



Pemanfaatan Biomassa Sebagai Material Katalis untuk Proses *Biorefinery*

Firman Kurniawansyah*, Achmad Roesyadi

Departemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Ph: 62-31-5999282, Surabaya 60111

*E-mail : fkurniawansyah@gmail.com

Abstract

Having at least 200 million ton of dry biomass, Indonesia possesses enormous potential to develop sustainable biorefinery system. Realization of the system should take comprehensive approach. Simply focusing only on process mechanism or product characterization will certainly not be sufficient. Others aspect of supporting material development in the processing, for instance catalytic materials, shall be essential.

Here in this article, development of Indonesian biomass as catalyst material is discussed briefly. Nickel based catalyst was prepared by impregnating nickel salt precursor on bamboo-derived (activated) carbon and rice-husk silica as support materials. Catalyst activity was examined by applying (activated) carbon and silica catalysts for glucose hydrogenation and crude palm oil hydrocracking, respectively. Application of bamboo-(activated) carbon on glucose hydrogenation produced sorbitol approximately 3 wt. %. Similarly, application of silica derived catalyst from rice husk ash produced bio-gasoline as high as 3 wt. %.

Keywords : biomass, catalyst, chemical reaction engineering, biorefinery

Pendahuluan

Menipisnya sumber daya fosil, terutama minyak dan gas bumi, telah memicu munculnya fluktuasi harga pada produk – produk petroleum dan turunannya. Sedikit banyak, fenomena ini menimbulkan keguncangan pada sistem ekonomi global, dikarenakan hampir seluruh sumber energi dan bahan konsumen di dunia berasal dari pengolahan sumber daya fosil. Sehingga, pencarian bahan alternatif sebagai pengganti minyak dan gas bumi menjadi usaha yang penting. Upaya pencarian ini diperkuat dengan fakta adanya pemanasan global akibat eksploitasi berlebihan sumber daya fosil sebagai bahan utama untuk energi dan material. Biomass merupakan salah satu alternatif yang menjanjikan dalam mengatasi kekurangan suplai dari sumber daya energi fosil (Koruba dkk., 2016; Popa, 2018).

Indonesia sebagai negara dengan kekayaan biodiversitas hayati terbesar di dunia memiliki potensi untuk menjadi pemain penting dalam produksi sumber bahan bakar maupun bahan kimia. Sebagai contoh dari proses residu pertanian saja, sekitar 200 juta biomassa kering dapat dikumpulkan sebagai modal besar dalam membangun infrastruktur ekonomi yang kuat (NL Agency 2012). Akan tetapi sayangnya, dari hasil statistik dapat diketahui Indonesia terbiasa melakukan impor untuk hampir seluruh pemenuhan bahan – bahan tersebut, baik untuk skala rumah tangga ataupun industri. *Biorefinery*, atau secara harfiah merupakan kilang biomassa, diperkirakan dalam jangka panjang menjadi jawaban akan krisis bahan bakar ataupun senyawa kimia secara luas, baik untuk kepentingan nasional ataupun global (Pertiwi, 2013).

Fokus pengembangan proses *biorefinery* bertumpu pada empat hal; (a) platform atau dasar teknologi, (b) proses, (c) bahan baku, serta (d) produk. Dalam hal ini, biomassa bukan hanya menjadi bahan baku utama, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pendukung. Terutama mengolah potensi biomassa menjadi bahan utama pembuatan material katalisis. Bambu, misalnya, dapat dimanfaatkan sebagai bahan katalis karbon ataupun karbon aktif. Sedangkan dari hasil kegiatan pertanian, sekam padi merupakan bahan potensial untuk membuat katalis silika.

Pada artikel ini didiskusikan hasil pekerjaan secara singkat dari pemanfaatan bahan-bahan diatas; karbon/karbon aktif dari bambu dan silika dari abu sekam padi sebagai material katalis. Katalis karbon diuji pada reaksi hidrogenasi glukosa, sedangkan silika menjadi bahan katalis untuk reaksi *hydrocracking* minyak sawit.

Studi 1: Sintesa Katalis Karbon dari Bambu

Studi ini didasari fakta akan melimpahnya sumber daya tanaman bambu di Kepulauan Indonesia. Sekitar 200 jenis bambu hidup subur di Indonesia, menempati lebih kurang 5 % lahan hutan bambu secara global. Selama ini, bambu dipergunakan untuk berbagai kebutuhan, terutama sebagai bahan perabotan (President Post, 2013). Bentuk batang bambu yang mirip silinder kecil dapat dipergunakan sebagai isian *packed bed* pada suatu unit operasi. Bambu dengan kandungan *lignocellulose* merupakan bahan potensial untuk menghasilkan katalis karbon.



Proses penyiapan katalis karbon adalah melakukan karbonisasi pada ranting bambu ori (diambil dari Hutan Kota di Keputih, Surabaya) pada suhu 773 K selama 2 jam. Aktivasi dan fungsionalisasi dilakukan dengan merendam material karbon dalam H_3PO_4 dan HNO_3 secara berurutan. Gambar 1 menunjukkan transformasi bahan ranting bambu yang kemudian dipakai sebagai katalis karbon (*carbon catalyst*).



Gambar 1. Bambu ori yang telah dipotong 2-3 cm (kiri), serta karbon sebagai bahan katalis yang dihasilkan (kanan)

Padatan karbon yang terbentuk dipergunakan untuk penyangga katalis logam nikel (Ni) yang diimpregnasi secara basah (*wet impregnation*) dari larutan precursor $NiNO_3 \cdot 6H_2O$. Kalsinasi dengan mengaliri gas N_2 pada suhu 773 K selama 2 jam, dan reduksi dengan gas H_2 pada 673 K selama 5 jam dilakukan sebagai langkah akhir penyiapan katalis. Katalis Ni/C yang terbentuk kemudian di aplikasikan pada reaksi hidrogenasi glukosa yang diambil sebagai reaksi model. Hidrogenasi glukosa dilakukan pada reaktor *batch* (Parr 600 ml) pada kondisi operasi 363 – 393 K, 3 MPa, selama 2 jam reaksi (konsentrasi awal larutan glukosa 20 wt %, katalis 10 wt %). Pemanfaatan katalis Ni/C dari persiapan sebagaimana diatas menghasilkan konversi reaksi antara 80 – 90 %, dengan yield sorbitol sekitar 3 wt % (Pertiwi & Perdana, 2018).

Hasil ini menunjukkan keberhasilan katalis menghasilkan produk utama, yakni sorbitol, meskipun secara kuantitatif tidak begitu banyak. Dibandingkan dengan performa katalis komersial pada aplikasi hidrogenasi glukosa, dalam hal ini *Raney Nickel* (RN-Ni, sampel dari PT Sorini Tbk, Pandaan, Jawa Timur), performa katalis Ni/C yang diproduksi masih belum setara. Eksperimen dengan katalis komersial RN-Ni pada kondisi operasi serupa dengan reaksi dengan katalis Ni/C (363 – 393 K, 4 MPa) menghasilkan yield sorbitol pada kisaran 40 – 50 wt. %.

Studi lanjutan masih dilakukan, untuk memperbaiki performa katalis sehingga mampu bekerja sesuai standar katalis komersial. Secara garis besar, hasil yang didapat menunjukkan keberhasilan penelitian awal pemanfaatan biomassa lokal, untuk produksi katalis proses konversi biomassa, dalam hal ini hidrogenasi glukosa menuju sorbitol.

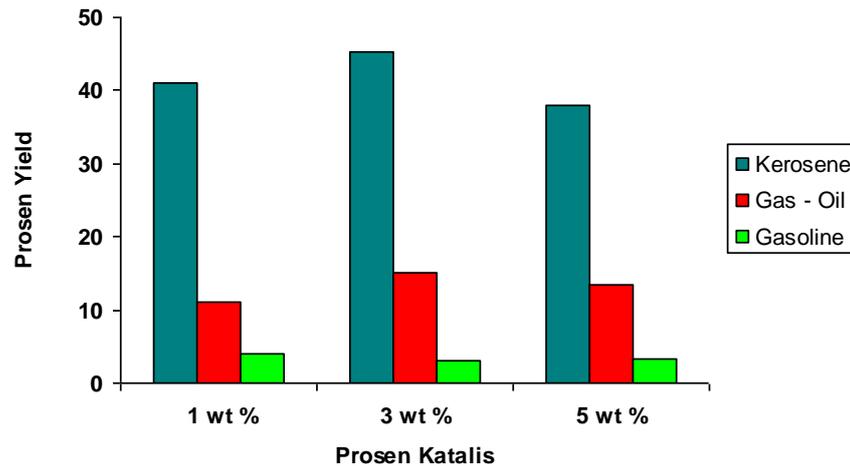
Studi 2: Produksi Katalis Silika dari Abu Sekam Padi

Studi ini berkisar pada pemanfaatan biomassa Indonesia, yakni dari pertanian padi dan kelapa sawit. Budidaya padi Indonesia memiliki kapasitas tidak kurang dari 75 juta ton per tahun. Jumlah panen padi biasanya diikuti dengan produksi sekam padi sebagai hasil samping sekitar 17 juta ton. Sebagaimana diungkap dalam laporan studi yang ada, sekam padi secara umum mengandung sekitar 72 wt % silika (bentuk oksida). Jumlah ini dapat dijadikan pijakan informasi adanya potensi untuk produksi material berbahan silika, termasuk katalis. Pengembangan selanjutnya, katalis silika diharapkan dapat diaplikasikan untuk konversi minyak nabati. Untuk fokus studi, minyak kelapa sawit (CPO) yang dihasilkan sekitar 32 juta ton per tahun dari lahan kebun Indonesia menjadi bahan penelitian utama.

Katalis silika diproses dengan membakar sekam padi, kemudian direndam dalam larutan asam klorida (HCl), untuk kemudian diimpregnasi larutan precursor nikel klorida dan *ammonium hepta-molybdat*. Daripadanya, didapat katalis Ni-Mo/SiO₂, yang kemudian diaplikasikan dalam proses *hydrocracking* minyak kelapa sawit.

Reaksi *hydrocracking* dilakukan pada suhu 573 – 673 K dan tekanan hydrogen 2 – 5 MPa. Hasil yang didapat dari aplikasi katalis silika ini adalah konversi CPO hingga 99%, dengan hasil produk didominasi kerosene hingga 45 wt%, dan gasoline sekitar 3 wt. %. *Hydrocracking* dengan reaksi ini mendapatkan pula gas oil sekitar 10 – 20 wt %. Sebagai produk reaksi.

Gambar 2 merupakan tipikal komposisi produk untuk reaksi *hydrocracking* pada suhu 673 K. Hasil ini cukup untuk menjadi data awal dalam pengembangan katalis silika, terutama untuk produksi biofuel dari CPO (Zanata dkk., 2018). Perbandingan dengan katalis komersial serta investigasi ekstensif dalam rekayasa reaksi menjadi rencana kerja lanjutan pada studi ini.



Gambar 2. Yield biofuel dari reaksi *hydrocracking* minyak sawit dengan variasi jumlah katalis dalam prosen berat (wt. %)

Kesimpulan

Uraian singkat pada bagian utama artikel memberikan informasi mengenai usaha awal pemanfaatan bahan berbasis biomassa untuk material katalis. Sumber daya nabati yaitu bambu dimanfaatkan untuk memproduksi katalis karbon, untuk kemudian dipergunakan dalam reaksi hidrogenasi glukosa. Sedangkan katalis silika diambil dari abu sekam padi, untuk selanjutnya dipergunakan dalam reaksi *hydrocracking* CPO. Rangkaian studi menunjukkan keberhasilan dalam produksi material/zat kimia dengan memakai strategi sebagaimana diatas. Reaksi hidrogenasi dapat menghasilkan gula alkohol sebesar 3 wt %. Sedang dari proses rengkah (*hydrocracking*), diperoleh biofuel; kerosene, gas-oil dan gasoline masing masing sekitar 40-50%, 10-20 dan 3 wt %. Tentunya studi yang dilakukan masih memerlukan perbaikan dalam menutup berbagai kekurangan. Sehingga teknologi dari studi awal ini dapat dimanfaatkan lebih lanjut nantinya untuk aplikasi dalam skala komersial.

Daftar Pustaka

- Agency NL. Indonesia - market opportunities for bioenergy. Amsterdam: Netherlands Program for Sustainable Biomass, 2012.
- Koruba D, Piotrowski J, Latosinska J. Biomass - Alternative renewable energy source to the fossil fuel. *Energy and Fuels* 2016.
- Pertiwi D. Konsep dan tantangan pengembangan biorefinery. *Jurnal Itenas Rekayasa* 2013; XVII: 51-61.
- Pertiwi, RD, Perdana MP. Hidrogenasi glukosa menjadi sorbitol menggunakan katalis berbasis nikel. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, Skripsi S1, 2018.
- Popa V. Biomass for fuels and biomaterials. Biomass as a Renewable Raw Materials to Obtain Bioproducts of High Tech Value 2018.
- Harian President Post. Potensi besar industri bambu Indonesia. *President Post* 1 Desember 2013.
- Zanata M, Amelia S, Mumtazy M. Synthesis of biojet fuel from crude palm oil by HEFA process. *ISST - ITS - Surabaya* 2018.



Lembar Tanya Jawab

Moderator : Harsa Prawignya (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Notulen : Alit Istiani (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Sriyono (BATAN)

Pertanyaan : Apakah karbon yang dihasilkan di dalam penelitian ini adalah karbon aktif?

Jawaban : Ya, karbon yang dihasilkan adalah karbon aktif. Aktivasi yang dilakukan dari karbon bambu adalah dengan asam H_3PO_4 dan HNO_3 . Karbon aktif ini kemudian digunakan sebagai *support* katalis sehingga diperoleh katalis Ni/C dan digunakan dalam reaksi hidrogenasi glukosa untuk menghasilkan sorbitol. Namun, yield sorbitol yang dihasilkan masih sangat kecil. Hal ini terjadi kemungkinan karena Ni pada katalis Ni/C masih mudah *terleaching*. Oleh karena itu, masih perlu dieksplorasi *pretreatment* lain baik saat pembuatan karbon aktif maupun saat proses impregnasi karbon dengan Ni.
2. Penanya : Harsa Prawignya (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Pertanyaan : Adakah syarat biomassa agar dapat diproses sebagai katalis karbon?

Jawaban : Tidak ada syarat khusus. Salah satu tujuan dalam penelitian ini adalah pemanfaatan limbah biomassa yang melimpah. Biomassa sendiri sudah mengandung banyak karbon sehingga dapat dimanfaatkan. Namun, hal yang perlu diperhatikan adalah *biodiversity* dari limbah biomassa itu sendiri sehingga dapat dipilih pemanfaatan yang tepat dari sifat biomassa tersebut.

