

Optimalisasi Penurunan Konsentrasi SO₂ Emisi Menggunakan Larutan NaOH pada Menara Absorber

Silvy Djayanti

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

Email : silvy_bbtppi@yahoo.com

Abstrak – Telah dilakukan penelitian penyerapan gas dari emisi SO₂ di dalam menara absorber dengan menganalisis perubahan pH absorber dan efisiensi removal SO₂ menggunakan larutan NaOH 20%; 50%; 70% dengan debit absorber 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5 dan 30 ft³/menit. Absorpsi SO₂ dilakukan dengan mengalirkan larutan NaOH secara kontinyu pada bagian atas menara, gas SO₂ dialirkan pada bagian bawah menara absorber. Gas dan cairan akan saling kontak dan terjadi reaksi kimia. Analisis penurunan konsentrasi gas SO₂ dilakukan dengan menggunakan analyzer gas SO₂ yang diamati setiap 5 menit, demikian juga dengan pengukuran pH. Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh penurunan konsentrasi SO₂ emisi sebesar 95,1%. Konsentrasi gas SO₂ menjadi 98,88 mg/m³ dari konsentrasi awal 2023,52 mg/m³ dengan laju alir 27,5 ft³/menit dan penurunan pH mencapai 3,66 dari pH awal sebesar 13,98.

Kata Kunci : Absorber, SO₂, NaOH, pH

PENDAHULUAN

Pencemaran merupakan salah satu permasalahan yang cukup besar yang dihadapi oleh industri. Pencemaran yang dihasilkan oleh industri berasal dari aktivitas proses produksi yang berupa padat, cair maupun gas. Pencemaran berupa gas akan menimbulkan pencemaran udara yang mayoritas dari pembakaran bahan bakar fosil. Batubara merupakan bahan bakar yang lazim digunakan oleh industri terutama industri tekstil dan industri logam. Dalam pembakaran sempurna, hasil pembakaran batubara akan mengemisikan gas yang mengandung salah satunya sulfur (SO₂). Tidak jarang pihak industri yang mengeluhkan tingginya parameter SO₂ meskipun telah menggunakan alat pengendali emisi yang berupa absorber dan scrubber.

Pendekatan teknologi merupakan salah satu alternatif yang terbaik untuk pengendalian pencemaran udara. Beberapa metode alternatif reduksi emisi SO₂ antara lain *settling chamber*, *cyclone*, *filtration*, *electrostatic precipitator (ESP)*, *wet collector (spray tower absorber)*, adsorpsi dan kondensasi. (Sunardi et al., 2013)

Fokus dari penelitian ini melakukan optimasi reaksi kimia pada menara absorber dengan media larutan NaOH untuk menurunkan konsentrasi emisi SO₂ sebelum dilepas ke atmosfer. Prinsip Spray tower menara absorber dioperasikan berdasarkan sifat absorpsi partikel cair (liquid) ketika berinteraksi dengan partikel padat atau gas. Arah aliran gas emisi di umpangkan dari dasar reaktor mengalir ke atas

melewaati media packing, sedangkan media cair diumpangkan dari bagian atas reaktor dengan sistem *spray*, sehingga media cairan dapat melewati packing yang ada di bagian tengah reaktor yang kemudian dapat terjadi kontak antara fase cair dan gas. Gas yang telah diikat oleh absorban akan turun ke bawah, sedangkan gas bersih akan keluar lewat bagian atas reaktor. (Hill, 1976)

Secara teknis penelitian ini akan dilakukan optimasi dari laju alir spray tower absorber sehingga didapatkan nilai optimum penurunan emisi SO₂ dan meningkatkan efisiensi penggunaan larutan NaOH dalam menurunkan konsentrasi SO₂ hasil pembakaran batubara.

Reaktor absorber yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan packing yang terbuat dari plastik berbentuk bola, yang disusun secara acak. Pemilihan material packing didasarkan atas pertimbangan material yang akan dikontakkan ke dalam packing, dimana akan digunakan bahan yang sangat korosif. Fungsi dari packing yaitu untuk memperluas bidang kontak perpindahan massa, sebagai tempat mengalirnya larutan absorban dan sebagai tempat terjadinya reaksi. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan packing antara lain packing harus bisa memberikan luas permukaan basah yang besar per satuan volume dari ruang yang berisi packing, agar terbentuk luas interface yang besar untuk terjadinya kontak antara fase gas dan cairan. Packing harus memiliki rongga volume yang besar, agar pressure drop pressure drop yang terjadi tidak berlebihan dan dapat pula

menimbulkan aliran yang besar. Packing harus memiliki sifat pembasahan yang baik (mudah dibasahi) dan harus dipilih secara efektif ditinjau dari segi ketahanan terhadap korosi. Packing harus memiliki bulk density yang rendah (menyangkut sistem penahan atau pondasi *packed tower*) dan sedapat mungkin memilih harga yang relatif murah. (Boutt, Cook, Mcpherson, & Williams, 2007)

Jika ditinjau dari energi kontak, maka spray tower absorber termasuk dalam jenis liquid-phase contacting scrubber yang menggunakan energi dari aliran liquid. Dalam sistem ini, nozzle atau sprayer menghasilkan droplet dalam tabung dan kontak dengan aliran polutan gas, sehingga terjadi absorpsi. Spray tower yang dikenal juga sebagai gravity spray tower, spray chamber atau spray scrubber merupakan alat sederhana yang digunakan untuk absorpsi gas. (Huang et al., 2007)

Bahan bakar batubara yang digunakan adalah batubara *low grade* dengan konsentrasi *fixed carbon* 18,68% ;ash 64,05% ;dan total sulphur sebesar 8,42%. Bahan bakar tersebut menghasilkan besaran emisi SO₂ yang dapat dihasilkan berdasarkan presentase Sulfur. Untuk memenuhi baku mutu emisi SO₂ yang berlaku, yaitu 750 mg/Nm₃, maka presentase sulfur batubara maksimal yang harus dimiliki oleh batubara adalah 0,44% (Lathif, 2017)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh titik optimasi penyerapan emisi SO₂ dengan melakukan variasi debit dan konsentrasi larutan NaOH, sementara aliran udara emisi dikondisikan konstan 1 m/detik.

METODE

Tahapan penelitian ini meliputi pembuatan larutan NaOH dengan konsentrasi yang telah ditentukan (20%, 50%, dan 70%), analisis emisi boiler batubara sebelum dan sesudah penyerapan, penentuan laju alir gas dan penyerap, evaluasi proses absorpsi, perhitungan efisiensi penyerapan cair-gas, dan perhitungan konsentrasi gas keluar absorber gas.

Penelitian dimulai dari penyiapan larutan penyerap NaOH 20%, 50% dan 70%. Gas emisi SO₂ yang digunakan berasal dari emisi boiler batubara kapasitas 10 Ton uap yang berasal dari industri tekstil. Masing – masing konsentrasi

larutan penyerap NaOH di uji dengan beberapa laju alir penyerap, output gas keluar absorber dianalisis langsung dengan menggunakan analyzer.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor menara absorber ber-packing yang diterapkan langsung di industri tekstil. Dimensi menara absorber 1,5 m x 0,6 m dengan ketebalan packing 0,4 m yang berada di dalam menara absorber. Isian packing adalah bola pingpong yang diisi memenuhi *packing*, dan dipasang secara acak atau tidak beraturan.

Untuk mengetahui penurunan konsentrasi SO₂ yang dipengaruhi proses absorpsi dan reaksi gas-cair di dalam kolom absorber, beberapa variabel penelitian yang meliputi variabel tetap dan variabel berubah, antara lain variabel tetap adalah laju alir gas masuk absorber, konsentrasi gas masuk absorber, temperatur gas masuk, dimensi absorber, dan waktu pengambilan sampel. Sedangkan variabel berubah adalah laju alir cairan penyerap (NaOH), dan konsentrasi NaOH.

Perhitungan data dihitung menggunakan excel, dengan menyusun neraca komponen dan menghitung K_{ga} (koefisien transfer massa gas-cair) untuk mendapatkan jumlah gas emisi SO₂ yang terserap sehingga bisa diketahui gas buang yang diemisikan absorber.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pada menara scrubber SO₂ telah dilakukan dengan memvariasi berbagai parameter operasi proses, termasuk konsentrasi natrium hidroksida pada prosentase 20, 50 dan 70% dan kecepatan laju cairan penyerap gas SO₂. Dengan melihat material yang akan dikontakkan ke dalam absorber yaitu gas asam dan cairan penyerap basa, maka proses ini termasuk dalam absorpsi kimia, di mana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan adanya reaksi kimia. Absorpsi kimia mempengaruhi peningkatan koefisien perpindahan massa (K_{ga}) disebabkan oleh makin besarnya luas efektif antar muka. (Silvy Djayanti, n.d.) Berikut hasil absorpsi gas SO₂ dengan konsentrasi Larutan NaOH dan Variasi laju alir cairan. Sementara laju alir gas masuk reaktor di setting sebesar 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5; 30 ft³/menit.



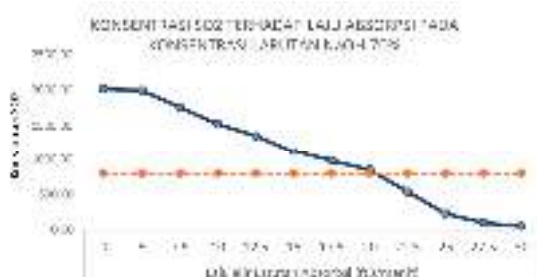
Gambar 1. Konsentrasi SO₂ Terhadap Laju Absorpsi Pada konsentrasi larutan NaOH 20%

Dari gambar grafik diatas menunjukkan penurunan konsentrasi SO₂ pada konsentrasi NaOH 20%. Penurunan konsentrasi SO₂ tidak begitu signifikan karena konsentrasi NaOH yang terlalu rendah sehingga tidak mampu menurunkan gas SO₂ yang bersifat asam sampai dibawah baku mutu.



Gambar 2. Konsentrasi SO₂ Terhadap Laju Absorpsi Pada konsentrasi larutan NaOH 50%

Dari gambar grafik diatas menunjukkan penurunan konsentrasi SO₂ pada konsentrasi NaOH 50%. Penurunan konsentrasi SO₂ masih belum begitu optimum karena konsentrasi NaOH 50% belum bisa menurunkan gas SO₂ yang bersifat asam sampai dibawah baku mutu, meskipun sudah terjadi penurunan dari konsentrasi 2023,52 ft³/menit sampai 1045,11 ft³/menit. Hal ini disebabkan oleh Larutan NaOH belum bisa mengkonversi SO₂ secara optimal.

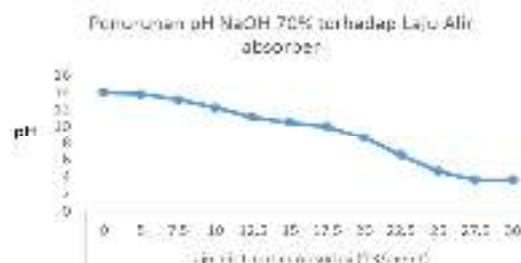


Gambar 3. Konsentrasi SO₂ Terhadap Laju Absorpsi Pada konsentrasi larutan NaOH 70%

Dari gambar grafik diatas menunjukkan penurunan konsentrasi SO₂ pada konsentrasi NaOH 70%. Penurunan konsentrasi SO₂ sudah menunjukkan penurunan yang signifikan, bahkan sampai dibawah baku mutu, pada laju alir 22,5 ft³/menit, emisi SO₂ telah menunjukkan konsentrasi 543,16 mg/m³. Dari penelitian ini dapat dianalisis bahwa ketika SO₂ diserap ke dalam larutan NaOH, molekul SO₂ akan berubah dari fase gas inti ke antarmuka gas ke fase cair.

Tahanan pada perpindahan gas berada dalam lapisan tetap (fixed film) gas dan cair pada antar bidang (interface) gas - cair. Perpindahan gas melintasi bidang permukaan lapisan gas menunjukkan adanya gradien tekanan dalam lapisan gas dan oleh sebab itu tekanan gas pada bidang permukaan (interface), P_i lebih rendah dari tekanan bulk gas, P_g. Perpindahan gas terjadi dalam dua langkah (1) perpindahan dari keseluruhan fase gas dengan tekanan gas (P_g) ke interface, dengan tekanan parsial gas (P_i), selanjutnya dikonversi ke fase liquid dengan konsentrasi C_i, (2) Transformasi dalam fase cair ke bulk liquid dengan konsentrasi (C_L). Perpindahan ini dapat terjadi dalam dua arah tergantung pada perbedaan konsentrasi C_L dan C_i. Jika C_L > C_i dan P_i > P_g maka terjadi pelepasan gas dari fase cair ke fase gas.

Selama percobaan, secara teknis dilakukan pengukuran emisi SO₂ pada tiap konsentrasi larutan absorber NaOH. Pengukuran pH absorber juga dilakukan tiap 10 menit untuk memperoleh data pH awal (0 menit) untuk tiap variabel laju alir cairan NaOH. Berikut grafik perubahan pH NaOH seperti pada gambar 4 berikut :



Gambar 4. Perubahan pH pada variasi laju alir absorber NaOH 70%

Pengukuran pH dilakukan pada konsentrasi NaOH 70% hal ini untuk mengetahui hasil

reaksi kimia antara gas asam SO_2 dengan cairan NaOH, dan larutan NaOH 70 % dianggap mewakili untuk pengamatan pH ini. Semakin terjadi penurunan pH semakin tinggi asam hasil konversi SO_2 yang terikat di dalam absorber.

KESIMPULAN

Laju absorpsi gas SO_2 bertambah dengan penambahan laju alir larutan NaOH, dan semakin tinggi konsentrasi larutan NaOH konversi SO_2 yang terikat di dalam absorber semakin besar. Pada penelitian absorpsi gas dengan larutan NaOH teknis yang telah dikondisikan konsentrasinya, dapat digantikan penerapannya dengan air limbah industri tekstil sehingga limbah cair tekstil yang ber-pH tinggi dapat diturunkan pH nya dengan kontak gas yang bersifat asam. Gas emisi telah memenuhi baku mutu emisi pada laju alir 22,5 ft^3/menit , sebesar 543,16 mg/m^3 hasil ini menjadi nilai optimasi yang diperoleh dari penelitian ini. Kondisi ini dijadikan sebagai acuan karena jika melebihi laju alir tersebut akan berdampak pada kinerja pompa dan daya listrik yang dibutuhkan, sehingga akan menimbulkan pemborosan energi.

Nilai pH absorber terjadi penurunan dari konsentrasi 13,98 ke 3,66 hal ini disebabkan sistem kerja reaktor menara absorber berjalan dengan baik. Larutan masuk melewati atas absorber dengan cara dispray sehingga tersebar dan membasahi packing, secara bersamaan gas SO_2 masuk dibagian bawah menuju ke bagian atas melewati packing yang telah terbasahi oleh Larutan NaOH. Sehingga terjadi konversi SO_2 menjadi Na_2SO_3 yang keluar dibagian bawah reaktor. Proses ini berulang sampai 40 kali

sampai di dapatkan pH 3,66 dimana nilai ini adalah nilai terendah

SARAN

Penggunaan bahan absorban NaOH dapat diterapkan oleh industri tekstil dengan mengganti penggunaan *fresh water* sebagai media absorber dengan limbah cair yang masih mengandung NaOH 40%-65%.

DAFTAR PUSTAKA

- Boutt, D. F., Cook, B. K., Mcpherson, B. J. O. L., & Williams, J. R. (2007). Direct simulation of fluid-solid mechanics in porous media using the discrete element and lattice-Boltzmann methods, *112*, 1–13.
<https://doi.org/10.1029/2004JB003213>
- Hill, M. (1976). *A / G . / e*, (19).
- Huang, S., Chang, F., Lo, S., Lee, M., Wang, C., & Lin, J. (2007). Production of lightweight aggregates from mining residues , heavy metal sludge , and incinerator fly ash, *144*, 52–58.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.09.094>
- Lathif, et al (2017). (2017). ANALISIS EMISI SO_2 HASIL PEMBAKARAN BATUBARA, *5(2)*, 2015–2018.
- Silvy Djayanti, et. a. (n.d.). PENGENDALIAN EMISI GAS BUANG BOILER BATUBARA DENGAN SISTEM ABSORPSI, 18–25.
- Sunardi, A. F., Ir, D., Dhofir, M., Soemarwanto, I., Elektro, T., Elektro, T., ... Udara, A. P. P. (2013). Perancangan dan Pembuatan Model Miniatur. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, *1(1)*, 1–6.



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL SAINS DAN ENTREPRENEURSHIP VI TAHUN 2019

"Tumbuh dan Saja: Aksi Perilaku untuk Masyarakat 2019 Pasca Krisis Kesehatan (Hygiene, Sanitasi, dan Etno Biomedik Industri 4.0 dan Entrepreneurship)"

Semarang, 21 Agustus 2019

ISBN : 978-602-99975-3-8