

Kajian Desulfurisasi pada Pembakaran Biobriket dengan Adsorben Berbasis Kalsium

Kamarullah¹⁾, Khairil²⁾, Mahidin³⁾

¹⁾Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111
Kamar_ishn@yahoo.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111

³⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111

Abstract

Combustion of biobriquette produced from coal and palm shell generate considerable energy. However beside generating biobriquette energy it also produces emissions gas. Emissions gas resulting from combustion include SO_x, NO_x, CO and CO₂. Calcium is an adsorbent often used to adsorb released SO₂ gas in the combustion process. The purpose of this study is to see the effect of combustion temperature and type of adsorbent used in biobriquette to evaluate the efficiency of absorption of SO₂ and the kinetics of the reaction of SO₂ gas absorption as a function of combustion biobriquette ratio Ca/S (mol / mol) on coal and palm shell ratio of 90:10 (w/w). In this study, the ratio of Ca/S was Specified at 1:1, 1.25:1, 1.5:1, 1.75: 1 and 2:1. Combustion temperatures used were 300, 350, 400, 450 and 500°C. The result of this study showed the decrease levels of SO₂ for scallop shell and green mussels was highest at the ratio Ca/S 2: 1. The highest absorption of efficiency adsorbent for scallop shells are produced at the ratio of Ca/S 2:1 at temperatures 400°C, equals to 90.59%. Meanwhile for the green mussels, the highest efficiency was resulted ratio of Ca/S 1.5:1 at temperatures 400°C which was equals to 84.74%. Reaction rate constants of absorption in the biggest adsorbent of scallop shells produced at ratio Ca/S 1:1 equals to 0.265, while the biggest reaction rate constants of adsorbent green mussels produced at being Ca/S 1.5:1 equals to 0,198.

Keywords: Biobriquette, adsorbents calcium-based, desulfurization, efficiency, reaction desulfurization kinetics.

1. Pendahuluan

Seluruh Negara didunia menghadapi dua krisis yang sangat vital yang mesti dipenuhi yaitu krisis energi dan pangan. Krisis energi disebabkan oleh berkurangnya cadangan minyak dan gas. Hal yang mesti dilakukan sekarang adalah mencari energi alternatif yang bisa dimanfaatkan untuk keberlangsungan hidup manusia.

Batubara merupakan salah satu sumber energi pilihan utama yang diharapkan mampu menggantikan posisi minyak bumi dan gas. Prosesnya tidak terlalu sulit karena baik minyak bumi maupun batubara berasal dari sumber yang sama, yakni karbon [1]. Minyak bumi berupa karbon cair, sedangkan batubara merupakan karbon padat. Batubara dipilih sebagai sumber energi pilihan utama karena cadangan batubara sangat besar dan tersebar hampir seluruh dunia. Dibandingkan dengan minyak dan gas, batubara memiliki beberapa keunggulan antara lain harga batubara yang murah, aman untuk ditransportasikan dan disimpan, serta kualitas batubara tidak banyak terpengaruh oleh cuaca maupun hujan [2].

Terkait dengan global warming, pembakaran briket yang ada saat ini masih menghasilkan gas emisi yang cukup tinggi dikarenakan kandungan sulfur pada batubara. Sehingga pada saat proses pembakaran briket akan menghasilkan gas emisi berupa SO₂ yang merupakan gas berbahaya untuk lingkungan karena gas SO₂ akan teremisi ke udara dapat membentuk asam sulfat (H₂SO₄) yang menyebabkan terjadinya hujan asam yang berdampak pada lingkungan. Maka untuk itu, perlu dilakukan pengembangan dengan memanfaatkan biomassa sebagai bahan campuran dalam pembakaran batubara yang dikenal dengan biobriket. Penambahan biomassa dalam briket diharapkan dapat mengurangi emisi yang dihasilkan. Cara yang paling efektif mengurangi emisi gas SO₂ adalah dengan menggunakan adsorben.

Adsorben merupakan bahan yang digunakan untuk menyerap zat-zat yang tidak diinginkan dalam hal ini adalah gas SO₂. Untuk mengendalikan SO₂ yang terbentuk pada saat pembakaran biobriket tersebut, Adsorben yang akan digunakan pada penelitian berbasis kalsium yang berasal dari kerang dan lokan. Dimana kerang dan lokan dapat dijumpai

ditepi pantai. Sehingga dapat dijadikan sebagai sumber adsorben alami.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk meninjau pengaruh komposisi briket, temperatur pembakaran, jenis adsorben di dalam bio-briket dan kemampuan penyerapan dari adsorben itu sendiri dalam menyerap gas emisi SO_2 .

Penelitian ini di diarahkan untuk mengkaji pengaruh jenis adsorben dalam menyerap SO_2 pada pembakaran biobriket, yang meliputi: Pengaruh temperatur pembakaran terhadap efisiensi penyerapan SO_2 , Pengaruh rasio Ca/S terhadap efisiensi penyerapan SO_2 , dan Pengaruh rasio Ca/S terhadap efisiensi penyerapan SO_2 .

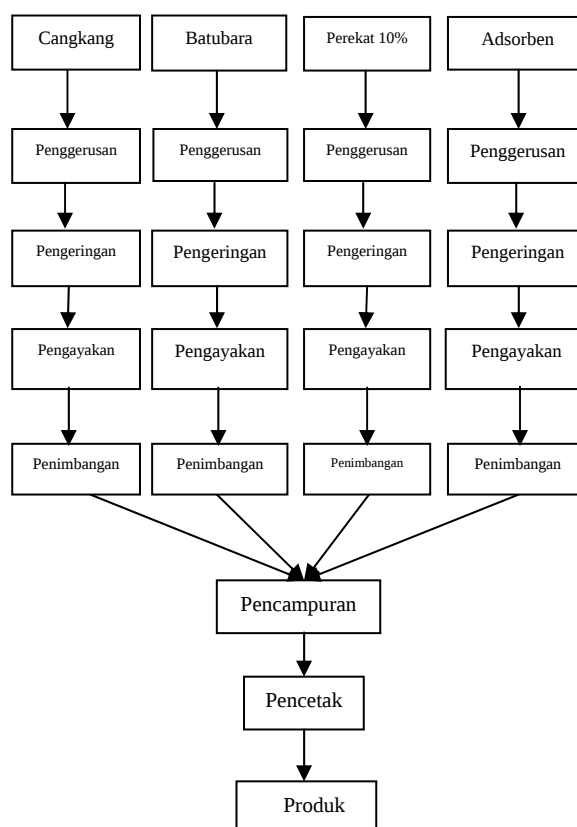
2. Metode Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian ada beberapa tahap yang harus dijalankan. Setiap tahapan harus sesuai dengan yang telah dijadikan acuan dalam penelitian ini sehingga hasil yang akan didapat akan lebih teliti. Tahapan-tahapan pembuatan biobriket adalah sebagai berikut:

1. Tahap yang pertama adalah persiapan bahan baku. Bahan baku yang akan digunakan untuk penelitian harus disiapkan terlebih dahulu dengan tujuan mempermudah pengerjaannya. Ada beberapa bahan baku yang digunakan antara lain: batubara, biomassa (dalam kasus ini digunakan cangkang sawit), perekat biobriket yaitu campuran tepung kanji dan biji jarak, serta adsorben berupa kerang biasa dan kerang hijau (lokan). Semua bahan yang ada akan dihaluskan dengan tujuan untuk mendapatkan ukuran yang sama. Penghalusan dilakukan dengan menggunakan mesin penggiling.
2. Setelah ukuran dari bahan tersebut berukuran halus, tahap berikutnya bahan dijemur terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air pada bahan seperti pada batubara dan kadar minyak seperti pada biji jarak. Proses pengeringan untuk semua bahan membutuhkan waktu beberapa hari. Bahan yang sudah kering akan dilakukan pengayakan dengan tujuan untuk menghasilkan ukuran bahan yang sama besar sehingga pada saat pencampuran ikatan yang terbentuk akan menjadi lebih baik. Ukuran ayakan yang digunakan adalah -60 mesh artinya ukuran yang lewat dari ayakan 60 mesh dan tertahan di *pan*.
3. Tahap ketiga dalam pembuatan biobriket adalah tahap penimbangan. Pada tahap ini bahan yang telah diayak akan ditimbang terlebih dahulu sesuai dengan variabel yang telah ditetapkan sebelumnya. Untuk mempermudah dalam perhitungan basis yang digunakan untuk perbandingan batubara dan cangkang sawit adalah 150 gram. Dengan perbandingan batubara cangkang sawit 90:10 sehingga diperoleh berat

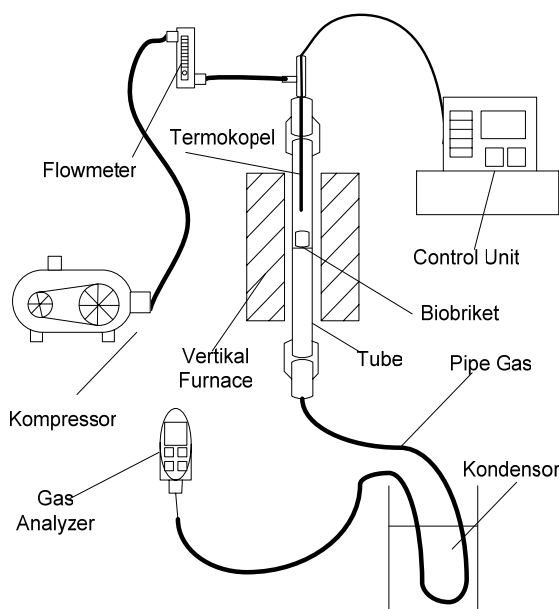
masing-masing 135 gram dan 15 gram. Sama halnya penimbangan berat dari perekat yang digunakan yaitu 10% dari total campuran biobriket. Sedangkan untuk perhitungan berat adsorben, perlu dilakukan perhitungan terlebih dahulu sehingga berat yang diperoleh tergantung dengan perhitungan dari tiap-tiap variabel adsorben yang digunakan.

4. Tahap keempat yaitu tahap pencampuran. Setelah penimbangan, bahan dicampurkan dalam suatu wadah yang dapat digunakan untuk mencampurkan semua bahan. Proses pencampuran dilakukan dengan cara memasukkan bahan satu persatu. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pencampuran. Pencampuran dilakukan secara manual artinya menggunakan tenaga manusia. Lamanya pencampuran yang dilakukan adalah selama satu menit, karena dalam waktu satu menit diasumsikan bahan yang ada telah tercampur dengan merata.
5. Setelah pengadukan selesai, tahap berikutnya adalah tahap pencetakan yang merupakan tahap kelima. Pada tahap ini campuran bahan dimasukkan kedalam cetakan dengan ukuran diameter 2 cm dan ditekan dengan mesin *press* dengan kuat tekan 6 ton/cm². Di bawah ini merupakan blok diagram pembuatan biobriket yang ditampilkan pada Gambar berikut:



Gambar 1. Tahapan proses pembuatan biobriket

Kemudian dilakukan pengujian pembakaran untuk mengukur kadar emisi SO₂ dengan menggunakan alat pengukur yaitu gas analyzer.



Gambar 2. Diagram skematik set-up eksperimental desulfurisasi biobriket

2. Kajian Pustaka

Klasifikasi ini merupakan penggolongan yang sangat sederhana, saat ini sistem yang lebih terperinci sudah dikembangkan. *Coalification* dapat dijelaskan secara geokimia karena terdiri dari tiga proses berikut: degradasi mikrobiologi selulosa dari material tumbuhan awal, konversi lignin tanaman ke dalam unsur *humic*, dan kondensasi unsur *humic* tersebut kedalam molekul batubara yang lebih besar [3].

Jenis tumbuh-tumbuhan yang membusuk, kondisi pembusukan, pembusukan oleh lingkungan (*depositional environment*), dan pergerakan kulit bumi adalah faktor-faktor penting yang menentukan sifat, kualitas, dan posisi relatif lapisan batubara [3,4]. Tekanan fisik yang digunakan atas lapisan memainkan peran yang paling besar pada proses *coalification*.

Variasi komposisi kimia dari material tumbuh-tumbuhan memberi kontribusi terhadap perbedaan komposisi batubara. Kondisi pembusukan tumbuh-tumbuhan juga sangat penting. Kondisi-kondisi seperti kedalaman, temperatur, derajat keasaman, dan pergerakan air pada rawa merupakan faktor penting dalam pembentukan batubara.

Ada tiga analisis digunakan didalam menggolongkan batubara, dua diantaranya adalah analisis kimia dan satu lagi adalah penentuan nilai kalor. Analisis kimia meliputi analisa *proximate* dan analisa *ultimate*. Analisa *proximate* memberikan

jumlah relatif dari kandungan uap air (*moisture*), bahan volatil (*volatile matter*), abu (yaitu material anorganik yang tertinggal setelah semua bahan yang mudah terbakar sudah terbakar habis), dan secara tidak langsung kandungan *fixed carbon* dalam batubara dapat diketahui. Analisa *ultimate* memberikan jumlah karbon, hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen dalam batubara.

Biobriket adalah hasil pemadatan/densifikasi campuran batubara dan biomassa pada tekanan dan bentuk tertentu. Tujuan pembriketan adalah untuk kemudahan dalam penanganan seperti transportasi, penyimpanan dan dalam pemakaian. Tujuan lainnya juga untuk meningkatkan kandungan energi per satuan volume bahan bakar.

Pembuatan biobriket campuran batubara dan biomassa sudah dilakukan sejak lama [5]. Beberapa biomassa yang digunakan adalah ampas tebu, ampas zaitun, kayu pinus, limbah pabrik kertas, limbah kain *cotton* dan serbuk gergaji.

Biobriket memiliki beberapa keterbatasan antara lain: waktu penyalaan awal memakan waktu 5 sampai 10 menit dan diperlukan sedikit penyiraman minyak tanah sebagai penyalaan awal, briket batubara hanya efisien jika digunakan untuk jangka waktu pembakaran di atas 2 jam.

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Apabila pembakaran berlangsung sempurna, maka susunan gas asap hanya terdiri dari: CO₂, H₂O, SO₂, N₂ dari udara dan O₂ kelebihan.

Biobriket mempunyai temperatur penyalaan (*ignition temperature*) yang lebih rendah dan *burnout time* yang lebih pendek dibandingkan dengan briket batubara. Ketika briket dipanasi, temperaturnya naik, setelah mencapai temperatur tertentu, *volatile matter* keluar dan terbakar di sekitar briket. Temperatur nyala turun jika campuran biomassa lebih banyak *volatile matter* dan temperatur nyala biomassa lebih rendah dari batubara. Penambahan biomassa pada biobriket dapat meningkatkan kemampuan nyala briket [6].

Biomassa merupakan produk fotosintesis menyerap energi matahari dan mengkonversi karbon dioksida dan air menjadi senyawa-senyawa yang mengandung karbon hydrogen dan oksigen. Senyawa-senyawa ini dapat dipandang sebagai suatu hasil penyerapan energi yang dapat dikonversi menjadi produk lain. Hasil konversi dari senyawa itu dapat berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, ter dan lain sebagainya.

Sumber biomassa yang banyak didapati berasal dari limbah pertanian, perkebunan dan hutan seperti jerami, sekam padi, serbuk gergaji, tongkol jagung, ampas tebu, tandan kosong, pelepah dan cangkang sawit. Hasil limbah ini belum bisa dimanfaatkan secara optimal dan masih banyak dibuang begitu saja.

Biomassa tersebut sangat potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar sumber energi alternatif pengganti minyak tanah untuk kebutuhan masyarakat pada umumnya [7].

Data analisa ultimasi yang menggambarkan kandungan unsure C, H, O, N dan S dalam cangkang dan tandan kosong sawit.

Tabel 1. Data analisa proksimasi cangkang dan tandan kosong sawit Aceh [8]

Jenis bahan bakar	Analisa proksimasi (basis kering)				HHV (MJ/KG)
	volatile matter	Ash	fixed carbon	moisture	
Tandan kosong	77,9	2,37	13,2	31,84	17,92
Cangkang	73,65	2,63	19,42	4,3	20,34

Penggunaan biji jatropha sebagai perekat dan sekaligus dapat membantu penyulutan awal pada briket biomassa tergolong sangat tepat. Selain mengandung minyak sebagai penyulut untuk memudahkan briket biomassa terbakar, juga memiliki sifat kekentalan (viskositas) yang lebih tinggi. Berikut adalah sifat fisika dan kimia biji jatropha.

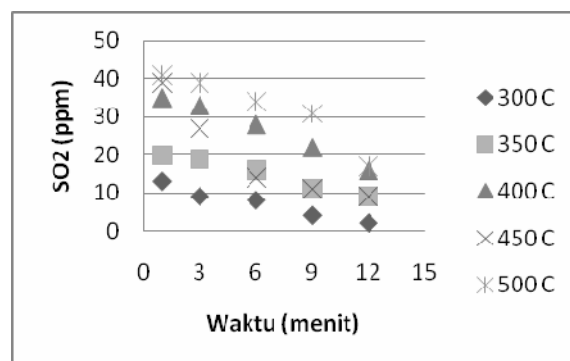
3. Hasil dan Pembahasan

Dari percobaan-percobaan sebelum nya yang telah dilakukan dengan perbandingan persentase rasio cangkang sawit 50:50; 60:40; 70:30; 80:20 dan 90:10 (% berat). Yang lebih bagus adalah 90:10 maka dilakukan percobaan lagi untuk melihat pengaruh temperatur terhadap pembakaran biobriket. Jumlah SO_2 yang dihasilkan dari pembakaran dengan temperatur yang ditentukan, yaitu 300, 350, 400, 450, dan 500 °C, dapat diketahui dengan cara membakar biobriket tanpa adsorben. Dalam pembakaran ini penyerapan SO_2 dipastikan tidak ada dengan asumsi abu dari sisa pembakaran hanya menyerap sangat kecil.

Percobaan pembakaran biobriket tanpa menggunakan adsorben dilakukan untuk mendapatkan kadar total SO_2 yang dihasilkan dari pembakaran biobriket tersebut. Kemudian hasil yang diperoleh dapat dijadikan acuan untuk pengujian pembakaran biobriket dengan menggunakan adsorben berbasis kalsium alam, baik itu kerang biasa atau pun lokan.

Pembentukan SO_2 pada Pembakaran biobriket tanpa menggunakan adsorben dapat dilihat pada Gambar 3.

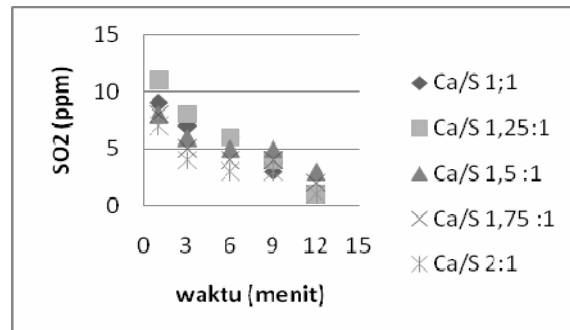
Gambar 3 menunjukkan kadar SO_2 yang dihasilkan paling besar jika dibandingkan dengan temperatur yang lain terdapat pada temperatur pembakaran 500 °C. Terlihat jelas bahwa temperatur yang digunakan memiliki pengaruh terhadap pembakaran biobriket. Grafik diatas memperlihatkan adanya suatu pola atau trend terhadap SO_2 yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik hubungan kadar SO_2 terbentuk terhadap waktu (t) pada desulfurisasi biobriket tanpa adsorben

Kadar sulfur yang tinggi dari pembakaran biobriket mengakibatkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan penambahan adsorben dengan tujuan untuk mengurangi SO_2 yang terbentuk. Adsorben ini akan bereaksi dengan gas sulfur sehingga menjadi padatan kuning. Percobaan ini dilakukan untuk melihat seberapa besar penyerapan SO_2 yang dilakukan oleh adsorben dan membandingkan penggunaan adsorben kerang biasa dengan lokan.

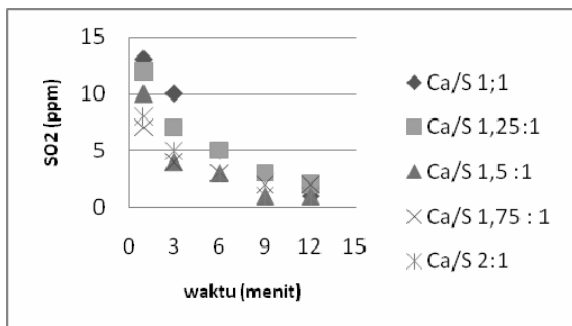
Untuk melihat pengaruh adsorben kerang biasa pada desulfurisasi biobriket dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini



Gambar 4. Hubungan penyerapan SO_2 terhadap waktu (t) pada temperatur 500 °C desulfurisasi biobriket menggunakan adsorben kerang biasa.

Dari gambar diatas dapat dilihat terjadi penurunan kadar SO_2 secara drastis. Teramati bahwa SO_2 yang dihasilkan dengan pembakaran pada temperatur 500 °C untuk biobriket tanpa menggunakan adsorben relatif tinggi yaitu 41 ppm. Pada temperatur yang sama dengan penambahan adsorben, kadar SO_2 turun menjadi 11 ppm pada rasio Ca/S 1,25:1 dan 7 ppm pada rasio Ca/S 2:1. Nilai tersebut diperoleh pada menit pertama saat laju udara untuk pembakaran dialirkan. Dalam waktu 12 menit percobaan, penurunan kadar SO_2 terlihat semakin besar hingga pada menit ke 12 kadar SO_2 yang terdeteksi adalah sebesar 1 ppm. Penggunaan adsorben kerang biasa ini sangat efektif untuk menghilangkan sulfur dari hasil pembakaran.

Pada percobaan yang lain dengan menggunakan adsorben lokan dapat dilihat hasil penurunan kadar SO_2 pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan penyerapan SO_2 terhadap waktu (t) pada temperatur 500 °C desulfurisasi biobriket menggunakan adsorben kerang hijau (lokan).

Kedua adsorben yang digunakan dapat menurunkan kadar SO_2 secara signifikan. Penurunan yang terjadi untuk masing-masing adsorben memiliki nilai yang berbeda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik itu faktor dari pengoperasiannya atau pun faktor dari komposisi kalsium dari kedua adsorben yang digunakan. Dari data yang diperoleh untuk kedua adsorben terlihat pada Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa keefektifan adsorben kerang biasa untuk menurunkan SO_2 yang dihasilkan lebih baik daripada adsorben lokan.

Pada grafik, kadar tertinggi SO_2 untuk adsorben kerang biasa yang teramati adalah 12 ppm, sedangkan pada lokan kadar tertinggi dari SO_2 yang terbentuk adalah 14 ppm. Nilai terendah yang dihasilkan masing-masing adalah 1 ppm untuk kerang biasa dan 2 ppm untuk lokan. Data yang diperoleh tersebut membuktikan bahwa kemampuan adsorben kerang biasa dalam menyerap SO_2 lebih besar dibandingkan dengan adsorben lokan. Hal ini juga didukung dengan teori bahwa kandungan kalsium pada kerang biasa lebih tinggi daripada lokan. Kandungan kalsium pada kerang biasa sebesar 27,8% sedangkan pada lokan sebesar 27,6%. Walaupun tidak sepenuhnya dapat dijadikan indikator terhadap penyerapan namun hal ini merupakan salah satu faktor yang menunjukkan bahwa kemampuan penyerapan dari kerang biasa lebih baik dari lokan.

4. Kesimpulan

Semakin tinggi temperatur pembakaran biobriket maka akan semakin besar gas SO_2 yang dihasilkan. Pada temperatur 300 °C kadar SO_2 yang terbentuk adalah 13 ppm, sedangkan pada temperatur 500 °C kadar SO_2 yang terbentuk adalah 41 ppm.

Kemampuan adsorben kerang biasa dalam menyerap SO_2 lebih besar dibandingkan dengan adsorben lokan. Kadar SO_2 tertinggi yang teramati

pada adsorben kerang biasa adalah 12 ppm, sedangkan pada lokan sebesar 14 ppm.

Semakin besar rasio Ca/S yang digunakan pada pembakaran biobriket, maka akan semakin besar pula penyerapan SO_2 yang terjadi. Rasio Ca/S 2:1 pada temperatur 500 °C memberikan nilai tertinggi dibandingkan rasio lainnya.

Efisiensi desulfurisasi biobriket tertinggi terjadi pada rasio Ca/S 2:1 pada temperatur 400 °C yaitu 90,59% terdeteksi pada adsorben kerang biasa.

Daftar Pustaka

- [1] Smith, J.M and H.C. Van Ness. 2001. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, Mc. Graw Hill Book Company, New York.
- [2] Rajimah. AS., 2009, *Studi Analisis Simulasi Pengaruh Waktu Nyala Terhadap Variasi Komposisi Lempung Dan Batubara Pada Briket Batubara Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Thermal*, Thesis, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [3] Miller, B.G., 2005, *Coal Energy Systems*, Elsevier Academic Press, San Diego, California, USA.
- [4] Van Krevelen, DW., 1993, *coal: typology-physics-Chemistry-Contitution*, edisi 3, Elsevier Science, Amsterdam.
- [5] Yaman, S., M. Sahan, H. Haykiri-Acma, K. Sesen and S. Kucukbayrak, 2001, *Fuel Briquettes from Biomass-Lignite Blends, Fuel Processing Technology*, Vol.72.
- [6] Naruse, I., H. Kim, G. Lu, J. Yuan and K. Ohtake, 1998, *Study on Characteristics of Self Desulfurization and Self denitrification in Biobriquette Combustion*, Symposium (International) on Combustion The Combustion Institute, 1998/pp. 2973–2979
- [7] Saptoadi, S., 2006, *The Best Biobriquette Dimention and It Partikel Size*, *The 2nd Joint International Conference on Suistanable Energy and Environment 2006*, Bangkok.
- [8] Mahidin, Asri Gani, Khairil, 2010, *Studi Karakteristik Desulfurisasi Biobriket Dengan Adsorben Berbasis Kalsium Untuk Aplikasi Industry Kecil/Rumah Tangga*, Banda Aceh.