi bahan baku

Komposisi ke	Perolehan Mn (%)	Perolehan Fe (%)	(%CaO / %SiO <sub>2</sub> )
I	45,71	96,15	0,30
II	38,99	69,32	0,10
III	44,81	96,49	0,23
IV	39,09	96,02	0,12
V	67,85	94,58	0,38
VI	66,51	96,40	0,36



Gambar 4. Perbandingan  $[Mn]_m / [MnO]_s$  pada berbagai perbandingan  $\%CaO / \%SiO_2$  di dalam terak (Biswas, 1981)

♦ Kandungan Karbon

Pada percobaan ini, peleburan dilakukan di dalam tanur busur listrik untuk peleburan *scrap* dengan menggantikan sebagian bijih besi dengan bijih mangan secara bertahap. Kelarutan karbon di dalam logam besi dapat dinyatakan sebagai :

$$\text{Log } N_{\text{csat}} = -(560/T) - 0,375$$

atau

$$\% \text{ Csat} = 1,34 + 2,54 \times 10^{-3} \times t$$

Dengan adanya unsur mangan yang terlarut akan menaikkan kelarutan karbon di dalam logam besi. Gambar 5 menunjukkan pengaruh unsur lain yang terlarut terhadap karbon yang terlarut di dalam logam besi.

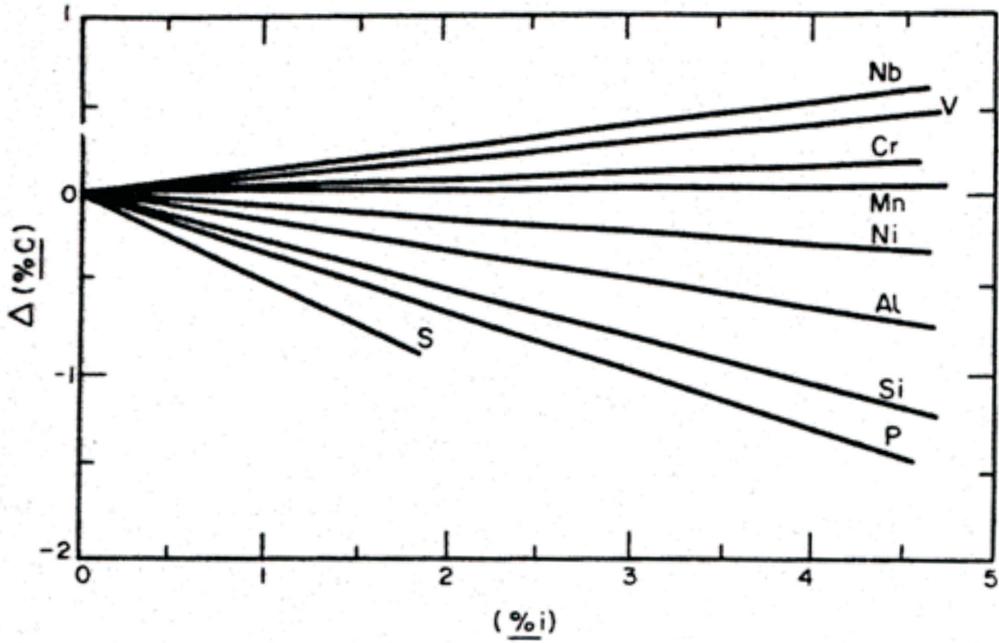
Dari hasil percobaan terlihat bahwa dengan naiknya kandungan mangan di dalam produk logam menyebabkan naiknya kandungan karbon. Walaupun

demikian dapat diperkirakan bahwa dari ekstrapolasi kandungan karbon di dalam produk logam ke logam yang diharapkan, masih di bawah 7,5 % seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

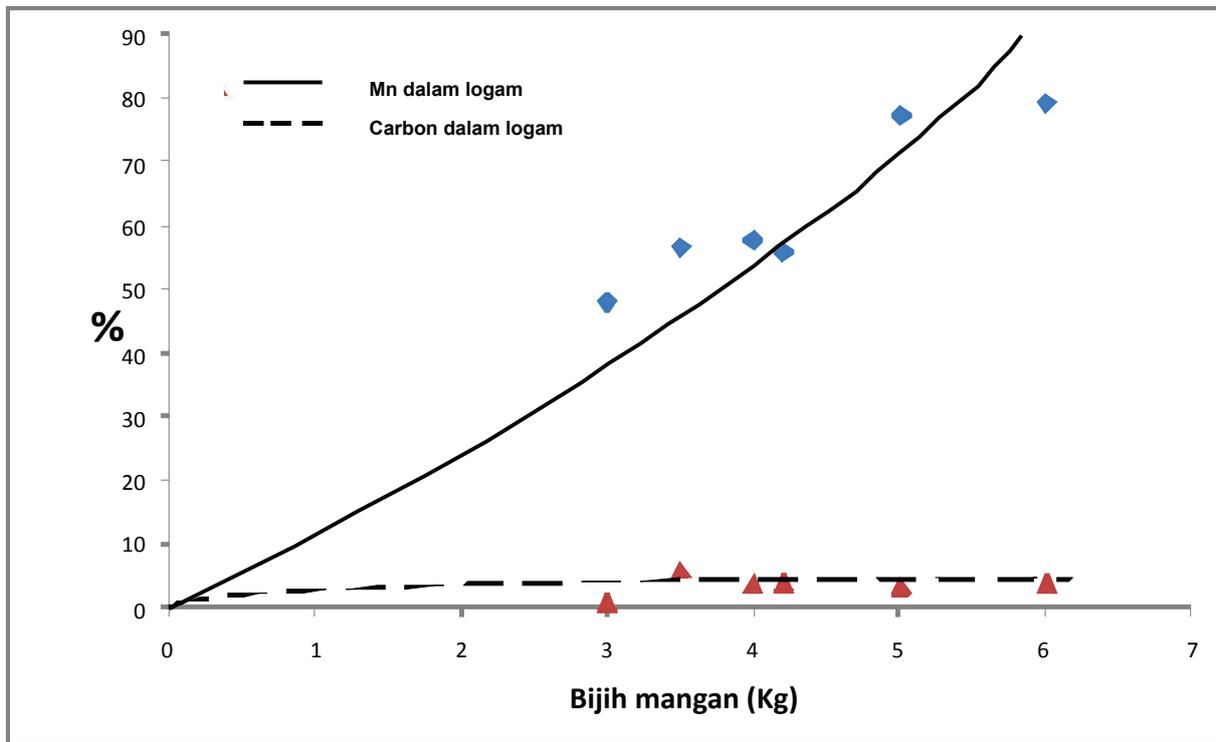
♦ Terak

Terak yang dihasilkan ternyata tidak seperti yang diharapkan; basisitas terak masih jauh di bawah 1 sehingga menyebabkan perolehan mangan masih rendah. Dari data hasil analisis terak dari masing-masing komposisi bahan baku (Tabel 5), dengan memplot rata-rata nilai  $\%SiO_2$ ,  $\%CaO$ ,  $\%Al_2O_3$  di dalam fase sistem  $CaO-Al_2O_3-SiO_2$  (Gambar 7) diperoleh terak yang mempunyai titik lebur berkisar  $\pm 1600^\circ C$ .

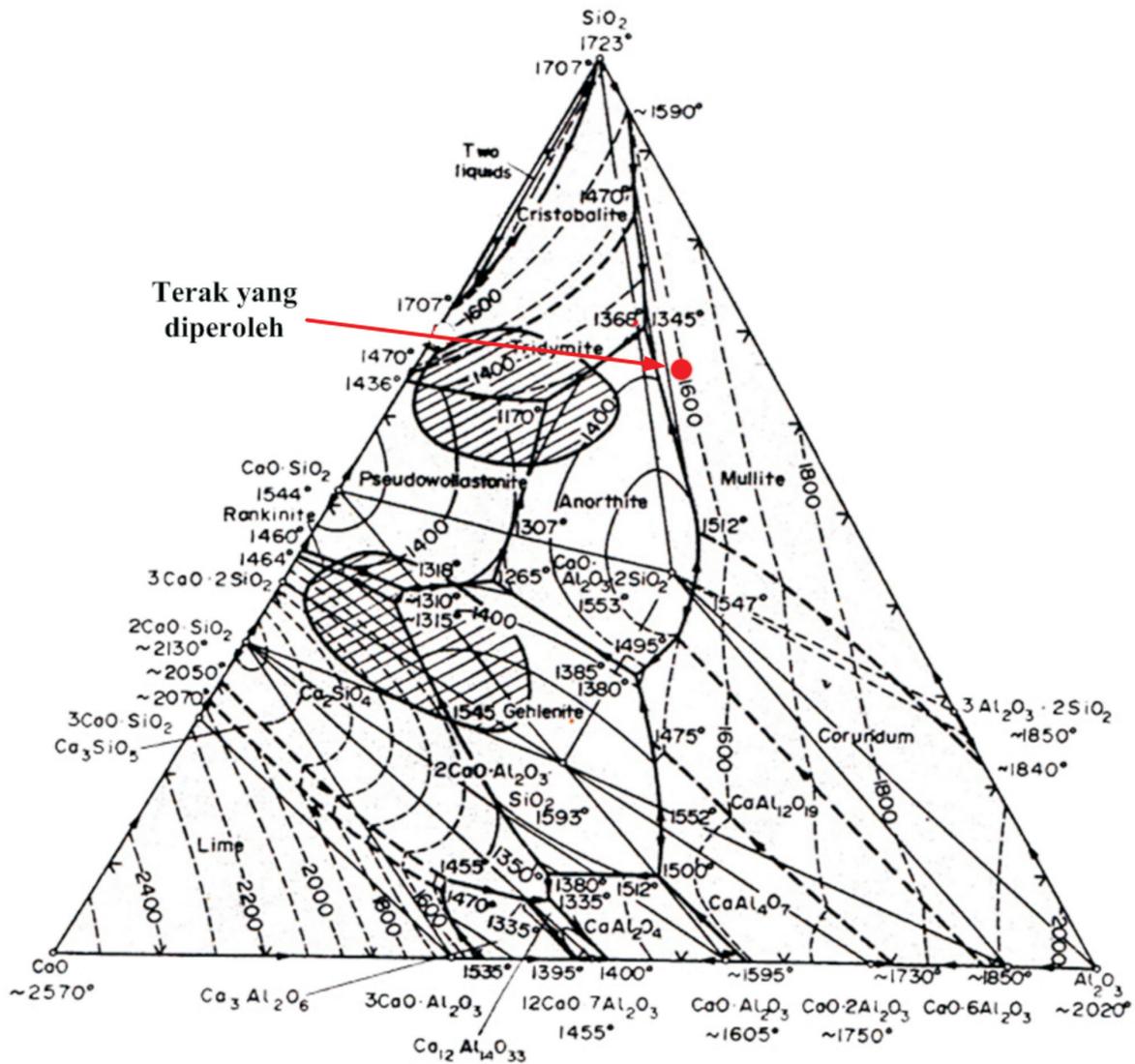
Tingginya titik lebur yang diperoleh tersebut menyebabkan kesulitan pada saat pengeluaran produk logam cair maupun teraknya, karena terak yang dihasilkan cepat membeku.



Gambar 5. Pengaruh unsur lain terhadap kelarutan karbon di dalam logam besi (Biswas, 1981)



Gambar 6. Kandungan mangan dan karbon dalam produk logam paduan pada berbagai komposisi bahan baku



Gambar 7. Diagram fasa sistem  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  (Biswas, 1981)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut :

### Kesimpulan

1. Percobaan produksi *ferromangan* dengan menggunakan tanur listrik belum berhasil baik, terutama pada komposisi terak yang diperoleh tidak seperti apa yang diharapkan. Salah satu penyebab adalah titik lebur terak yang tinggi yaitu sekitar  $1600^\circ\text{C}$ , sehingga mengakibatkan

kesulitan pengeluaran logam cair dan terak yang cepat membeku.

2. Hasil maksimal yang diperoleh dari percobaan ini, yaitu logam dengan kandungan Mn sebesar 76,12% (pada komposisi bahan baku 6.000 gr bijih mangan dan 560 gr bijih besi) dengan % perolehan Mn berkisar antara 38,99 – 67,85% dan % perolehan Fe berkisar antara 69,32 – 96,49%.
3. Berdasarkan klasifikasi ASTM untuk *ferromangan*, produk logam termasuk klasifikasi *Ferromangan Standard Grade C* (Mn : 74 – 76%).

4. Kadar karbon di dalam produk logam akan naik dengan bertambahnya kandungan Mn di dalam produk logam tersebut. Walaupun demikian kandungannya masih memenuhi kandungan yang dipersyaratkan.
5. Basisitas terak yang diperoleh masih rendah, yaitu antara 0,10 - 0,38 dengan demikian mengakibatkan perolehan Mn yang rendah.

#### Saran

1. Untuk menghindari kesulitan pada saat pengeluaran produk peleburan, maka komposisi terak harus mengalami perubahan, yaitu dengan jalan menambahkan kapur lebih banyak dan  $Al_2O_3$  sedemikian rupa sehingga diperoleh terak dengan titik lebur dan viskositas yang rendah.
2. Dengan menambahkan kapur lebih banyak maka basisitas terak akan naik (1,1-1,4), dengan demikian  $\%CaO / \%SiO_2$  di dalam terak akan naik pula, akibatnya  $\%$  perolehan Mn akan naik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bason, J., 2007. South Africa's alloy industry – present status and future outlook, Mintek Outokumpu Technology Ltd, Institute of Technology Bandung.
- Biswas, A.K., 1981. *Principles of blast furnace iron making*, Cootha Publishing House, Brisbane Australia.
- Chakrabarti, A.K., 2010. *Steel making*, 2nd edition, PHI Learning Private Limited New Delhi.
- <http://www.tekmira.esdm.go.id>, diakses tanggal 27 April 2012.
- <http://www.majalahtambang.com> diakses tanggal 19 Juni 2012.
- Kamariyanto, Djohari, A. dan Suharis, 1984. Pengolahan ferromangan, Laporan Penelitian Lembaga Metalurgi Nasional - LIPI.
- Koesnohadi, 2009. Prospek pengembangan industri ferromangan di Indonesia, *Prosiding Seminar Nasional Besi Baja*.
- Subagja, Rudi., Erlinda, Rustiadi, 1983. Studi ferromangan, Laporan Penelitian Lembaga Metalurgi Nasional - LIPI.
- Zulhan, Z., 2012. *Engineering process metallurgy I pyrometallurgy of FeMn*, Departement of Metallurgical Engineering, Institute of Technology Bandung.