

DEKOMPOSISI TONGKOL JAGUNG SECARA TERMOKIMIA DALAM AIR PANAS BERTEKANAN

Bregas S T Sembodo¹, Beinard Prasatya Siagian², Cecet Panduwinata²

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

² Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNS

e-mail: bregas@uns.ac.id

Abstract: *Corn cob can be one of the potential alternative energy resources by thermo-chemical liquefaction in the hot compressed water. This research was intended to find a heating time which produce a maximum yield of oil, and the contained substances in the oil. A 100 ml cylindrical autoclave used in the experiment was loaded with 5 g dry powdered corn cob, 2 g catalyst (sodium carbonate) and 65 ml water. After having blown with Nitrogen, the autoclave was heated in the tube furnace until reaching 280 °C, and then kept at this temperature for 40, 60, 75, 90, 105 and 120 min. The product was filtered and the filtrate was distilled to obtain oil. The results showed that at 280 °C and 6.42 MPa the maximum yield of oil was obtained after heating for 75 min. The oil mostly contained 2,6-Dimethoxyphenol by 20.2 % weight and Phenol by 12.88 % weight.*

Keywords: *liquefaction, hot compressed water, corn cob*

PENDAHULUAN

Limbah biomassa dalam jumlah besar, yang berasal dari rumah tangga, pertanian, maupun industri, biasanya hanya dibuang atau dibakar begitu saja dan belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal biomassa berpotensi menjadi sumber energi alternatif selain bahan bakar fosil di tengah kondisi makin menipisnya cadangan bahan bakar fosil khususnya minyak bumi.

Biomassa dapat dikonversi menjadi berbagai jenis bahan bakar dan produk dengan proses konversi termokimia. Proses tersebut dapat dibagi menjadi tiga, yaitu gasifikasi, pirolisis, dan pencairan secara termokimia. Pada proses gasifikasi dan pirolisis sebagian besar produk cair yang berupa minyak juga ikut terdegradasi. Padahal minyak ini cukup potensial untuk dijadikan bahan bakar atau diolah lebih lanjut menjadi berbagai produk sesuai komposisinya.

Metode pencairan secara termokimia tidak membutuhkan energi tambahan untuk menguapkan air yang terkandung dalam biomassa karena produk akhirnya sebagian besar pada fase cair, baik yang berupa larutan dalam air maupun berupa minyak yang tidak larut dalam air. Minyak cair yang dihasilkan melalui metode ini cukup banyak dibandingkan pirolisis dan gasifikasi. Minyak cair ini tentu lebih mudah dibakar dengan sistem pembakaran sembur (*spray combustion*).

Produk lain yang dihasilkan adalah arang yang juga dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau sebagai adsorben. Lebih dari

itu, metode pencairan secara termokimia ini juga menghasilkan produk luluhan yang dapat difermentasi lebih cepat dibandingkan apabila limbah biomassa itu hanya dihancurkan saja sebelum difermentasi. Dengan metode ini pula, produk cair yang dihasilkan dapat ditransportasikan dengan sistem pemipaan yang biayanya relatif rendah dan lebih mudah dilakukan pada skala industri.

Berbagai keuntungan metode pencairan secara termokimia ini menjadi-kannya berpotensi dikembangkan, khusus-nya di Indonesia yang kaya sumber biomassa. Namun, perancangan sistem dan peralatannya membutuhkan data karakteristik proses dan kondisi operasi yang tepat untuk perolehan produk yang optimal. Dengan demikian, penelitian tentang metode pencairan limbah biomassa penting dilakukan.

Penelitian ini direncanakan sebagai bagian dari penelitian secara berkelanjutan tentang pengolahan limbah biomassa secara termokimia. Limbah biomassa, baik yang berasal dari tumbuhan maupun hewan, mempunyai komposisi yang sangat beragam. Pada penelitian ini limbah biomassa yang diteliti adalah limbah biomassa dari tumbuhan yang mengandung selulosa yang tersedia cukup melimpah, yaitu tongkol jagung.

Metode pencairan yang dipilih adalah pencairan secara termokimia dalam air panas bertekanan (*hot compressed water*), yang memungkinkan terjadinya degradasi yang cukup baik dibandingkan apabila dilakukan pada tekanan atmosferik.

Sebagai sumber daya alam terbarukan, akhir-akhir ini biomassa mendapatkan perhatian serius sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil. Indonesia berpotensi besar mengembangkan energi dari biomassa ini.

Komponen biomassa sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Persentase dari ketiga unsur tersebut adalah selulosa 40-45% (untuk tumbuhan kasar dan halus), lignin 25-35% (untuk tumbuhan halus) dan 17-25% (untuk tumbuhan kasar), hemiselulosa 20% (untuk tumbuhan halus) dan 17-25% (untuk tumbuhan kasar) (Hornell, 2001).

Salah satu biomassa yang belum dikelola dengan baik adalah tongkol jagung. Komposisi serat tongkol jagung adalah 23,74% lignin, 65,96% selulosa, dan 10,82% hemiselulosa (Meryandini dkk., 2009). Dengan kandungan selulosa dan hemiselulosa sebesar itu, tongkol jagung dapat didegradasi dengan metode pencairan secara termokimia dalam air panas bertekanan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk penentuan waktu pemanasan optimum pada proses pencairan secara termokimia dalam air panas bertekanan terhadap limbah biomassa berupa tongkol jagung yang menghasilkan produk minyak paling banyak dan penentuan komposisi senyawa kimia dalam minyak yang dihasilkan. Dengan mengetahui komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam produk tersebut, akan dapat diketahui pemanfaatan dan metode pemisahan zat-zat tertentu yang terkandung di dalamnya.

LANDASAN TEORI

Yokoyama dkk. (1984, 1986) melakukan pencairan biomassa, yang berupa kayu dan *stillage* hasil samping fermentasi etanol, dalam air panas bertekanan 10 MPa dan suhu 300°C menggunakan katalis natrium karbonat. Walaupun tidak dihasilkan produk berupa gas CO dan H₂, tetapi produk cairnya dapat diperoleh secara maksimal. Menurut Minowa dkk. (1997), penggunaan katalis natrium karbonat sebanyak 5% berat selulosa pada pencairan selulosa dalam air panas bertekanan dapat mengoptimalkan jumlah produk minyak serta menurunkan produk gas.

Minowa dkk. (1998) melakukan pencairan secara termokimia terhadap empat jenis *stillage* fermentasi alkohol dan memperoleh minyak dari semua jenis *stillage* tersebut. *Yield* minyak maksimum *stillage* ubi jalar, barley, beras dan soba berturut-turut sekitar 30%, 40%, 50%, dan 60%. *Stillage* ubi jalar dan

barley membutuhkan tambahan katalis, sedangkan *stillage* beras dan soba tidak membutuhkannya. Suhu reaksi menunjukkan pengaruh yang kuat pada *yield* minyak. Peningkatan suhu reaksi cenderung meningkatkan *yield* minyak. Pengaruh tekanan operasi tidak teramati, sedangkan pengaruh *holding time* tergantung pada suhu reaksi.

Minowa dkk. (1998), yang meneliti proses dekomposisi selulosa dan glukosa dalam air panas bertekanan 3 MPa tanpa katalis, melaporkan bahwa jumlah minyak terbentuk maksimum pada suhu 280°C. Di atas suhu 280°C jumlah produk minyak justru menurun dan diiringi kenaikan jumlah produk padat berupa arang. Peran katalis Na₂CO₃ adalah menekan terjadinya dekomposisi minyak menjadi arang dan gas-gas sehingga akan memperbanyak produk minyak yang dihasilkan.

Degradasi selulosa dalam air panas bertekanan menggunakan katalis nikel dapat meningkatkan produk berupa gas H₂, CO dan CH₄ serta menurunkan jumlah produk cairnya. Katalis nikel juga mempercepat reaksi pembentukan CH₄ dari CO dan H₂. Sebagian besar proses pencairan termokimia berkatalis diterapkan untuk menghasilkan minyak, karena residu padat merupakan produk samping. Meski demikian, pembuatan arang merupakan bidang yang penting dalam pengolahan biomassa (Minowa & Fang, 1998).

Inoue dkk. (2002b) memfokuskan penelitiannya pada produksi arang karbon dari kayu dalam air panas bertekanan awal 3 MPa. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan metode 'basah' ini karbonisasi kayu dapat berlangsung, bahkan pada suhu yang relatif rendah yaitu 300°C, dibandingkan metode pirolisis yang membutuhkan suhu sampai 600°C. Suhu yang rendah ini berarti mengurangi konsumsi energi untuk proses ini. Semakin tinggi suhu operasi, nilai panas (*heating value*) arang yang dihasilkan semakin tinggi pula sebab dengan kenaikan suhu operasi oksigen dalam arang semakin berkurang dan diikuti kenaikan kadar karbon.

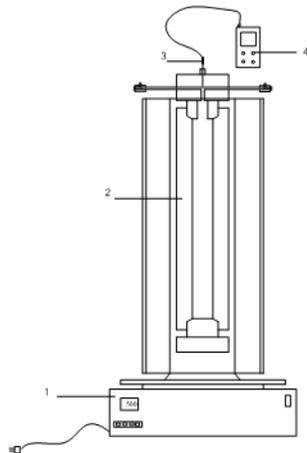
Akhtar dkk. (2009) melakukan penelitian pencairan tandan kosong kelapa sawit dalam air panas bertekanan dengan katalis basa. Pada penelitian itu komponen produk minyak paling banyak adalah fenol.

Metode pencairan biomassa dalam air panas bertekanan sangat baik digunakan sebagai perlakuan awal (*pretreatment*) terhadap biomassa sebelum dilakukan proses fermentasi anaerob karena senyawa-senyawa organik berantai panjang telah terdegradasi

menjadi senyawa organik berantai pendek, sehingga fermentasi anaerob menjadi lebih mudah dan lebih cepat. Pengolahan awal ini cukup dilakukan pada suhu 175 °C dalam air panas bertekanan (Inoue dkk., 2002a).

METODE PENELITIAN

Mula-mula tongkol jagung kering dihancurkan dengan blender sampai menjadi serbuk dan diayak dengan ayakan 50 mesh. Setelah itu, serbuk tongkol jagung yang lolos ayakan 50 mesh dikeringkan.



Keterangan gambar:

1. *Tube furnace*
2. Autoklaf
3. Termokopel
4. Pembaca Termokopel

Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

Sebanyak 5 gram serbuk tongkol jagung dimasukkan dalam autoklaf berkapasitas 100 mL, diikuti penambahan 2 gram sodium karbonat dan 65 mL aquadest. Gas nitrogen dihembuskan dalam autoklaf selama beberapa saat, kemudian autoklaf ditutup. Rangkaian alat percobaan yang digunakan bisa dilihat pada gambar 1. Setelah itu, autoklaf dipanaskan dalam *tube furnace* sampai suhu 280°C dan dipertahankan dengan variasi waktu 40, 60, 75, 90, 105, dan 120 menit.

Setelah pemanasan selesai, autoklaf didinginkan sampai suhu kamar. Biomassa yang telah diproses dikeluarkan dari autoklaf dan difiltrasi untuk pemisahan padatan yang tidak larut dan fase cairnya. Kemudian, fase cair itu didestilasi untuk pemisahan komponen minyak dan air. Minyak yang diperoleh diukur volumenya dan dianalisis dengan *Gas Chromato-graphy-Mass Spectrometry* (GC-

MS). Fase padatnya dikeringkan dalam *oven* sampai beratnya tetap.

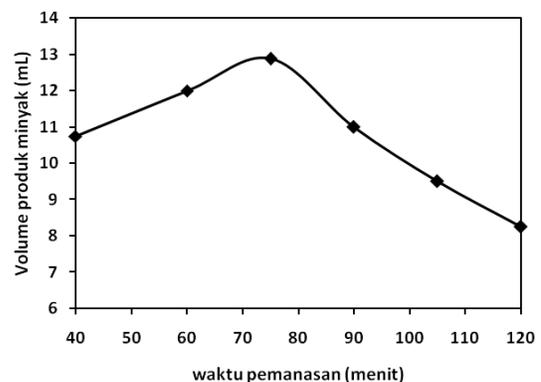
HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dilakukan dalam autoklaf 100 mL dengan suhu 280°C yang dipertahankan selama waktu tertentu. Berdasar percobaan pendahuluan, pada suhu 280°C didapatkan produk minyak maksimum.

Pada percobaan ini natrium karbonat digunakan sebagai katalis untuk meningkatkan produk minyak dan mengurangi pembentukan karbon dan gas. Nitrogen dihembuskan sebagai pengusir oksigen yang ada dalam autoklaf sehingga memperkecil terjadinya reaksi oksidasi dengan oksigen.

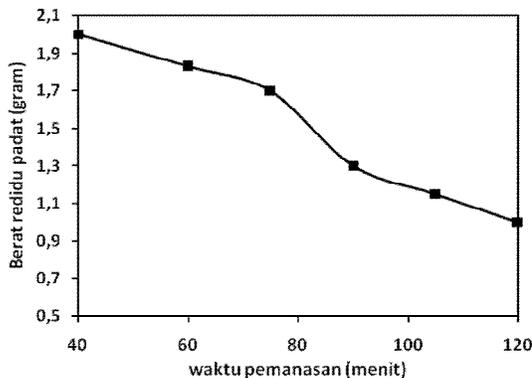
Dengan adanya tekanan awal dari nitrogen dan sedikitnya ruang kosong dalam autoklaf, tidak seluruh air dalam autoklaf menjadi uap tetapi berada dalam kesetimbangan antara air dan uap. Dengan asumsi tersebut besarnya tekanan sistem dapat diperoleh dari tabel uap pada kondisi jenuh suhu 280°C yaitu 6,4 MPa. Tekanan sebesar itu berarti sudah cukup untuk kondisi operasi proses pencairan secara termokimia (Yokoyama dkk. 1984).

Gambar 2 menunjukkan hubungan waktu pemanasan terhadap volume hasil minyak. Berdasarkan Gambar 2, pemanasan selama 40-75 menit cenderung meningkatkan produk minyak dari dekomposisi biomassa. Hal ini menunjukkan bahwa pada selang waktu tersebut konversi padatan biomassa menjadi produk minyak semakin meningkat. Namun, pemanasan selama 75-120 menit mengakibatkan penurunan produk minyak karena minyak yang telah dihasilkan sebelumnya terkonversi menjadi produk gas. Jadi, produk minyak maksimum diperoleh dengan waktu pemanasan selama 75 menit.



Gambar 2. Grafik hubungan volume produk minyak dengan waktu pemanasan

Hubungan waktu pemanasan dengan padatan sisa (residu padat) ditunjukkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa setiap penambahan waktu pemanasan berat residu padat mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa padat maupun residu karbon pada akhirnya akan terurai menjadi gas atau cairan. Peningkatan produk gas memang sebaiknya juga diukur, namun adanya kendala teknis menyulitkan pengukuran itu.



Gambar 3. Grafik hubungan berat residu padat dengan waktu pemanasan

Analisa Minyak

Hasil minyak dianalisa dengan GC-MS. (Tabel 1). Dalam Tabel 1 hanya ditampilkan senyawa-senyawa dominan dengan fraksi di atas 2,0%. Senyawa *phenol* terlihat cukup dominan. Hasil ini mirip dengan hasil penelitian Akhtar dkk. (2009), yang melakukan penelitian pencairan tandan kosong kelapa sawit dalam air panas bertekanan dengan katalis basa. Penelitian itu juga menghasilkan produk minyak dengan *phenol* sebagai komponen terbesar.

Tabel 1. Komposisi senyawa dalam minyak

No.	Nama Senyawa	Persen berat
1	<i>2,6-Dimethoxyphenol</i>	20,21
2	<i>Phenol</i>	12,88
3	<i>4-Hydroxy-3,5-dimethoxy-acetophenone</i>	6,73
4	<i>4-Nitro-2,6-dimethylphenol</i>	4,8
5	<i>1,2-Benzenediol</i>	3,92
6	<i>2,5-Dimethoxybenzyl alcohol</i>	3,87
7	<i>o-Methoxyphenol</i>	3,77
8	<i>Dodecanoic acid</i>	3,58
9	<i>2,6-Dimethyl-4-nitrosophenol</i>	3,33

Tabel 1. Komposisi senyawa dalam minyak (lanjutan)

No.	Nama Senyawa	Persen berat
10	<i>3-chloro-1-propynyl-Cyclohexane</i>	2,72
11	<i>1,2-Cyclohexane dicarboxaldehyde</i>	2,43
12	<i>Dihydrofurannol(3,2-f) coumaranne</i>	2,42
13	<i>n-Pentacosane</i>	2,38
14	<i>Lain-lain</i>	26,96

KESIMPULAN

1. Dekomposisi tongkol jagung dalam air panas bertekanan dengan katalis natrium karbonat dapat menghasilkan produk berupa minyak.
2. Minyak berupa senyawa hidrokarbon golongan senyawa aromatik, alkana dan asam karboksilat dengan rantai karbon C-29 ke bawah. Komponen terbesar adalah 2,6 *dimethoxyphenol* (C₆H₁₀O₃) sebanyak 20,21% dan *phenol* sebanyak 12,88%
3. Pada suhu 280°C waktu pemanasan optimum adalah selama 75 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, J., Kuang, S.K., and Amin, N.S., 2009, "Liquefaction of Empty Palm Fruit Bunch (EPFB) in Alkaline Hot Compressed Water", *Renewable Energy*, 1-8
- Hornell, C., 2001, "Thermochemical and Catalytic Upgrading in a Fuel Context: Peat, Biomass, and Alkenes", Royal Institute of Technology, Departement of Chemical Engineering and Thechnology, Stockholm.
- Inoue, S., Minowa, T., Sawayama, S., Ogi, T., 2002a, "Organic Composition of Model Garbage during Thermochemical Liquidization", *J. Chem. Eng. Japan*, **35**, 384-388
- Inoue, S., Hanaoka, T. and Minowa, T., 2002b, "Hot Compressed Water Treatment for Production of Charcoal from Wood", *J. Chem. Eng. Japan*, **35**, 1020-1023
- Inoue, S., Noguchi, M., Hanaoka, T. and Minowa, T., 2004, "Organic Compunds Formed by Thermochemical Degradation of Glucose-Glicine Melanoidins Using Compressed Water", *J. Chem. Eng. Japan*, **37**, 915-919
- Meryandini, A., Widosari, W., Maranatha, B., Sunarti, T. C., Rachmania, N., dan Satria, H., 2009, "Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakteristik Enzimnya", *Makara Sains*, **13**, 33-38

- Minowa, T., F. Zhen, T. Ogi and G. Varhegyi, 1997, "Liquefaction of Cellulose in Hot Compressed Water Using Sodium Carbonate: Products Distribution at Different Reaction Temperatures," *J. Chem. Eng. Japan*, **30**, 186-190
- Minowa, T., Fang, Z., Ogi, T., and Varhegyi, G., 1998, "Decomposition of Cellulose and Glucose in Hot-Compressed Water under Catalyst-Free Conditions", *J. Chem. Eng. Japan*, **31**, 131-134
- Minowa, T., & Fang, Z., 1998, "Hydrogen Production from Cellulose in Hot Compressed Water Using Reduced Nickel Catalyst: Product Distribution at Different Reaction Temperatures", *J. Chem. Eng. Japan*, **31**, 488-491
- Yokoyama, S., Ogi, T., Koguchi, K., and Nakamura, E., 1984, "Liquefaction of Wood by Catalyst and Water", *Liquid Fuels Technol.*, **2**, 115-163
- Yokoyama, S., Suzuki, A., Murakami, M., Ogi, T. and Koguchi, K., 1986, "Liquid Fuel Production from Ethanol Fermentation Stillage", *Chem.Lett*, 649-652