

## EFFECT OF FLY ASH ON PRODUCTS OF WATER HYACINTH CATALYTIC PYROLYSIS

Rinna Juwita, Jefriadi, Khairunnisa Aprilianti, Mitha Amalia, Rinny Jelita\*

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University  
Jl. A. Yani Km. 36, South Kalimantan, Indonesia

\* E-mail corresponding author: rinnyjeita@ulm.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Article history:</i> Received: 25-09-2022 Received in revised form: 20-10-2022 Accepted: 25-10-2022 Published: 28-10-2022</p> <hr/> <p><i>Keywords:</i> Water hyacinth Fly ash Bio-oil Pyrolysis</p>	<p><i>The use of alternative energy is needed to overcome the availability of fossil energy sources. One alternative energy source is water hyacinth through a pyrolysis process using a catalyst. Fly ash has the potential to be a catalyst given its very low utilization in Indonesia. Utilization of water hyacinth biomass through a pyrolysis process using a fly ash catalyst was carried out to determine the effect of catalyst activation and the amount of the catalyst on the pyrolysis product. The purpose of this study was to determine the optimum amount of catalyst and the effect of catalyst activation on water hyacinth pyrolysis products. The experiment was carried out in an electric pyrolysis reactor equipped with a condenser as a coolant and a thermocouple. Nitrogen gas is fed into the pyrolysis reactor to create inert conditions that prevent sample burning. The crushed water hyacinth samples were put into the reactor with the fly ash catalyst with a catalyst composition of 0%, 5%, 10%, and 15% of the raw material. The process lasted for 1 hour at 500 °C. The liquid product in the form of bio-oil is collected and then its mass and volume are measured. The solid product in the form of charcoal is taken after the pyrolysis process is complete and the reactor reaches room temperature and then its mass is measured. The highest liquid and solid yields were obtained with 10% activated catalyst variations, namely 39.142% for liquids and 45.144% for solids.</i></p>

### PENGARUH FLY ASH TERHADAP PRODUK PIROLISIS KATALITIK ECENG GONDOK

**Abstrak-**Penggunaan energi alternatif diperlukan untuk mengatasi ketersediaan sumber energi fosil yang semakin langka seiring dengan meningkatnya kebutuhan sumber energi tersebut. Salah satu sumber energi alternatif dengan jumlah melimpah yang dapat digunakan yaitu eceng gondok melalui proses pirolisis menggunakan katalis. *Fly ash* berpotensi menjadi katalis mengingat pemanfaatannya yang sangat rendah di Indonesia. Pemanfaatan biomassa eceng gondok melalui proses pirolisis menggunakan katalis *fly ash* dilakukan untuk mengetahui pengaruh aktivasi dan jumlah katalis terhadap hasil produk pirolisis. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui jumlah katalis optimum dan pengaruh aktivasi katalis terhadap produk pirolisis eceng gondok. Percobaan dilakukan dalam reaktor pirolisis berbahan bakar listrik yang dilengkapi dengan kondensor sebagai pendingin dan termokopel. Gas nitrogen dialirkan ke dalam reaktor pirolisis untuk menciptakan kondisi *inert* yang mencegah terbakarnya *sample*. Sampel eceng gondok yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam reaktor bersama katalis *fly ash* dengan komposisi jumlah katalis 0%, 5%, 10%, 15% terhadap bahan baku. Proses berlangsung selama 1 jam pada suhu 500°C. Produk cair berupa *bio-oil* ditampung kemudian diukur massa dan volumenya. Produk padat berupa arang diambil setelah proses pirolisis selesai dan reaktor mencapai suhu ruang kemudian diukur massanya. Hasil *yield* cairan dan padatan tertinggi diperoleh pada variasi katalis 10% yang diaktivasi, yaitu 39,142% pada cairan dan 45,144% pada padatan.

Kata kunci: eceng gondok, *fly ash*, *bio-oil*, pirolisis

## PENDAHULUAN

Enceng gondok (*Eichhornia Crassipes*) merupakan tanaman gulma yang hidup terapung pada air dan berkembang biak dengan cepat baik secara vegetatif maupun generatif. Perkembangbiakkan dengan cara vegetatif dapat melipat ganda dua kali dalam waktu 7-10 hari (Gunawan and Sahwalita, 2007). Soeb dan Sigh (2000) melaporkan bahwa kecepatan pertumbuhan enceng gondok adalah 17,5 ton/ha/hari, sehingga pemusnahan tumbuhan ini menjadi masalah besar. Padahal dengan proses termal tumbuhan ini dapat dihasilkan *bio-oil*. Menurut Huang dkk (2013), ada dua cara untuk mengkonversi biomassa menjadi bahan bakar atau kimia yaitu secara termo-kimia dan bio-kimia/biologi. Konversi biomassa secara termo-kimia dapat dilakukan dengan pirolisis, gasifikasi, pembakaran dan sebagainya. Pirolisis biomassa dikelompokkan menjadi 2 kelompok utama yaitu *fast* pirolisis dan *slow* pirolisis. *Fast* pirolisis adalah pirolisis dengan pemanasan yang sangat tinggi dengan waktu tinggal gas yang singkat. Sedangkan *slow* pirolisis adalah pirolisis dengan pemanasan dan waktu tinggal uap yang lebih lama (Sharma dkk., 2015).

Enceng gondok merupakan salah satu biomassa yang dapat dikonversi menjadi *bio-oil* melalui proses pirolisis. Hal ini diperkuat oleh Bhattacharya dan Kumar (2010) yang mengemukakan bahwa enceng gondok merupakan tanaman bahan bakar bio yang sangat potensial dikembangkan. Lignoselulose dalam biomassa dapat menjadi sumber karbon yang potensial untuk produksi bahan bakar cair terbarukan dan bahan kimia. Pirolisis adalah proses dekomposisi termokimia dimana biomassa dirubah menjadi padatan yang kaya karbon dan *volatile* matter tanpa adanya oksigen. Hasil pirolisis biomassa berupa arang (*char*), *bio-oil*, dan gas (Sharma dkk., 2015).

Enceng gondok merupakan tanaman air yang dapat tumbuh dan berkembang dengan sangat pesat. Secara umum, penyusun tanaman enceng gondok sendiri terdiri dari 3 komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Dalam batang tumbuhan ini sendiri terdapat kandungan selulosa sebanyak 50%, lignin 30% dan sisanya adalah hemiselulosa serta zat-zat lain (Ratnani, 2005).

*Fly ash* merupakan hasil dari pembakaran fraksi ringan dari sabut dan cangkang hasil pembakaran pada boiler yang dibuang ke lingkungan dan tidak dimanfaatkan dengan optimal. Pada umumnya *fly ash* ditangkap dengan menggunakan *cyclone*. Ukuran *fly ash* yang dihasilkan yaitu 100 - 200 *mesh*. *Fly ash* banyak mengandung unsur silika yang berbentuk amorphous yang lebih reaktif (mudah bereaksi),

tidak membutuhkan energi proses yang besar serta memiliki kemurnian dan *specific surface are* (SSA) yang tinggi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan (Saputra dkk., 2013).

Proses pirolisis dapat dilakukan menggunakan katalis atau tanpa katalis. Penambahan katalis dapat meningkatkan kandungan *bio-oil* dengan cara menghilangkan senyawa yang mengandung oksigen melalui H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub>, mereduksi berat molekul serta menggabungkan struktur kimia pada bahan sehingga membentuk senyawa petrokimia. Pirolisis tanpa katalis memerlukan temperatur yang lebih tinggi, sedangkan jika menggunakan katalis temperatur reaksi bisa lebih rendah. Penggunaan katalis juga meningkatkan laju reaksi pirolisis sehingga menghasilkan produk cair yang lebih banyak dan mempercepat waktu proses pirolisis (Nuryati dkk., 2015).

Pemanfaatan eceng gondok di Kalimantan Selatan masih belum sepenuhnya optimal. Eceng gondok memiliki potensi yang bagus apabila dimanfaatkan. Eceng gondok dapat dimanfaatkan dengan menggunakan metode pirolisis. Pirolisis merupakan proses pemanasan tanpa oksigen yang mendegradasi suatu biomassa menjadi arang, tar dan gas (Haji, 2013). Dengan teknik pirolisis eceng gondok dan biomassa dapat menghasilkan *bio-oil* dan arang yang diharapkan dapat menjadi solusi bahan bakar alternatif. Melalui penelitian ini dapat ditentukan jumlah katalis optimum dan pengaruh aktivasi katalis terhadap produk pirolisis katalitik eceng gondok.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengolahan Air dan Limbah Industri serta Laboratorium Material dan Energi Terbarukan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

### Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yaitu reaktor pirolisis berbahan bakar listrik yang dilengkapi dengan kondensor dan termokopel, gelas ukur, neraca analitik, ayakan (20 dan 50 *mesh*), botol kaca, *oven*, *furnace* dan *stopwatch*.

### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah eceng gondok, gas nitrogen, dan katalis *fly ash* (PLTU Asam - Asam).

### Prosedur Penelitian

#### Persiapan Bahan Baku

Eceng gondok dipotong sepanjang 1-2 cm

kemudian dicuci untuk menghilangkan partikel pengotor. Eceng gondok yang telah dicuci kemudian dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Eceng gondok dihaluskan dengan ukuran partikel 20- 50 *mesh*. Selanjutnya dikeringkan pada suhu 105 °C dalam *oven* hingga diperoleh massa konstan. Katalis *Fly ash* digerus dan diayak dengan ukuran 100 - 200 *mesh*. Kemudian dioven selama 2 jam pada suhu 110°C untuk mengurangi kadar air. Selanjutnya katalis diaktifkan secara fisika dalam *furnace* pada suhu 800°C selama 3 jam.

### Proses Pirolisis

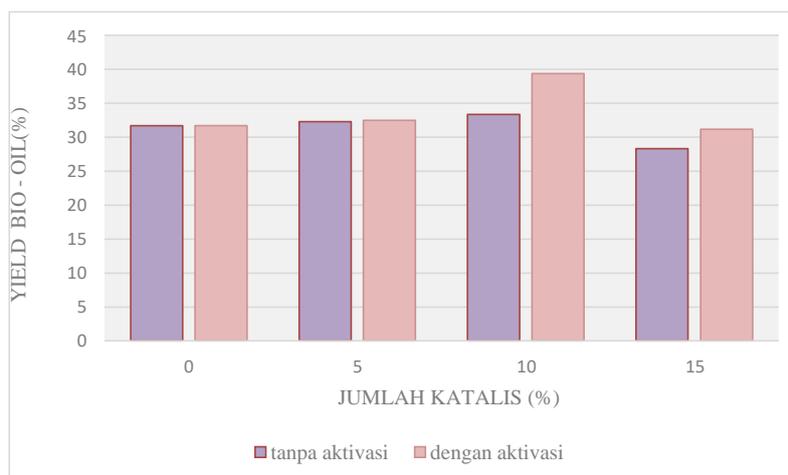
Reaktor dilengkapi dengan termokopel, pemanas listrik dan kondensor. Bahan baku eceng gondok yang berukuran 20- 50 *mesh* dimasukkan ke dalam reaktor sebanyak 250 gram serta ditambahkan jumlah katalis dengan komposisi jumlah 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap bahan baku. Reaktor dipanaskan pada suhu 500°C sambil

dialirkan gas nitrogen ke dalam reaktor dengan kecepatan alir 150 mL/menit. Selama proses pirolisis, suhu dijaga konstan dan gas nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan *rate* konstan. Proses ini berlangsung selama 60 menit. Setelah proses pirolisis selesai reaktor didinginkan. Sampel cair (*bio-oil*) yang dihasilkan ditampung dan diukur volume dan ditimbang massanya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Jumlah dan Aktivasi Katalis terhadap Distribusi Produk Pirolisis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah katalis dan proses aktivasi katalis mempengaruhi distribusi produk pirolisis (cairan, padatan dan gas), yaitu terdapat perbedaan *yield* dari masing-masing produk akibat variabel yang digunakan. Adapun pengaruh jumlah dan aktivasi katalis terhadap *yield* produk cair (*bio-oil*) ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Pengaruh Jumlah dan Aktivasi Katalis terhadap *Yield Bio - oil*

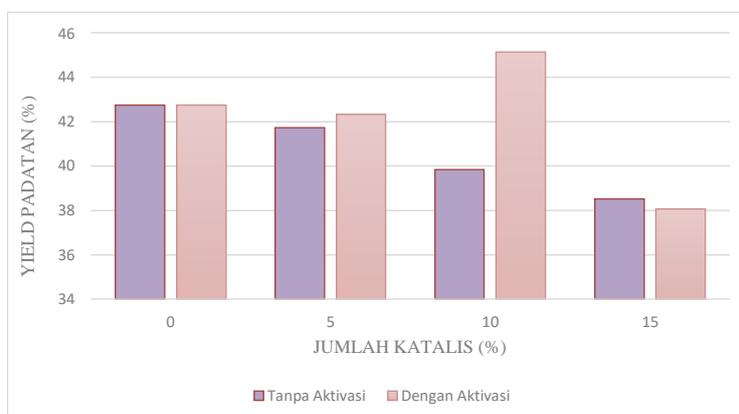
**Gambar 1** menunjukkan hubungan antara pengaruh jumlah katalis tanpa aktivasi dan teraktivasi terhadap hasil *yield bio-oil* hasil pirolisis. Dari kedua perlakuan tersebut, diperoleh *yield bio-oil* tertinggi yaitu katalis 10% pada kedua jenis katalis, berturut-turut 33,404% dan 39,412% untuk katalis tanpa aktivasi dan katalis yang diaktivasi. Menurut Rambe dkk (2018), peningkatan jumlah katalis *fly ash* pada proses pirolisis akan meningkatkan jumlah bahan bakar *bio-oil* yang dihasilkan. Akan tetapi, penggunaan katalis *fly ash* dalam jumlah yang berlebih dapat memproduksi lebih banyak gas sulit terkondensasi yang menyebabkan peningkatan jumlah katalis *fly ash* lebih lanjut akan menurunkan jumlah bahan

bakar minyak. Hal ini telah sesuai dengan teori dimana kondisi optimum katalis adalah pada variasi 10% dan terjadi penurunan *yield bio-oil* pada variasi katalis 15%, hal ini disebabkan karena semakin banyaknya katalis dapat menyebabkan terbentuknya *bulk* antara eceng gondok dan katalis, sehingga kinerja dari katalis tidak optimal, akibatnya proses pirolisis tidak berjalan efektif dan menimbulkan penurunan hasil pirolisis bahan bakar cair (Kristy, 2007).

Hasil *yield bio-oil* pada katalis yang diaktivasi menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil *yield bio-oil* dengan katalis yang tidak diaktivasi pada variasi yang sama. Proses aktivasi katalis mempengaruhi *yield*

bahan bakar *bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis eceng gondok (Kristy, 2007). *Yield* bahan bakar *bio-oil* tertinggi terdapat pada penggunaan katalis *fly ash* yang diaktivasi secara fisika yaitu sebesar 39,412%. Selain produk cair, *yield* produk

padatan juga mengalami perubahan seiring peningkatan jumlah katalis dan aktivasi katalis. Pengaruh jumlah dan aktivasi katalis terhadap *yield* produk padatan ditunjukkan pada **Gambar 2**.

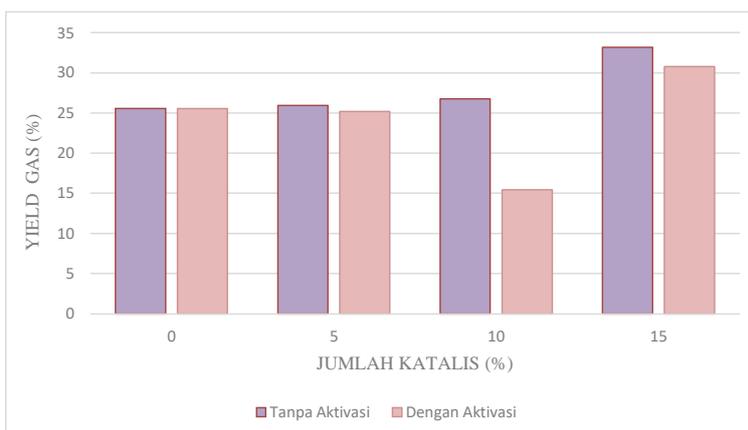


**Gambar 2.** Pengaruh Jumlah dan Aktivasi Katalis terhadap *Yield* Padatan

**Gambar 2** menunjukkan hubungan antara *yield* padatan terhadap jumlah katalis yang tidak diaktivasi dan katalis yang teraktivasi. Dari kedua perlakuan tersebut, *yield* padatan dengan katalis yang tidak diaktivasi terjadi penurunan pada variasi katalis 0%, 5% dan 15% dan hasil optimum *yield* padatan terjadi pada katalis 0%, yaitu 42,748%. Sedangkan pada *yield* padatan dari katalis yang diaktivasi, terjadi penurunan pada variasi katalis 0%, 5% dan 15% dan hasil optimum terjadi pada katalis 10%, yaitu 45,144%. Menurut Halimatus (2015), *yield* padatan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya katalis, berbanding terbalik dengan

*yield bio-oil*.

*Yield* padatan pada katalis yang diaktivasi lebih tinggi dibandingkan dengan *yield* padatan dengan katalis yang tidak diaktivasi. Hasil optimum *yield* padatan diperoleh pada katalis 10% dengan nilai 45,144%. Hal ini menunjukkan bahwa katalis yang diaktivasi memberikan *yield* padatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan katalis tanpa aktivasi. Selain produk cair dan padatan, *yield* gas turut mengalami perbedaan hasil pada perbedaan jumlah katalis dan proses aktivasinya yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Pengaruh Jumlah dan Aktivasi Katalis terhadap *Yield* Gas

**Gambar 3** menunjukkan hubungan antara *yield* gas terhadap jumlah katalis tanpa aktivasi dan katalis yang diaktivasi. Dari kedua perlakuan tersebut, *yield* gas tertinggi diperoleh pada katalis

15%, yaitu pada katalis tanpa aktivasi sebesar 33,444% dan katalis yang diaktivasi sebesar 32,428%. *Yield* gas semakin meningkat dengan meningkatnya jumlah katalis dikarenakan

penggunaan katalis *fly ash* dalam jumlah yang berlebih dapat memproduksi lebih banyak gas yang sulit terkondensasi (Rambe, 2018).

## KESIMPULAN

Peningkatan jumlah katalis akan meningkatkan *yield bio-oil* dan gas dengan *yield bio-oil* tertinggi didapatkan sebesar 39,412% pada variasi katalis *fly ash* 10% dan *yield* gas tertinggi didapatkan sebesar 33,144% pada variasi katalis *fly ash* 15%. Peningkatan jumlah katalis akan menurunkan *yield* padatan dengan *yield* tertinggi didapatkan sebanyak 45,144% pada variasi katalis *fly ash* 10%. *Yield* produk pirolisis eceng gondok dengan katalis yang diaktivasi cenderung lebih besar dibandingkan dengan hasil produk pirolisis dengan katalis yang tidak diaktivasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arief, H.K. (2020). *Pengaruh Waktu dan Suhu Pembuatan Karbon Aktif dari Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah dengan Suhu Tinggi secara Pirolisis*. Jurnal Teknik Kimia.
- Azlia Metta, Simparmin Br Ginting dan Hens Saputra. (2014). *Sintesis ZSM-5 dari Coal Fly Ash (CFA) dengan Sumber Silika Penambah yang Berasal dari Abu Sekam Padi: Pengaruh Rasio SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Terhadap Kristalinitas Produk*. Jurnal Rekayasa Proses. Vol. 8. No 2.
- Bridgwater, A. V. 2012. *Review of Fast Pyrolysis of Biomass and Product Upgrading*. *Biomass and bioenergy*. 38 (1): 68-94.
- Dewi Yuanita Lestari. (2010). *Kajian Modifikasi dan Karakteristik Zeolit Alam dari Berbagai Negara*. Jurnal Pendidikan Kimia. Yogyakarta.
- Haji, A. G. (2013). *Komponen Kimia Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah Padat Kelapa Sawit*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. Universitas Syiah Kuala Darussalam. Banda Aceh. 9.
- Halimatus, S. (2015). *Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan*. Jurnal Program Studi Teknik Kimia. Vol 8. 01.
- Huang, Y. H., Chiueh, P.T., Kuan, W. H., and Lo, S. L., 2013, *Pyrolysis kinetics of biomass from product information*, *Appl Energ*, 110, 1-8.
- Kristy M. (2007). *Bio oils: Feedstocks, Process and Potential for Synthetic Diesel*, BBI International. Colorado
- Lestari, D. Y. (2012). *Pemilihan Katalis Yang Ideal*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Marika, B., Lorenzo, C.F. Doina, D.A., (2017). *Pyrolysis of WEEE Plastics Using Catalysts Produced From Fly Ash of Coal Gasification*. *Journal of Environ*.
- Naufal, A. (2022). *Pemanfaatan Eceng Gondok dan Sampah Plastik High Dencity Sebagai Bahan Baku Briket*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Nuryati., Jaka Darb Jaya., Meldayanoor. (2015). *Perancangan dan Aplikasi Alat Pirolisis untuk Pembuatan Asap Cair*. Kalimantan Selatan.
- Poerwanto. (2009). *Perancangan Reaktor dan Pengembangan Prosedur Operasi Pirolisis Serbuk Gergaji untuk Menghasilkan Bio-oil*. Tugas Akhir, ITB. Bandung.
- Purkait, K. (2009). *Biobriket Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Sebagai Bahan Bakar Energi Terbarukan*. Universitas Muhammadiyah Palembang. Palembang.
- Rambe, S. M., Dina, S. F., Siphahutar, E. H. dan Maha, K. M. (2018). *Potensi Bio- oil dari Reject Plastic Hasil Proses Katalitik Pirolisis Sebagai Sumber Energi Terbarukan*. Universitas Sumatra Utara Medan. 13.
- Rahmadani, Faizah Hamzah, dan Faridah Hanum Hamzah. (2017): *Pembuatan Briket Arang Daun Kelapa Sawit dengan Perekat Pati Sagu*. Jurnal Faperta. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Riau.
- Ratnani, R. 2005. *Proses Pirolisis Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Menjadi Karbon Aktif Dengan Bahan Pengaktif Natrium Klorida (NaCl)*. Jurnal Ilmiah MOMENTUM. 1 (1).
- Saputra, R. 2013. *Perengkahan Katalitik Minyak Jelantah Untuk menghasilkan Biofuel Menggunakan Katalis NiMo/Zeilin*. Skripsi. Universitas Riau.
- Sharma, A., Pareek, V., & Zhang, D., 2015, *Biomass pyrolysis- A review of modeling, process parameter and catalytic studies*, *Renew Sust Energ Rev*, 50, 1081- 1096.
- Sonawane, MR Shindikar, dan MY Khaladkar (2016), *Onsite Conversion of Thermoplastic Waste into Fuel by Catalytic Pyrolysis*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 3(9) : hal 15903-15908
- Yang, Haiping., Yan, Rong., dan Hanping Chen.(2007). *Characteristics of Hemicellulose, Cellulose, and Lignin Pyrolysis*. Universitas Huazhong Science and Technology.