

## Analisis Kimia Udara PT Papertech Indonesia Unit II Magelang

Rizqa Puspitarini<sup>1)</sup>, Riva Ismawati<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Politeknik Muhammadiyah Magelang, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Pendidikan IPA, Universitas Tidar Magelang, Indonesia

E-mail : rizqapuspitarini13@gmail.com

### Abstrak

*Pencemaran udara yang berasal dari kegiatan industri pulp dan kertas dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan dan selanjutnya dapat menjadikan kualitas hidup rendah dari masyarakat yang tinggal di sekitar wilayah industri. Zat Pencemar yang dihasilkan oleh industri dapat berupa gas, asap, dan debu. Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan sumber emisi dan karakteristiknya di industri PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. Lokasi pengambilan data penelitian dilakukan di PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. Area pengambilan sampel penelitian berupa udara dan debu di area sekitar pos satpam (down wind), genset perkins, boiler 2, area produksi. Pengujian emisi dilakukan di PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan partikulat sudah memenuhi baku mutu sesuai Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 untuk area down wind, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2007 untuk area boiler 2, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 untuk area Genset Perkins dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 untuk area produksi. Potensi polutan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) yang tinggi terdapat pada area down wind dan polutan partikulat yang tinggi pada area genset perkins, dan boiler 2.*

**Kata Kunci:** Pencemaran Udara, Partikulat, Sulfur Dioksida

### Abstract

*Air pollution originating from industrial activities can cause a decrease in the quality of the environment which in turn Air pollution originating from industrial activities can cause a decrease in environmental quality and in turn can lower the quality of life of people living around industrial areas. Pollutants produced by industry can be in the form of gas, smoke, and dust. This study aims to describe the source of emissions and their characteristics in the industry of PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. The location of the research data collection was carried out at PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. The research sampling area is air and dust in the area around the security post (down wind), perkins generator, boiler 2, production area. Emission testing was conducted at PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. The results of this study indicate that the levels of sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and particulates have met the quality standards according to the Decree of the Governor of Central Java Number 8 of 2001 for down wind areas, Regulation of the Minister of the Environment Number 7 2007 for boiler area 2, Minister of Environment Regulation Number 13 of 2009 for Perkins Genset area and Minister of Manpower Regulation Number 5 of 2018 for production areas. The potential for high sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) pollutants is found in the down wind area and high particulate pollutants in the Perkins generator area, and boiler 2.*

**Keywords:** Air Pollution, Particulate, Sulfur Dioxide

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan industri yang semakin berkembang telah mampu mendorong pertumbuhan ekonomi secara berarti (Putra, 2017). Sayangnya, disamping memberikan dampak positif di sektor ekonomi, kegiatan industri juga menimbulkan masalah bagi lingkungan (Purwaningsih, 2012). Syamsudin, Purwati, & Rostika (2017) menyebutkan bahwa bermacam upaya pengelolaan lingkungan baik pengelolaan limbah padat dan cair telah dilaksanakan oleh industri *pulp* maupun kertas. Meskipun demikian, pengendalian terhadap emisi gas yang dihasilkan masih perlu diperhatikan, terutama pada industri *pulp* maupun kertas yang telah menggunakan unit pemulihan (*recovery*) bahan kimia. Hal ini disebabkan industri dapat menghasilkan zat pencemar udara jika emisi tidak ditangani dengan baik. Unit pemulihan bahan kimia berfungsi untuk memproses bahan kimia bekas pemasakan (lindi hitam) sehingga dapat digunakan kembali. Selain itu, unit pemulihan bahan kimia berfungsi menghasilkan energi proses pembakaran senyawa yang terkandung di dalam lindi. Penggunaan unit pemulihan nyatanya melepaskan emisi yang mampu menyebabkan pencemaran di udara meskipun kegiatannya merupakan usaha efisiensi produk.

Peraturan Pemerintah (PP) nomor 41 Tahun 1999 menjelaskan bahwa pencemaran udara merupakan masuknya maupun dimasukkannya zat, energi, serta komponen lainnya ke udara ambien karena aktivitas manusia yang pada akhirnya kualitas udara ambien turun hingga level tertentu sehingga fungsi udara ambien tidak terpenuhi. Zat Pencemar udara berbentuk gas yang masuk ke atmosfer karena aktifitas manusia diantaranya gas karbon monoksida (CO), gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), gas nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), serta gas klor dan flour (Achmadi, 2014).

Pencemaran udara dari kegiatan industri bersumber dari gas, asap dan debu dapat menjadikan kualitas lingkungan turun yang selanjutnya dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup masyarakat di sekeliling wilayah industri (Kesarwani & James, 2017). Emisi yang dilepaskan industri *pulp* maupun kertas yang pernah diukur pada kajian pencemaran udara diantaranya gas klor (Cl<sub>2</sub>), belerang yang total tereduksi dalam H<sub>2</sub>S, partikulat, oksida nitrogen, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, serta CO (Setiawan et al., 2009). Jika tidak ditangani dengan baik, maka penyebaran dan pengaruh pencemaran udara dapat melingkupi daerah yang luas (Hermon, 2010; Chandra, 2013; Hermon 2015).

Data *World Health Organization* (WHO) telah menunjukkan bahwa pencemaran udara merupakan penyebab timbulnya masalah kesehatan terhadap jutaan jiwa di dunia (Aggarwal & Jain, 2015). Penanganan pencemaran udara mencakup usaha pencegahan dan penanggulangan

pencemaran, maupun perbaikan kualitas udara melalui pendataan mutu udara ambien, menangkal sumber pencemar yang berasal dari titik pencemar bergerak dan tidak bergerak (Budiyono & Aji, 2015). Pengendalian emisi pada industri *pulp* dan kertas dimaksudkan untuk menjaga kualitas udara, serta memperkecil lepasnya bahan-bahan kimia ke udara. Langkah awal untuk melaksanakan kegiatan pengendalian emisi secara efektif diperlukan pemeriksaan teknis dengan menentukan gas dan partikulat yang terdapat di dalamnya. Dengan demikian, hasil kajian yang diperoleh dapat dimanfaatkan sebagai pertimbangan pemilihan system pengelolaannya (Amanullah et al., 2019).

PT Papertech Indonesia Unit II Magelang terletak Jl. Sanggrahan Gatak, Rejosari, Mungkid dan merupakan cabang perusahaan dari PT Papertech Indonesia Unit I Subang Jawa Barat. PT Papertech berpusat di Spanyol. PT Papertech Indonesia Unit II magelang bergerak dalam industri daur ulang kertas. Penelitian ini bertujuan untuk memaparkan sumber emisi dan karakteristiknya di industri PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. Hasil kajian dari penelitian dapat memberikan manfaat untuk industri bersangkutan maupun industri sejenis dalam hal pengelolaan emisi buang.

## 2. METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan data penelitian dilakukan di PT Papertech Indonesia Unit II Magelang. Area pengambilan sampel penelitian berupa udara dan debu pada area sekitar pos satpam (*down wind*), *genset perkins*, *boiler 2*, area produksi. Pengambilan sampel udara dilakukan oleh PT Papertech Indonesia Unit II Magelang pada area sekitar pos satpam (*down wind*), *genset perkins*, *boiler 2*, area produksi. Pengukuran sampel meliputi kualitas kimia udara yang dilakukan oleh Laboratorium *SysLab*. Parameter kimia udara yang diuji antara lain sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan partikulat pada area pengumpulan sampel. Metode analisis laboratorium sampel udara disajikan pada tabel 1 berikut ini :

**Tabel 1.** Metode Analisis Laboratorium Sampel Udara

No	Parameter Kualitas Udara	Standar Baku Mutu	Metode
A.	Area Down Wind		
1	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	632 µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 7119.7-2017
2	Karbon Monoksida (CO)	15000 µg/Nm <sup>3</sup>	IKM-104
3	Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	316 µg/Nm <sup>3</sup>	SNI 7119.2-2017

No	Parameter Kualitas Udara	Standar Baku Mutu	Metode
4	Total Suspended Partikulat	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	SNI 7119.3-2017
<b>B. Boiler 2</b>			
1	Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )	750 $\text{mg}/\text{m}^3$	US EPA METHOD 6C-1997
2	Partikulat	230 $\text{mg}/\text{m}^3$	US EPA METHOD 17-2000
3	Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )	825 $\text{mg}/\text{m}^3$	SNI 19-7117.10-2005
<b>C. Genset Perkin</b>			
1	Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )	800 $\text{mg}/\text{Nm}^3$	US EPA METHOD 6C-1997
2	Karbon Monoksida (CO)	600 $\text{mg}/\text{Nm}^3$	SNI 19-7117.10-2005
3	Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )	1000 $\text{mg}/\text{Nm}^3$	SNI 19-7117.10-2005
4	Total Partikulat	150 $\text{mg}/\text{Nm}^3$	US EPA METHOD 17-2000
<b>D. Area Produksi</b>			
1	Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )	0,25 $\text{mg}/\text{m}^3$	IKM-27
2	Karbon Monoksida (CO)	25 ppm	IKM-104
3	Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )	0,2 ppm	IKM-26
4	Total Partikulat	10 $\text{mg}/\text{m}^3$	IKM-24

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil laboratorium sampel udara pada semua area penelitian di P PT Papertech Indonesia Unit II Magelang dengan baku mutu sampel udara sesuai Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 untuk area down wind, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2007 untuk area boiler 2, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 untuk area Genset Perkins dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 untuk area produksi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Down Wind

Parameter kualitas udara yang diteliti pada area sekitar pos satpam (down wind) meliputi sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) dan partikulat. Hasil pengujian parameter kualitas udara di area sekitar pos satpam (*down wind*) disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Kualitas Kimia Udara *Down Wind*

Parameter Kualitas Kimia Udara	Hasil	Baku Mutu
Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ )	110	632 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Karbon Monoksida (CO)	<1146	15000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Nitrogen Dioksida ( $\text{NO}_2$ )	29	316 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$
Total Suspended Partikulat	3	230 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Hasil pengukuran pada area down wind menunjukkan bahwa kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) sebesar 110 µg/Nm<sup>3</sup>. Kadar karbon monoksida (CO) sebesar < 1146 µg/Nm<sup>3</sup>. Kadar nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) sebesar 29 µg/Nm<sup>3</sup>. Kadar total suspended partikulat sebesar 29 µg/Nm<sup>3</sup>. Semua parameter kualitas kimia udara di area down wind memenuhi baku mutu berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001. Berdasarkan hasil banding dengan baku mutu dapat diketahui bahwa polutan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) memiliki potensi kadar pencemar yang tinggi di area *down wind* (area parkir satpam).

Industri pulp dan kertas ini berpotensi mengeluarkan emisi gas sulfur dioksida yang tinggi dimana kadar polutan diatas baku mutu. Sumber emisi sulfur dioksida di udara berasal dari proses pembakaran batubara. Emisi sulfur dioksida yang tinggi disebabkan oleh pembakaran yang menggunakan batubara kualitas rendah. Kadar sulfur dioksida yang tinggi diudara akan berdampak pada pencemaran pada lingkungan sekitar seperti kerusakan daun tanaman dan gangguan saluran pernapasan manusia (Amanullah et all, 2019). Gas sulfur dioksida yang dihasilkan dari proses pembakaran ini mempunyai karakteristik tidak berwarna dan berbau tajam. Bau tajam sulfur dioksida ini jika terhirup oleh manusia akan berdampak berbahaya bagi organ pernapasan termasuk menurunnya fungsi paru-paru. Gejala yang teramati diantaranya batuk, nafas terasa sesak, serta timbulnya asma. Selain itu, Sulfur dioksida dapat menyebabkan hujan asam jika sulfur dioksida bereaksi dengan uap air menghasilkan asam sulfat (Muziansyah, dkk, 2015).

### 3.2. Boiler 2

Parameter kualitas udara yang diteliti pada area *boiler 2* meliputi sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), partikulat dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>). Hasil pengujian parameter kualitas udara di area *boiler 2* ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Kualitas Kimia Udara *Boiler 2*

Parameter Kualitas Kimia Udara	Hasil	Baku Mutu
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	2	750 mg/m <sup>3</sup>
Partikulat	54	230 mg/m <sup>3</sup>
Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	<1	825 mg/m <sup>3</sup>

Hasil pengukuran pada area *boiler* menunjukkan bahwa kadar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) sebesar 2 mg/m<sup>3</sup>. Kadar Partikulat sebesar 54 mg/m<sup>3</sup>. Kadar Partikulat sebesar < 1 mg/m<sup>3</sup>. Semua parameter kualitas kimia udara di area Boiler 2 memenuhi baku mutu Peraturan Menteri

Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2007. Berdasarkan hasil banding dengan baku mutu dapat diketahui bahwa polutan partikulat memiliki potensi kadar pencemar yang tinggi di area Boiler 2.

Area *boiler* di industri *pulp* dan kertas akan menghasilkan uap dan emisi gas hasil pembakaran yang berupa partikulat, dimana kadar gas dan partikulat dalam emisi harus rendah (Amanullah et al, 2019). Kadar partikulat yang tinggi pada area *boiler* dapat disebabkan oleh bahan baku proses pembakaran, alat boiler dan pengendali emisi partikulat yang belum optimal. Paparan partikulat akibat industri *pulp* dan kertas sangat berpotensi tidak baik bagi kesehatan yang akan menyebabkan penyakit saluran pernafasan. Dampak lebih serius yang berbahaya bagi kesehatan bila partikulat tersebut bersifat asam, toksik atau karsinogenik (Setiawan et al, 2012).

### 3.3. Genset Perkins

Parameter kualitas udara yang diteliti pada area *genset* perkins meliputi sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan partikulat. Hasil pengujian parameter kualitas udara di area genset perkins disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Kualitas Kimia Udara *Genset* Perkins

Parameter Kualitas Kimia Udara	Hasil	Baku Mutu
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	<1	800 mg/Nm <sup>3</sup>
Karbon Monoksida (CO)	55	600 mg/Nm <sup>3</sup>
Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	4	1000 mg/Nm <sup>3</sup>
Total Partikulat	35	150 mg/Nm <sup>3</sup>

Hasil pengukuran pada area Genset Perkins berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 menunjukkan bahwa kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) sebesar < 1 mg/Nm<sup>3</sup>. Kadar Karbon monoksida (CO) sebesar 55 mg/Nm<sup>3</sup>. Kadar nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) sebesar 4 mg/Nm<sup>3</sup>. Kadar total partikulat sebesar 35 mg/Nm<sup>3</sup>. Semua parameter memenuhi baku mutu. Semua parameter kualitas kimia udara di area *genset* Perkins memenuhi baku mutu. Berdasarkan hasil banding dengan baku mutu dapat diketahui bahwa polutan Partikulat memiliki potensi memiliki kadar pencemar yang tinggi di area *genset* perkins.

### 3.4. Area Produksi

Parameter kualitas udara yang diteliti pada area produksi meliputi sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan partikulat. Hasil pengujian parameter kualitas udara di area produksi ditampilkan dalam Tabel 5.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kualitas Kimia Udara Area Produksi

Parameter Kualitas Kimia Udara	Hasil	Baku Mutu
Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> )	0,033	0,25 mg/m <sup>3</sup>
Karbon Monoksida (CO)	<1	25 ppm
Nitrogen Dioksida (NO <sub>2</sub> )	<0,015	0,2 ppm
Total Partikulat	0,004	10 mg/m <sup>3</sup>

Hasil pengukuran pada area produksi menunjukkan bahwa kadar sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) sebesar 0,033 mg/m<sup>3</sup>. Kadar karbon monoksida (CO) sebesar <1 ppm. Kadar nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) sebesar <0,015 ppm. Kadar total partikulat sebesar 0,004 mg/m<sup>3</sup>. Semua parameter kualitas udara di area produksi memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018.

## 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua area pengujian kualitas kimia udara di PT Papertech Indonesia Unit II telah memenuhi baku mutu sesuai Surat Keputusan Gubernur Jawa Tengah Nomor 8 Tahun 2001 untuk area down wind, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2007 untuk area boiler 2, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 untuk area Genset Perkins dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 untuk area produksi. Potensi polutan sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) yang tinggi terdapat pada area *down wind* dan polutan partikulat yang tinggi pada area *genset perkins*, dan *boiler 2*.

## DAFTAR PUSTAKA

Achmadi, U. F. (2014). Dasar-dasar penyakit berbasis lingkungan.

Aggarwal, P., & Jain, S. (2015). Impact of air pollutants from surface transport sources on human health: A modeling and epidemiological approach. *Environment international*, 83, 146-157.

- Amanullah, A. A., Rahmata, Y., Kurniawan, D. C., & Andika, R. N. (2019). Karakteristik Emisi Industri *Pulp* dan Kertas PT. Riau Andalan *Pulp* Lestari dalam Konteks Pencemaran Udara. *Jurnal Kapita Selekta Geografi*, 2(6), 24-31.
- Budiyono, B., & Aji, A. (2015). Kondisi Kualitas Udara Ambien Dan Kebisingan Di Sekitar Pabrik Rokok di Kabupaten Kudus. *Geo-Image*, 4(1).
- Chandra, D. (2013). Noise Influence to Employees in PLTD Sentral II PT Semen Padang. *Jurnal Geografi*, 2(2), 86-94.
- Hermon, D. (2010). Geografi Lingkungan: Perubahan Lingkungan Global. *Padang: UNP Press. ISSN Online*, 2622-4933.
- Hermon, D. 2015. Geography of Natural Disasters. Jakarta: Raja Grafindo.
- Muziansyah., D, Sulistyorini, R., and Sebayang, S. (2015). Model Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Kota Bandar Lampung). *Jurnal Universitas Lampung*,. Vol. 3, No.1, Maret, 57-70. <http://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrstd/article/view/394>
- Kesarwani, S., & James, A. (2017). Effect of air pollution on human health problems residents living around the cement plant, Chandrapur, Maharashtra, India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), 507-510.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 7 Tahun 2007 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Ketel Uap.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Minyak Dan Gas Bumi
- Peraturan Pemerintah (PP) No. 41 Tahun 1999*. Pengendalian Pencemaran Udara.
- Putra, A. 2017. Evaluasi Kesesuaian Pemanfaatan Ruang Pada Kawasan Pesisir Teluk Bungus Kota Padang[Tesis]. Pascasarjana Universitas Andalas.
- Purwaningsih, E. (2012). Polusi Udara dan Pengaruhnya terhadap Kesehatan Masyarakat (Studi Kasus Pabrik Gula Mojo Sragen). [Tesis]. Universitas Gadjah Mada.
- Setiawan, Y., Purwati, S., Surachman, A., & Setiadji, S. (2009). Karakteristik Emisi Industri *Pulp* dan Kertas dalam Konteks Pencemaran Udara. *Jurnal Selulosa*, 39(2), 54-63.



Setiawan, Y., Purwati, S., Surachman, A., & Setiadji, S. (2012). Pencemaran Emisi Boiler Menggunakan Batubara Pada Industri Tekstil Serta Kontribusinya Terhadap Gas Rumah Kaca (Grk). *Balai Besar Tekstil*

Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Tengah No 8 Tahun 2001 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Ambien Jawa Tengah

Syamsudin, S., Purwati, S., & Rostika, I. (2017). Pemanfaatan campuran limbah padat dengan lindi hitam dari industri *pulp* dan kertas sebagai bahan biobriket. *Jurnal selulosa*, 42(02), 68-75.