

PROSES *FUMING* UNTUK *RECOVERY* TIMAH DI TERAK HASIL PELEBURAN TANUR *REVERBERATORY* UNIT METALURGI MUNTOK PT. TIMAH Tbk

Untung Sukamto , Rendra Aditya Hutomo

Program Studi Sarjana Teknik Metalurgi, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Jalan Babarsari 2, Tambakbayan, Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Email: untung.sukamto@upnyk.ac.id , hutomo.rendraaditya@gmail.com

Abstrak

PT. Timah Tbk merupakan perusahaan BUMN yang memproduksi dan mengeksport logam timah yang memiliki usaha pertambangan timah terintegrasi dari proses eksplorasi hingga proses pemurnian timah. Semenjak tahun 70-an, PT. Timah Tbk mengekstrak logam timah menggunakan tanur *reverberatory*. Proses ekstraksi timah menggunakan tanur *reverberatory* dilakukan sebanyak dua tahap proses, agar perolehan timah menjadi tinggi. Namun, masih banyak timah yang terbuang ke terak hasil proses peleburan tahap kedua tanur *reverberatory*. Kandungan timah yang ada di terak kedua sebanyak ~3%. Pada pertengahan tahun 2019, PT. Timah Tbk mulai menjalankan teknologi yang digunakan untuk mengambil kembali timah yang ada di terak. Teknologi tersebut yaitu teknologi *fuming*.

Teknologi *fuming* digunakan untuk mengambil kembali timah yang berada di terak hasil peleburan bijih timah. Prinsip dasar dari teknologi *fuming* adalah mengubah timah oksida (SnO) menjadi timah sulfida (SnS) sehingga mudah menguap dan timah dapat terpisah dari pengotor. Bahan baku pada proses *fuming* yaitu terak hasil peleburan tahap pertama dan kedua tanur *reverberatory* sebagai sumber timah dan pirit sebagai sumber sulfur untuk menguapkan timah; dan sebagai sumber besi sebagai penurun titik lebur terak pada proses *fuming*. Produk utama dari keseluruhan proses ini yaitu debu SnO₂ dengan kadar timah ≥60% yang digunakan sebagai bahan campuran umpan peleburan tanur *reverberatory* dan produk samping dari keseluruhan proses ini yaitu gipsum.

Kata Kunci: Timah, Teknologi *Fuming*, debu SnO₂

Abstract

PT. Timah Tbk is a state-owned company that produces and exports tin, which has an integrated tin mining business from the exploration process to the refining process of tin. Since the 70s, PT. Timah Tbk extracted tin metal using a reverberatory furnace. The tin extraction process using a reverberatory furnace is carried out in a two-stage process, so that the tin yield is high. However, there is still a lot of tin that is wasted into the slag from the second stage of the reverberatory furnace smelting process. The lead content in the second slag is ~ 3%. In mid-2019, PT. Timah Tbk began to run the technology used to recover the tin in the slag. This technology is fuming technology.

Fuming technology is used to recover tin that is in the slag from smelting tin ore. The basic principle of fuming technology is to convert tin oxide (SnO) into tin sulfide (SnS) so that it is easily evaporated and tin can be separated from impurities. The raw material in the fuming process, namely slag from smelting the first and second stages of reverberatory furnaces as a source of tin and pyrite as a source of sulfur to evaporate tin; and as a source of iron to reduce the melting point of slag in the fuming process. The main product of this whole process is SnO₂ dust with a lead content of ≥60% which is used as a mixture for reverberatory furnace melting feed mixtures and a byproduct of this whole process, namely gypsum.

Keywords: Tin, Fuming Technology, SnO₂ dust

1. PENDAHULUAN

Timah (Sn) merupakan logam yang memiliki banyak manfaat di kehidupan sehari-hari karena memiliki sifat dapat ditempa, tidak mudah terkorosi, sebagai unsur paduan, dan digunakan untuk melapisi logam lain agar tahan korosi. Mineral pembawa timah yaitu kasiterit (SnO_2). Saat ini, proses untuk mendapatkan logam timah dari bijih timah yaitu dengan proses pirometalurgi. Pirometalurgi merupakan proses ekstraksi logam dari mineral pada temperatur tinggi.

Proses ekstraksi bijih timah menggunakan metode pirometalurgi dengan tanur *reverberatory* memerlukan dua kali tahap peleburan. Peleburan tahap pertama menghasilkan timah kasar dengan kandungan timah $\pm 99\%$ dan terak pertama dengan kandungan timah $\pm 20\%$. Peleburan tahap kedua menghasilkan *hardhead* dengan perbandingan timah dan besi yang hampir sama dan terak kedua dengan kandungan timah $\pm 3\%$. Tujuan dilakukan dua kali tahap peleburan ini agar nilai perolehan timah tinggi. Masalah yang dihadapi pada peleburan dua tahap ini yaitu mineral pembawa besi akan ikut tereduksi menjadi besi yang kemudian akan membentuk paduan dengan timah, dan kandungan timah masih relatif tinggi pada terak kedua.

Teknologi *fuming* pada pengolahan timah dikembangkan dengan tujuan untuk memperoleh timah dari terak hasil produksi peleburan bijih timah. Prinsip *fuming* yaitu mengubah senyawa timah oksida menjadi senyawa timah sulfida agar mudah menguap, dan pengotor seperti besi akan terakumulasi sebagai senyawa oksida dalam terak cair. Produk yang dihasilkan dari teknologi *fuming* ini yaitu debu SnO_2 dengan kadar timah $\geq 60\%$, dan terak akhir dengan kandungan timah $\leq 0,3\%$.

2. STUDI LITERATUR

2.1 Bahan Baku Proses *Fuming*

1. Terak

Zulfiadi Zulhan (2017) menyatakan bahwa terak merupakan senyawa sederhana atau senyawa kompleks yang dapat berupa oksida, sulfida, halida seperti CaF_2 . Terak terbentuk pada saat proses peleburan bijih

atau pada proses pemurnian dari logam kasar hasil proses peleburan. Umumnya, terak mengandung beberapa senyawa atau elemen yang tidak tereduksi pada saat proses reduksi atau teroksidasi pada saat proses pemurnian.

Terak yang digunakan sebagai bahan baku tanur *fuming* diantaranya:

a. Terak 1

Terak 1 merupakan terak hasil peleburan tahap pertama tanur *reverberatory*. Terak pertama memiliki kandungan rata-rata sebagai berikut:

Tabel 1. 1 Tipikal Komposisi Terak 1

H ₂ O (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe (%)	SiO ₂ (%)	Sn (%)	TiO ₂ (%)	CaO/SiO ₂	Fe/Sn
13,53	7,6	8,85	18,24	18,77	13,06	10,10	0,47	1,40

Sumber: Laboratorium Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk

Ukuran terak pertama yang digunakan untuk umpan *fuming* yaitu -5 cm. Terak 1 merupakan terak halus hasil granulasi. Tujuan digunakan terak halus yaitu untuk memperluas permukaan material agar kinetika proses peleburan dalam tanur berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan terak berukuran kasar.

b. Terak 2

Terak 2 merupakan terak hasil peleburan tahap kedua tanur *reverberatory*. Terak kedua memiliki kandungan rata-rata sebagai berikut:

Tabel 1. 2 Tipikal Komposisi Terak 2

H ₂ O (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe (%)	SiO ₂ (%)	Sn (%)	TiO ₂ (%)	CaO/SiO ₂	Fe/Sn
9,74	10,36	12,37	13,38	27,79	4,32	12,03	0,45	3,10

Sumber: Laboratorium Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk

Ukuran terak 2 yang digunakan untuk umpan *fuming* yaitu sama dengan ukuran terak 1. Terak 2 merupakan terak halus hasil granulasi.

2. Pirit

Pirit merupakan mineral yang umumnya ditemukan sebagai mineral asosiasi pada bijih sulfida. Pirit berfungsi sebagai *flux* pada proses *fuming* dimana berperan sebagai sumber sulfur untuk proses sulfidisasi SnO menjadi SnS dan sumber besi untuk

menurunkan titik lebur terak pada proses *fuming*.

Tabel 1. 3 Tipikal Komposisi Pirit

Pb (%)	Sb (%)	Fe (%)	As (%)	Cu (%)	S (%)	SiO ₂ (%)	H ₂ O (%)
0,249	0,001	29,394	0,059	0,194	30,366	3,673	0,55

Sumber: Bagian *Fuming* Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk

Pirit yang digunakan pada tanur *fuming* berukuran -20+50#. Ukuran butir pirit yang digunakan tersebut bertujuan untuk mempercepat proses reaksi proses dekomposisi pirit menjadi FeS dan $\frac{1}{2}S_2$ sebagai reaktan utama dan untuk memperluas kontak antara reaktan dengan bahan baku.

3. Pulverized coal

Pulverized coal merupakan batubara halus yang digunakan sebagai bahan bakar tanur *fuming*. Jenis batubara yang digunakan yaitu antrasit. Antrasit disuplat dari PT. Bukit Asam Tbk dengan ukuran butir -50 mm dan memiliki tipikal komposisi:

Tabel 1. 4 Tipikal Komposisi Antrasit dari PT. Bukit Asam Tbk

GCV	TM		IM		ASH		VM		FC		TSS	
	%ADB	%AR	%ADB	%AR	%ADB	%AR	%ADB	%AR	%ADB	%AR	%ADB	%AR
7.798	7.20	2.08	5.60	5.31	29.24	27.71	63.08	39.78	0.40	0.38		

Sumber: Bagian *Fuming* Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk

Pulverized coal diperoleh dari hasil *grinding* antrasit menggunakan *raymond mill*. Ukuran butir *pulverized coal* yaitu -200#. Konsumsi *pulverized coal* yaitu 40 ton/hari.

4. Udara Bakar

Udara bakar merupakan udara bebas yang digunakan sebagai pembakaran *pulverized coal* pada tanur *fuming* dan pengoksidasi pada *combustion chamber*. Udara bakar dihisap dari lingkungan sekitar menggunakan *root blower*. Udara bakar yang telah dihisap oleh *root blower* kemudian diinjeksi menggunakan *tuyers* bersamaan dengan *pulverized coal* ke dalam tanur *fuming*. Udara bakar digunakan pada *combustion chamber* untuk mengoksidasi SnS menjadi SnO₂ sebagai produk utama dari proses *fuming*.

Udara bakar memiliki kandungan nitrogen 78%, oksigen 21%, dan sisanya

merupakan gas lain yang ada di udara bebas. Oksigen sebagai senyawa utama untuk mengoksidasi atau membakar *pulverized coal* di dalam tanur *fuming* dan mengoksidasi SnS menjadi SnO₂ di dalam *combustion chamber*.

5. Kapur Tohor (CaO)

Kapur tohor (CaO) merupakan produk dari proses dekomposisi batukapur (CaCO₃). Kapur tohor digunakan sebagai bahan yang dilarutkan dengan air untuk membentuk Ca(OH)₂ yang digunakan sebagai reagen penetralisir gas sisa dari proses *fuming* sebelum dibuang ke atmosfer.

Tabel 1. 5 Tipikal Komposisi Kapur Tohor (CaO)

OXIDE/HYDROXIDE	% BERAT
H ₂ O	0.31
SiO ₂	0.67
CaO	68.78
Lain-lain	30.24

Sumber: Bagian *Fuming* Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk

6. Kayu Bakar

Kayu bakar digunakan untuk proses *heating up* atau pemanasan tanur *fuming*. Kayu bakar digunakan pada tahap awal proses *heating up*. Proses pemanasan menggunakan kayu bakar ini dapat menaikkan temperatur tanur *fuming* hingga 400°C.

7. Kokas

Kokas merupakan bahan bakar padat hasil proses pemanasan batubara dengan ruang tertutup tanpa udara, sehingga zat terbang (*volatile matter*) dapat berkurang. Kadar *fix carbon* yang ada di kokas berkisar 83-90%.

Kokas digunakan pada tahap akhir proses *heating up* tanur *fuming*. Tujuan penggunaan kokas ini agar temperatur tanur *fuming* mencapai 1100°C.

2.2 Komposisi Bahan Baku

Bahan baku utama yaitu terak 1, terak 2, dan pirit. Berikut komposisi bahan baku tanur *fuming*:

Tabel 1. 6 Tipikal Komposisi Tanur *Fuming*

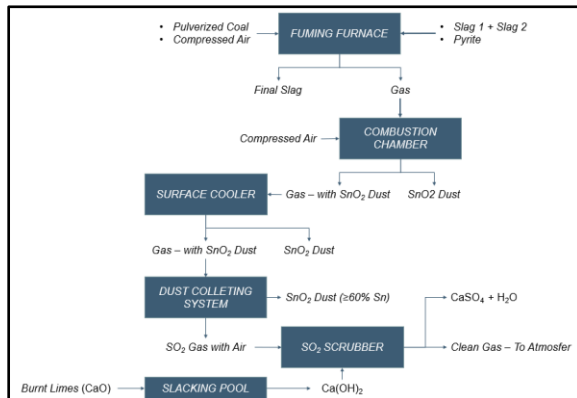
JENIS	% BERAT DALAM KAPASITAS TANUR 80 TON/HARI
Terak Pertama	47,8
Terak Kedua	40,7
Pirit	11,5
Total	100

Sumber: Bagian *Fuming* Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk

2.3 Diagram Alir Pabrik *Fuming* di PT. Timah Tbk

Secara garis besar, pabrik *fuming* terdiri dari lima bagian penting:

- Tanur *fuming* sebagai tempat terjadinya reaksi penguapan timah sulfida
- *Combustion chamber* sebagai ruang pembentukan debu timah dioksida
- *Surface cooler* sebagai tempat pendinginan
- *Dust collecting system* sebagai tempat penangkapan debu timah dioksida
- *SO₂ scrubber* atau *desulfurization system* sebagai tempat desulfurisasi gas buang hasil proses sebelum gas buang dilepaskan ke lingkungan



Gambar 1. 1 Diagram Alir Pabrik *Fuming*

2.4 Teknologi *Fuming*

Teknologi *fuming* timah pertama kali dilakukan menggunakan tanur *converter* dengan *Phelps Dodge Process*. Namun, untuk teknologi terbaru saat ini yaitu hasil penelitian dari Kolodin menggunakan tanur berbentuk balok tegak (Wright, 1982).

Teknologi *fuming* merupakan proses alternatif yang digunakan untuk mengambil logam timah dari terak hasil peleburan bijih

timah dan untuk memisahkan logam timah dari pengotor besi. Produk utama dari keseluruhan proses ini yaitu debu SnO_2 dengan kadar timah $\geq 60\%$ yang digunakan sebagai bahan campuran umpan peleburan tanur *reverberatory* atau dapat digunakan sebagai bahan campuran umpan tanur *Ausmelt* di masa yang akan datang.

1. Proses *Fuming*

Proses *fuming* merupakan proses terjadinya reaksi antara timah oksida (SnO) dengan pirit (FeS_2) menghasilkan gas timah sulfida (SnS) sebagai produk yang akan diolah lebih lanjut dan terak. *Fuming* berasal dari kata “*fume*” dimana disaat proses ini berlangsung terjadi proses penguapan. Prinsip dasar dari proses *fuming* adalah mengubah timah oksida (SnO) menjadi timah sulfida (SnS) sehingga mudah menguap dan timah dapat terpisah dari terak.

Proses yang dilakukan pada Pabrik *Fuming* Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk diantaranya:

a. Proses *heating up*

Proses *heating up* merupakan proses pemanasan tanur *fuming* menggunakan kayu bakar dan kokas. Tahap awal proses *heating up* menggunakan kayu bakar. Kayu bakar dimasukan ke dalam tanur *fuming* melewati *charging hole* secara manual. Kayu bakar disiram menggunakan bahan bakar solar dan diberi api sebagai pemantik. Proses *heating up* menggunakan kayu bakar dapat menghasilkan temperatur di dalam tanur *fuming* hingga 400°C .

Tahap akhir proses *heating up* menggunakan kokas. Kokas dimasukan ke dalam tanur *fuming* melewati *charging hole* menggunakan *belt conveyor*. Selama proses ini, udara bakar ditiupkan secara kontinu tanpa menggunakan *pulverized coal*. Proses *heating up* ini dapat menghasilkan temperatur di dalam tanur *fuming* mencapai 1100°C . Setelah proses *heating up* selesai, *pulverized coal* diinjeksikan ke dalam tanur sebagai bahan bakar proses *fuming* dan untuk menjaga temperatur dalam tanur tidak menurun.

b. Proses pengumpanan (*charging*)

Proses pengumpanan secara umum dibagi menjadi dua. Pengumpanan tahap pertama yaitu pengumpanan campuran terak

sebagai bahan baku dan sumber timah. Campuran terak di dalam tanur *fuming* mengalami proses pengadukan. Proses pengadukan ini akibat efek meniupan udara bakar dari *tuyers*. Campuran terak tersebut kemudian akan mencair dan melapisi lantai beserta dinding tanur. Proses pelapisan ini disebut pelantaian. Tujuan dari proses pelantaian ini yaitu untuk menjaga temperatur dalam tanur tetap pada temperatur operasional. Setelah campuran terak bahan baku melebur atau meleleh, tahap selanjutnya yaitu pengumpanan pirit. Seluruh proses pengumpanan bahan baku dilakukan menggunakan *belt conveyor* dan umpan masuk melalui *charging hole*.

c. Proses *tapping*

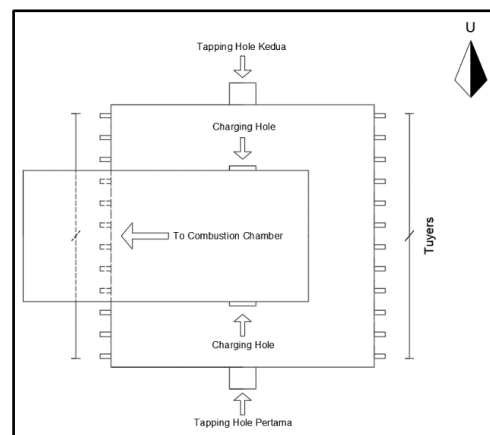
Proses *tapping* dilakukan pada lubang *tapping* utama. Sebelum proses *tapping* dilakukan, alat penyemprot air bertekanan dihidupkan terlebih dahulu untuk proses granulasi terak akhir dan membersihkan *launder* sebagai kanal terak akhir menuju kolam granulasi. Proses *tapping* dilakukan dengan bantuan gas oksigen yang diinjeksi ke lubang *tapping* dengan tujuan untuk membantu pembukaan lubang *tapping*. Setelah lubang *tapping* terbuka, bagian atas *launder* ditutup menggunakan plat baja untuk mengurangi risiko terak cair yang memercik ke sekitar *launder*.

Temperatur operasional berkisar antara 1200-1300°C. Temperatur operasional tersebut dapat dicapai dengan cara mengatur komposisi terak agar titik lebur terak pada suhu yang relatif rendah. Bila ditinjau dari diagram terner CaO.SiO₂.FeO, daerah tersebut diharapkan pada daerah *olivine* (1050-1100°C).



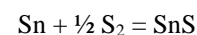
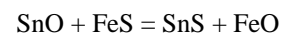
Gambar 1. 2 Diagram Terner CaO.SiO₂.FeO
Sumber: (Chuang dkk., 2009)

Tanur *fuming* berbentuk balok dengan ukuran luas penampang 6 m² berkapasitas 8-10 ton/*batch*. Waktu peleburan sekitar 3 jam/*batch*. Tanur *fuming* dilengkapi dengan bata tahan api dan *cooling water* untuk menjaga suhu operasi dan menjaga umur pakai tanur. Bata tahan api yang digunakan yaitu alumina dan magnesia pada daerah dasar tanur. *Tuyers* digunakan sebagai injektor *pulverized coal* dan udara bakar. Injeksi *pulverized coal* dan udara bakar ini menyebabkan efek pengadukan pada material di dalam tanur *fuming*. Jumlah *tuyers* yang digunakan pada tanur *fuming* sebanyak 24, 12 pada sisi kanan dan 12 pada sisi kiri tanur. Tanur *fuming* dilengkapi dengan dua lubang *tapping*. Kedua lubang *tapping* ini memiliki ketinggian yang berbeda. Lubang *tapping* pertama berfungsi untuk mengeluarkan terak yang akan digranulasi di kolam granulasi terak. Lubang *tapping* pertama ini menjadi lubang *tapping* utama. Lubang *tapping* kedua berfungsi untuk pengurusan lantai tanur jika tanur ingin dimatikan untuk perbaikan atau keperluan lainnya. Tanur *fuming* memiliki dua *charging hole* pada bagian atas tanur. Posisi kedua *charging hole* tersebut saling bersebrangan.



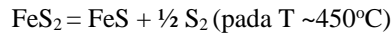
Gambar 1. 3 Ilustrasi Tampak Atas Tanur *Fuming*

Reaksi-reaksi yang melibatkan unsur timah di dalam tanur *fuming*:



Reaktan FeS dan $\frac{1}{2} \text{S}_2$ yang bereaksi dengan SnO dan Sn di dalam tanur *fuming* merupakan hasil dekomposisi pirit (FeS₂).

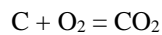
Reaksi dekomposisi pirit:



Reaksi pembentukan terak diasumsikan sebagai berikut:



Reaksi pembakaran *pulverized coal*:

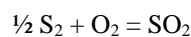
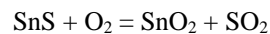


SnS hasil proses *fuming* bersama dengan gas lain selanjutnya akan masuk ke *combustion chamber*, dan untuk terak akhir akan di *tapping* kemudian digranulasi pada kolam granulasi. Terak akhir memiliki kandungan timah sebesar ~0,3%. Kandungan timah pada terak akhir tersebut dapat dicapai dengan cara mengatur jumlah pirit yang digunakan.

2. Combustion Chamber

Combustion chamber berbentuk balok dilengkapi dengan bata tahan api. *Combustion chamber* juga dilengkapi dengan pintu untuk mengeluarkan debu SnO₂ yang terperangkap dan *explosive valve* untuk membuang tekanan gas berlebih. Proses pengurasan debu SnO₂ dilakukan setiap pabrik *fuming* berhenti operasi atau disaat *maintenance*.

Timah sulfida (SnS) hasil proses *fuming* bersama dengan gas lain dari tanur *fuming* selanjutnya akan masuk ke *combustion chamber* untuk proses oksidasi pada suhu 1000°C. Udara bebas dimasukkan ke *combustion chamber* untuk mengoksidasi SnS dan S₂ yang tersisa dari hasil dekomposisi FeS₂. Reaksi yang terjadi pada *combustion chamber*:



Gas lain yang berasal dari tanur *fuming* seperti CO₂ dan N₂ akan keluar dari *combustion chamber* bersamaan dengan debu SnO₂, *fly ash* SiO₂ sisa pembakaran *pulverized coal* dan SO₂. Temperatur keluar dari *combustion chamber* ±650°C.

3. Surface Cooler

Surface cooler merupakan alat yang digunakan untuk mendinginkan produk hasil *combustion chamber*. *Surface cooler* terbuat dari baja berbentuk pipa-pipa tegak yang

bertujuan untuk memperluas permukaan kontak antara udara luar dengan alat tersebut. Hal ini bertujuan untuk melepaskan kalor dari sistem ke lingkungan dan akibatnya suhu yang ada di sistem menjadi lebih rendah. Suhu gas dan debu SnO₂ hasil *combustion chamber* yang masuk ke *surface cooler* berkisar ±650°C, dan suhu gas dan debu SnO₂ hasil *combustion chamber* yang keluar dari *surface cooler* berkisar 100-120°C.

Surface cooler dilengkapi dengan pintu pada bagian bawah untuk mengeluarkan debu SnO₂ yang terperangkap. Proses pengurasan debu SnO₂ dilakukan setiap pabrik *fuming* berhenti operasi.

Surface cooler bersifat *consumable*, yang berarti selama periode tertentu akan diganti dengan yang baru. Secara perhitungan, *surface cooler* memiliki umur pakai selama 5 tahun sebelum dilakukan penggantian.

4. Dust Collecting System

Dust Collecting System (DCS) merupakan alat yang digunakan untuk menangkap debu SnO₂ hasil proses *fuming*. Suhu proses di DCS tidak boleh melebihi atau kurang dari rentang 100-120°C. Jika suhu diatas rentang tersebut dapat merusak *filter cloth* yang berfungsi untuk menangkap debu SnO₂ dan jika suhu dibawah rentang tersebut maka akan terbentuk embun air.

Mekanisme proses pada DCS yaitu debu SnO₂ akan terperangkap di *filter cloth*. Kemudian pada setiap 2 jam sekali, *jet pulse* akan meniupkan udara bertekanan agar debu SnO₂ yang terperangkap di *filter cloth* dapat turun ke bagian pengeluaran produk. *Filter cloth* perlu diganti dengan periode waktu penggantian satu kali dalam satu tahun.

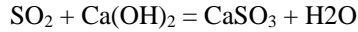
5. SO₂ Scrubber

Gas sisa dari *dust collecting system* kemudian dihisap menggunakan *ID fan* untuk menuju ke *SO₂ scrubber*. *SO₂ scrubber* berbentuk tabung memiliki fungsi untuk mengurangi emisi gas SO₂ yang dihasilkan sebelum dilepaskan ke lingkungan. Terdapat dua unit *SO₂ scrubber* pada pabrik *fuming* Unit Metalurgi Muntok PT. Timah Tbk.

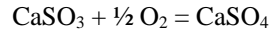
Mekanisme dari *SO₂ scrubber* adalah dengan cara menyemburkan larutan Ca(OH)₂ ke gas SO₂. Produk yang dihasilkan dari reaksi tersebut yaitu *slurry* CaSO₃ yang

kemudian dioksidasi pada tanki oksidasi untuk menghasilkan gipsum sebagai *by product*.

Reaksi yang terjadi pada SO₂ scrubber:



Reaksi yang terjadi pada tanki oksidasi:



Gipsum difiltasi untuk menurunkan kandungan air pada gipsum menggunakan *filter press*. Persen solid pada hasil *filter press* yaitu ~60%. Air sisa proses filtrasi kemudian akan dimasukkan kembali ke tanki *slaking* sebagai air sirkulasi untuk pelarutan CaO menjadi Ca(OH)₂.

2.5 Produk *Fuming*

Produk utama dari proses *fuming* yaitu debu SnO₂. Debu SnO₂ akan digunakan sebagai umpan tanur *reverberatory* dan tanur *Ausmelt* di masa depan untuk direduksi menjadi logam timah.

Debu SnO₂ yang dihasilkan oleh proses *fuming* dapat terendapkan di *surface cooler* dan *dust collecting system*. Kadar debu yang dihasilkan pada bagian alat tersebut berbeda. Produk debu SnO₂ di *surface cooler* dapat mengandung Sn ~45% dan di *dust collecting system* dapat mengandung Sn ~68%.

Produk samping dari proses *fuming* yaitu gipsum. Gipsum dihasilkan dari proses reaksi SO₂ yang ada di gas buang dengan larutan CaO yang kemudian dioksidasi. Gipsum yang dihasilkan memiliki kandungan air sebanyak ~35% setelah melewati proses filtrasi menggunakan *filter press*.

3. KESIMPULAN

Terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut:

1. Teknologi *fuming* merupakan proses alternatif yang digunakan untuk mengambil logam timah dari terak hasil peleburan bijih timah dengan prinsip mengubah senyawa SnO menjadi SnS agar mudah menguap dan timah dapat terpisah dari pengotor.
2. Produk utama dari keseluruhan proses *fuming* yaitu debu SnO₂ dengan kadar timah ≥60% yang digunakan sebagai

bahan campuran umpan peleburan tanur *reverberatory* atau tanur *Ausmelt* di masa yang akan datang, dan produk samping yaitu gipsum dengan kadar air ~35%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chuang, H.-C., Hwang, W.-S., dan Liu, S.-H. 2009. *Effects of Basicity and FeO Content on the Softening and Melting Temperatures of the CaO - SiO₂ - MgO - Al₂O₃ Slag System*. MATERIALS TRANSACTIONS, 50(6), 1448–1456. <https://doi.org/10.2320/matertrans.MR.A2008372>
2. Wright, Peter A. 1982. *Extractive Metallurgy of Tin*. Elsevier Scientific Publishing Company.
3. Zulhan, Zulfiadi. 2017. *Terak (Slag): Pelatihan Pengolahan Mineral dan Metalurgi Ekstraksi (PPT)*. Muntok: LAPI ITB.