

**STUDI PENGURANGAN CEMARAN GAS BUANG
SULFUR DIOKSIDA (SO₂) DARI EMISI CEROBONG PABRIK
NIKEL DENGAN MENGGUNAKAN SENYAWA
KIMIA PENJERAPAMONIUM HIDROKSIDA**

Agus Dina¹, M. Sjahrul¹, Muhammad Zakir¹, dan Dadang²

¹Jurusan Kimia, F.MIPA, Universitas Hasanuddin

²Jurusan Fisika, F.MIPA, Universitas Hasanuddin

Email: agus_dina68@yahoo.co.id

Abstract: *Research on absorption of gaseous SO₂ from factory emissions of nickel ore industry using solution of ammonium hydroxide has been done. Research conducted with variations including concentration, temperature, and time of contact. Variation of the concentration used were 1%, 2%, 3%, 4% and 5%; while variations of the temperature used were 20°C, 25°C, 30°C, 35°C, and 40°C; and the contact time were 10, 15, 20, 25 and 30 minutes. SO₂ gas emissions sampling is done at a time when the factory operates at flow velocity and temperature conditions exhaust gas emissions. Results showed the greater concentration of the solution absorbing the greater the concentration of sulfur dioxide gas absorption, absorption temperature range between 30° C-40° C, and the longer the absorption of the greater number of SO₂ absorption. A comparison of the percentage of the results of the average accumulation of absorption between absorbent solution (ammonium hydroxide) and slurry of calcium carbonate to reduce sulfur dioxide emissions to ambient air showed results still under the limestone slurry i.e. absorption capability comparison 95.00%: 62,91%. Difference in SO₂ gas that is not absorbed out as emissions are still on top of the raw set quality standard (750 mg/m³). The gas is absorbed to form ammonium sulphate compounds that could be accommodated and packaged for commercialized as a by-product in the form of inorganic fertilizers valued economically. As such, ammonium hydroxide is used as an alternative to allow compound absorbent and produces no side residue so that the result is considered safe for the environment.*

Keywords: *ammonium hydroxide, emissions, inorganic fertilizer, SO₂*

1. PENDAHULUAN

Pemicu menurunnya kualitas lingkungan adalah terjadinya peningkatan pencemaran udara yaitu masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan/atau komponen lain ke dalam udara ambient oleh kegiatan manusia, sehingga mutu ambient turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambient tidak dapat memenuhi fungsinya (Pergub Sulsel 69 Tahun 2010). Salah satu zat yang masuk ke udara ambient yang dapat menyebabkan pencemaran adalah belerang. Belerang dalam berbagai bentuk senyawanya telah dikenal sebagai zat pencemar utama udara kawasan industri sebagai hasil pembakaran bahan bakar fosil, dan dapat berasal dari buangan letusan gunung api. Prakiraan secara komparatif jumlah belerang yang terbuang ke atmosfer pada masa mendatang akan mengalami peningkatan mendekati 10 kali lipat (Sjahrul, 2001).

Salah satu industri yang menghasilkan pencemaran udara adalah industri peleburan nikel yang berlokasi di Sorowako Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan, dimana proses produksinya dilakukan dengan cara membakar bahan baku pada kiln dengan menggunakan bahan bakar batu bara sehingga menghasilkan emisi gas yang salah satunya adalah emisi gas SO₂ (ANDAL INCO, 2008). Pengujian emisi gas belerang dioksida dari 5 cerobong kiln antara 6874 sampai dengan 17087 mg/m³, dari 4 cerobong *furnace* antara 798 sampai dengan 2559 mg/m³ telah melampaui baku mutu yang ditetapkan 750 mg/m³ berdasarkan Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 tahun 2010 (Lap. INCO Tahun 2010-2012). Produksi gas SO₂ dryer 1; 1032076,7 ton/tahun 4430 ton/ bulan atau 2585,25 mg/m³, dryer 2; SO₂ 1083095,6 ton/tahun atau SO₂ 4980, 00 ton/bulan, kiln 1; 24968179,0 ton pertahun atau 5935,00 ton /bulan, kiln 2; 21030150,4 ton pertahun 8331,00 ton/bulan, *furnace* 1; 2594426,6 ton pertahun 1134,00 ton/bulan, *furnace* 2; 3110687,4 ton/tahun atau 1086,00 ton/bulan (Lap. INCO Mei 2014) .

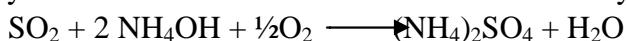
Pembersihan gas buang SO₂ dapat dilakukan sistem *wet scrubber*, gas hasil pembakaran disemprotkan dengan *slurry* (bubur kapur) Ca(OH)₂ dimana mampu menurunkan emisi SO₂ dari 88,5ribu ton/tahun menjadi 4,5ribu ton/tahun atau penyerapan gas SO₂ kurang lebih 95% (Riyanto, 1995) tetapi disisi lain juga melepaskan emisi GRK yaitu CO₂ bertentangan dengan Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011 mewajibkan industri untuk menurunkan emisi senyawa tersebut sampai 26% pada tahun 2020. Selain itu juga menimbulkan masalah terhadap dinding cerobong yaitu adanya bubuk yang terbentuk pada dinding cerobong karena menggunakan sistem *wet scrubber* dengan menyemprotkan bubuk kapur sebelum gas buang lepas ke cerobong industri (Srivastava, 2001), masalah lain yang timbul adalah industri harus menyiapkan lahan penambangan dan penggilingan kapur, kapasitas 60 ton per jam, *raw water* suplai sistem, kapasitas 20 m³/jam hingga 25 m³/jam, pengolahan limbah cair 2500m³/hari, sistem pembuangan Gypsum 1.000 ton per hari hingga 1.100 ton per hari, lahan untuk pembuangan limbah padat (*solid waste disposal*) sebesar 36.000 m² pertahun, sistem pasokan energi setara 15 MW (Supriadi, 2010).

Pencemaran SO₂ menimbulkan dampak terhadap manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada kadar sebesar 0,5 ppm. Iritasi tenggorokan terjadi pada kadar SO₂ sebesar 5 ppm atau lebih. Bahkan pada beberapa individu yang sensitif iritasi terjadi pada kadar 1-2 ppm, dampak SO₂ terhadap kesehatan 8-12 ppm mengakibatkan iritasi tenggorokan, 20 ppm akan mengakibatkan iritasi mata, 20 ppm akan mengakibatkan batuk, 20 ppm. Maksimum yang diperbolehkan untuk konsentrasi dalam waktu lama, 50 – 100 ppm. Maksimum yang diperbolehkan untuk kontak singkat (30 menit) 400 -500 ppm. Berbahaya meskipun kontak secara singkat (Sudrajad dan Agung, 2006)

Menurut WHO udara bersih untuk parameter SO₂ 0,003 – 0,02 ppm dan udara tercemar 0,02 – 2 ppm. Standar kesehatan gas SO₂ adalah 366 µg/m³ (0,14 ppm) untuk waktu paparan 24 jam 79 µg/m³ (0,03 ppm) untuk paparan satu tahun. Akan tetapi kadar SO₂ pada konsentrasi 9,559 ppm dalam jumlah minimum dapat mengakibatkan iritasi pada tenggorokan dan hidun. Pada bulan Desember tahun 1930, tingkat kandungan SO₂ mencapai 38 ppm di lembah Sungai Meuse Belgia menyebabkan kematian 60 orang, di samping beberapa ekor sapi

mati. Bulan Oktober 1948, tingkat kandungan SO₂ mencapai 2 ppm di udara pada wilayah Donora, Pennsylvania, menyebabkan kematian 20 orang. Bulan Desember 1952, kandungan SO₂ mencapai 1,3 ppm di udara pada wilayah London, menyebabkan kematian antara 3500 sampai 4000 orang, karena selama periode 5 hari pada masa itu terbentuk inverse suhu dan kabut (Saeni, 1989).

Gas belerang dioksida ini yang tidak berwarna, tidak terbakar dan mudah larut dalam air, mudah teroksidasi, dan dapat bereaksi dengan senyawa lain, bisa mengalami proses absorpsi pada tetesan air dan proses adsorpsi pada permukaan partikulat, yang selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa yang ada dalam air dan partikulat membentuk senyawa sulfat, seperti apabila ada senyawa amonium hidroksida akan membentuk senyawa amonium sulfat:

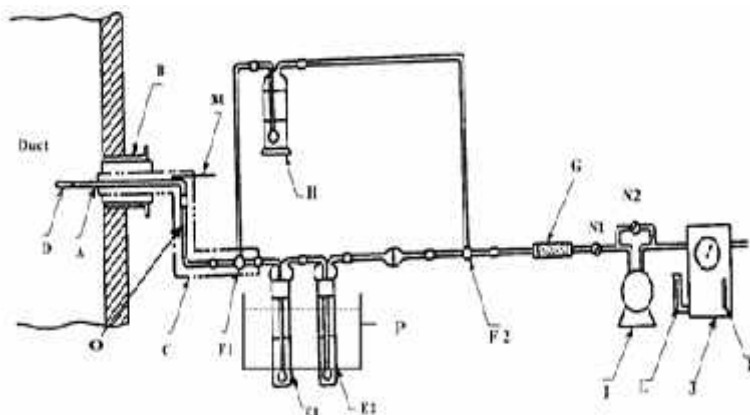


Akan dilakukan percobaan untuk menyerap emisi SO₂ dengan menggunakan amonium hidroksida, yang nantinya apabila diaplikasikan akan menggunakan proses reduksi emisi SO₂ dengan menggunakan teknologi plasma, dimana teknologi ini sudah terbukti mampu mengurai dan mereduksi emisi sampai rentang 80% hingga 95% untuk konsentrasi SO₂ dalam rentang hingga ribuan ppm dengan laju alir gas 100 Nm³/jam (Doosan Heavy Industry).

2. METODE

Penelitian ini dilakukan langsung dari sumber emisi cerobong pabrik nikel. Jenis penelitian ini merupakan penelitian kualitatif kuantitatif terhadap senyawa penyerap dengan menggunakan larutan amonium hidroksida. Volume penangkapan emisi gas skala laboratorium sebagai sampel. Penangkapan emisi dengan menggunakan empinger yang berisi penyerap dengan melakukan variabel konsentrasi, suhu dan waktu yang berbeda, pada saat industri lagi beroperasi dalam kondisi suhu, kecepatan alir dan tekanan emisi yang maksimum. Pengukuran konsentrasi SO₂ menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Analisis deskriptif dilakukan dalam tabulasi hasil dan grafik hasil setiap perlakuan.

Peralatan



Gambar 1. Rangkaian peralatan pengambil contoh uji SO₂

Keterangan gambar:

- | | |
|---|---|
| A adalah pipa pengambil contoh uji; | I adalah pompa penghisap; |
| B adalah <i>flange</i> ; | J adalah gas meter (kapasitas 1 L - 5 L per putaran); |
| C adalah elemen pemanas; | K adalah termometer gas meter |
| D adalah <i>glass wool</i> ; | L adalah manometer |
| E1, E2 adalah botol penjerap 250 mL; | M adalah termometer suhu; |
| F1, F2 adalah kran cabang tiga. | N1 adalah kran penutup, |
| G adalah tabung pengering; | N2 adalah kran pengatur kecepatan alir |
| H adalah botol pencuci berisi larutan penjerap; | O adalah pipa karet (<i>flurorubber</i>) |
| P adalah wadah pendingin; | |

Pengambilan Contoh Uji

1. Susun peralatan pengambilan contoh uji seperti pada gambar;
2. Masukkan 50 mL larutan penjerap gas ke dalam masing-masing botol penjerap dan masukkan pula 50 mL larutan penjerap gas ke dalam botol pencuci;
3. Masukkan pipa pengambil contoh uji ke dalam cerobong, Hidupkan pompa penghisap udara dan atur laju alir antara 1 L/menit sampai 2 L/menit.
4. Arahkan aliran gas buang ke posisi pengambilan contoh uji hingga aliran akan melalui botol penjerap, baca penunjukan awal pada gas meter V_1 (L);
5. Hidupkan pompa dan lakukan pengambilan contoh uji pada volume tertentu dengan mengkondisikan sesuai variabel yang dibutuhkan yaitu konsentrasi larutan penjerap, kondisi suhu larutan penjerap dan waktu pengambilan dengan mengatur laju alir gas meter antara 1 L/menit sampai 2 L/menit;
6. Catat temperatur dan tekanan pada gas meter saat pengambilan contoh uji;
7. Matikan pompa, tutup aliran gas dan baca penunjukan akhir pada gas meter V_2 (L).

Bahan

1. Larutan penyerap 100 mL (NH_4OH) 30% v/v ke dalam labu ukur 1000 mL;
2. Larutan gliserol ($\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OH}$) (1+1)
3. Serbuk barium klorida (BaCl_2)
4. Larutan induk asam sulfat (H_2SO_4) 0,1 N
5. Larutan natrium tetraborat (boraks, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 0,1 N
6. Indikator SM (sindur metil) atau MO (metil orange)
7. Larutan blanko lapangan, encerkan 100 mL larutan penjerap gas ke dalam tabu ukur 250 mL

Pembuatan kurva kalibrasi

1. Pipet 0 mL; 5 mL; 10 mL; 15 mL; 20 mL dan 25 mL larutan kerja H₂SO₄ 0,004 N ke dalam tabung uji 100 mL dan tambahkan air suling sampai 50 mL;
2. Tambahkan 10 mL larutan gliserol(1 + 1) dan 5 mL larutan natrium klorida, lalu kocok;
3. Tambahkan 0,3 g BaCl₂ dan kocok selama 1 menit;
4. Biarkan selama 4 menit dan aduk kembali dengan baik selama 15 detik;
5. Masukkan ke dalam kuvet dan baca serapan masing-masing standar dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm;
6. Buat kurva kalibrasi antara serapan dengan jumlah ion sulfat (mg).

Perhitungan konversi satuan konsentrasi dari normalitas gram ekuivalen ke mg sulfat (SO₄²⁻):

$$C_s = \frac{N_a}{2} \times \frac{96}{98} \times 96$$

dengan pengertian:

C_s adalah konsentrasi SO₄²⁻ (mg);

N_a adalah konsentrasi SO₄²⁻ (N);

2 adalah faktor untuk mengubah g ekuivalen/L menjadi g mol/L;

96 adalah berat molekul (BM) SO₄²⁻;

98 adalah berat molekul (BM) H₂SO₄

Pengujian contoh uji

1. Pipet 50 mL larutan contoh uji pada langkah 3 butir b) ke dalam tabung uji;
2. Pipet 50 mL larutan blanko pada langkah 3 butir c) ke dalam tabung uji;
3. Lakukan langkah 2 butir b) sampai e) terhadap contoh uji dan blanko.
4. Hitung konsentrasi contoh uji dengan menggunakan kurva kalibrasi

Perhitungan

1. Volum contoh uji gas yang diambil

Volum contoh uji gas yang diambil dikoreksi pada kondisi normal (25°C, 760 mm Hg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_s = V \times \frac{298}{273+t} \times \frac{P_a + P_m - P_v}{760}$$

dengan pengertian:

V_s adalah volum contoh uji gas yang diambil pada kondisi normal (L);

V adalah volum dan pembacaan gas meter dengan menghitung V₂ - V₁ (L);

P_a adalah tekanan udara atmosfer (mmHg);

P_m adalah tekanan manometer dibaca pada gas meter (mmHg);

P_v adalah tekanan uap air jenuh pada temperatur t°C (mmHg);

t adalah temperatur gas dibaca pada gas meter (°C);

298 adalah konversi temperatur pada kondisi normal (25°C) ke dalam °K;

273 adalah konversi temperatur standar (0°C) ke dalam °K;

760 adalah tekanan udara standar (mmHg).

2. Konsentrasi SO_x sebagai SO₂ dalam emisi gas buang sumber tidak bergerak

Konsentrasi SO_x (sebagai SO₂) dalam contoh uji dapat dihitung sebagai berikut;

$$C = \frac{64}{96} \times \frac{(A-M) \times fp}{V_s} \times 1000$$

dengan pengertian

C adalah konsentrasi SO_x (mg/m³);

A adalah jumlah ion sulfat pada contoh uji, di dapat dan kurvakalibrasi (mg);

B adalah jumlah ion sulfat pada larutan blanko, didapat darikurvakalibrasi(mg);

fp adalah faktor pengenceran (250/50);

V_s adalah volum contoh gas uji dikoreksi pada kondisi normal pada 25°C, 760 mmHg(L);

64 adalah berat molekul SO₂;

96 adalah berat molekul SO₄;

1000 adalah konversi L ke m³.

3. Konsentrasi SO₂ yang dihasilkan perbulan (Ton/Bulan)

$$SO_{2(Ton/Bulan)} = C \times \text{Kecepatan alir emisi (mg/detik)} / 10^9 \times \text{detik (1 bulan)}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan dan penyerapan emisi gas buang industri dilakukan selama dua belas hari pada bulan Mei 2015. pengambilan dimana kondisi setiap cerobong dalam kondisi operasional maksimal di 6 (enam cerobong industri) masing-masing pada 2 cerobong dryer, 2 cerobong kiln dan 2 cerobong furnace. Teknik pengambilan sampel menggunakan serangkaian alat sampling probe, vacuum untuk mengisap udara emisi dan rangkaian empinger tempat larutan penjerap yaitu larutan penjerap amonium hidroksida. Untuk melihat hasil serapan gas SO₂ maka sampel yang telah diambil dilakukan pengujian di Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Badan Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Selatan.

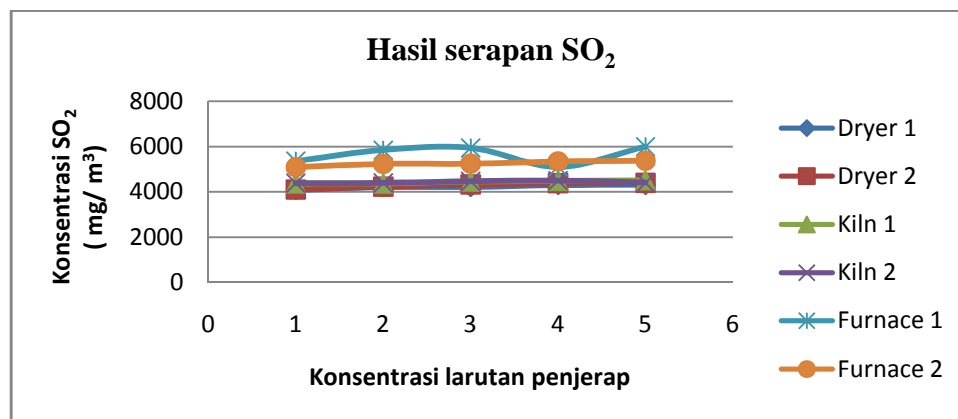
Gambaran hasil serapan konsentrasi SO₂ dari masing masing cerobong dapat dilihat didaftar dan digrafik sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil serapan konsentrasi gas SO₂ dari emisi cerobong berdasarkan variasi konsentrasi larutan penjerap.

No	Konsentrasi (%)	Hasil (mg/m ³)					
		Amonium Hidroksida					
		Dryer 1	Dryer 2	Kiln 1	Kiln 2	Furnace 1	Furnace 2
1	1	4085,25	4099,26	4362,30	4384,30	5355,92	5084,40
2	2	4209,59	4226,82	4367,32	4390,32	5840,	5226,47

3	3	4207,59	4327,84	4446,66	4460,75	5933,69	5236,47
4	4	4291,26	4390,27	4480,91	4495,05	5100,02	5335,25
5	5	4302,36	4398,16	4501,77	4401,77	5992,64	5365,93

Sumber : data setelah diolah, tahun 2015

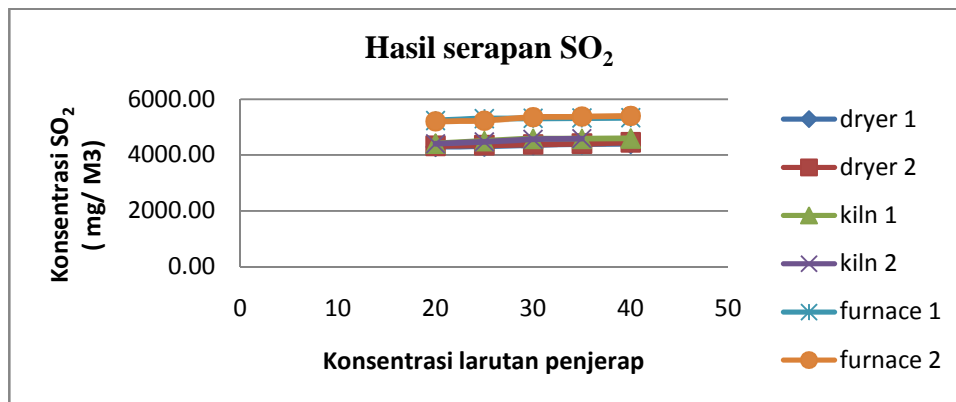


Gambar 2. Hasil serapan konsentrasi gas SO₂ dari emisi cerobong berdasarkan variasi konsentrasi larutan penjerap.

Tabel 2. Hasil serapan konsentrasi gas SO₂ dari emisi cerobong berdasarkan variasi suhu larutan penjerap.

No	Suhu (°C)	Hasil (mg/m ³)					
		Amonium Hidroksida					
		Dryer 1	Dryer 2	Kiln 1	Kiln 2	Furnace 1	Furnace 2
1	20	4291,89	4321,54	4406,30	4400,39	5232,60	5200,61
2	25	4303,83	4343,01	4497,32	4467,32	5303,35	5228,89
3	30	4355,50	4376,26	4576,66	4556,66	5312,55	5349,48
4	35	4380,56	4403,91	4580,91	4580,91	5324,81	5371,20
5	40	4397,70	4450,68	4590,77	4599,77	5334,53	5399,22

Sumber : data setelah diolah, tahun 2015

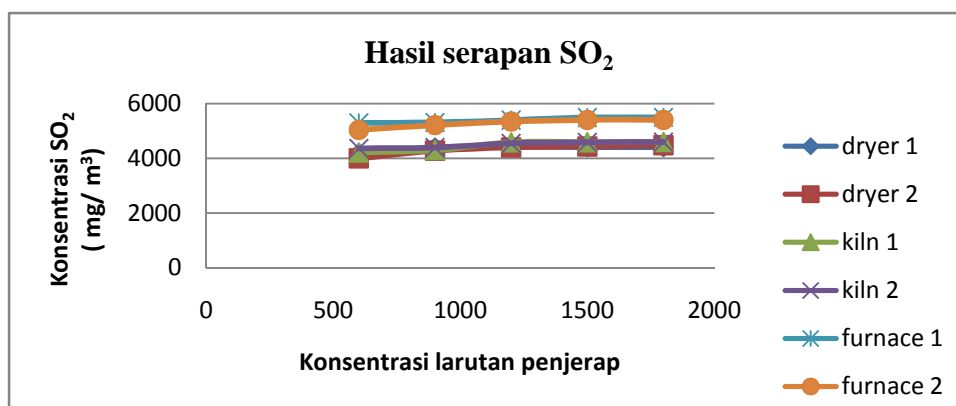


Gambar 3. Hasil serapan konsentrasi gas SO₂ dari emisi cerobong berdasarkan variasi suhu larutan penjerap.

Tabel 3. Hasil serapan konsentrasi gas SO₂ dari emisi cerobong berdasarkan variasi waktu larutan penjerap.

No	Waktu (detik)	Hasil (mg/m ³)					
		Amonium Hidroksida					
		Dryer 1	Dryer 2	Kiln 1	Kiln 2	Furnace 1	Furnace 2
1	600	4187,09	4000,81	4206,30	4364,37	5292,63	5036,10
2	900	4393,12	4277,39	4297,32	4393,32	5303,78	5208,26
3	1200	4417,21	4397,32	4576,66	4546,66	5387,17	5338,56
4	1500	4411,07	4432,91	4580,91	4580,91	5484,51	5397,95
5	1800	4410,52	4473,76	4590,77	4591,77	5484,81	5400,74

Sumber : data setelah diolah, tahun 2015



Gambar 4. Hasil serapan konsentrasi gas SO₂ dari emisi cerobong berdasarkan variasi waktu larutan penjerap.

Berdasarkan data hasil pengujian gas buang SO₂ yang diserap oleh hidrogen peroksida dari emisi cerobong dryer 1, 2, kiln 1, 2 dan furnace 1, 2, kenaikan konsentrasi serapan maksimum serapan ditunjukkan pada perlakuan larutan penjerap pada kondisi 20°C, konsentrasi 5% dan lama pengambilan 1800 detik. Hasil yang dicapai pada kemampuan serapan dari akumulasi rata-rata perlakuan sebagai berikut:

1. Dryer 1, cerobong berbentuk silinder dengan ketinggian 61,6 meter yang berdiameter 4 meter pada titik koordinat LS 02°34'08,3" dan BT 121°22'38,9" dengan kecepatan alir gas 327,82 m³/detik kondisi suhu gas emisi 140 °C, menghasilkan serapan puncak pada perlakuan larutan penyerap 5%, dan suhu 25°C serta lama penjerapan 1200 detik menghasilkan serapan rata-rata SO₂ sama dengan 4341,06 mg/m³ atau 3688,64 ton/bulan atau 77,08 %
2. Dryer 2, cerobong berbentuk silinder dengan ketinggian 60,9 meter dengan luas penampang 3,9 meter pada titik koordinat LS 02°34'08,4" dan BT 121°22'39,5" dengan kecepatan alir gas 312,74 m³/detik pada kondisi suhu gas emisi ± 140°C, puncak serapan pada perlakuan 3%, pada kondisi suhu 35°C dan lama penjerapan 1500 detik menghasilkan total rata-rata serapan SO₂ sama dengan 4388,22 mg/m³ atau 3557,19 ton/bulan atau 74,33 % .
3. Kiln 1 (Reduksi 1) adalah cerobong berbentuk silinder dengan ketinggian 61 meter dengan luas penampang 2,9 meter pada titik koordinat LS 02°34'08,4" dan BT 121°22'38,8" kecepatan alir gas 234,87 m³/detik pada kondisi suhu gas emisi ± ±168 °C dengan perlakuan 30%, suhu 30°C dan lama pengambilan contoh 1800 detik menghasilkan serapan 2767,64 ton/bulan atau 4546,18 mg/m³ atau 56,39 %.
4. Kiln 2 (Reduksi 2) adalah cerobong berbentuk silinder dengan ketinggian 62 meter dengan luas penampang 2,9 meter pada titik koordinat LS 02°34'09,1" dan BT 121°22'41,4" dengan kecepatan alir gas 291,39 m³/detik pada kondisi suhu gas emisi ± 168 °C, pada kondisi perlakuan 30 %, 30°C dan lama pengambilan sampel 1800 detik menghasilkan serapan gas SO₂ sama dengan 3414,90 ton/bulan atau 4521,36 mg/m³ atau 69,58 %.
5. Furnace 1, cerobong berbentuk silinder dengan ketinggian 61 meter dengan luas penampang 4,1 meter pada titik koordinat LS 02°34'09,4" dan BT 121°22'42,9" dengan kecepatan alir gas 179,62 m³/detik pada kondisi suhu gas emisi ± 200 °C dengan perlakuan larutan penjerap menghasilkan serapan puncak pada suhu 25°C, konsentrasi 3% dan lama pengambilan sampel 1500 detik dengan hasil rata rata total SO₂ adalah 2595,05 ton/bulan atau 5573,85 mg/m³ atau 52,88 %.
6. Furnace 2, cerobong berbentuk silinder dengan ketinggian 61 meter dengan luas penampang 4,1 meter pada titik koordinat LS 02°40'15,1" dan BT 121°10' 25,2". dengan kecepatan alir gas 177,77 M³/detik pada kondisi suhu gas emisi ± 200 °C menghasilkan serapan pada kondisi perlakuan 4%, 30°C dan lama pengambilan sampel 1800 detik menghasilkan serapan rata rata total SO₂ adalah 2317,03 ton/bulan atau 5028,49 mg/m³ atau 47,21 %.

Hasil pengukuran langsung emisi gas buang SO₂ yang dilakukan pada bulan yang sama dari dryer 1 dengan kecepatan alir gas 239,39 m³/detik, dryer 2 dengan kecepatan gas 212,39 m³/detik menghasilkan rata-rata hasil pengujian menghasilkan ± 4785,43 ton/bulan atau setara dengan 8692,64 mg/m³, dari kiln 1 dengan kecepatan alir 171,52 m³/detik dan kiln 2 dengan kecepatan alir 223,94 m³/detik menghasilkan rata-rata ± 4907,70 ton/bulan atau setara dengan 9622,94 mg/m³. Furnace 1 dengan kecepatan alir gas 236,63 m³/detik dan cerobong furnace 2 dengan kecepatan alir gas 170,00 m³/detik juga menghasilkan konsentrasi rata rata ± 4907,7 ton/bulan atau setara dengan 9259,81 mg/m³.

Hasil menunjukkan gas buang dengan kondisi suhu tinggi dan kecepatan alir yang kecil menghasilkan serapan SO₂ rendah, dan gas buang dengan kondisi suhu rendah dan kecepatan alir gas besar akan menghasilkan konsentrasi serapan gas SO₂ tinggi. Kemampuan reaksi senyawa penjerap serta sifat gas yang dikeluarkan mengalami fluktuasi suhu, tekanan dan kecepatan alir serta turbulensi juga ikut mempengaruhi penyerapan gas emisi cerobong pabrik.

Berdasarkan data hasil penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan oleh peneliti pendahulu yang menggunakan penjerap bubuk kapur (kalsium hidroksida) yang hasilnya mampu menyerap belerang dioksida sebesar 95%, amonium hidroksida hanya mampu menyerap gas belerang dioksida total rata-rata yaitu 62,91% dari sumber emisi industri nikel.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perbandingan persentase hasil serapan akumulasi rata-rata antara larutan penyerap yaitu dengan menggunakan larutan amonium hidroksida dan bubuk kalsium karbonat untuk mengurangi emisi belerang dioksida ke udara ambient menunjukkan hasil mendekati sama dengan bubuk kapur yaitu 95,00 % : 62,91%.
2. Konsentrasi serapan SO₂ besar apabila kondisi konsentrasi larutan penyerap semakin besar, kisaran suhu kamar dan waktu penjerapan semakin lama semakin besar. Kecepatan alir gas buang rendah dengan suhu tinggi menghasilkan konsentrasi serapan tinggi pula.
3. Emisi dari enam cerobong yang tidak terserap, masih diatas standar yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2010 tentang baku mutu emisi SO₂ 750 mg/m³.

Saran

1. Untuk penggunaan aplikasi penerapan teknologi serapan dengan menggunakan larutan penjerap tersebut maka disarankan untuk menghitung reaksi kesetimbangan antara keluaran emisi gas belerang dioksida dengan kapasitas serap larutan penjerap sebagai bahan estimasi kapasitas volume, konsentrasi sehingga serapan gas emisi dapat diserap semaksimal mungkin.

2. Dalam perencanaan pengurangan emisi belerang dioksida dari cerobong, menghasilkan amonium sulfat ini bisa menjadi produk pupuk pertanian. Dan untuk memaksimalkan penyerapan gas belerang dioksida dapat dilakukan sistem plasma yaitu penyerapan bertingkat dengan menggunakan bubuk kapur atau hidrogen peroksida.

DAFTAR PUSTAKA

- ANDAL, 2008. Dokumen Analisis Dampak Lingkungan Perusahaan Tambang Nikel Sorowako Kabupaten Luwu Timur, PT. INCO Tbk.
- Gubernur Sulawesi Selatan, 2010. Peraturan Gubernur Sulawesi Selatan No. 69 Tahun 2010, tentang Baku Mutu dan Kriteria Kerusakan Lingkungan. BLHD Provinsi Sulawesi Selatan.
- Hatch., 2010, *Carbon Footprint of SO₂ Scrubbing*, PT. INCO, November.
- Piter Sampetoding. *Laporan Pelaksanaan RKL-RPL PT. INCO*. 2006, 2008, 2009, 2010., PT. Vale Indonesia.
- Presiden Republik Indonesia, 2011. Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011, tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Sekretariat Kabinet RI Deputy Bidang Perekonomian.
- Priambodo, A., 2014. *Laporan Pelaksanaan Rencana Pengelolaan Lingkungan Dan Rencana Pemantauan Lingkungan Tambang Nikel PT. Vale Indonesia*.
- PT Vale Indonesia, 2011. *Fuel consumption and cloud seeding activities*.
- PT Vale Indonesia, 2010. *Environmental Study Of Sulfur And Sulfate Concentration In Soil And Water Sorowako And Its Surrounding Area, Sorowako*, PT. Vale Indonesia.
- Riyanto, M., 1995, *Peralatan kontrol polusi udara. Teknologi Pengendalian dan pengukuran Polusi Udara di Industri*, UPT-LSDE: BPP Teknologi.
- Saeni, M.S., 1989. *Kimia Lingkungan*. Bogor: IPB Press.
- Sjahrul, M., 2001, *Kimia Lingkungan*, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Srivastava, R., 2001, *National Risk Management Research Laboratory Research Triangle Part*, NC.27711.U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina.
- Sudrajad, Agung., *Pencemaran Udara, Suatu Pendahuluan*. <http://io.ppi-jepang.org/article.php?id=111>, Jakarta, 12 – 09 – 2006.
- Superiadi, A., PT INCO, Juni 2010, *Environmental Study of Sulfur and Sulfate Concentration in Soil and Water Sorowako and its Surrounding Area*. PT. Vale Indonesia