

# KONVERSI KAYU AKASIA (*ACACIA MANGIUM*) MENJADI *BIO-OIL* DENGAN PROSES PIROLISIS MENGGUNAKAN KATALIS Ni/LEMPUNG

Rizka Aulia Hardi <sup>1</sup>, Syaiful Bahri <sup>2</sup>, Amun Amri <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia S1, <sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Kimia,  
Fakultas Teknik, Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293  
Email : rizkaauliahardi@gmail.com

## ABSTRACT

Availability of fossil fuels as a non-renewable energy source has decreased due to the increase of energy consumption. Therefore, it is needed an alternative renewable energy sources, such as conversion of biomass derived from acacia mangium wood. Bio-oil can be produced by pyrolysis of Acacia mangium wood with catalyst Ni/clay. The purpose of this research are to produce bio-oil from acacia wood, to characterize of Ni/clay catalyst, to determine the effect of the impregnation of Ni metal in to clay and ratio of Ni/clay catalyst on the yield of bio-oil and to determine the physical and chemical characteristics of bio-oil. The pyrolysis was used 50 grams acacia wood, 500 ml silinap and Ni/clay catalyst with variations of the percentage of the Ni metal 0%, 1%, 2%, 3%, respectively and the variation ratio of Ni/clay catalyst of the biomass 3%, 5% and 7% with a stirring speed of 300 rpm and a temperature of 320°C for 120 minutes. In this research, the highest yield was on the use of the catalysy Ni/clay 5% by weight of the metal content of 3% by 66,26%. Characterization of physical properties of bio-oil obtained in the form of density 1,004 gr/ml, 1,8452 cSt viscosity, acidity 71,6327 mg NaOH/gr sample, and the flash point 46°C, respectively.

**Keywords:** Bio-oil, Pyrolysis, Catalyst Ni/Clay, Acacia mangium wood

## 1. Pendahuluan

Penggunaan fosil sebagai sumber energi mengakibatkan ketersediaan energi menurun. Hal ini dikarenakan konsumsi energi dari tahun 2000-2011 meningkat dari 764 juta barel menjadi 1.044 juta barel yang didominasi oleh minyak bumi. Sedangkan cadangan minyak bumi menurun dari tahun 2005-2012 yaitu 8,93 juta barel menjadi 7,40 juta barel [BPPT, 2013]. Oleh sebab itu perlu adanya sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui.

Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan yaitu pemanfaatan biomassa menjadi *bio-oil*. Biomassa merupakan sumber daya alam yang dapat diperbarui dan jumlahnya banyak. Salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan adalah kayu akasia. Kayu akasia dapat hidup pada iklim tropis,

subtropis dan pada berbagai jenis tanah serta dapat tumbuh pada lahan yang tidak subur [Litbang, 1994]. Kayu akasia juga memiliki komponen selulosa yang cukup tinggi dan banyak ditemukan di Indonesia sehingga berpotensi untuk dijadikan bahan baku produksi *bio-oil* [Santoso, 2010].

Salah satu teknologi proses yang dapat digunakan dalam pembuatan *bio-oil* yaitu pirolisis. Pirolisis merupakan dekomposisi biomassa pada suhu tinggi tanpa oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen. Hasil dari Proses pirolisis yaitu *bio-oil*, gas dan char.

Untuk mempercepat terbentuknya *bio-oil* pada proses pirolisis, dapat digunakan katalis. Salah satu bahan yang dapat dijadikan katalis adalah lempung. Keberadaan lempung di Riau sangat melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Selain itu, lempung memiliki

struktur pori, stabilitas termal tinggi, luas permukaan besar dan aktivitas katalitik yang baik sehingga berpotensi sebagai katalis [Kesuma, 2012].

Sistem katalis logam pengemban dapat meningkatkan kemampuan lempung sebagai katalis. Pada sistem ini, logam didistribusikan ke dalam pori lempung. Logam Ni dapat digunakan sebagai logam yang diembankan ke dalam lempung karena memiliki selektifitas dan aktifitas yang tinggi. Menurut Septriana [2006] logam yang diembankan ke dalam lempung dapat menyebabkan luas permukaan relatif besar dan memperbanyak jumlah situs aktif. Dengan demikian, kontak antara katalis dan reaktan semakin banyak sehingga reaksi berjalan cepat. Oleh sebab itu, pada penelitian ini, dilakukan proses pirolisis kayu akasia menggunakan katalis Ni/lempung untuk menghasilkan *bio-oil*.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan, yaitu :

### Pembuatan Katalis Ni/Lempung

Tahap pertama pada pembuatan katalis yaitu, batu lempung ditumbuk dan diayak dengan ukuran -100+200 mesh dengan ketentuan ukuran partikel yang diambil merupakan partikel yang lolos pada pengayak 100 mesh dan tertahan pada pengayak 200 mesh.

Selanjutnya dilakukan proses aktivasi lempung. Lempung sebanyak 150 gram direfluks dengan larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1,2 M sebanyak 600 ml selama 6 jam pada suhu 50 °C sambil diaduk dengan motor pengaduk pada reaktor alas datar bervolume 1 liter, kemudian sampel didiamkan selama 16 jam yang selanjutnya disaring dan dicuci berulang kali sampai tidak ada ion  $\text{SO}_4^{2-}$  yang terdeteksi oleh larutan  $\text{BaCl}_2$ . *Cake* dikeringkan pada suhu 110°C selama 4 jam didalam oven.

Tahap selanjutnya dilakukan impregnasi (pengembanan) logam Ni sesuai variasi yang ditentukan yaitu 1%, 2% dan 3% terhadap lempung. Lempung direndam dalam 100 ml larutan  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  sambil diaduk diatas pemanas pada suhu 60°C selama 3 jam. *Cake* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 6 jam. Pada tahap ini, didapat katalis Ni/lempung sesuai dengan persentase berat logam. Selanjutnya, katalis Ni/lempung diaktivasi dengan proses kalsinasi, oksidasi, dan reduksi. Proses ini diawali dengan memasukkan katalis ke dalam *tube* yang sebelumnya telah diisi dengan *porcelain bead* sebagai *heat carrier* dan diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll* sebagai penyeimbang unggun katalis. *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada suhu 500 °C dengan selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ± 400 ml/menit. Selanjutnya, katalis dioksidasi pada suhu 400 °C menggunakan gas oksigen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam dan direduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam.

### Proses Pembuatan Bio-oil

Biomassa berupa kayu akasia dijemur sampai kering. Kemudian dikeringkan dalam oven untuk menghilangkan kadar airnya sampai beratnya konstan. Kayu akasia dihaluskan dan diayak dengan ukuran -100+200 mesh.

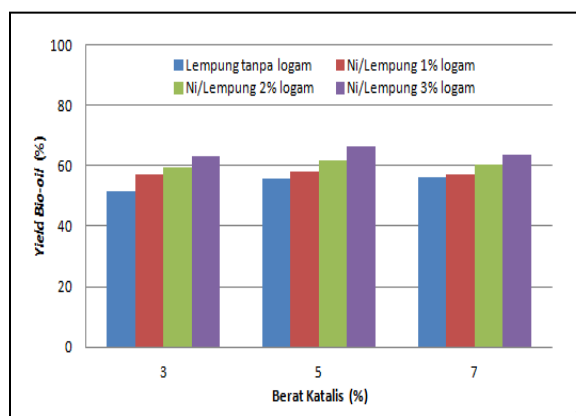
Kayu akasia sebanyak 50 gram, 500 ml silinap dan katalis Ni/lempung dengan variasi logam Ni 0%, 1%, 2% dan 3% terhadap lempung dan variasi berat katalis 3%, 5% dan 7% terhadap biomassa dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Kemudian dialirkan gas nitrogen dengan laju alir sebesar 1,35 ml/detik ke dalam reaktor. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 320 °C, diaduk dengan pengaduk listrik pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama

2 jam. Proses pirolisis akan menghasilkan produk cair (*bio-oil*) akibat proses kondensasi yang ditampung dalam gelas ukur.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengaruh Variasi Rasio Berat Katalis Ni/Lempung Terhadap Biomassa Pada *Yield Bio-oil*

Untuk mengetahui pengaruh berat katalis terhadap *yield bio-oil*, dilakukan proses pirolisis untuk mendapatkan *bio-oil* dengan variasi berat katalis Ni/lempung 3%, 5% dan 7% terhadap biomassa dan variasi berat logam Ni terhadap katalis Ni/lempung yaitu tanpa logam Ni, 1%, 2% dan 3%. Pengaruh berat katalis Ni/lempung dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Pengaruh Berat Katalis Ni/Lempung Terhadap *Yield Bio-oil*

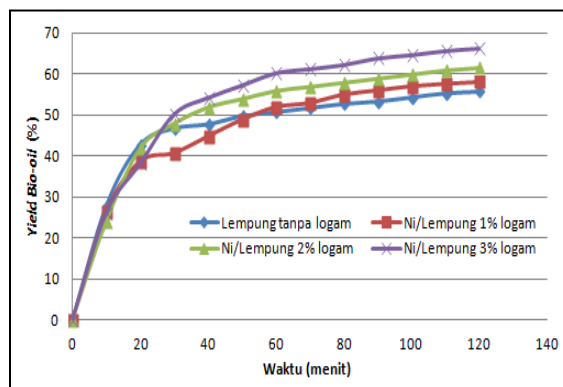
Dari Gambar 4.1, didapatkan *yield bio-oil* tertinggi pada katalis Ni/lempung 3% dengan berat katalis 5% b/b biomassa sebesar 66,26%. Sedangkan *yield bio-oil* terendah didapatkan pada katalis lempung tanpa logam dengan berat katalis 3% b/b biomassa sebesar 51,78%. Dari Gambar 4.1 terlihat pada katalis tanpa logam, *yield bio-oil* yang dihasilkan mengalami peningkatan terhadap banyaknya berat katalis yang digunakan. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka semakin besar jumlah permukaan aktifnya dan dapat menurunkan energi aktivasi yang menyebabkan laju

reaksi semakin besar sehingga produk yang dihasilkan juga semakin besar.

Pada katalis Ni/lempung 1%, 2% dan 3% logam mengalami peningkatan pada berat katalis 5% terhadap biomassa. Namun, pada berat katalis 7% terhadap biomassa mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan banyaknya produk gas *noncondensable* yang terbentuk. Dengan semakin banyaknya jumlah katalis memungkinkan semakin banyaknya fraksi-fraksi hidrokarbon rantai pendek yang terbentuk dikarenakan logam Ni yang cenderung selektif terhadap pemutusan rantai C-C dan C-H [Vang dkk, 2005].

#### 3.2 Pengaruh Variasi Berat Logam Nikel (Ni) Pada Katalis Ni/Lempung Terhadap *Yield Bio-oil*

Impregnasi logam nikel (Ni) terhadap lempung mempengaruhi *yield bio-oil* pada proses pirolisis. Variasi logam nikel terhadap lempung yaitu tanpa logam, 1%, 2% dan 3%. Pengaruh berat logam nikel terhadap katalis Ni/lempung dapat dilihat pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** Pengaruh Kadar Logam Nikel (Ni) Pada Katalis Ni/Lempung

*Yield bio-oil* yang dihasilkan pada katalis lempung tanpa logam, Ni/lempung 1%, 2% dan 3% yaitu 55,72%, 58,02%, 61,53% dan 66,26%. Dengan penambahan logam nikel pada lempung dapat meningkatkan *yield bio-oil*. Semakin besar

kadar logam nikel yang diembankan, maka *yield bio-oil* juga semakin besar. Menurut Septriana [2006] menyatakan bahwa semakin tinggi kadar Ni yang diembankan ke dalam lempung, maka luas permukaan semakin meningkat dan *yield bio-oil* yang dihasilkan semakin besar. Hal ini berkaitan dengan tingginya kadar Ni ke dalam lempung, maka jumlah sisi aktif dari katalis juga meningkat sehingga interaksi reaktan terhadap permukaan katalis juga semakin meningkat.

### 3.3 Analisa Adsorpsi Gas Katalis Ni/Lempung

Analisa adsorpsi gas dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi katalis dan keasaman katalis yang merupakan hal penting pada katalis. Pada analisa adsorpsi gas, digunakan gas ammonia untuk mengetahui kemampuan adsorpsi dan keasaman dari katalis. Kemampuan adsorpsi katalis Ni/lempung terhadap ammonia dan keasaman katalis Ni/lempung dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Kemampuan Adsorpsi dan Keasaman Katalis Ni/Lempung terhadap Amonia

No	Katalis	Amonia Teradsorpsi (gram)	Keasaman (mol/gram)
1.	Lempung	0,01	0,0598
2.	Lempung Aktivasi	0,03	0,0610
3.	Ni/Lempung 0% Aktivasi	0,06	0,0633
4.	Ni/lempung 1% Aktivasi	0,07	0,0633
5.	Ni/lempung 2% Aktivasi	0,07	0,0645
6.	Ni/lempung 3% Aktivasi	0,09	0,0669

Penyerapan ammonia dapat terjadi karena lempung tersusun dari silika dan alumina yang membentuk struktur bermuatan negatif. Sehingga dinetralkan oleh kation yang terikat lemah seperti Na, Ca, dll yang merupakan pengotor di dalam lempung. Karena lemahnya ikatan inilah

maka kation ammonia dapat berikatan dengan lempung. Adsorpsi kation ammonia ini karena kombinasi muatan positif dari kation ammonia dan muatan negatif dari permukaan lempung [Handayani dkk, 2009].

Berdasarkan Tabel 3.1, dapat dilihat bahwa lempung sebelum aktivasi hanya dapat menyerap ammonia sebanyak 0,01 gram dan keasamannya sebesar 0,0598 mol/gram. Hal ini dikarenakan masih banyak pengotor pada lempung. Penyerapan ammonia dan keasaman pada lempung aktivasi meningkat dibandingkan dengan lempung sebelum aktivasi. Hal ini dikarenakan beberapa pengotor sudah hilang pada lempung dan menyebabkan luas permukaan meningkat sehingga lebih banyak kation ammonia yang berikatan dengan muatan negatif lempung. Selain itu, pada proses aktivasi lempung, lempung diaktivasi dengan asam sulfat sehingga pengotor pada lempung hilang dan ion  $H^+$  pada asam sulfat tetap berada pada lempung sehingga dapat meningkatkan keasaman. Ion  $H^+$  juga dapat berikatan dengan elektron lain sehingga menyebabkan kemampuan adsorpsi lempung aktivasi meningkat dibandingkan sebelum aktivasi.

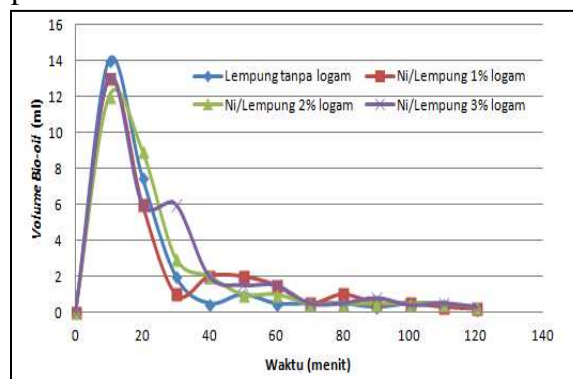
Pada Ni/lempung 0% aktivasi menunjukkan keasaman katalis meningkat dan kemampuan adsorpsi meningkat signifikan. Hal ini dikarenakan pada proses ini, pengotor banyak yang hilang sehingga menyebabkan luas permukaan meningkat dan lebih banyak kation ammonia yang berikatan dengan muatan negatif lempung sehingga menyebabkan penyerapan ammonia meningkat.

Pada Ni/lempung 1%, 2% dan 3% aktivasi, penyerapan ammonia dan keasamannya meningkat signifikan dikarenakan tidak adanya lagi pengotor dan nitrat dari nikel di dalam lempung. Dengan tidak adanya pengotor, maka kation ammonia semakin banyak berikatan dengan muatan negatif lempung. Logam nikel

memiliki orbital d yang belum terisi penuh sehingga efektif dalam menerima elektron dari ammonia [Badriyah dkk, 2012]. Sehingga, makin banyak logam Ni pada lempung, semakin banyak elektron dari ammonia yang berikatan. Selain itu, logam Ni pada katalis ini bersifat asam dan berpengaruh terhadap peningkatan keasaman katalis Ni/lempung. Semakin banyak penggunaan logam Ni, maka gas ammonia yang berikatan dengan logam Ni semakin besar dan kemampuan adsorpsi dan keasaman dari katalis juga besar.

### 3.4 Perbandingan Volume *Bio-oil* terhadap Waktu Pirolisis

Perbandingan volume *bio-oil* dari kayu akasia terhadap waktu dengan variasi persentase pengembunan logam dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Perbandingan Volume *Bio-oil* terhadap Waktu

Pada Gambar 3.3, dapat dilihat bahwa perolehan *bio-oil* dari kayu akasia dengan variasi persentase logam yang diembankan yaitu tanpa logam, 1%, 2% dan 3% sebesar 14 ml, 13 ml, 12 ml dan 13 ml pada 10 menit pertama. Perolehan *bio-oil* sampai menit ke 20, cukup banyak. Namun, pada menit berikutnya, mengalami penurunan perolehan volume *bio-oil*. Hal ini berhubungan dengan laju reaksi proses dan konsentarsi reaktan. Menurut Anugra [2011] pada awal reaksi konsentrasi reaktan masih tinggi sehingga pada menit awal, volume

*bio-oil* yang didapat sangat tinggi. Semakin lama waktu pirolisis, akan mengurangi konsentrasi dari reaktan, sehingga akan mengurangi perolehan volume *bio-oil*.

Pada awal proses pirolisis, banyak biomassa yang terkonversi dengan konsentrasi yang tinggi. Jika biomassa yang terkonversi dengan konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan laju reaksinya besar sehingga dihasilkan volume *bio-oil* yang banyak dalam waktu 10 menit. Namun, agar biomassa lebih banyak terkonversi diperlukan waktu yang lebih lama. Pada rentang 20-120 menit, sisa biomassa dan konsentrasi biomassa yang dikonversi akan semakin sedikit sehingga laju reaksinya menurun dan hasil *bio-oil* yang diperoleh semakin sedikit tiap waktunya.

### 3.5 Karakterisasi *Bio-oil*

Hasil analisa fisika berdasarkan hasil *yield bio-oil* tertinggi dengan presentase pengembunan logam 3% logam dan berat katalis Ni/lempung 5% terhadap biomassa diperoleh densitas 1,004 gr/ml, viskositas 1,8452 cSt, angka keasaman 71,6327 mg NaOH/gr sampel dan titik nyala 46°C. Perbandingan karakterisasi sifat fisika *bio-oil* dari kayu akasia, dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

**Tabel 3.2** Perbandingan Karakteristik Fisika *Bio-oil* Kayu Akasia dengan *Bio-oil Standard* dan *Diesel Oil*

Parameter	<i>Bio-oil</i> Kayu Akasia	<i>Bio-oil</i> <i>Standard</i> *
Densitas (gr/ml)	1,004	0,94-1,2
Viskositas (cSt)	1,8452	10-15
Titik Nyala (°C)	46	48-55
Angka Keasaman (mg NaOH/gr sampel)	71,6327	102,9

Keterangan : \* : Khor [2009]



**Tabel 3.3** Perbandingan Karakteristik *Bio-oil* Kayu Akasia dengan *Bio-oil* Hasil Penelitian Terdahulu

Peneliti	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Keasaman (mg NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)
Penelitian ini, Hardi 2016 (Kayu Akasia, Ni/lempung)	1,004	1,8452	71,632	46
Rahmayanti, 2014 (Kayu Akasia, Ni/NZA)	0,865	1,928	88,115	43
Kesuma, 2012 (Cangkang Sawit, Ni/NZA)	0,940	9,667	57,021	51
Kusmiati, 2015 (Kayu Pinus, Ni/lempung)	0,856	9,306	24,986	54

Dari Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 terlihat bahwa karakteristik *bio-oil* dari kayu akasia masuk ke dalam *range* karakteristik dari *bio-oil* referensi dan karakteristik *bio-oil* dari kayu akasia tidak jauh berbeda dari peneliti sebelumnya. Namun, viskositas dari *bio-oil* kayu akasia lebih kecil dibandingkan dengan *bio-oil standard*. Hal ini disebabkan terbentuknya hidrokarbon rantai pendek lebih banyak pada saat proses pirolisis.

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pirolisis dari kayu akasia dengan menggunakan katalis Ni/lempung dapat menghasilkan *bio-oil*. Penggunaan logam pengemban ke dalam lempung dapat meningkatkan aktifitas katalitiknya, sehingga *yield* yang dihasilkan semakin besar. Semakin besar logam nikel yang diembankan pada lempung, maka semakin besar *yield bio-oil* yang dihasilkan. *Yield bio-oil* tertinggi dihasilkan pada penggunaan katalis Ni/lempung 3% logam dengan berat katalis 5% terhadap biomassa sebesar 66,26%.

Karakteristik *bio-oil* hasil pirolisis kayu akasia dengan menggunakan rasio

katalis 5% terhadap biomassa dan pengembangan logam 3% Ni/ lempung adalah densitas 1,004 gr/ml, viskositas 1,8452 cSt, angka keasaman 71,6327 mg NaOH/gr sampel dan titik nyala 46 °C.

#### 5. Daftar Pustaka

- Anugra, R.D. 2011. Efek Kandungan Logam Ni/NZA Pada Proses Pencairan Langsung Biomassa menjadi *Bio-oil*, Skripsi Program Studi Teknik Kimia. Universitas Riau: Pekanbaru
- Badriyah, L, Kadarwati, S, Harjito. 2012. Pengaruh Temperatur pada Reaksi Hidrodenitrogenasi Piridin. Indo. J. Chem. Sci 1 (1) (2012).
- BPPT. 2013. *Outlook* Energi Indonesia 2013. ISBN 978-979-95202-9-6
- Handayani, N, Widiastuti, N,. 2009. Adsorpsi Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) pada Zeolit Berkarbon dan Zeolit A yang disintesis dari Abu Dasar Batubara PT. IPMOMI Paiton dengan Metode Batch. Prosiding Tugas Akhir Semester Ganjil 2009/2010. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya.
- Kesuma, A.K. 2012. Konversi Cangkang Sawit Menjadi Bio-Oil Menggunakan Katalis Ni/Mineral Alam (Lempung Cengar). Universitas Riau : Pekanbaru.
- Khor, K.H., K.H. Lim dan Z.A. Zainal, 2009, *Characteristic of Bio-Oil : A By-Product from Slow Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches*, University Sains Malaysia.
- Kusmiati, L. 2015. Pirolisis Kulit Kayu Pinus (*Pinus Merkusii*) Menjadi *Bio-oil* Menggunakan Katalis Ni/Lempung. Skripsi Program Studi Teknik Kimia. Universitas Riau : Pekanbaru.
- Litbang. 1994. Pedoman teknis penanaman jenis-jenis kayu komersial.

- Rahmayanti, S. 2014. Konversi Termal Kayu Akasia (*Accacia Mangium*) Menjadi *Bio-oil* dengan Teknologi Pirolisis Menggunakan Katalis Ni/NZA. Skripsi Program Teknik Kimia. Universitas Riau : Pekanbaru
- Santoso, J. 2010. Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Septiana, D. 2006, Pembuatan Katalis Ni/Lempung Untuk Reaksi Hidrogenasi Crude Palm Oil (CPO), *Skripsi*, Program Studi Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Vang, R, T., Honkala, K., Dahl, S., Vestegaard, K, E., Schnadt, J. 2005. *Controlling the Catalytic Bond-Breaking Selectivity of Ni Surface by Step Blocking*, Nature Material, Vol:4, p. 160-162