

## PENGARUH PARAMETER PROSES PADA PEMBERSIHAN SO<sub>2</sub> DALAM GAS BUANG MENGGUNAKAN BERKAS ELEKTRON

Meri Suhartini dan Tri Retno Dyah L

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi - BATAN

### ABSTRAK

**PENGARUH PARAMETER PROSES PADA PEMBERSIHAN SO<sub>2</sub> DALAM GAS BUANG MENGGUNAKAN BERKAS ELEKTRON.** Telah dilakukan studi penggunaan mesin berkas elektron dalam proses pembersihan gas buang dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> rendah dan tinggi untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub>. Pada konsentrasi SO<sub>2</sub> rendah digunakan konsentrasi inlet  $\pm$  1000 ppm, variasi dosis 1,1 - 10,9 kGy, kelembaban 14,5 - 27,8%, rasio NH<sub>3</sub> 0,28 - 0,4 dengan suhu gas 65 - 68 °C. Hasil yang diperoleh menunjukkan pada konsentrasi SO<sub>2</sub> rendah, dengan dosis sebesar 1,1 - 3,2 kGy memberikan efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> sebesar 85%, sedangkan pada konsentrasi tinggi 10 % vol. SO<sub>2</sub>, dosis iradiasi sebesar 6,8 - 7 kGy memberikan kenaikan efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> menjadi 88%. Efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> meningkat terhadap meningkatnya rasio NH<sub>3</sub> dan kelembaban gas. Pada konsentrasi SO<sub>2</sub> rendah, efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> akan meningkat dengan turunya suhu gas.

Kata kunci : berkas elektron, dosis, iradiasi, efisiensi pembersihan

### ABSTRACT

**THE INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS ON SO<sub>2</sub> REMOVAL EFFICIENCY IN FLUE-GAS USING ELECTRON BEAM.** A study has been carried out to observe the influence of process parameters on SO<sub>2</sub> removal efficiency in low and high concentrated flue-gas irradiated by on electron beam. At low SO<sub>2</sub> concentration using inlet concentration of SO<sub>2</sub> is  $\pm$  1000 ppm, NH<sub>3</sub> ratio 0,28 - 0,4, gas humidity 14,5 - 27,8%, gas temperature 65 - 68°C and a radiation dose of 1,1 - 10,9 kGy. The result showed that using a radiation dose of 1,1 - 3,2 kGy, the removal efficiency of SO<sub>2</sub> was 85% at low SO<sub>2</sub> concentration. Meanwhile the removal efficiency of SO<sub>2</sub> was 88% using a radiation dose of 6,8 - 7 kGy at high concentration of 10% vol. SO<sub>2</sub>. The removal efficiencies of SO<sub>2</sub> increased by increasing the ratio of NH<sub>3</sub> addition and gas humidity. The removal efficiency of SO<sub>2</sub> increased by lowering gas temperature at low SO<sub>2</sub> concentration.

Keywords : electron beam, irradiation dose, removal efficiency.

### PENDAHULUAN

Di Indonesia penggunaan batubara sebagai sumber energi banyak menggunakan jenis batubara dengan kandungan sulfur cukup tinggi (0,53 - 1,53%) [1]. Di samping produk energi yang dihasilkan, pembakaran batubara sebagai sumber energi dapat menimbulkan pencemaran udara akibat pelepasan gas buang seperti SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan VOC (*Volatile Organic Compound*) ke udara secara terus menerus yang dalam batas tertentu dapat menyebabkan penyakit saluran pernafasan kronik serta kerusakan paru-paru dan hati[1]. Di samping itu penggunaan batubara dengan kadar sulfur tinggi tersebut dapat menyebabkan tidak terpenuhinya baku mutu emisi SO<sub>2</sub> sesuai Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2000 sebesar 750 mg/m<sup>3</sup>[2]. Untuk mengatasi masalah ini, maka dilakukan studi penggunaan teknologi berkas elektron yang dapat mengurangi dampak dari kandungan sulfur tinggi dalam batubara, sehingga dapat terpenuhi batas baku mutu emisi SO<sub>2</sub> menurut peraturan yang berlaku.

Teknologi berkas elektron merupakan proses pembersihan kering (*dry-scrubbing*) dengan didasarkan pada proses ionisasi dan eksitasi molekul-molekul gas oleh iradiasi berkas elektron. Polutan SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> akan teroksidasi dan bereaksi dengan radikal-radikal aktif untuk membentuk senyawa asam dan turunannya [3]. Dengan menambahkan rasio NH<sub>3</sub>, maka asam-asam yang terbentuk dapat diubah menjadi senyawa garam yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk pertanian .

Dalam makalah ini akan dilakukan studi banding penggunaan mesin berkas elektron dalam proses pembersihan gas buang dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> rendah dan gas buang berkonsentrasi SO<sub>2</sub> tinggi, agar dapat diketahui pengaruh parameter proses dalam pembersihan gas buang SO<sub>2</sub> menggunakan berkas elektron. Studi ini dilakukan selama mengikuti program training IAEA pada Mei - Agustus 2000 di *Institute of Nuclear Chemistry and Technology* (INCT), Warsawa-Polandia. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat melengkapi informasi yang terkait dengan penggunaan berkas elektron untuk

membersihkan gas SO<sub>2</sub> terutama hasil pembakaran batubara.

### BAHAN DAN METODE

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah :

- Campuran gas teknis dalam tabung (21% O<sub>2</sub> dan 79% N<sub>2</sub>), ± 1000 ppm SO<sub>2</sub> (konsentrasi rendah) dan konsentrasi tinggi 10% vol. SO<sub>2</sub> (± 3000 ppm SO<sub>2</sub>).
- Amonia (NH<sub>3</sub>) dan Air (H<sub>2</sub>O)
- Akselerator elektron ILU-6 dengan energi berkas = 770 keV
- Analiser gas dan monitor pencatat

Percobaan dilakukan menggunakan fasilitas yang tersedia di INCT, Warsawa seperti pada Gambar 1. Sebagai tahap percobaan pendahuluan dilakukan kalibrasi untuk menentukan laju aliran gas sebesar 5 Nm<sup>-3</sup>h<sup>-1</sup>serta kalibrasi terhadap alat pengontrol, monitor pencatat serta volume gas hingga SO<sub>2</sub> pada inlet mencapai konsentrasi yang diperlukan.

#### - Penentuan Efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> :

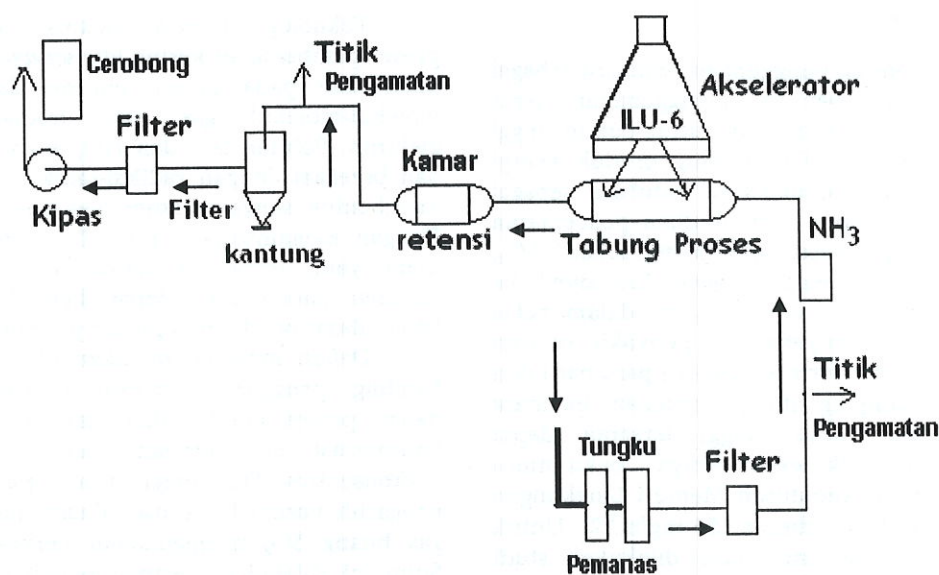
Campuran gas dengan konsentrasi inlet SO<sub>2</sub> rendah ± 1000 ppm diiradiasi menggunakan berkas elektron dengan variasi dosis 1,09 - 10,9 kGy serta diberi tambahan konsentrasi NH<sub>3</sub> sesuai rasio stoikiometri. Dalam percobaan digunakan suhu sebesar 65,66 dan 68 °C serta kadar uap air sebesar 14%. Pengukuran efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> dilakukan menurut perhitungan berikut :

Penentuan efisiensi pembersihan konsentrasi inlet SO<sub>2</sub> tinggi sebesar 10% vol. telah dilakukan oleh peneliti lain menggunakan iradiasi berkas elektron dengan dosis 6,8 kGy dan diberi tambahan rasio NH<sub>3</sub> sebesar 0,9. Dalam percobaan digunakan suhu 105 °C -118 °C serta kadar uap air sebesar 15% [4].

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> ditentukan oleh parameter proses, diantaranya dosis, kelembaban gas, kesetimbangan massa dan suhu. Gambar 2 menunjukkan pengaruh rasio NH<sub>3</sub> terhadap efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub>. Penambahan rasio NH<sub>3</sub> dengan jangkauan 0,9 - 1,1 memberikan pengaruh yang nyata pada efisiensi pembersihan konsentrasi SO<sub>2</sub> tinggi. Rasio NH<sub>3</sub> dalam jangkauan 0,28 - 0,40 juga memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap efisiensi pembersihan konsentrasi SO<sub>2</sub> rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan rasio NH<sub>3</sub> akan memberikan peningkatan pada efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> dalam proses pembersihan gas buang dengan menggunakan mesin berkas elektron.

Gambar 3 menunjukkan pengaruh kelembaban gas terhadap efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub>. Efisiensi pembersihan SO<sub>2</sub> akan meningkat dengan meningkatnya kelembaban gas. Ini berlaku baik pada gas dengan konsentrasi SO<sub>2</sub> tinggi maupun rendah. Peningkatan kelembaban gas menunjukkan adanya kenaikan kadar air,

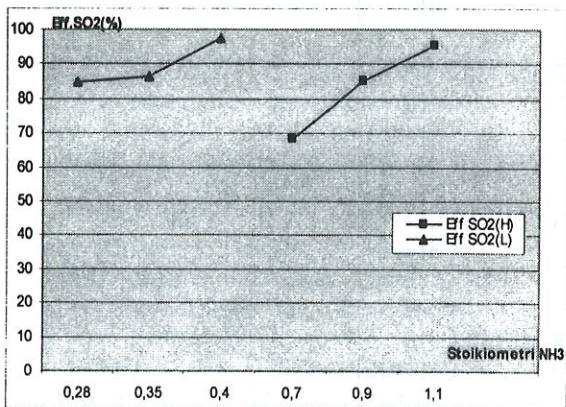


Gambar.1 Diagram aliran Proses Pembersihan SO<sub>2</sub> menggunakan akselerator ILU-6

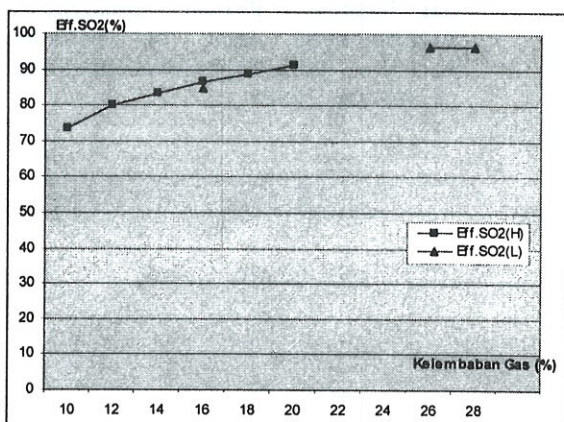
$$EfisiensiPembersihan = \frac{konsentrasi^{inlet} - konsentrasi^{outlet}}{konsentrasi^{inlet}} \times 100\% \dots\dots 1)$$



berlaku baik pada gas dengan konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi maupun rendah. Peningkatan kelembaban gas menunjukkan adanya kenaikan kadar air, sehingga spesies yang paling reaktif adalah radikal  $\text{OH}^\cdot$  yang akan bereaksi dengan  $\text{SO}_2$ . Ini merupakan reaksi yang sangat berperan dalam proses pembersihan  $\text{SO}_2$  [4].



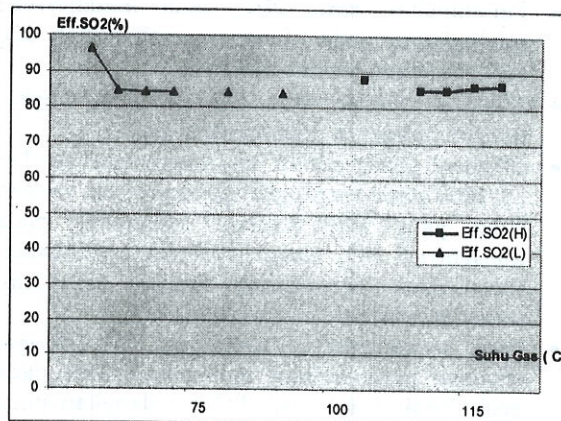
Gambar.2 Pengaruh Stoikiometri  $\text{NH}_3$  terhadap Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$  (Eff. $\text{SO}_2$  = Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$ ; H = High/ konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi; L = Low / Konsentrasi  $\text{SO}_2$  rendah)



Gambar.3 Pengaruh Kelembaban Gas terhadap Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$  (Eff. $\text{SO}_2$  = Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$ ; H = High/ konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi; L = Low / Konsentrasi  $\text{SO}_2$  rendah)

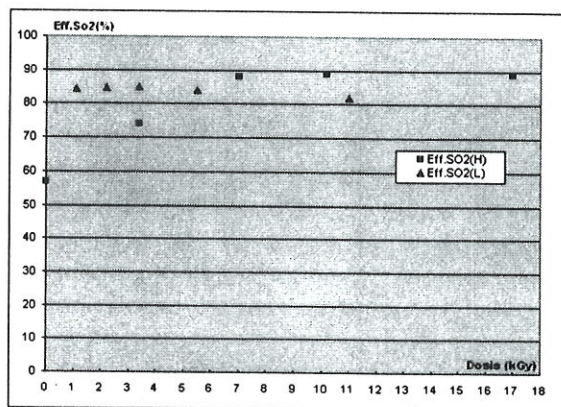
Gambar 4 menunjukkan pengaruh suhu gas terhadap efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$ . Pada konsentrasi  $\text{SO}_2$  rendah, efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  akan meningkat dengan turunnya suhu gas. Hal ini disebabkan dengan turunnya suhu gas memungkinkan terjadinya reaksi termal yang cukup dominan dalam proses pembersihan  $\text{SO}_2$ [5]. Sedangkan pada gas dengan konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi, suhu gas 105 - 118  $^\circ\text{C}$  tidak memberikan pengaruh yang cukup signifikan. Ini disebabkan reaktivitas tinggi yang

ditimbulkan oleh iradiasi berkas elektron. Penambahan  $\text{NH}_3$  juga dapat memberikan dampak pada kenaikan suhu gas[4].



Gambar.4 Pengaruh Suhu Gas terhadap Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$  (Eff. $\text{SO}_2$  = Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$ ; H = High/ konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi; L = Low / Konsentrasi  $\text{SO}_2$  rendah)

Gambar 5 menunjukkan pengaruh besarnya dosis iradiasi berkas elektron terhadap efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$ . Pada konsentrasi  $\text{SO}_2$  rendah, dosis sebesar 1,1 - 3,2 kGy memberikan efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  sebesar 85%, sedangkan penambahan dosis sebesar 10,9 kGy tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$ . Pada konsentrasi tinggi 10% vol  $\text{SO}_2$ , tanpa dosis iradiasi berkas elektron 1 kGy diperoleh efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  sebesar 57 % yang merupakan hasil reaksi antara ammonia dan uap air dalam fase gas [4]. Penggunaan dosis iradiasi sebesar 6 - 7 kGy memberikan kenaikan efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  menjadi 88%, sedangkan penambahan dosis hingga 17,3 kGy tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$ .



Gambar.5 Pengaruh Dosis terhadap Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$  (Eff. $\text{SO}_2$  = Efisiensi Pembersihan  $\text{SO}_2$ ; H = High/ konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi; L = Low / Konsentrasi  $\text{SO}_2$  rendah)



## KESIMPULAN

- Penambahan rasio  $\text{NH}_3$  akan memberikan peningkatan pada efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  menggunakan berkas elektron.
- Efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  akan meningkat dengan kenaikan kelembaban gas.
- Efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$  pada konsentrasi rendah ( $\pm 1000$  ppm) meningkat pada proses dengan suhu yang lebih rendah; sedangkan pada konsentrasi  $\text{SO}_2$  tinggi (10% vol.), perubahan suhu tidak berpengaruh secara signifikan terhadap efisiensi pembersihan  $\text{SO}_2$ .
- Pada konsentrasi  $\pm 1000$  ppm  $\text{SO}_2$ , dicapai efisiensi pembersihan maksimum 85% pada dosis iradiasi 1,1 - 3,2 kGy; sedangkan pada konsentrasi  $\pm 10\%$  vol.  $\text{SO}_2$  diperoleh efisiensi pembersihan maksimum 88% pada dosis iradiasi 6,8 - 7 kGy.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Prof. A.G. CHMIELEWSKI dan Mrs. ANNA OSTAPCZUK serta Mrs. YONG XIA yang telah membantu selama di Institute of Nuclear Chemistry and Technology (INCT), Dorodna-Warsawa, Polandia.

## DAFTAR PUSTAKA

1. SASTRAWINATA, T, "Outlook for Coal and Electricity in Indonesia," Coal-Clean, Efficient & Reliable Energy, Expert Group on Clean Fossil Energy, APEC, Du Jiang Yan City (Chengdu), P.R. China, Nov 18 - 20, 2002.
2. SASTRAWINATA, T, YOUVIAL, M, "Sulphur Conversion of Indonesian Coal-Concerning of  $\text{SO}_2$  Regulation in the Year 2000, Power Gen Asia, Singapore, 22 - 24 September 1999.
3. CHMIELEWSKI, A.G, "Electron Beam Gaseous Pollutant Treatment", Report of INCT seri B nr 1/99. Dorodna, Warsaw, Poland, 1999.
4. LORETO, Z V, AHUMADA, S, L, CHMIELEWSKI, A.G, ZIMEK, Z, BULKA, S, LICKI, J, "Electron-Beam-Induced Removal of  $\text{SO}_2$  in Highly Concentrated off-Gases", Environmental Appl. of Ionizing Radiation, John Wiley & Sons, Inc., 1998. 155 - 164.
5. CHMIELEWSKI A.G, TYMINSKI, B, ILLER, E, ZIMEK, Z, LICKI, J, "Electron-Beam Flue Gas Treatment Process Upscaling, in Environmental Appl. of Ionization Radiation, John Wiley & Sons, Inc., Part 12, 197-216, 1998.