

LAPORAN PENELITIAN  
KATEGORI A



**KAJIAN AWAL PEMBAKARAN NIR EMISI  
DI REAKTOR FIXED BED  
SISTEM *CHEMICAL LOOPING COMBUSTION* (CLC)  
MENGUNAKAN BATU BARA TERDESULFURISASI**

Oleh:

A.S. Dwi Saptati N.H.,ST., MT.  
Ir. Bambang Ismuyanto, MS  
Juliananda, ST., M.Sc.  
Fajar Kurniawan  
Ridhani Ridha Ramadhan

Dilaksanakan atas biaya DIPA Tahun Anggaran 2014  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya berdasarkan kontrak

Nomor : 49/UN10.6/PM/2014  
Tanggal : 21 April 2014

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
OKTOBER 2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

**Judul Penelitian** : Kajian Awal Pembakaran Nir Emisi Di Reaktor Fixed Bed Sistem *Chemical Looping Combustion* (CLC) Menggunakan Batubara Terdesulfurisasi

**Kategori Penelitian** : A

**Ketua Tim Peneliti**

- a. Nama Lengkap : A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT.
- b. NIDN : 07270883301
- c. Jabatan Fungsional : -
- d. Program Studi : Teknik Kimia
- e. No. HP : 081553591660
- f. Alamat Surel (email) : say2as@ub.ac.id / dearest\_as@yahoo.com

**Anggota Peneliti (1)**

- a. Nama Lengkap : Ir. Bambang Ismuyanto, MS
- b. NIDN : 0004056007
- c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

**Anggota Peneliti (2)**

- a. Nama Lengkap : Juliananda, ST., M.Sc.
- b. NIDN : -
- c. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya

**Lama Penelitian Keseluruhan** : 5 bulan

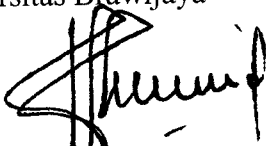
**Biaya Penelitian Keseluruhan** : Rp. 9.000.000,- (Sembilan juta rupiah)

**Biaya Tahun Berjalan** : -

Malang, 21 Oktober 2014

Mengetahui,  
Ketua BPP Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya

Ketua Tim Peneliti,



Dr. Eng. Denny Widhiyanuriyawan, ST., MT.  
NIP. 19750113 200012 1 001



A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT.  
NIK. 830827 06 1 2 0281

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Brawijaya



Dr. H. Hito Tri Juwono, MT  
NIP. 19600721 200012 1 001

## IDENTITAS PENELITIAN

1. **Judul Penelitian** : Kajian Awal Pembakaran Nir Emisi Di Reaktor Fixed Bed Sistem *Chemical Looping Combustion* (CLC) Menggunakan Batubara Terdesulfurisasi
2. **Kategori Penelitian** : A
3. **Ketua Tim Peneliti**
- a. Nama Lengkap : A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT.
  - b. Bidang Keahlian : Lingkungan
  - c. Jabatan Struktural : -
  - d. Jabatan Fungsional : -
  - e. Fakultas/Jurusan/PS : Teknik/Teknik Kimia
  - f. Alamat surat : Jl. MT. Haryono 167 Malang
  - g. Telepon/Faks : (0341) 587710 / (0341) 574140
  - h. E-mail : say2as@ub.ac.id / dearest\_as@yahoo.com

### 3. Anggota Peneliti

No.	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Unit Kerja	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1.	Ir. Bambang Ismuyanto, MS	Lingkungan	Universitas Brawijaya	10
2.	Juliananda, ST., M.Sc	Lingkungan	Universitas Brawijaya	10

### 4. Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah desulfurisasi batubara untuk diaplikasikan pada reaktor CLC dengan mengkaji hal-hal berikut:

1. desulfurisasi batubara menggunakan Asam Asetat dan kombinasi Asam Asetat-Hidrogen Peroksida atau *Peroxyacetic acid* (PAA) dengan variasi waktu reaksi pada suhu ruangan.
2. pengujian terhadap perlakuan desulfurisasi terhadap kandungan sulfur pada batubara menggunakan metode Boltz termodifikasi.

**5. Masa pelaksanaan penelitian**

- Mulai : Mei 2014
- Berakhir : Oktober 2014

6. **Anggaran yang diusulkan** : Rp 9.000.000,-  
(Sembilan juta rupiah)

7. **Lokasi penelitian**

Penelitian ini berskala laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

8. **Hasil yang ditargetkan**

Penelitian ini diharapkan mampu menurunkan kandungan sulfur dalam batubara sehingga dapat mengurangi emisi gas SO<sub>x</sub> pada hasil pembakaran batubara pada reaktor fixed bed sistem *Chemical Looping Combustion* (CLC).

9. **Institusi lain yang terlibat** : Tidak ada

10. **Keterangan lain yang dianggap perlu**: Tidak ada

## RINGKASAN

Batubara merupakan salah satu bahan bakar yang masih memiliki permasalahan yang cukup serius bagi lingkungan, terutama kandungan sulfur sebagai polutan utama. Sulfur batubara juga dapat menyebabkan kenaikan suhu global serta gangguan pernafasan. Cara yang tepat untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan mewujudkan gagasan *clean coal combustion* melalui desulfurisasi batubara. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari kondisi optimum waktu reaksi desulfurisasi batubara menggunakan Asam Asetat dan kombinasi Asam Asetat-Hidrogen Peroksida atau *Peroxyacetic acid* (PAA) serta melakukan kajian awal terhadap kinerja reaktor *fixed bed* dengan sistem *Chemical Looping Combustion* (CLC).

Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan jenis pelindi asam asetat (0.01M) dan kombinasi Asam Asetat (0.01M) – Hidrogen Peroksida (0.01M) pada batubara. Pengadukan dilakukan dengan variasi waktu 1, 2, 3 dan 4 jam. Kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest hingga pH netral. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dan dianalisis kandungan sulfur menggunakan metode Boltz termodifikasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Asam asetat – Hidrogen Peroksida dapat menurunkan kadar sulfur sebesar 19.93%, sedangkan asam asetat hanya dapat menurunkan kadar sulfur sebesar 1.787%. Jika dikaji lebih lanjut dalam pengaruh penggunaan batubara yang telah didesulfurisasi terhadap proses CLC menggunakan reaktor *fixed bed*, maka desulfurisasi batubara dapat menurunkan minimal 15% gas SO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada reaktor *fixed bed* dengan proses CLC menggunakan *oksigen carrier* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Kata kunci: Desulfurisasi, *Chemical Looping Combustion* (CLC), reaktor *fixed bed*

## SUMMARY

Coal is a fuel that still has a serious problem for the environment, especially the sulfur content as a major pollutant. Sulfur coal can also cause a rise in global temperatures and respiratory disorders. The proper way to overcome this is to realize the idea of clean coal combustion through coal desulfurization. The purpose of this study is to find the optimum conditions of coal desulfurization reaction time using a combination of Acetic Acid and Acetic Acid-Hydrogen Peroxide or Peroxyacetic acid (PAA) and conduct a preliminary study on the performance of a fixed bed reactor with Chemical Looping Combustion (CLC) system.

This research was carried out by adding acetic acid (0.01M) and a combination of Acetic Acid (0.01M) - Hydrogen Peroxide (0.01M) on coal. Stirring is done with a variation of 1, 2, 3 and 4 hours. Then filtered and washed with distilled water until neutral pH. The solids were then dried and analyzed sulfur content using modified Boltz. The results showed that acetic acid - Hydrogen Peroxide can reduce sulfur content of 19.93%, while the acetic acid can only lower the sulfur content of 1,787%. If studied further under the influence of the use of coal that has been desulfurized to the CLC process using a fixed bed reactor, the desulfurization of coal can reduce at least 15% of SO<sub>2</sub> gas produced in a fixed bed reactor with CLC process using oxygen carrier Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

*Keywords:* desulfurization, Chemical Looping Combustion (CLC) system, fixed bed reactor

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan ini, dapat dibuat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Batubara yang digunakan pada penelitian ini adalah batubara jenis bituminus.
2. Kandungan sulfur total pada batubara yang digunakan sebesar 0.8% dan elemen sulfur sebesar 0.01339%.
3. Asam asetat – Hidrogen Peroksida dapat menurunkan kadar sulfur sebesar 19.93%, sedangkan asam asetat hanya dapat menurunkan kadar sulfur sebesar 1.787%.
4. Asam asetat – Hidrogen Peroksida dapat menurunkan kandungan elemen sulfur lebih efektif daripada asam asetat.
5. Desulfurisasi batubara dapat menurunkan minimal 15% gas SO<sub>2</sub> yang dihasilkan pada reaktor fixed bed dengan proses CLC menggunakan *oksigen carrier* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 6.2. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dan memperhatikan kondisi penelitian, maka diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilanjutkan variabel waktu pelindian untuk memperoleh waktu optimum waktu pelindian menggunakan Asam asetat – Hidrogen Peroksida dapat menurunkan kandungan elemen sulfur lebih efektif daripada asam asetat.
2. Analisis sulfur total harus dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan Asam asetat maupun kombinasi Asam asetat – Hidrogen Peroksida terhadap penurunan kadar sulfur total dalam batubara.
3. Perlu dilakukan berbagai variasi kondisi operasi yang lain, misalnya ukuran partikel batubara, suhu desulfurisasi dan konsentrasi reagen.
4. Eksperimen perlu dilakukan lebih lanjut untuk membuktikan kajian awal yang telah diprediksi secara teoritis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adánez J, de Diego LF, García-Labiano F, Gayán P, Abad A and J.M. Palacios. 2004. Selection of Oxygen Carriers for Chemical-Looping Combustion. *Energy and Fuels*, vol 18, no. 2, pp. 371-377.
- Adánez J, Gayán P, Celaya J, de Diego LF, García-Labiano F, Abad A. 2006. Chemical looping combustion in a 10 kW prototype using a CuO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxygen carrier: effect of operating conditions on methane combustion. *Ind Eng Chem Res.*45:6075-80.
- Adánez J, Abad A, Garcia-Labiano F, Gayán P, de Diego LF. 2011. Progress in Chemical-Looping Combustion and Reforming technologies. *Prog Energy Comb Sci.* doi:10.1016/j.pecs.2011.09.001.
- Casagrande, D.J., 1987. Sulphur in peat and coal, in : Scott, A.C. (ed) *Coal and Coal-bearing Strata : Recent Advances*, Geol. Soc. Spec. Publ., No. 32, p. 87105.
- Ersahan, Hurriyet., Boncukcuoglu, Recep. And Kocakerim, M. Muhtar. 1995. Elemental Sulfur Formation in the Meyers coal desulfurization Process. Elsevier Science. Ltd.Fuel Vol. 74 No. 111, pp 1682-1686.
- He Fang, Li Haibin and Zhao Zengli. 2009. Advancements in Development of Chemical-Looping Combustion: A Review. The Renewable Energy and Gas Hydrate Key Laboratory of Chinese Academy of Sciences, Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China.
- Hossain MM, de Lasa HI. 2008. Chemical-Looping combustion (CLC) for inherent CO<sub>2</sub> separations – a review. *Chem Eng Sci* 2008; 63:4433-51.
- Ismuyanto, Bambang. 2007. “Adsorpsi Logam Berat pada Oksida Besi”. *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik (Engineering)*. Volume 19 No. 2, 94-101.
- Jorjani, E., Rezai, B., Vossoughi, M., Osanloo, M and Abdollahi, M. 2003. Oxidation pretreatment for enhancing desulfurization of coal with sodium butoxide. Elsevier: *Minerals Engineering*.
- Kolbitsch P, Bolhàr-Nordenkampf J, Pröll T, Hofbauer H. 2009. Comparison of two Ni based oxygen-carriers for chemical looping combustion of natural gas in 140 kW continuous looping operation. *Ind Eng Chem Res* 2009;48:5542-7.
- Laskowski, J.S. 2001. *Developments in Mineral Processing: Coal Flotation and Fine Coal Utilization*. Elsevier Science B.V. Sara Burgerhartstraat 25.
- Linderholm C, Abad A, Mattisson T, Lyngfelt A. 2008. 160 h of chemical-looping combustion in a 10 kW reactor system with a NiO-based oxygen carrier. *Int J Greenhouse Gas Control* 2008; 2:520-30.
- Linderholm C, Mattisson T, Lyngfelt A. 2009. Long-term integrity testing of spray dried particles in a 10 kW chemical-looping combustor using natural gas as fuel. *Fuel* 2009;88:2083-96.
- Lyngfelt, A., B. Leckner, and T. Mattisson. 2001. A Fluidized-bed combustion process with inherent CO<sub>2</sub> separation; application of chemical-looping combustion. *Chemical Engineering Science*, vol. 56, no. 10, pp. 3101-3113.



- Linderholm, Linderholm C, Abad A, Mattisson T, Lyngfelt A. 2008. 160 h of chemical-looping combustion in a 10 kW reactor system with a NiO-based oxygen carrier. *Int J Greenhouse Gas Control*; 2:520-30.
- Linderholm C, Mattisson T, Lyngfelt A. 2009. Long-term integrity testing of spray dried particles in a 10 kW chemical-looping combustor using natural gas as fuel. *Fuel* 2009;88:2083-96.
- Lyngfelt A, Thunman H. 2005. Construction and 100 h of operational experience of a 10 kW chemical-looping combustor. In: Thomas DC, Benson SM, editors. *Carbon dioxide capture for storage in deep geologic formations—Results from the CO<sub>2</sub> capture project*, Oxford, UK: Elsevier; 2005, vol. 1, Chapter 36.
- Lyngfelt, Lyngfelt A, Johansson M, Mattisson T. 2008. *Chemical-Looping Combustion – Status of Development*. Proceedings of the 9th International Conference on Circulating Fluidized Beds (CFB-9), Hamburg, Germany, 2008.
- Palmer, S.R.; Hippo, E.J.; Dorai, X.A. 1994. Chemical coal cleaning using selective oxidation. *Fuel*, 73, 161–169.
- Proll, Tobias and Hofbauer, Herman Hermann. 2010. A dual fluidized bed system for chemical looping combustion of solid fuels. AICHE Annual Meeting 2010. Salt Lake City. Utah, USA, November 7-12, 2010.
- Ryu HJ, Jin G-T, Yi C-K. 2005. Demonstration of inherent CO<sub>2</sub> separation and no NO<sub>x</sub> emission in a 50 kW chemical-looping combustor: Continuous reduction and oxidation experiment. Proc. 7<sup>th</sup> Int Conf Greenhouse Gas Control Technology (GHGT-7). Vancouver, Canada.
- Siswati, Nana Dyah dan Festiani, Aretna. 2010. Desulfurisasi Batubara menggunakan Udara dan Air. Makalah Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono. Ketahanan Pangan dan Energi. ISSN 1978 – 0427.
- Wang, Baowen, Zhao H and Zheng C. 2011. Experimental and simulated investigation of chemical looping combustion of coal with Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based oxygen carrier. *Procedia Engineering* 16 (2011) 390 – 395.