

PIROLISIS KAYU KETAPANG (*TERMINALIA CATAPPA L.*) MENJADI *BIO-OIL* MENGGUNAKAN KATALIS NiMo/LEMPUNG

Afria Anggreini¹⁾, Syaiful Bahri²⁾, Khairat²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
afria.anggreini@gmail.com

ABSTRACT

Recently, the availability of petroleum fuels is becoming limited. It is because the petroleum fuels was not balanced with the community consumption to petroleum fuels is very high. To overcome these problems needed alternative energy sources is the use of renewable biomass into bio-oil. Bio-oil is produced from biomass through pyrolysis. The purpose of this research is to produce bio-oil from ketapang wood, determine the effect of the impregnation percentage of NiMo metal, determine the effect of the catalyst weight, the physical and chemical characteristics of bio-oil. Pyrolysis was using 50 grams ketapang wood, 500 ml silinap and NiMo/Lempung catalyst with variations of the impregnation percentage of NiMo metal 0%, 1%, 2%, 3% and the variation weight of catalyst NiMo/Lempung 3%, 4% and 5% of the biomass with a stirring speed of 300 rpm and a temperature of 320°C for 120 minutes. In this research, the highest yield on the variation of the impregnation percentage of metal 1% and weight of catalyst 5% of the biomass amounted to 77,616%. Characteristics of bio-oil obtained were density 0,924 gr/ml, viscosity 2,510 cSt, acid number 76,781 mg NaOH/gr sample, and the flash point 50°C. The results of GC-MS analysis, the dominant chemical components in the bio-oil were cyclohexanone (5,53%); heptadecane (4,17%); 1-propene, 2-methyl-, trimer (3,18%); 1-tetradecene (CAS) n-tetradec-1-ene (2,43%) serta octadecane (CAS) n-octadecane (2,21%).

Keywords : Bio-oil, catalyst NiMo/Lempung, ketapang wood

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang kebutuhannya sangat penting di bidang industri, transportasi dan rumah tangga. Bahan bakar minyak merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui (*non-renewable*) yang tingkat ketersediaannya semakin berkurang, sedangkan kebutuhan energi dunia akan semakin meningkat dari tahun ketahun dimana kebutuhan dalam negeri mencapai 1,3 juta barel per hari [BPH Migas, 2012]. Oleh karena itu, diperlukan adanya usaha untuk

mengurangi ketergantungan manusia terhadap energi tidak terbarukan tersebut.

Salah satu diantaranya adalah dengan memproduksi *bio-oil* dari biomassa yang diproses melalui teknologi pirolisis. *Bio-oil* adalah bahan bakar cair berwarna gelap dan beraroma seperti asap.

Indonesia adalah negara yang cukup potensial untuk pengembangan *bio-oil*, karena bahan baku tanaman yang mengandung selulosa sangat melimpah, seperti jerami, kayu-kayuan, tongkol jagung, dan lain-lain. Salah satu

kayu yang potensial tersebut ialah ketapang (*Terminalia catappa L.*)

Ketapang atau biasa disebut juga *Tropical Almond* tersebar luas di daerah-daerah tropis sepanjang tepi pantainya. Pohon ini cukup toleran terhadap angin kencang dan tanah dengan kadar garam yang tinggi. Spesies ini biasanya tumbuh subur di tempat-tempat dengan aerasi yang baik dan tanah berpasir [Thomson dan Evans, 2006].

Tropical Almond merupakan spesies pohon ara dari famili *Moraceae* yang dapat tumbuh setinggi 12-15 m. Bentuk daun menyerupai biola dengan panjang 30-45 cm, dengan tekstur kulit dan *margin* bergelombang. Buah ketapang berbentuk bulat, dengan diameter 2,5-3,5 cm.

Untuk memproduksi *bio-oil* dari bahan baku kayu ketapang, maka dilakukan dengan proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses termokimia dari dekomposisi termal biomassa menjadi molekul-molekul yang lebih kecil baik dalam bentuk padat, cair, ataupun gas tanpa kehadiran oksigen. Untuk mempercepat terjadinya reaksi maka diperlukan adanya katalis. Dimana, katalis yang banyak digunakan secara umum adalah katalis dalam bentuk logam pengemban, karena logam dapat terdispersi secara merata pada permukaan logam.

Lempung yang keberadaannya di Indonesia cukup melimpah digunakan sebagai pengemban. lempung adalah mineral alam dari keluarga silikat yang berbentuk kristal dengan struktur berlapis (struktur dua dimensional) dan mempunyai ukuran partikel 2 μ m, bersifat liat jika basah dan keras jika kering (Rofik dkk, 2002). Lempung dapat digunakan sebagai katalis karena mempunyai luas permukaan yang luas, stabilitas termal tinggi, dan aktivitas katalitik yang baik

(Darwanta dan Sriyanto, 2008). Pada umumnya lempung yang diambil langsung dari alam masih mengandung pengotor-pengotor. Oleh karena itu, lempung perlu aktivasi dan dimodifikasi guna meningkatkan karakternya terutama aktivitas katalitiknya (Trisunaryanti *et al.*, 2005). Katalis yang digunakan pada penelitian ini NiMo/Lempung. Diharapkan menggunakan katalis NiMo/Lempung dapat mengoptimalkan proses pirolisis pada kayu ketapang.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

Pembuatan katalis NiMo/Lempung

Tahap pertama yaitu pengecilan ukuran katalis lempung dengan cara digerus dengan lumpang porcelain, kemudian diayak dengan ukuran ayakan -100+200 mesh.

Aktivasi lempung dengan cara refluks lempung sebanyak 150 gram dalam larutan H₂SO₄ 1,2 M sebanyak 50 ml selama 6 jam pada suhu 50⁰ C sambil diaduk menggunakan motor pengaduk dengan kecepatan 60 rpm pada reaktor alas datar volume 1 liter, kemudian sampel tersebut didiamkan 16 jam, selanjutnya disaring dan dicuci berulang kali dengan menggunakan aquades sampai tidak ada ion SO₄⁻² yang terdeteksi oleh larutan BaCl₂ (tidak ada endapan) lalu cake dikeringkan pada suhu 120⁰C selama 4 jam dalam oven.

Tahap selanjutnya, dilakukan pengembanan (impregnasi) logam NiMo sesuai variasi yang ditentukan (0; 1; 2; 3% terhadap lempung) dengan cara sampel lempung dilarutkan dalam 150 ml (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O lalu dipanaskan menggunakan alat pemanas (*hot plate*) dan diaduk dengan magnetik stirrer sampai membentuk *cake*. Selesai di refluks, *cake* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 120⁰C sampai kering, sehingga didapat

sampel Mo/Lempung. Sampel Mo/Lempung tersebut kemudian direfluks lagi dengan 150 ml larutan $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada suhu dengan waktu yang sama. Kemudian padatan yang telah diperoleh disaring, dicuci dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C sampai sehingga diperoleh sampel NiMo/Lempung.

Katalis NiMo/Lempung lalu diaktivasi, dimana 50 gram NiMo/Lempung dengan persentase logam NiMo (0; 1; 2; 3%) dimasukkan ke dalam *tube* yang sebelumnya telah diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll* sebagai penyeimbang unggun katalis. *Tube* dipasang pada *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada suhu 500°C selama 6 jam sambil dialirkan gas nitrogen sebesar ± 400 ml/menit. Dilanjutkan dengan oksidasi pada suhu 400°C menggunakan gas oksigen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam dan reduksi pada suhu 400°C menggunakan gas hidrogen sebesar ± 400 ml/menit selama 2 jam.

Proses Pembuatan *Bio-oil*

Biomassa berupa kayu ketapang dipotong kecil-kecil lalu dijemur sampai kering dibawah terik matahari, kemudian dihaluskan menggunakan *blender* untuk selanjutnya dikeringkan di dalam oven sehingga beratnya konstan. Biomassa tersebut kemudian diayak untuk memperoleh ukuran yang lolos ayakan - 100+200 *mesh*.

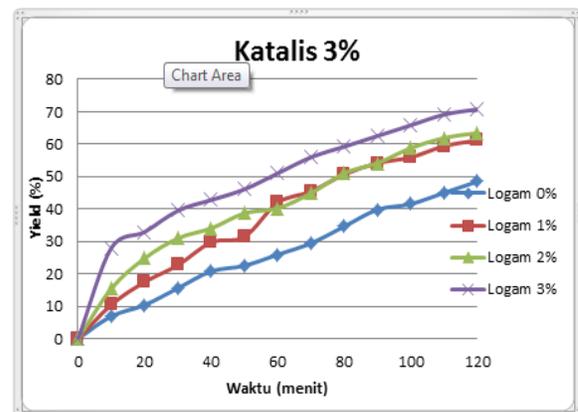
Biomassa sebanyak 50 gram beserta 500 ml silinap dan katalis NiMo/Lempung 0% sebanyak 3% b/b biomassa, dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Proses pirolisis berlangsung pada suhu 320°C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen 80 ml/menit dan diaduk dengan pengaduk listrik pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 jam. Kemudian terbentuk gas, gas yang terbentuk ini akan di kondensasi menggunakan kondensor

sehingga dihasilkan *bio-oil*, selanjutnya produk *bio-oil* tersebut ditampung dalam *beaker glass*. Diulangi untuk variasi katalis NiMo/Lempung 1%; 2%; 3% b/b dan variasi berat katalis sebesar 4%; 5% b/b terhadap biomassa. Produk berupa *bio-oil* selanjutnya dikarakterisasi dengan melakukan analisa fisika (densitas, viskositas dan titik nyala) dan analisa kimia (angka asam dan GC-MS).

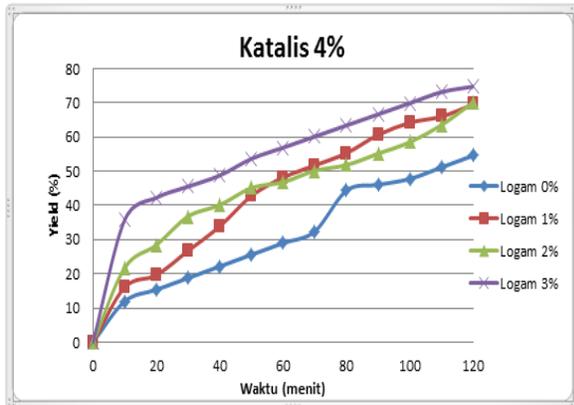
3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Persentase Pengembangan Logam NiMo pada *Yield Bio-oil*

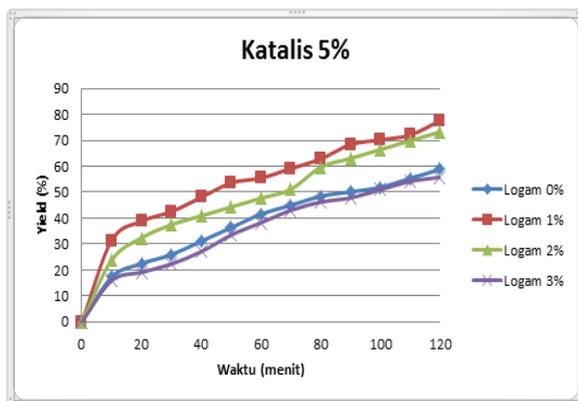
Pengaruh variasi persentase pengembangan logam NiMo terhadap lempung dengan variasi berat katalis 3%, 4% dan 5% terhadap biomassa pada *yield bio-oil* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3 dibawah ini.



Gambar 1 Pengaruh Pengembangan Logam NiMo/Lempung dengan Berat Katalis 3% Pada *Yield Bio-oil* yang dihasilkan



Gambar 2 Pengaruh Pengembanan Logam NiMo/Lempung dengan Berat Katalis 4% Pada *Yield Bio-oil* yang dihasilkan



Gambar 3 Pengaruh Pengembanan Logam NiMo/Lempung dengan Berat Katalis 5% Pada *Yield Bio-oil* yang dihasilkan

Dari Gambar 1 dan 2 dapat dilihat bahwa pengembanan logam NiMo mempengaruhi perolehan *yield bio-oil* yang dihasilkan pada proses pirolisis. Hal ini dapat dilihat dari *yield bio-oil* yang diperoleh, dimana *yield* yang diperoleh pada berat katalis 3% terhadap biomassa dengan persentase pengembanan logam 0%, 1%, 2%, dan 3% NiMo/Lempung yaitu 48,496%; 61,18%; 63,468%; dan 70,778%. Sedangkan *yield* yang diperoleh pada berat katalis 4% terhadap biomassa dengan persentase pengembanan logam 0%, 1%, 2%, dan 3% NiMo/Lempung yaitu 54,592%; 69,576%; 70,224%; dan 74,796%. Hal ini disebabkan

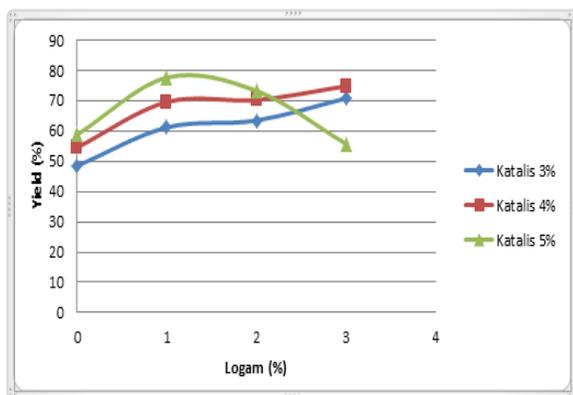
adanya pengembanan logam NiMo pada lempung akan memperbesar kemungkinan terjadinya reaksi dekomposisi selulosa, hemiselulosa dan lignin pada rongga katalis yang menyebabkan *yield bio-oil* semakin besar (Atika, 2012). Hal ini juga menunjukkan bahwa pengembanan logam NiMo ke dalam lempung dengan persentase tertentu sangat berguna dalam meningkatkan *yield bio-oil*. Karena, situs-situs aktif pada katalis tersebut berperan sebagai fasilitator di dalam reaksi pirolisis. Sehingga, semakin banyak situs aktif yang dimiliki oleh suatu katalis, maka *yield bio-oil* yang dihasilkan juga akan semakin besar (Lestari, 2010).

Sedangkan dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa *yield* yang dihasilkan pada persentase pengembanan logam 2% dan 3% NiMo/Lempung dengan *yield* yang dihasilkan pada persentase pengembanan logam 0% dan 3% menunjukkan penurunan *yield bio-oil* yang dihasilkan. Dimana *yield* yang dihasilkan pada persentase pengembanan logam 0%, 1%, 2%, dan 3% yaitu 58,82%; 77,616%; 73,272%; dan 55,79%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena banyaknya produk gas *non condensable* yang terbentuk, dimana pada saat proses perengkahan lebih banyak menghasilkan fraksi-fraksi hidrokarbon ringan yang tidak dapat dikondensasi. Setyawan dan Handoko (2002) menyampaikan bahwa tujuan dari impregnasi logam aktif ke permukaan suatu padatan adalah untuk memperluas permukaan dari suatu padatan (sampel katalis) yang pada akhirnya akan meningkatkan luas permukaan spesifik suatu padatan dan diharapkan aktivitas sampel katalis akan meningkat. Semakin banyak logam terimpregnasi secara merata pada permukaan padatan diharapkan luas permukaan spesifik dari padatan akan semakin luas, tetapi kenyataannya tidak selalu demikian. Semakin tinggi konsentrasi NiMo yang diimpregnasi, NiMo yang

terimpregnasi semakin besar (banyak), akan tetapi mengakibatkan luas permukaan spesifik katalis menurun. Ini dapat dijelaskan bahwa pada konsentrasi NiMo yang tinggi logam NiMo yang terimpregnasi terakumulasi pada satu tempat dan menutup mulut pori dan saluran pori, sehingga jumlah NiMo yang relatif banyak tidak meningkatkan luas permukaan spesifik dari suatu padatan (terjadi sintering).

Pengaruh Berat Katalis NiMo/Lempung terhadap Biomassa pada *Yield Bio-oil*

Untuk mengetahui pengaruh dari berat katalis NiMo/Lempung terhadap biomassa pada *yield bio-oil*, telah dilakukan proses pirolisis dengan variasi berat katalis terhadap berat biomassa kayu ketapang sebesar 3%, 4%, dan 5% b/b. Pengaruh berat katalis NiMo/Lempung terhadap *yield bio-oil* yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pengaruh Variasi Persentase Pengembanan Logam NiMo/Lempung dengan Berat Katalis 5% terhadap Biomassa pada *Yield Bio-oil* yang dihasilkan

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa variasi katalis NiMo/Lempung mempengaruhi *yield bio-oil* yang diperoleh. Adapun perolehan *yield bio-oil* yang dihasilkan pada penelitian ini adalah pada pengembanan logam 0% berturut-turut 48,496%; 54,592%; 58,82%.

Pada pengembanan logam 1% berturut-turut 61,18%; 69,576%; 77,616%. Pada pengembanan logam 2% berturut-turut 63,468%; 70,224%; 73,272%. Pada pengembanan logam 3% berturut-turut 70,778%; 74,796%; 55,79%. Dari Gambar 4 juga dapat dilihat bahwa *yield bio-oil* optimum terletak pada katalis 5% dengan logam 1% yaitu sebesar 77,616%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan katalis pada proses pirolisis dapat meningkatkan *yield bio-oil*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lestari [2010], bahwa dengan bertambahnya persentase berat katalis terhadap biomassa dengan ukuran partikel yang serupa (dalam hal ini-100+200 mesh), berarti bahwa jumlah pori pada katalis semakin meningkat sehingga luas permukaannya juga semakin besar. Penggunaan katalis juga dapat menurunkan energi aktivasi pada proses pirolisis, sehingga dengan energi aktivasi yang semakin rendah akan menyebabkan nilai konstanta laju reaksi semakin besar.

Karakterisasi *Bio-oil*

Bio-oil yang telah diperoleh selanjutnya dikarakterisasi dengan melakukan perhitungan *yield bio-oil*, analisa fisika berupa penentuan densitas, viskositas, dan titik nyala. Serta analisa kimia berupa penentuan angka asam dan analisa GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*).

Untuk hasil analisa fisika berdasarkan *yield bio-oil* optimum yaitu pada penggunaan katalis NiMo/Lempung 5% terhadap kulit kayu ketapang dan penggunaan pengembanan logam NiMo 1% diperoleh densitas 0,924 gr/ml, viskositas 2,510 cSt, angka keasaman 76,781 mg NaOH/gr sampel dan titik nyala 50⁰C. Data hasil perbandingan karakterisasi *bio-oil* dari kayu ketapang dengan karakteristik *bio-oil* standar serta penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Perbandingan Karakteristiksasi *Bio-oil* dari Kulit Kayu Ketapang dengan *Bio-oil* Standar

No	Parameter	<i>Bio-oil</i> dari Kayu Ketapang	<i>Bio-oil</i> *
1	Densitas (gr/ml)	0,774-0,924	0,94-1,2
2	Viskositas pada 40°C (cSt)	1,445-3,555	4-78
3	Angka Asam (mg NaOH/ gr sampel)	7,021-98,365	102,9
4	Titik Nyala (°C)	46-52	48-67

Keterangan: * : Dynamotive, 2012

Tabel 2 Perbandingan Spesifikasi *Bio-oil* dengan Spesifikasi *Bio-oil* Peneliti Terdahulu

No	Peneliti	Yield (%)	Densitas (gr/ml)	Viskositas (cSt)	Angka Asam (mg NaOH/gr sampel)	Titik Nyala (°C)
1.	Anggreini, 2015 (Kayu ketapang)	77,616	0,924	2,510	76,781	50
2.	Surya, 2014 (Pelepah nipah)	63,64	0,884	9,486	47,92	54
3.	Jusniwarlis, 2011 (Batang sawit)	30,40	1,0468	27,340	79,70	55
4.	Sukma, 2013 (Batang ketapang)	55,1	0,910	10,839	46,954	-

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa spesifikasi *bio-oil* dari kulit kayu ketapang yang diperoleh, dimana menggunakan katalis NiMo/Lempung ternyata didapat viskositas rendah dibandingkan dengan viskositas dari *bio-oil* konvensional. Hal ini berarti *bio-oil* dari kulit kayu ketapang lebih mudah dalam hal penyimpanan dan pendistribusiannya serta lebih memiliki sedikit asap pada gas buangnya. Namun, pada perolehan angka keasaman jauh berbeda, hal ini disebabkan oleh biomassa yang digunakan yaitu kulit kayu ketapang memiliki nilai-nilai asam relatif yang rendah.

Untuk analisa karakteristik sifat fisika *bio-oil* (Densitas, Viskositas, Angka keasaman, titik nyala dan nilai kalor tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan oleh peneliti sebelumnya, namun untuk viskositas

dan angka keasaman yang diperoleh pada penelitian ini memiliki perbedaan dengan beberapa peneliti sebelumnya.

Analisa Kimia *Bio-oil*

Dilakukan analisa kimia *bio-oil* berupa kromatografi gas-spektroskopi massa (GC-MS) dari pengembangan logam NiMo 1% dari lempung dan variasi berat katalis NiMo/Lempung 5% terhadap biomassa (sebagai variasi dengan *yield bio-oil* optimum) untuk mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung di dalam *bio-oil*.

Dari hasil kromatografi GC-MS, terdapat lima senyawa puncak tertinggi adalah Cyclohexanone,3-(3,3 dimethylbutyl)(5,53%); Heptadecane (4,17%); 1-propene,2-methyl-,trimer (3,18%); 1-tetradecene (CAS) n-tetradec-1-ene (2,43%) dan Octadecane (CAS) n-octadecane (2,21%).

Lima puncak tertinggi ini merupakan komponen-komponen dalam *bio-oil* yang sebagian besar merupakan hasil dekomposisi dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Dapat dilihat bahwa *bio-oil* yang dihasilkan mengandung komponen-komponen yang diperlukan untuk menjadi *bio-oil*, dimana komponen organik yang dominan terdapat di dalam alkena yang merupakan karakteristik dari *bio-oil* dan termasuk juga kedalam golongan jenis hidrokarbon.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang di dapat dari penelitian ini adalah pengembangan logam ke dalam lempung belum tentu dapat meningkatkan aktifitas katalitik dan *yield bio-oil* yang dihasilkan. Akan tetapi, semakin tinggi berat katalis NiMo/Lempung terhadap biomassa, maka semakin besar *yield bio-oil* yang dihasilkan. *Yield bio-oil* tertinggi diperoleh pada penggunaan katalis dengan persentase pengembangan logam 1% NiMo/Lempung pada berat katalis 5% terhadap biomassa yakni 77,85%.

Daftar Pustaka

- Atika, 2012. Pirolisis Cangkang Sawit Menjadi *Bio-oil* Menggunakan Katalis Ni/Lempung, Skripsi, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- BPH Migas. 2012. Pembatasan konsumsi BBM bersubsidi, Media Informasi dan Komunikasi Industri Hilir Migas, Jakarta.
- Darwanta dan Sriyanto, 2008, Sintesis Katalis Mesopori Ni/Mo Teremban Lempung Terpilar Si dan Aplikasinya Pada Cracking Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Cendrawasih, 1(9), 9-15.
- Lestari, D.Y. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolite Alam dari Berbagai Negara*. Prosiding seminar nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010.30 Oktober. Universitas Negeri Yogyakarta: 1-7.
- Setyawan, D., Handoko, P. 2002. Preparasi katalis Cr/Zeolit melalui modifikasi zeolit alam. *Jurnal Ilmu Dasar*, No. 1, Vol. 3.
- Thomson, L.A.J. dan B. Evans. 2006. Terminalia Catappa (Tropical Almond) Combretaceae (Combretum Family). *Jurnal Species Profiles for Pacific Island Agroforestry* 2(1): 1-17.
- Trisunaryanti, W., Triwahyuni, E., dan Sudiono, S. (2005). Preparasi modifikasi dan karakterisasi katalis Ni-Mo/Zeolit alam dan Mo-Ni/Zeolit alam. *Jurnal TEKNOIN*. Volume 10. No. 4.