

Karya Ilmiah Hak cipta

by Ahmad Saiful Haqqi

Submission date: 04-Jul-2022 09:19PM (UTC-0500)

Submission ID: 1866741736

File name: Karya_Ilমiah_Hak_Cipta_Primata_Mardina.pdf (705.5K)

Word count: 4037

Character count: 23909

PEMBUATAN KATALISATOR ASAM PADAT TERSULFONASI DARI TONGKOL JAGUNG UNTUK PROSES PEMBUATAN BIODIESEL

Primata Mardina^{1,a}, Hesti Wijayanti¹, Abubakar Tuhuloula¹, Erita Hijriyati¹, Sarifah¹.

¹Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

^acorrespondence e-mail: pmardina@ulm.ac.id

ABSTRAK

Katalisator padat asam berhasil disintesis dari tongkol jagung yang merupakan limbah dari kegiatan pertanian. Katalis dibuat dengan dua proses yaitu karbonisasi hidrotermal dan sulfonasi hidrotermal. Partikel tongkol jagung dikarbonisasi dengan metode hidrotermal pada suhu 200 °C waktu 10 jam, kemudian diikuti dengan proses aktivasi dengan metode sulfonasi hidrotermal menggunakan asam sulfat pekat 50, 75 dan 98% pada suhu 150 °C untuk 6, 8 dan 10 jam. Hasil terbaik menunjukkan untuk katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi pada suhu 10 jam dan asam sulfat 98%. Hasil analisis SEM untuk katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi menunjukkan permukaan lebih kasar dengan bentuk tidak beraturan dan ukuran pori-pori yang beragam dibandingkan dengan partikel tongkol jagung yang tidak teraktivasi. Keberadaan gugus fungsi -SO₃H ditunjukkan dari hasil analisis FT-IR, ditandai dengan adanya puncak pada daerah 1030 cm⁻¹ dan 1190 cm⁻¹. Keberadaan gugus fungsi -SO₃H juga ditunjukkan dengan meningkatnya *total acid density* sebanyak 5,6 kali-nya dari bahan baku. Untuk aplikasi, katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi digunakan pada proses esterifikasi minyak jelantah untuk merubah asam lemak bebas menjadi komponen biodiesel. Hasil dari esterifikasi ini kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Konversi asam lemak bebas didapatkan sebesar 80.4% pada kondisi optimum, yaitu suhu 60 °C, dengan komposisi katalisator padat sebanyak 3% (b/v), rasio molar metanol terhadap minyak jelantah adalah 15:1 dan waktu reaksi 3 jam. Keaktifan katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi dapat bertahan sampai 5 kali pengulangan dengan penurunan sebesar 22%.

Kata kunci: tongkol jagung, katalis asam padat, karbonisasi hidrotermal, sulfonasi hidrotermal, biodiesel.

PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditas hasil pertanian sebagai sumber pangan selain beras. Beberapa daerah di Indonesia menjadikan jagung sebagai makanan pokok. Berdasarkan (Rohaeni et al., 2008), luas areal pertanian tanaman jagung di Kalimantan Selatan pada tahun 2006 sebanyak 21.289 ha dengan produksi rata-rata 58.274 ton pipilan kering. Sedangkan menurut data BPS Kalimantan Selatan (BPS, 2020), total produksi jagung untuk tahun 2019 adalah 691.642 ton. Seiring dengan tingginya produksi jagung maka akan membawa dampak pada banyaknya limbah yang dihasilkan, terutama limbah tongkol jagung. Tongkol jagung adalah salah satu limbah biomassa yang kaya akan hemiselulosa polisakarida (30% - 40%) dan berperan penting dalam industri makanan dan bahan bakar alami (Arancon et al., 2011).

Material dengan kandungan hemiselulosa polisakarida dapat diproses secara termal dan kimia menjadi katalis asam berbasis karbon (Ibrahim et al., 2020).

Di masa sekarang ini, konsep dari *sustainable green chemistry* serta penggunaan material ramah lingkungan dan katalis bahan alam mendapat perhatian besar (Akinfalabi et al., 2017; Chua et al., 2019). Penggunaan limbah biomassa sebagai katalis heterogen memiliki beberapa keuntungan seperti bersifat dapat diperbaharui, biaya yang murah, struktur yang berpori sehingga mempunyai luas permukaan spesifik yang besar, serta dapat dilakukan pemakaian kembali (Abdullah et al., 2016; Chua et al., 2019). Lee et al (Lee et al., 2017) telah mempelajari pembuatan katalis asam padat dari berbagai limbah biomassa salah satunya adalah tongkol jagung yang teraktivasi.. Ibrahim et al. (Ibrahim et al., 2020) telah berhasil melakukan sintesis katalis asam padat berbasis karbon dengan proses sulfonasi dan diaplikasikan pada reaksi esterifikasi asam lemak dari kelapa sawit untuk produksi biodiesel.

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar berbasis minyak bumi.. Pembuatan biodiesel secara konvensional menggunakan katalis cair basa ataupun asam seperti NaOH, KOH, NaOCH₃, asam sulfat, dan asam phosphate (Lu et al., 2009; Tiwari et al., 2007; Yee et al., 2011). Namun katalis cair tersebut mempunyai kelemahan dan menimbulkan beberapa masalah di akhir reaksi yaitu kesulitan dalam pengambilan kembali dari hasil reaksi, sifat korosif dari katalis asam cair, produk biodiesel yang terkontaminasi oleh sulfur dan pembentukan sabun (Guo et al., 2011; Shu et al., 2010). Secara kontras, katalis asam padat memberikan keuntungan yang signifikan dalam pemisahan katalis dengan hasil reaksi dan memiliki aktivitas yang tinggi pada kondisi normal.

Pada penelitian ini, limbah tongkol jagung akan dibuat menjadi katalis asam padat via proses hidrotermal yang akan dilanjutkan dengan proses sulfonasi. Sebelum diaplikasikan dalam reaksi pembuatan biodiesel, katalisator asam padat dari tongkol jagung dianalisis dengan metode *X-ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, *BrunauerEmmett-Teller (BET)* dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* untuk mengetahui karakteristik fisik katalis tersebut. Analisis kinerja katalis dilakukan melalui reaksi esterifikasi minyak goreng.

LANDASAN TEORI

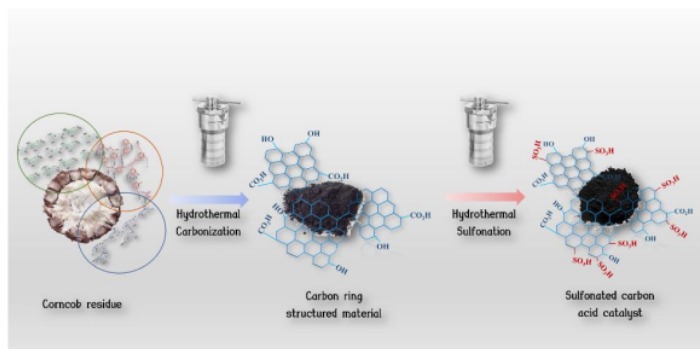
Katalis padat berbasis karbon dari limbah tongkol jagung

Jagung sebagai sumber pangan, banyak dibudidayakan di Indonesia. Menurut data Kementerian Pertanian (Pertanian, 2017), produksi jagung rata-rata di Indonesia sebesar 3,7 juta ton per tahun. dan berdasarkan data BPS dalam rentang waktu 2015-2019, produksi jagung

di Kalimantan selatan meningkat rata-rata 52 % per tahun. Menurut Kabalmay et al. (Kabalmay et al., 2019), kegiatan pertanian jagung akan menghasilkan limbah tongkol jagung sebesar 20.87%. Sebagai salah satu limbah biomassa, tongkol jagung mengandung 34,2% selulosa, 32,8% hemiselulosa dan 19,2% lignin (Dai et al., 2020). Selain itu tongkol jagung juga dikenal sebagai limbah biomassa yang kaya karbon yaitu sebesar 21% (Qiu et al., 2019). Berdasarkan komposisi tersebut, tongkol jagung banyak dimanfaatkan dibidang ilmu rekayasa kimia dan material seperti *biochar* (Qiu et al., 2019), dan katalis padat berbasis karbon (Hussain & Kumar, 2018; Qi et al., 2018).

Limbah biomassa dari tanaman biasanya tersusun dari struktur karbon yang dapat ditransformasikan menjadi material karbon dengan kinerja yang baik. Katalis berbasis biomassa mempunyai beberapa kelebihan seperti tidak beracun, dapat terdegradasi secara alami, dan mempunyai luas permukaan yang lebih besar disbanding katalis komersil, contohnya amberlyst-15 (X. Liu et al., 2010). Proses pembuatan material berbasis karbon terdiri dari berbagai macam pathway. Pada umumnya, proses sintesis material karbon dengan karbonisasi dengan suhu melebihi 700°C (T. Liu et al., 2013). Teknik hidrotermal menawarkan proses yang lebih efisien baik dari segi energi dan keamanan. Pada proses hidrotermal, material karbon terbentuk pada suhu rendah dan tekanan tinggi pada wadah tertutup.

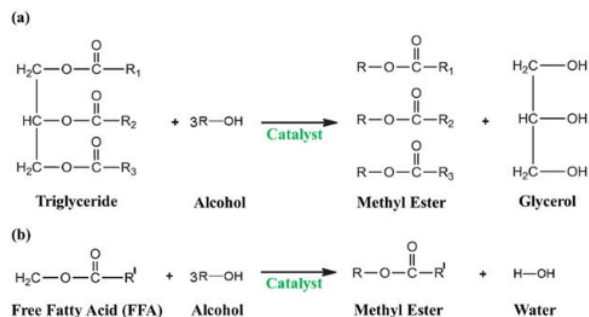
Untuk mengaktivasi katalis padat agar bersifat asam, metode yang sering digunakan adalah metode sulfonasi dengan asam sulfat konsentrasi tinggi. Secara umum prosedur pembuatan katalis asam padat ditunjukkan pada **Gambar 1**. Proses sintesis diawali dengan proses karbonisasi untuk menghilangkan materi volatile dan kelembaban, membentuk material berstruktur cincin karbon dengan *carbon sheet* yang berorientasi secara random. Setelah itu, material karbon yang terbentuk difungsionalisasi melalui sulfonasi atau arilasi secara langsung menggunakan *sulfonating agent* seperti asam sulfat terkonsentrasi (Ezebor et al., 2014), asam sulfat berasap (Dehhoda & Ellis, 2013).



Gambar 1. Pathway sintesis katalis asam padat dari biomassa.

Proses produksi biodiesel

Reaksi katalitik transesterifikasi antara minyak nabati dan lemak hewani dengan alcohol rantai pendek akan menghasilkan biodiesel dan gliserol sebagai *by-product* (**Gambar 2a**). Biodiesel dikenal sebagai bahan bakar alami (*biofuel*) yang dapat menggantikan minyak diesel turunan dari minyak bumi karena memiliki efisiensi pembakaran yang tinggi (Leung et al., 2010).



Gambar 2. Reaksi pembuatan biodiesel a) Reaksi transesterifikasi dan b) Reaksi esterifikasi.

Salah satu tantangan dari proses pembuatan biodiesel secara komersial adalah biaya dari harga bahan baku yang sangat tinggi meliputi 70% dari total biaya produksi (Dehkhoda & Ellis, 2013; Ngaosuwan et al., 2016; Zhou et al., 2016). Pembuatan biodiesel secara konvensional dengan menggunakan katalis basa cair memerlukan bahan baku dengan kemurnian tinggi, minyak nabati dan lemak hewani dengan kandungan asam lemak bebas sebesar 1% (Piker et al., 2016). Penggunaan bahan baku murah seperti minyak goreng bekas/jelantah akan menimbulkan masalah di akhir reaksi seperti kemurnian yang sangat rendah. Oleh karena itu, katalis asam biasa digunakan untuk reaksi pendahuluan dengan maksud merubah asam lemak bebas menjadi biodiesel melalui reaksi esterifikasi (**Gambar 2b**), sehingga kandungan asam lemak bebas tidak menjadi penghambat dalam reaksi utama, transesterifikasi dengan katalis basa (Zhou et al., 2016). Namun proses 2-langkah produksi biodiesel memerlukan biaya operasi yang tinggi dan kehilangan energi karena proses multi-stage. Devi et al. (Devi et al., 2014) dan Lien et al. (Lien et al., 2010) mempelajari tentang proses simultan antara esterifikasi berkatalis asam dengan transesterifikasi berkatalis basa untuk merubah minyak dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi menjadi biodiesel.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah reaktor hidrotermal, autoklaf, reaktor berpengaduk dan pemanas mantel, *oven, furnace*, termometer, gelas beker 500 mL, gelas ukur (1000 mL, 500 mL, dan 250 mL), sudip, corong, neraca analitik, *shieve/ayakan*, loyang, gelas arloji, desikator, lumpang dan alu.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung dari pasar tradisional Banjarbaru, Kalimantan Selatan, asam sulfat 98%, metanol 99,8%, pelarut (etanol, heksana, aseton), minyak jelantah yang diolah dari minyak goreng komersil dengan pemanasan yang terkontrol. Larutan standar metil heptadekanoat (*internal standard*), metil oleat, metil linoleate, metil palmitat, metil miristat, metil stearate, serta aquadest.

Preparasi katalis asam padat

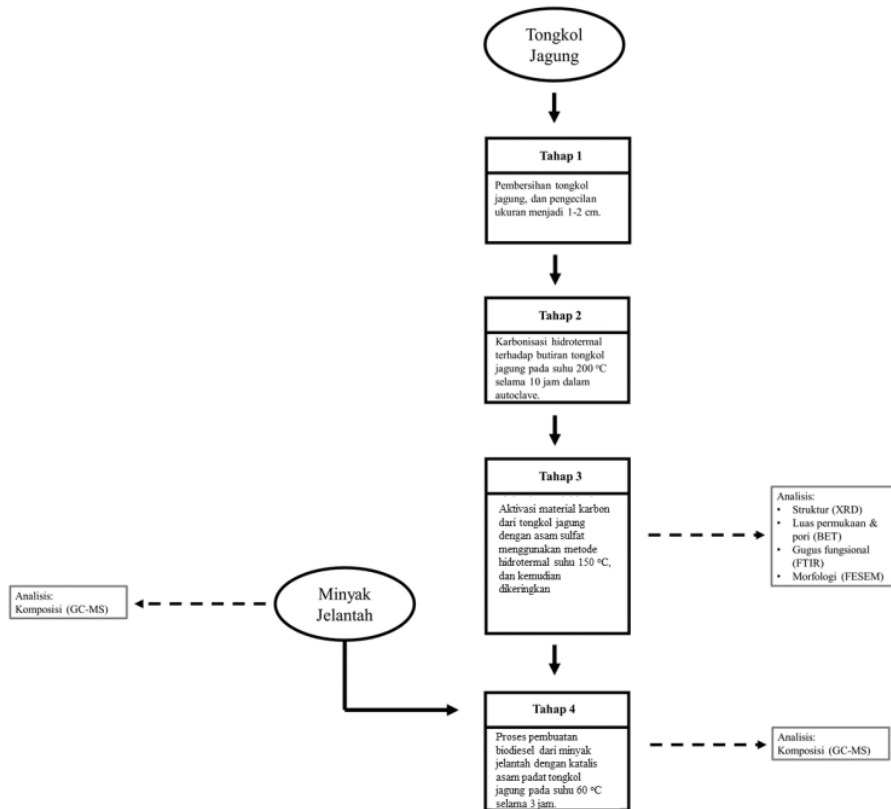
Preparasi katalis dari tongkol jagung meliputi tiga proses yaitu pengecilan ukuran, karbonisasi hidrotermal dan aktivasi kimia. Tongkol jagung dihancurkan sampai berukuran kira-kira 1-2 cm. Setelah itu sebanyak 5 gram dari potongan tongkol jagung dicampur dengan 100 mL aquadest dan dimasukkan ke dalam autoclave lalu dipanaskan secara perlahan pada 200 °C selama 10 jam proses ini dinamakan karbonisasi hidrotermal. Hasil dari proses ini kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest sampai pH larutan hasil pencucian mencapai 7 dan dilanjutkan dengan pengeringan pada 100 °C selama 12 jam. Bahan yang telah kering kemudian dihaluskan sampai menjadi bubuk, lalu diaktivasi. Proses aktivasi dilakukan dengan mencampur tongkol jagung bubuk dengan 100 mL asam sulfat pada reaktor hidrotermal pada suhu 150 °C. Hasil reaksi kemudian disaring dan dicuci dengan aquadest panas bersuhu 80 °C sampai pH larutan hasil pencucian mencapai 7 untuk menghilangkan sisa asam sulfat, lalu dilanjutkan dengan mengeringkan selama 1 jam pada suhu 100 °C. Katalis asam padat dari tongkol jagung siap dikarakterisasi dan diaplikasikan.

Karakterisasi katalis

Untuk mengkarakterisasi katalis asam padat tersulfonasi akan dilakukan berbagai analisis antara lain *X-ray diffractometer (XRD)* untuk mempelajari struktur sampel, *The Brunauer-Emmet-Teller (BET)* untuk menentukan luas permukaan dan distribusi pori pada katalis. Gugus fungsional pada katalis dianalisis dengan *Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy*, dan morfologi katalis dianalisis dengan *Scanning electron microscopy (SEM)*.

Proses pembuatan biodiesel

Reaksi pembuatan biodiesel akan dilakukan pada 500 mL labu leher dua yang dilengkapi dengan kondensor dan pengaduk magnetic. Lima puluh gram dari minyak goreng bekas, sejumlah katalis asam padat, dan methanol dicampur dan direaksikan pada suhu 60 °C selama 1-5 jam sambil dilakukan pengadukan. Setelah reaksi, larutan dipisahkan dari partikel katalis padat dengan sentrifugasi. Selanjutnya, hasil reaksi dicuci dengan air hangat untuk menghilangkan metanol, dilanjutkan dengan pengeringan dan dilakukan analisis angka asam. Produk esterifikasi yang telah dibersihkan digunakan untuk reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel. Komposisi dari minyak jelantah dan biodiesel dianalisis dengan GC-MS untuk dihitung yield-nya. Diagram alir penelitian lengkap dapat dilihat pada **Gambar 3**.

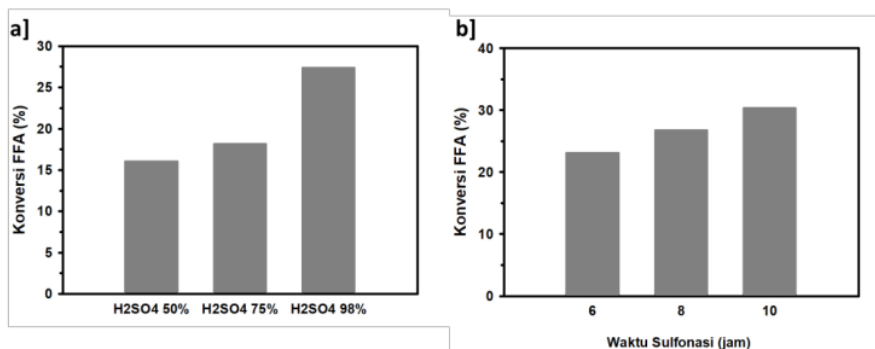


Gambar 3. Diagram Alir Lengkap Penelitian

HASIL PENELITIAN

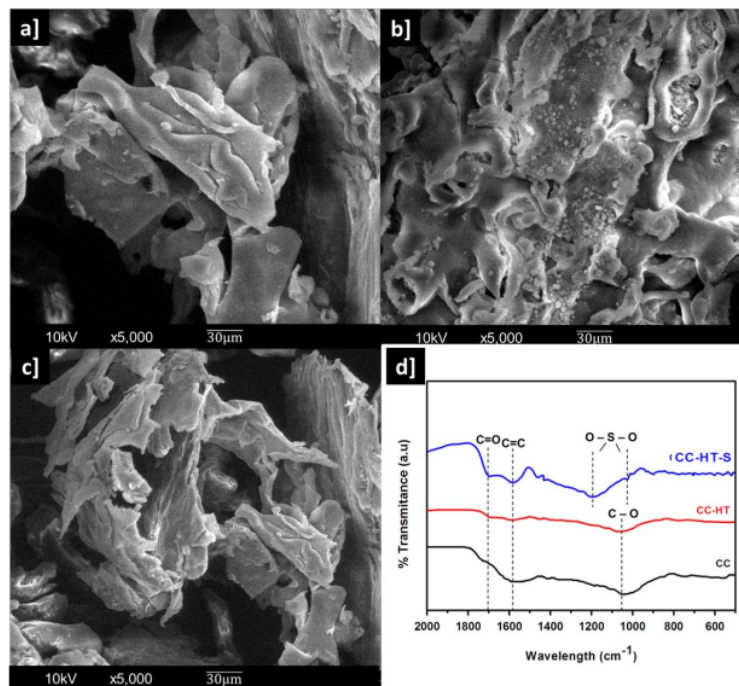
Karakterisasi katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi

Penelitian ini memanfaatkan tongkol jagung untuk dibuat sebagai katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi. Menurut Tang et al. (2018), katalisator asam padat lebih dipilih sebagai katalisator pada proses esterifikasi minyak jelantah karena dapat dengan efektif merubah kadungan asam lemak bebas menjadi komponen biodiesel. Proses pembuatan katalisator asam padat menggunakan metode hidrotermal baik untuk karbonisasi maupun sulfonasi. Keaktifan dari katalisator padat tongkol jagung tergantung dari proses sulfonasi sebagai proses pengaktifan dengan memasukan gugus $-SO_3H$ ke dalam partikel karbon dari tongkol jagung. Sebagai agen pengaktif digunakan asam sulfat dengan berbagai konsentrasi yaitu 50%, 75% dan 98%. Selain itu proses sulfonasi ini juga dipengaruhi waktu sehingga dipilih range waktu 6, 8 dan 10 jam untuk proses pengaktifan ini. Setelah katalisator dibuat maka dianalisis terlebih dahulu kemampuannya pada proses esterifikasi minyak jelantah dengan kondisi suhu 60 oC, rasio metanol terhadap minyak jelantah 15:1, komposisi katalisator 1% (b/v) dan waktu 1 jam (Gambar 4). Hasil menunjukkan, proses sulfonasi selama 6 jam menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 98% mempunyai kinerja terbaik, konversi asam lemak bebas mencapai 27,4% (Gambar 4a). Kemudian dianalisis pengaruh waktu sulfonasi (6, 8 dan 10 jam) dengan menggunakan katalisator tersebut pada proses esterifikasi minyak jelantah dengan kondisi yang sama seperti sebelumnya. Hasil menunjukkan waktu terbaik sulfonasi adalah 10 jam dengan konversi asam lemak bebas yang dicapai adalah 30,4% (Gambar 4b). Untuk mempermudah identifikasi hasil pada analisis selanjutnya maka dilakukan penamaan sampel seperti tongkol jagung adalah CC, tongkol jagung terkarbonisasi hidrotermal adalah CC-HT, dan untuk tongkol jagung terkarbonisasi dan tersulfonasi adalah CC-HT-S.



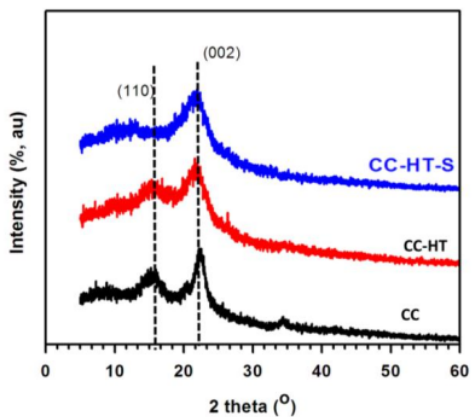
Gambar 4. Pengaruh a) konsentrasi H₂SO₄ dan b) waktu pada proses sulfonasi hidrotermal tongkol jagung terhadap konversi FFA pada proses esterifikasi.

Selanjutnya dilakukan karakterisasi terhadap katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi yang menunjukkan kinerja terbaik, yaitu katalisator tongkol jagung tersulfonasi yang dibuat dengan asam sulfat 98% (CC-HT-S) dengan waktu 10 jam. Penampakan struktur morfologi dari CC-HT-S ditunjukkan oleh analisis SEM. Untuk CC-HT-S permukaannya lebih kasar dibandingkan dengan CC dan CC-HT. CC-HT-S bentuknya tidak beraturan dengan ukuran pori-pori yang beragam. Hal ini disebabkan gugus fungsional $-SO_3H$ merusak dan masuk terikat di permukaan karbon dari tongkol jagung (Gambar 5a-5c). Untuk mengidentifikasi gugus fungsional $-SO_3H$ yang terikat di permukaan CC-HT-S, maka dilakukan analisis FT-IR (Gambar 5d). Hasil analisis untuk semua sampel, yaitu CC, CC-HT, dan CC-HT-S menunjukkan pita absorpsi pada daerah 1590 cm^{-1} untuk $C=C$ (*aromatic ring stretching mode*) dan 1695 cm^{-1} untuk $C=O$ (gugus karbositat $-COOH$). Pita absorpsi yang terdapat pada daerah 1030 cm^{-1} dan 1190 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus $-SO_3H$ pada CC-HT-S. Hal ini mengindikasikan gugus $-SO_3H$ berhasil masuk dan melekat di permukaan CC-HT-S. Hal ini diperkuat dengan *total acid density* untuk CC-HT-S naik 5,6 kali dibandingkan dengan CC dari $0,26\text{ mmol.g}^{-1}$ menjadi $1,47\text{ mmol.g}^{-1}$ (Tabel 1).



Gambar 5. Analisis SEM untuk morfologi permukaan dari a) CC, b) CC-HT, c) CC-HT-S dan d) analisis FT-IR untuk CC, CC-HT dan CC-HT-S.

Selain itu analisis *X-Ray diffraction* (XRD) juga dilakukan terhadap CC, CC-HT dan CC-HT-S (Gambar 6). Puncak pengotor yang terdapat pada CC dan CC-HT ($2\theta = 13-16^\circ$) hilang pada sampel CC-HT-S. Ibrahim et al (2020) mengatakan fenomena menghilanya puncak tersebut disebabkan efek perusakan pada proses karbonisasi yang dilakukan pada bahan berasal dari biomassa. Difraktogram pada CC-HT-S menunjukkan puncak ($2\theta = 18-25^\circ$) yang lebih melebar jika dibandingkan dengan sampel CC dan CC-HT. Puncak pada $2\theta = 18-25^\circ$, menunjukkan C (0 0 2) yaitu struktur karbon yang amorph (Ibrahim et al., 2020) dan kemungkinan sampel CC-HT-S mengandung orientasi tidak beraturan dari *polycyclic aromatic carbon rings*.



Gambar 6. Analisis XRD untuk CC, CC-HT dan CC-HT-S.

Tabel 1. Data *total acid density* untuk CC, CC-HT dan CC-HT-S.

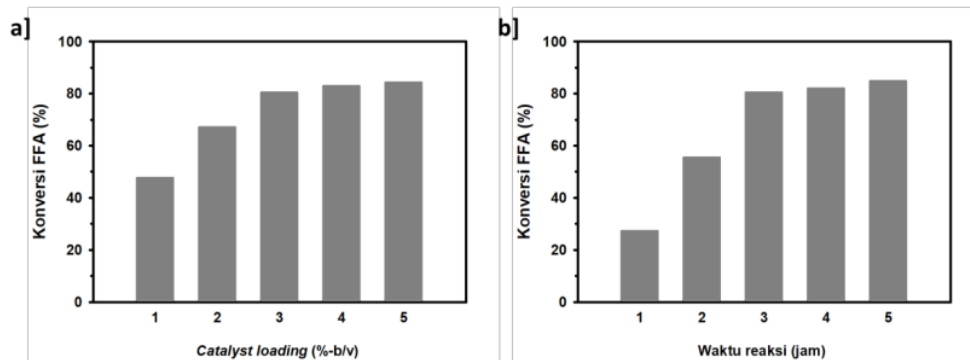
Sampel	Total acid density (mmol.g ⁻¹)
CC	0.26
CC-HT	0.27
CC-HT-S	1.47



Gambar 7. Visual dari a) CC, b) CC-HT dan c) CC-HT-S.

Esterifikasi minyak jelantah dengan katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi

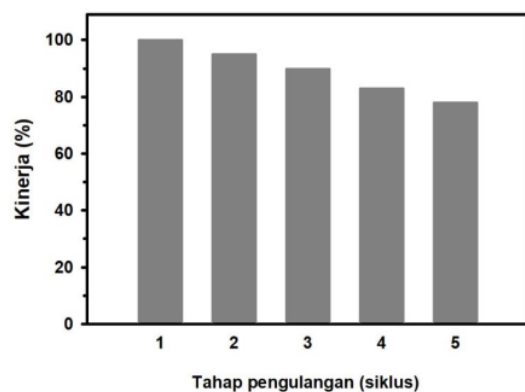
Esterifikasi minyak jelantah dilakukan dengan menggunakan CC-HT-S sebanyak 1-5% (b/v) dengan kondisi pada suhu 60 °C, rasio molar metanol terhadap minyak jelantah 15:1 dan waktu 3 jam. Hasil menunjukkan kenaikan konversi FFA terlihat jelas untuk komposisi 1-3% (b/v) kemudian diikuti dengan kenaikan yang perlahan pada komposisi katalisator sebanyak 3-5% (b/v) (Gambar 8a). Kemudian dilanjutkan dengan analisis pengaruh waktu reaksi esterifikasi dari 1 sampai 5 jam. Hasil menunjukkan terjadi kenaikan signifikan dari waktu 1 sampai 3 jam, dan kemudian terlihat kenaikan konversi FFA yang lambat dan hampir konstan. Hal ini menunjukkan dengan komposisi 3% (b/v) waktu optimum adalah 3 jam (Gambar 8b).



Gambar 8. Pengaruh a) *catalyst loading* dan b) waktu reaksi esterifikasi dengan katalisator CC-HT-S terhadap konversi FFA.

Kemampuan penggunaan kembali dari katalisator padat tongkol jagung tersulfonasi (*Reusability*).

Untuk menganalisis kestabilan dari CC-HT-S, maka katalisator yang sudah dipakai untuk reaksi esterifikasi minyak jelantah, dicuci dengan acetone dan air hangat untuk menghilangkan pengotor dan sisa minyak jelantah dan produk esterifikasi. Kemudian dilanjutkan dengan pengeringan. CC-HT-S yang *ter-recover* digunakan kembali untuk reaksi esterifikasi minyak jelantah, dan seterusnya dilakukan hal yang sama untuk beberapa set reaksi sehingga dihasilkan penurunan drastic pada kinerja katalisator. Gambar 9 menunjukkan setelah 5 kali pengulangan pemakaian penurunan kinerja mencapai 22%.



Gambar 9. Pengaruh tahap pengulangan pemanfaatan katalisator terhadap persentasi kinerja.

KESIMPULAN

Katalis asam padat dari tongkol jagung dapat disintesis dengan metode karbonisasi hidrotermal dan sulfonasi hidrotermal. Hasil terbaik didapat dari tongkol jagung yang disulfonasi dengan asam sulfat konsentrasi tinggi (H_2SO_4 98%) dengan waktu 10 jam.

REFERENSI

- 1 Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Azid, A., Umar, R., Juahir, H., Khatoon, H., & Endut, A. (2016). A review of biomass-derived heterogeneous catalyst for a sustainable biodiesel production. *Renewable Sustainable Energy Rev.*, *70*, 1040–1051. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.008>
- Akinfalabi, S., Rashid, U., Yunus, R., & Taufiq-yap, Y. H. (2017). Synthesis of biodiesel from palm fatty acid distillate using sulfonated palm seed cake catalyst. *Renew. Energy*, *111*, 611–619. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.056>
- Arancon, R. A., Barros Jr, H. R., Balu, A. M., Vargas, C., & Luque, R. (2011). Valorisation of corncob residues to functionalised porous carbonaceous materials for the simultaneous esterification / transesterification of waste. *Green Chem.*, *13*, 3162–3167. <https://doi.org/10.1039/c1gc15908a>
- BPS. (2020). *Kalimantan selatan dalam angka 2020* (B. I. Statistik & tegrasi P. dan Diseminasi (eds.)). BPS Provinsi Kalimantan Selatan.
- 3 Chua, S. Y., Periasamy, L. A., Goh, C. M. H., Tan, Y. H., Mubarak, N. M., Kansedo, J., Khalid, M., Walvekar, R., & Abdulah, E. C. (2019). Biodiesel Synthesis using Natural Solid Catalyst Derived from Biomass Waste-A Review. *J. Ind. Eng. Chem.*, *81*, 41–60. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.09.022>

- Dai, L., Jiang, W., Zhou, X., & Xu, Y. (2020). Enhancement in xylonate production from hemicellulose pre-hydrolysate by powdered activated carbon treatment. *Bioresour. Technol.*, *316*, 123944. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123944>
- 1 Dehkhoda, A. M., & Ellis, N. (2013). Biochar-based catalyst for simultaneous reactions of esterification and transesterification. *Catal. Today*, *207*, 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2012.05.034>
- Devi, B. L. A. P., Reddy, T. V. K., Lakshmi, K. V., & Prasad, R. B. N. (2014). A green recyclable SO₃H-carbon catalyst derived from glycerol for the production of biodiesel from FFA-containing karanja (*Pongamia glabra*) oil in a single step. *Bioresour. Technol.*, *153*, 370–373. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.002>
- Ezebor, F., Khairuddean, M., Abdullah, A. Z., & Boey, P. L. (2014). Oil palm trunk and sugarcane bagasse derived heterogeneous acid catalysts for production of fatty acid methyl esters. *Energy*, *70*, 493–503. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.04.024>
- Guo, F., Fang, Z., Tian, X., Long, Y., & Jiang, L. (2011). Bioresource Technology One-step production of biodiesel from *Jatropha* oil with high-acid value in ionic liquids. *Bioresour. Technol.*, *102*, 6469–6472. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.02.079>
- Hussain, Z., & Kumar, R. (2018). SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NOVEL CORNCOB- BASED SOLID ACID CATALYST FOR BIODIESEL PRODUCTION. *Ind. Eng. Chem. Res.*, *57*(34), 11645–11657. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b02464>
- Ibrahim, S. F., Asikin-mijan, N., Ibrahim, M. L., Abdulkareem-alsultan, G., Izhma, S. M., & Taufiq-yap, Y. H. (2020). Sulfonated functionalization of carbon derived corncob residue via hydrothermal synthesis route for esterification of palm fatty acid distillate. *Energy Convers. Manag.*, *210*, 112698. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112698>
- Kabalmay, J. A., Suryanto, E., & Runtuwene, M. R. J. (2019). NANO KITOSAN EKSTRAK TONGKOL JAGUNG MANADO KUNING (*Zea Mays L.*) DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDANNYA. *Chem. Prog.*, *12*(1), 13–18. <https://doi.org/10.35799/cp.12.1.2019.27299>
- Lee, J., Jung, J., Oh, J., Sik, Y., & Kwon, E. E. (2017). Bioresource Technology Establishing a green platform for biodiesel synthesis via strategic utilization of biochar and dimethyl carbonate. *Bioresour. Technol.*, *241*, 1178–1181. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.187>
- Leung, D. Y. C., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl. Energy*, *87*, 1083–1095. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006>

- Lien, Y., Hsieh, L., & Wu, J. C. S. (2010). Biodiesel Synthesis by Simultaneous Esterification and Transesterification Using Oleophilic Acid Catalyst. *Ind. Eng. Chem. Res.*, *49*, 2118–2121. <https://doi.org/10.1021/ie901496h>
- Liu, T., Li, Z., Li, W., Shi, C., & Wang, Y. (2013). Preparation and characterization of biomass carbon-based solid acid catalyst for the esterification of oleic acid with methanol. *Bioresour. Technol.*, *133*, 618–621. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.163>
- Liu, X., Huang, M., Ma, H., Zhang, Z., Gao, J., Zhu, Y., Han, X., & Guo, X. (2010). Preparation of a Carbon-Based Solid Acid Catalyst by Sulfonating Activated Carbon in a Chemical Reduction Process. *Molecules*, *15*, 7188–7196. <https://doi.org/10.3390/molecules15107188>
- Lu, H., Liu, Y., Zhou, H., Yang, Y., Chen, M., & Liang, B. (2009). Production of biodiesel from *Jatropha curcas* L. oil. *Comput. Chem. Eng.*, *33*, 1091–1096. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2008.09.012>
- Mardina (a), P., Seo, Y. C., & Chu, Y. H. (2013). Effect of alkali catalyst on biodiesel production in South Korea from mixtures of fresh soybean oil and waste cooking oil. *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, *15*, 223–228. <https://doi.org/10.1007/s10163-012-0111-8>
- Mardina (b), P., Prayudi, A., & Chumaidi, M. (2013). Pengaruh abu pelepah pisang sebagai katalisator basa padat terhadap angka asam produk biodiesel. *Konversi*, *2*(1), 15–20. <https://doi.org/10.20527/k.v2i1.120>
- Mardina (c), P., Talalangi, A. I., Sitingjak, J. F. M., Nugroho, A., & Fahrizal, M. R. (2013). PENGARUH PROSES DELIGNIFIKASI PADA PRODUKSI GLUKOSA DARI TONGKOL JAGUNG DENGAN HIDROLISIS ASAM ENCER. *Konversi*, *2*(2), 67–72. <https://doi.org/10.20527/k.v2i2.78>
- Mardina, P., Faradina, E., & Setiawati, N. (2012). Penurunan Angka Asam pada Minyak Jelantah. *Jurnal Kimia*, *6*(2), 196–200. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jchem/article/view/5977>
- ² Nata, I. F., Irawan, C., Mardina, P., & Lee, C. (2015). Carbon-based strong solid acid for cornstarch hydrolysis. *J. Solid State Chem.*, *230*, 163–168. <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2015.07.005>
- ² Ngaosuwan, K., Goodwin Jr., J. G., & Prasertdham, P. (2016). A green sulfonated carbon-based catalyst derived from coffee residue for esterification. *Renew. Energy*, *86*, 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.08.010>
- Pertanian, K. (2017). *Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan Budidaya Jagung Tahun 2017*.

- Piker, A., Tabah, B., Perkas, N., & Gedanken, A. (2016). A green and low-cost room temperature biodiesel production method from waste oil using egg shells as catalyst. *Fuel*, *182*, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.05.078>
- Qi, W., He, C., Wang, Q., Liu, S., Yu, Q., Wang, W., Leksawasdi, N., Wang, C., & Yuan, Z. (2018). Carbon-based solid acid pretreatment in corncob saccharification : specific xylose production and efficient enzymatic hydrolysis. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, *6*(3), 3640–3648. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b03959>
- Qiu, Q., Zhou, M., Cai, W., Zhou, Q., Zhang, Y., Wang, W., Liu, M., & Liu, J. (2019). A comparative investigation on direct carbon solid oxide fuel cells operated with fuels of biochar derived from wheat straw , corncob , and bagasse. *Biomass Bioenerg.*, *121*, 56–63. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.12.016>
- Rohaeni, E. S., Amali, N., Subhan, A., Darmawan, A., & Sumanto. (2008). Pemanfaatan Janggal Jjagung sebagai Pakan Ternak Sapi di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, *11*(2), 126–132.
- Shu, Q., Gao, J., Nawaz, Z., Liao, Y., Wang, D., & Wang, J. (2010). Synthesis of biodiesel from waste vegetable oil with large amounts of free fatty acids using a carbon-based solid acid catalyst. *Appl. Energy*, *87*(8), 2589–2596. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.03.024>
- Tang, Z., Lim, S., Pang, Y., Ong, H., & Lee, K. (2018). Synthesis of biomass as heterogeneous catalyst for application in biodiesel production : State of the art and fundamental review. *Renewable and Sustainable Energy Rev.*, *92*, 235–253. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.056>
- Tiwari, A. K., Kumar, A., & Ā, H. R. (2007). Biodiesel production from jatropha oil (*Jatropha curcas*) with high free fatty acids : An optimized process. *Biomass Bioenerg.*, *31*, 569–575. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.03.003>
- Yee, K. F., Wu, J. C. S., & Lee, K. T. (2011). A green catalyst for biodiesel production from jatropha oil : Optimization study. *Biomass Bioenerg.*, *35*, 1739–1746. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.017>
- Zhou, Y., Niu, S., & Li, J. (2016). Activity of the carbon-based heterogeneous acid catalyst derived from bamboo in esterification of oleic acid with ethanol. *Energy Convers. Manag.*, *114*, 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.027>

Karya Ilmiah Hak cipta

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

dspace.nm-aist.ac.tz

Internet Source

2%

2

Wendy Mateo, Hanwu Lei, Elmar Villota, Moriko Qian et al. "Synthesis and characterization of sulfonated activated carbon as a catalyst for bio-jet fuel production from biomass and waste plastics", Bioresource Technology, 2020

Publication

2%

3

Minghe Cao, Libo Peng, Qinglong Xie, Kainan Xing, Meizhen Lu, Jianbing Ji. "Sulfonated Sargassum horneri carbon as solid acid catalyst to produce biodiesel via esterification", Bioresource Technology, 2021

Publication

2%

Exclude quotes

Off

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

Off