

**PEMBUATAN *BIO OIL* DARI KAYU CEMARA LAUT (*Casuarina equisetifolia* L)
DENGAN TEKNOLOGI PIROLISIS MENGGUNAKAN
KATALIS Ni/NZA**

Rahmansyah^{*1}, Syaiful Bahri², Amun Amri³

^{2,3}Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalisis

¹Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

*Email : vaman_gaboen@yahoo.co.id

*The fundamental problem of national energy today is the tendency of fossil energy consumption increasing, which is not offset by the availability of fossil energy itself. So that the necessary strategic steps to face the energy challenge in the future with the development of renewable energy. One of them by converting biomass into bio oil through pyrolysis technology with the aid of a catalyst. The aims of this research was to produce bio oil from casuarina wood (*Casuarina equisetifolia* L), knowing the physical and chemical characteristics of the bio oil from casuarina wood, determine the effect of supported Ni metal on resulting yield bio oil. Pyrolysis process uses 50 grams of casuarina wood (-100+200 mesh), the catalyst Ni/NZA with metal variation (0%, 2%, 3% w/w) and the variation amount (2%, 3%, 4% w/w), silinap 500 ml, carried out at a temperature 320 °C, stirring speed of 300 rpm by flowing nitrogen gas. The highest yield obtained on 2% of uses catalyst and 3% of Ni metal of 58,058%. Characteristics of the resulting bio oil, in the form of density 1,001 gr/mL, 6,761 cSt viscosity, acid number 17,760 mg NaOH/gr, and the flash point 48 °C.*

Keywords: *bio oil, Casuarina equisetifolia wood, Ni/NZA catalyst, pyrolysis*

1. Pendahuluan

Minyak bumi, gas bumi, dan batubara mempunyai peranan besar sebagai sumber energi untuk mendukung berbagai kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat. Seiring dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia, konsumsi bahan bakar yang berasal dari minyak bumi, terus meningkat dari tahun ke tahun. Sementara itu, cadangan minyak bumi Indonesia makin menipis yang menyebabkan Indonesia sejak tahun 2004 berubah dari pengekspor minyak menjadi *net oil importer* (BAPPENAS, 2010).

Untuk itu, guna menghadapi tantangan energi kedepan maka diperlukan penemuan-penemuan sumber energi alternatif terbaru dan dapat diperbaharui, salah satunya dengan memanfaatkan biomassa seperti kayu, kulit kayu, kertas, pelepah, daun, limbah pertanian dan biomassa lainnya melalui teknologi pirolisis menghasilkan *bio oil*. Potensi

biomassa sebagai sumber energi di Indonesia jelas sangat melimpah, mengingat negeri kita yang memiliki keanekaragaman hayati.

Salah satu biomassa yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar nabati adalah tanaman cemara laut (*Casuarina equisetifolia* L). Tanaman cemara laut (*Casuarina equisetifolia* L) disebut sebagai kayu bakar terbaik di dunia dan juga menghasilkan arang berkualitas tinggi (Irwanto, 2006).

Untuk mempercepat terjadinya reaksi pada proses pirolisis, maka diperlukan adanya katalis. Katalis yang banyak digunakan secara umum adalah katalis dalam bentuk logam-pengemban yang memiliki fungsi masing-masing sebagai katalis dan promotor (Trisunaryanti *et al*, 2005). Zeolit digunakan sebagai pengemban karena struktur kristalnya berpori dan memiliki

luas permukaan yang besar, tersusun oleh kerangka silika–alumina, memiliki stabilitas termal yang tinggi, harganya murah serta keberadaannya cukup melimpah (Setyawan dan Handoko, 2002). Penggunaan Nikel (Ni) sebagai logam pengemban merupakan pilihan yang bagus karena Nikel banyak tersedia dan harganya murah jika dibandingkan dengan logam mulia (Anugra, 2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan pirolisis kayu cemara laut dengan menggunakan katalis Ni/NZA. Kadar logam yang diembankan yaitu 0%, 2% dan 3% dari berat NZA dengan temperatur pirolisis 320°C dan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 jam. Rasio berat katalis yang digunakan sebesar 2%, 3% dan 4% dari berat biomassa.

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alam, HCl 6 N, NH₄Cl 1 N, Ni(NO₃)₂.6H₂O, aquades, AgNO₃, gas N₂, O₂ dan H₂, kayu cemara laut dan silinap 280M (*thermo-oil*). Alat-alat yang akan digunakan yaitu lumpang porcelain, pengayak 100 dan 200 mesh, reaktor alas datar ukuran 1 L, satu set motor pengaduk, oven, *furnace tube*, timbangan analitik, tabung serta regulator gas N₂, O₂ dan H₂, reaktor pirolisis, *condenser*, *heating mantle*, *thermocouple thermometer* (Barnant), piknometer, viskometer Ostwald, gelas piala, buret, erlenmeyer, pipet tetes, gelas ukur 500 ml, kertas saring, pengaduk listrik (*Heidolph*). Tahapan penelitian ini terdiri dari pembuatan katalis Ni/NZA dan pembuatan *bio oil*.

Pembuatan katalis Ni/NZA

Sintetis Ni/NZA mengacu pada prosedur yang telah dilakukan oleh Marita (2010). Tahap pertama yaitu pengecilan ukuran zeolit alam dengan cara digerus dengan lumpang porcelain, kemudian diayak dengan pengayak -100+200 mesh. Selanjutnya dilakukan dealuminasi 200 gr zeolit alam direfluks dalam 1000 ml

larutan HCl 6 N selama 30 menit pada suhu 50 °C sambil diaduk pada reaktor alas datar, kemudian disaring dan dicuci sampai tidak ada ion Cl⁻ yang terdeteksi oleh larutan AgNO₃, setelah itu *cake* dikeringkan pada suhu 110 °C selama 3 jam. Sampel tersebut kemudian direndam kembali dalam 1000 ml larutan NH₄Cl 1 N pada temperatur 90 °C sambil diaduk pada reaktor alas datar selama 3 jam sehari selama satu minggu. Sampel tersebut kemudian disaring dan dicuci setelah itu dikeringkan selama 24 jam pada suhu 110 °C. Didapat sampel NZA.

Selanjutnya dilakukan impregnasi logam Ni sebesar 0%; 2% dan 3% dari berat NZA. Proses dimulai dengan melarutkan sampel NZA ke dalam 100 ml Ni(NO₃)₂.6H₂O dan direfluks pada suhu 90 °C selama 6 jam sambil diaduk pada reaktor alas datar. Setelah waktu tercapai, kemudian larutan di uapkan pada suhu 110 °C untuk menghilangkan air. Pada tahap ini didapat katalis Ni/NZA sesuai dengan persentase berat logam.

Selanjutnya katalis Ni/NZA diaktivasi dengan melakukan proses-proses kalsinasi, oksidasi, dan reduksi. Sampel katalis dimasukkan ke dalam *tube* sebanyak 50 gram. *Tube* diisi dengan *porcelain bed* sebagai *heat carrier* dan penyeimbang unggun katalis, diantara *porcelain bed* dengan unggun katalis diselipkan *glass woll*. *Tube* ditempatkan dalam *tube furnace* secara vertikal, dikalsinasi pada suhu 500 °C 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 reduksi pada suhu 400 °C menggunakan gas hidrogen sebesar 400 ml/menit selama 2 jam.

Persiapan biomassa dan Sintesis *bio oil*

Biomassa kayu cemara laut dipotong lalu dijemur di bawah terik matahari, kemudian dihaluskan menggunakan *crusher* untuk selanjutnya dikeringkan kembali di bawah terik matahari. Biomassa

tersebut kemudian diayak untuk memperoleh ukuran yang lolos ayakan - 100+200 *mesh*. Selanjutnya biomassa kayu cemara laut yang telah dihaluskan sebanyak 50 gram beserta 500 ml *thermo-oil* (silinap) dan katalis Ni/NZA dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Pirolisis dilakukan pada suhu 320 °C tanpa kehadiran oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen dengan laju alir 80 ml/menit. Diaduk dengan pengaduk listrik pada kecepatan pengadukan 300 rpm selama 2 jam. Uap organik yang terbentuk akan di kondensasi menggunakan kondensor sehingga dihasilkan *bio oil*, selanjutnya produk *bio oil* tersebut ditampung dalam gelas ukur.

Analisa produk

Produk *bio oil* yang dihasilkan dianalisa karakteristik fisika meliputi densitas, viskositas dan titik nyala serta analisa kimia berupa angka asam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengaruh Variasi Rasio Berat Logam Nikel (Ni) Pada Katalis Ni/NZA Terhadap Yield Bio oil

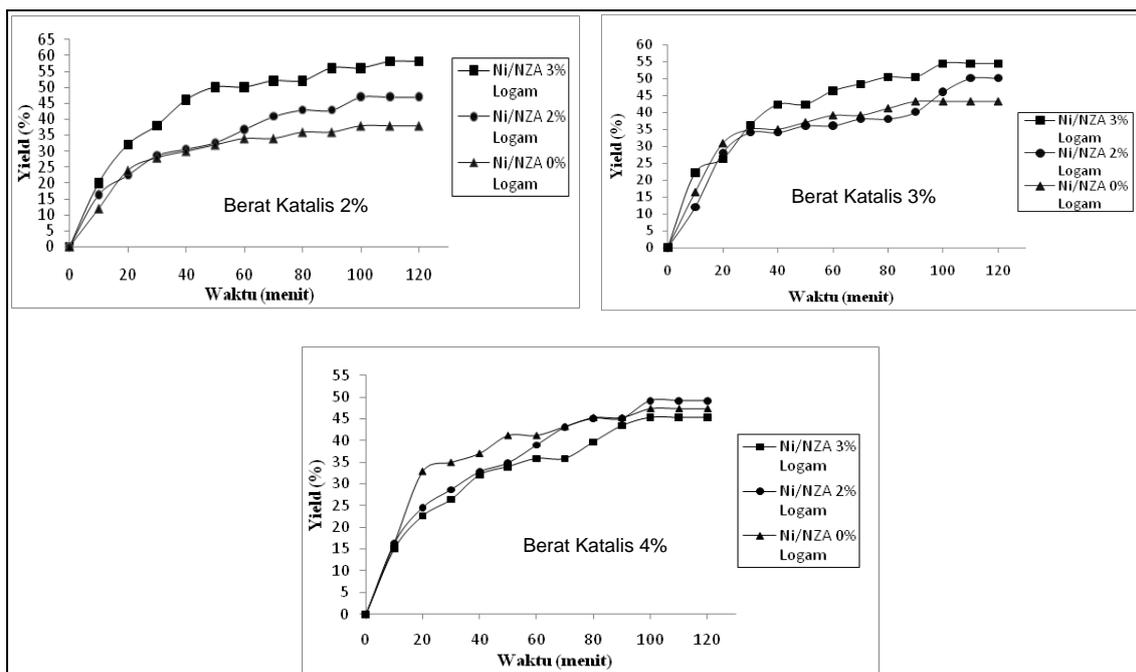
Untuk mengetahui pengaruh logam nikel pada katalis Ni/NZA terhadap *yield bio oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis kayu cemara laut maka terlebih dahulu dilakukan proses pirolisis dengan katalis NZA tanpa logam (Ni 0%). Kemudian dilanjutkan dengan proses pirolisis dengan menggunakan katalis Ni/NZA dengan kandungan logam Ni 2% dan 3% b/b. Dengan rasio berat katalis terhadap berat biomassa sebesar 2%, 3% dan 4%. Perolehan *yield bio oil* dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Secara keseluruhan dari Gambar 3.1, dapat disimpulkan bahwa pengembanan logam nikel (Ni) pada zeolit alam yang teraktivasi (NZA) memberikan perolehan *yield bio oil* yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pengembanan logam Ni. Dapat dilihat juga semakin besar kadar logam yang diembankan, maka *yield bio oil* yang diperoleh juga semakin

besar. Menurut Setiadi dan Pertiwi (2007), sistem katalis logam pengembanan dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dari zeolit sehingga aktivitas dari katalis juga semakin meningkat. Logam sebagai fasa aktif berperan untuk mempercepat dan mengarahkan reaksi. Sedangkan penyangga atau *support* berfungsi untuk memberikan luas permukaan yang lebih besar bagi fasa aktif, meningkatkan stabilitas termal dan efektivitas katalis.

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.. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Septriana (2006), semakin tinggi kadar Ni yang diembankan ke dalam *support* zeolit, maka luas permukaan katalis semakin meningkat dan *yield bio oil* yang diperoleh juga akan meningkat.

Pernyataan ini juga didukung oleh Setyawan dan Handoko (2002), ditinjau dari jumlah logam yang didispersikan pada pengembanan, semakin banyaknya logam yang didispersikan maka kemampuan katalisisnya juga akan meningkat. Hal ini berkaitan dengan jumlah sisi aktif dari katalis yang juga mengalami peningkatan, sehingga probabilitas reaktan berinteraksi dengan permukaan katalis juga semakin meningkat. Selain itu, adanya logam juga dapat meningkatkan keasaman katalis, dimana keasaman katalis yang tinggi dapat memberikan medium yang kondusif untuk proses katalitik. Oleh sebab itu, semakin besar kadar logam yang digunakan maka keasaman katalis akan semakin meningkat, sehingga *yield bio oil* yang dihasilkan juga semakin meningkat (Ginting dkk, 2007).



Gambar 3.1 Pengaruh Kadar Logam Nikel (Ni) pada Katalis Ni/NZA Terhadap Yield Bio Oil pada Variasi Berat Katalis 2%, 3% dan 4%

Sedangkan pada penggunaan katalis sebesar 4% b/b terhadap biomassa perolehan *yield bio oil* mengalami penurunan pada kadar logam 3% Ni/NZA. Penurunan *yield bio oil* 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. Dengan semakin banyaknya jumlah katalis dan semakin besarnya kadar logam yang digunakan, memungkinkan semakin banyaknya fraksi-fraksi hidrokarbon rantai pendek yang terbentuk dan tidak dapat dikondensasikan oleh air pada suhu kamar, sehingga *yield bio oil* yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Kandungan logam Ni pada katalis Ni/NZA membantu proses pemutusan ikatan C-C dan C-H. Penurunan *yield bio oil* pada penambahan berat katalis 4% b/b pada katalis 3% logam terjadi disebabkan reaksi pemutusan ikatan C-C dan C-H berlangsung dengan cepat sehingga semakin banyak produk rantai pendek yang dihasilkan yang tidak terkondensasi menjadi *bio oil* (Sunarno, *et al.* 2012).

3.2. Karakterisasi *Bio-oil*

3.2.1 Analisa Fisika *Bio-oil*

Karakterisasi sifat fisika yang dilakukan meliputi penentuan densitas, viskositas, angka asam dan titik nyala. Data hasil perbandingan karakterisasi sifat fisika *bio oil* kayu cemara laut (*Causarina equisetifolia*) dengan standar *bio oil* terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan Karakteristik Fisika *Bio oil* yang Berasal dari Kayu Cemara Laut (*Causarina equisetifolia*) dengan *Bio oil Standard*

Parameter	<i>Bio oil</i> dari Kayu Cemara laut	<i>Bio oil Standard</i> *
Densitas (gram/ml)	0,943 – 1,029	1,21
Viskositas (cSt)	6,633 – 7,587	19
Titik Nyala (°C)	47 – 54	48 – 55
Angka asam (mg NaOH/gram sampel)	14,994 – 23,929	35,1–50,0

Keterangan : * : *DynaMotive* [2006]

Secara keseluruhan *bio oil* yang dihasilkan dari pirolisis kayu cemara laut mendekati spesifikasi dari *bio oil* konvensional dalam hal ini adalah spesifikasi *bio oil* dari kayu yang dirilis oleh DynaMotive. Dimana DynaMotive merupakan perusahaan yang bergerak dibidang energi terbarukan dan memproduksi *bio oil* (Rahman, 2012).

Selain itu *bio oil* yang dihasilkan juga memiliki beberapa kelebihan diantaranya nilai viskositas kinematik yang mendekati *diesel oil* serta kadar keasaman juga lebih kecil dibandingkan dengan standar konvensional *bio oil*. Viskositas dan kadar keasaman *bio oil* memberikan pengaruh terhadap proses penyimpanan dan pendistribusian *bio oil*. Viskositas yang tinggi menyebabkan *bio oil* sulit untuk mengalir dengan baik dan menyebabkan *pressure drop* yang relatif tinggi pada proses perpipaan saat pendistribusian (Mohan *et al.*, 2006). Kadar keasaman yang tinggi menyebabkan *bio oil* bersifat korosif dan merusak pada temperatur yang tinggi sehingga dibutuhkan material konstruksi yang sesuai untuk penyimpanannya serta perlunya *upgrading bio oil* sebelum digunakan langsung sebagai bahan bakar transportasi (Zhang, 2006).

4. Kesimpulan

Biomassa kayu cemara laut (*Casuarina equisetifolia*) sangat potensial dijadikan sebagai sumber energi terbarukan berupa *bio oil* melalui teknologi pirolisis dengan menggunakan katalis Ni/NZA. Semakin tinggi rasio berat logam Ni pada katalis Ni/NZA maka *yield* yang dihasilkan juga semakin tinggi.

Yield bio oil tertinggi dihasilkan pada penggunaan katalis Ni/NZA 2% berat dengan kadar logam 3% sebesar 58,058%. Sedangkan *yield bio oil* terendah dihasilkan pada penggunaan katalis Ni/NZA 2% berat dengan kadar logam 0% sebesar 37,848%.

Bio oil yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki karakteristik fisika sebagai berikut: densitas 1,001 gram/ml, viskositas 6,760 cSt, angka asam 17,76 mg NaOH/gram sampel dan titik nyala 48 °C.

Daftar Pustaka

- Anugra, R.D. 2011. *Efek Kandungan Logam Ni/NZA pada Proses Pencairan Langsung Biomassa Menjadi Bio oil*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS). 2010. *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional*. Jakarta: BAPPENAS Printing Office.
- Dynamotive. 2006. *Product Information Booklet*. Canada: Dynamotive Bio-oil Information Booklet.
- Ginting, A. Br., Anggraini, S., Indaryani, S., dan Kriswarini, R. 2007. *Karakterisasi Komposisi Kimia, luas Permukaan Pori dan Sifat Termal dari Zeolit Bayah, Tasikmalaya dan Lampung*. Pusat teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN. Serpong.
- Irwanto. 2006. Penggunaan Tanaman Actinorhizal *Casuarina equisetifolia L* Pada Rehabilitasi Lahan Alang-Alang Dengan Sistem Agroforestri. Yogyakarta.
- Marita, E. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Ni/NZA untuk Proses Catalytic Cracking Tandan Kosong Kelapa Sawit menjadi Bahan Bakar Cair*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Mohan, D., C.U. Pittman, dan P.H. Steel. 2006. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio oil: A Critical review. *Jurnal Energy and Fuels*, 20, 848-889.

- Rahman, W. 2012. *Pirolisis Cangkang Sawit Menjadi Bio oil dengan Katalis Ni/ZSM-5*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Septriana, D. 2006. *Pembuatan Katalis Ni/Lempung untuk Reaksi Hidrogenasi Crude Palm Oil (CPO)*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Setiadi dan A. Pertiwi. 2007. *Preparasi dan Karakterisasi Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa Abe menjadi Hidrokarbon*. Prosiding Kongres dan Simposium Nasional Kedua MKICS 2007.
- Setyawan, D., dan Handoko, P. 2002. *Preparasi Katalis Cr/Zeolit Melalui Modifikasi Zeolit Alam*. *Jurnal Ilmu Dasar*, No. 1, Vol. 3 halaman 15-23.
- Sunarno, Syaiful, B., M.I. Fermi dan R. Widiyanto. 2012. *Catalytic Cracking Cangkang Sawit Menjadi Bio-Oil dengan Katalis Ni/Zsm-5 dalam Reaktor Slurry*. Prosiding SNTK TOPI.
- Trisunaryanti, W., E. Triwahyuni, dan S. Sudiono. 2005. *Preparasi Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam dan Mo-Ni/Zeolit Alam*. *Jurnal TEKNOIN*, 10(4), 269-282.
- Zhang, Q., Chang, J., Wang, T., dan Xu, Y. 2006. *Review of Biomass Pyrolysis Oil Properties and Upgrading Research*. *Journal of Energy Conversion and Management* (48) 87-92.