

Karakteristisasi Limbah *Bagasse Ash* Pabrik Gula sebagai Alternatif Bahan Dasar Zeolit Sintesis

Jihan Nabillah Hanun^{1*}, Adhi Setiawan¹, Ahmad Erlan Afiuddin¹

¹ Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: jihan.nabillah@student.ppns.ac.id

Abstrak

Bagasse ash merupakan limbah yang dihasilkan dari residu proses pembakaran ketel uap (*boiler*). Pemanfaatan *bagasse ash* belum maksimal dikarenakan jumlahnya yang terus meningkat setiap hari seiring berjalannya proses produksi pada musim giling. Jumlah penumpukan *bagasse ash* dengan pemanfaatan yang minim akan menimbulkan masalah pencemaran dan mengurangi estetika lingkungan. Faktanya, *bagasse ash* memiliki kandungan silika yang tinggi didalamnya sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar adsorben, yaitu zeolit sintesis. Zeolit sintesis dapat diaplikasikan dalam proses adsorpsi dalam menurunkan kandungan logam berat dalam air limbah. Penelitian ini membahas mengenai hasil karakterisasi *bagasse ash* menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD), Spektrofotometer Inframerah (FTIR), dan Mikroskop Elektron (SEM-EDX) yang dapat mendukung bahwa kandungan silika dalam *bagasse ash* dapat dimanfaatkan sebagai zeolit sintesis. Perlakuan pada *bagasse ash* yaitu dipanaskan terlebih dahulu dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam dan diayak dengan variasi ukuran diameter partikel 100 mesh dan 200 mesh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *bagasse ash* memiliki kristalinitas yang rendah pada analisis XRD. Analisis FTIR menunjukkan adanya serapan kuat pada bilangan gelombang 2000 cm⁻¹ sampai dengan 450 cm⁻¹. *Bagasse ash* memiliki kandungan silika sebesar 31,65% dengan morfologi permukaan partikel yang tidak beraturan yang ditunjukkan dari hasil analisis SEM-EDX.

Kata Kunci: *Bagasse ash*, Karakteristisasi, Zeolit sintesis.

1. PENDAHULUAN

Bagasse ash atau abu ampas tebu merupakan salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran ketel uap (*boiler*) berbahan bakar ampas tebu yang biasa digunakan di industri gula. Abu ampas tebu tersebut diolah terlebih dahulu menggunakan *dust collector* sebelum dibuang ke lingkungan. Jenis *dust collector* yang digunakan adalah *wet scrubber*, sehingga terbentuklah *sludge bagasse ash* sebagai limbah padat. Pengolahan *bagasse ash* selama ini hanya sebatas ditampung dalam kolam abu dan dibiarkan dalam keadaan terbuka. Pemanfaatan *bagasse ash* dilakukan dengan menjadikannya sebagai bahan baku pembuatan genteng, batu bata, sebagai campuran bahan dasar semen dan pupuk kompos. *Bagasse ash* yang dihasilkan oleh industri gula sendiri dalam sehari dapat mencapai lebih dari 38 kuintal. Jumlah pemanfaatan *bagasse ash* ini masih belum sebanding dengan jumlah yang ditampung seiring semakin meningkatnya proses produksi pada musim giling. Bila tidak ditangani dengan baik, penumpukan *bagasse ash* akan menjadi salah satu penyebab terjadinya pencemaran lingkungan, munculnya berbagai penyakit pernapasan, dan mengurangi estetika lingkungan.

Komponen-komponen penyusun dari *bagasse ash* adalah SiO₂, K₂O, CaO, Al₂O₃, MgO, Fe₂O₃, LOI (karbon), dan komponen penyusun lainnya dengan presentasi masing-masing 49,98%; 3,97%; 2,78%; 2,20%; 1,65%; 1,22%; 37,50%, dan 0,7% (Purnomo dkk., 2012). *Bagasse ash* dengan persentase berat silika lebih dari 16,6% dapat dimanfaatkan sebagai zeolit sintesis (Sriatun dkk., 2018). Abu terbentuk karena adanya kandungan mineral-mineral yang tidak mudah terbakar dalam bahan bakar boiler, seperti silika (Si), alumina (Al), dan besi (Fe). Umumnya ampas tebu mengandung 52,67% air, karbon organik 55,89%, total nitrogen 0,25%, P₂O₅ 0,16% dan K₂O 0,38%. Ketika ampas tebu ini dibakar dalam kondisi yang terkontrol, abu juga memiliki silika amorf. Setelah ampas tebu dikonversi menjadi abu, kandungan silika (SiO₂) menjadi 64,65% (Hanafi dkk., dalam Sriatun dkk., 2018). Penumpukan limbah *bagasse ash* yang terus meningkat dan kandungan silika yang tinggi dalam *bagasse ash* dapat menjadi pertimbangan untuk mengembangkan prosedur baru penggunaan kembali *bagasse ash* sebagai sumber silika yang dapat digunakan dalam proses penyerapan logam berat dalam air limbah. Metode ini juga dapat membantu meningkatkan nilai ekonomis dari limbah padat *bagasse ash*, sehingga akumulasi limbah dan pencemaran lingkungan dapat dihindari.

Komponen-komponen *bagasse ash* tersebut hampir mirip dengan komponen penyusun pada zeolit (Murniati dkk., 2009). Penelitian Moises, dkk. (2013) dan Purnomo, dkk. (2012) menyatakan bahwa

kandungan silika dalam *bagasse ash* dapat dimanfaatkan sebagai zeolit sintesis. Zeolit merupakan material yang memiliki banyak kegunaan, diantaranya diaplikasikan sebagai adsorben, penukar ion, dan katalisator. Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang memiliki struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4]^{4-}$ dan $[\text{AlO}_4]^{5-}$ yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung kanal-kanal dan rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, biasanya adalah logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Chetam dalam Lestari, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan potensi *bagasse ash* sebagai sumber silika yang dapat diandalkan dalam pembuatan zeolit sintesis, sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai proses pengolahan limbah, khususnya limbah cair yang mengandung logam berat. Penggunaan adsorben yang murah dan ramah lingkungan perlu dilakukan agar biaya proses adsorpsi dapat ditekan (Amuda dan Ibrahim dalam Kusmiyati dkk., 2012). Proses karakterisasi dibutuhkan untuk membuktikan adanya kandungan silika dalam *bagasse ash* beserta jumlahnya. Karakterisasi *bagasse ash* meliputi analisis dengan metode Difraksi Sinar-X (XRD), Spektrofotometer Inframerah (FTIR), dan Mikroskop Elektron (SEM-EDX).

2. METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas lumpang porselain, oven, desikator, ayakan dengan ukuran 100 dan 200 mesh, *X-Ray Diffractometer* (XRD) XPert MPD 30 mA 40 kV Philips dengan $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda=1.54060 \text{ \AA}$), Spektrofotometer Inframerah (FTIR), dan *Scanning Electrone Microscope and Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) EDAX-TSL Ametek. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *bagasse ash* PT Perkebunan Nusantara X Pabrik Gula Gempolkrep, Mojokerto.

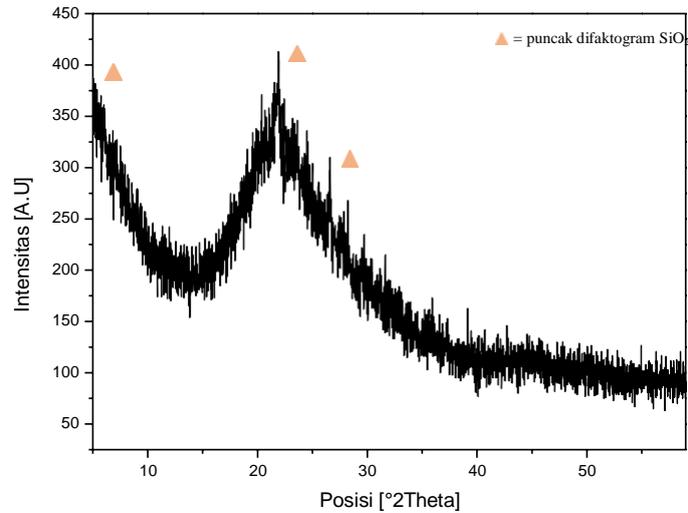
Karakterisasi *Bagasse ash*

Bagasse ash ditumbuk dan digerus menggunakan lumpang porselain untuk memperoleh butiran halus abu ampas tebu. Selanjutnya *bagasse ash* dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam untuk mengurangi kandungan kadar air di dalamnya. *Bagasse ash* yang telah dioven, disimpan dengan menggunakan desikator hingga mencapai suhu ruangan. *Bagasse ash* yang telah kering diayak dengan menggunakan ayakan dengan ukuran diameter 100 mesh dan 200 mesh. Hasil ayakan dari *bagasse ash* dikarakterisasi dengan menggunakan Difraksi Sinar-X (XRD), Spektrofotometer Inframerah (FTIR), dan Mikroskop Elektron (SEM-EDX).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi menggunakan XRD bertujuan untuk mengidentifikasi kristalinitas dan kemurnian material dari *bagasse ash* sebagai bahan dasar pembuat zeolit sintesis. Pola difraksi sinar X dari sampel *bagasse ash* diperoleh dengan menggunakan difraktometer XPert MPD, merk Philips. Kondisi operasi melibatkan radiasi Cu pada 40 kV dengan arus sebesar 30 mA. Sampel di baca dari sudut 5° sampai dengan 60° . Hasil pembacaan difaktogram *bagasse ash* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

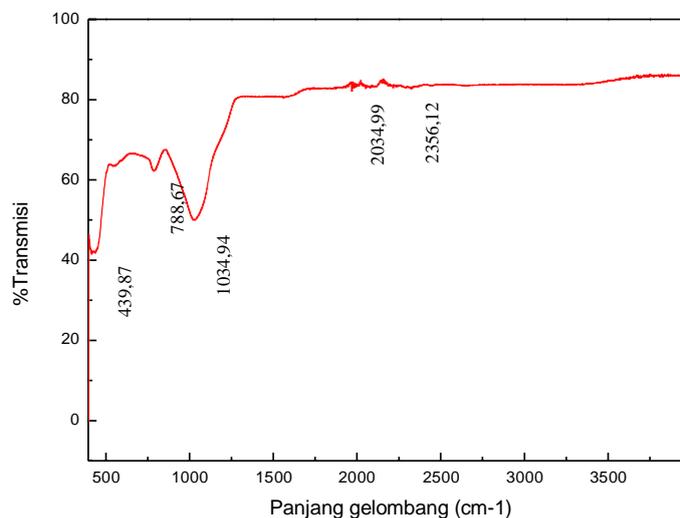
Hasil difraksi sinar X *bagasse ash* memperlihatkan 3 puncak utama, yaitu pada posisi sudut 2θ $5,2316^\circ$; $21,9022^\circ$; dan $26,5780^\circ$. Ketiga puncak tersebut berdasarkan data JCPDS (*Joint Comittee of Powder Diffraction Standard*) Nomor 88-2302 merupakan puncak-puncak yang menunjukkan adanya mineral kuarsa atau SiO_2 dalam *bagasse ash*. Hasil data tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Moises, dkk. (2013), bahwa puncak-puncak kandungan SiO_2 dalam *bagasse ash* terletak pada posisi 2θ 21° dan 26° .



Gambar 1. Difaktogram *bagasse ash*

Difaktogram hasil analisis X-Ray Diffraction (XRD) menunjukkan secara keseluruhan kristalinitas yang dihasilkan dari *bagasse ash* bersifat amorf. Fase amorf ditunjukkan dari intensitas puncak-puncak difaktogram yang masih rendah dan melebar (Yusuf dkk. dalam Purnawan, 2018).

Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengetahui komponen penyusun (gugus fungsi senyawa) SiO₂ dan Al₂O₃. Analisis FTIR dilakukan menggunakan spektrofotometer inframerah dengan pembacaan serapan pada panjang gelombang antara 4000 cm⁻¹ sampai dengan 500 cm⁻¹. Spektrum inframerah menunjukkan adanya 5 pita serapan yang muncul pada daerah panjang gelombang 2356,12 cm⁻¹; 2034,99 cm⁻¹; 1034,94 cm⁻¹; 788,67 cm⁻¹; dan 439,87 cm⁻¹. Hasil karakterisasi FTIR seperti disajikan pada **Gambar 2** dibawah ini.

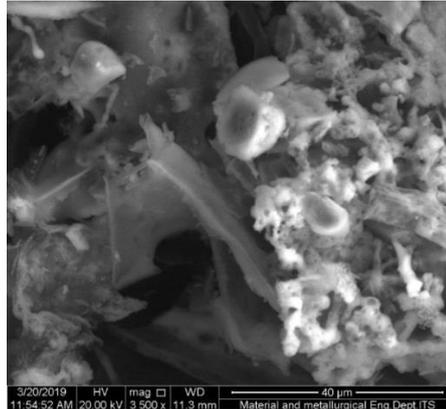


Gambar 2. Spektra inframerah *bagasse ash*

Pita serapan pada panjang gelombang 2356,12 cm⁻¹ dan 2034,99 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus Si-H (Ali dkk, 2015). Pita serapan yang melebar pada panjang gelombang 1034,94 cm⁻¹ merupakan serapan vibrasi gugus siloksan (Si-O-Si) asimetrik atau menunjukkan adanya ikatan-ikatan organik yaitu ikatan silikon oksida (Purnawan dkk, 2018). Pita serapan pada gelombang tersebut juga menunjukkan adanya air yang masih terperangkap pada pori zeolit (Ali dkk, 2015). Pita serapan pada panjang gelombang 788,67 cm⁻¹ menunjukkan adanya serapan rentangan asimetris ikatan O-Si-O (Murniati dkk., 2009). Panjang gelombang 439,87 cm⁻¹ merupakan vibrasi yang menunjukkan adanya vibrasi internal dari serapan ulur (Si, Al)-O (Moises dkk., 2013).

Serapan inframerah *bagasse ash* menunjukkan keberadaan vibrasi karakteristik Si dan Al sebagai satuan tetrahedral (TO₄) yang merupakan struktur satuan primer pembangun zeolit. Si dan Al di sini belum tersusun sebagai satuan kerangka zeolit karena belum adanya perlakuan aktivasi sesuai yang dilaporkan pada penelitian Murniati, dkk. (2009).

Komposisi dan morfologi *bagasse ash* ditentukan dengan melakukan analisis menggunakan metode SEM-EDX. **Gambar 3** menunjukkan karakterisasi morfologi *bagasse ash* yang dilakukan dengan melakukan analisis pengujian SEM dengan perbesaran 3500 kali. Hasil analisis menunjukkan bahwa morfologi dari *bagasse ash* berbentuk butiran dengan topografi permukaan yang tidak beraturan. Kristalinitas yang rendah mengakibatkan susunan atom dalam *bagasse ash* menjadi tidak teratur. Proses pengayakan untuk menghomogenitaskan ukuran partikel *bagasse ash* juga menjadi salah satu penyebab tidak teraturnya susunan atom dalam *bagasse ash*.



Gambar 3. Morfologi *bagasse ash*

Spektra EDX mendeteksi sejumlah unsur-unsur yang terkandung dalam *bagasse ash* sebagaimana komposisinya disajikan pada **Tabel 1**. Hasil analisis menunjukkan bahwa *bagasse ash* memiliki kandungan silika yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuat zeolit sintesis. Persentase berat silika dalam *bagasse ash* adalah sebesar 31,65%, dimana angka ini telah memenuhi syarat kandungan silika yang dapat dimanfaatkan sebagai zeolit sintesis sesuai dengan Sriatun, dkk. (2018).

Tabel 1. Komposisi kimia *bagasse ash*

Elemen	Wt%
C	19,29
O	39,11
Mg	00,88
Al	03,99
Si	31,65
K	02,80
Ca	02,28

Pada analisis EDX juga terdeteksi unsur-unsur lain dalam jumlah yang relatif kecil seperti pada unsur Mg, Al, K, dan Ca. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya pengotor dalam *bagasse ash* (Setiawan dkk., 2018). Adapun unsur lain yang memiliki persentase berat cukup besar diantaranya adalah pada unsur C sebesar 19,29% dan O sebesar 39,11%. Kandungan karbon yang tinggi mengindikasikan bila *bagasse ash* tidak hanya dapat dimanfaatkan sebagai zeolit sintesis, namun juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuat karbon aktif.

4. KESIMPULAN

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa *bagasse ash* dapat digunakan sebagai bahan dasar zeolit sintesis. Karakterisasi dengan menggunakan analisis XRD menunjukkan adanya kandungan SiO₂ dalam *bagasse ash* dengan kristalinitas rendah yang ditandai dengan munculnya puncak-puncak mineral kuarsa

berdasarkan data JCPDS Nomor 88-2302. Adanya kandungan SiO_2 ini juga didukung dengan hasil analisis FTIR yang menunjukkan adanya pita-pita serapan pada beberapa panjang gelombang, dimana panjang gelombang tersebut menunjukkan ikatan-ikatan unsur Si dengan unsur lain dalam *bagasse ash*. Kristalinitas yang rendah dari hasil analisis XRD juga diperkuat oleh hasil analisis SEM, dimana terbentuk morfologi permukaan dan partikel *bagasse ash* yang tidak beraturan. Spektra EDX juga mendeteksi adanya unsur Si dalam *bagasse ash* dengan persentaseberat sebesar 31,65%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Soifi, dkk. 2015. *Synthesis and Characterization of Zeolite Y From Bagasse ash with Hydrothermal Temperatures Variations Using The Sol-Gel Method*. Jurnal ALCHEMY Vol. 4 No. 1 Maret 2015, hal. 88-91.
- Kusmiyati, Puspita A. L., dan Kunthi P. 2012. *Pemanfaatan Karbon Aktif Arang Batubara (KAAB) Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Berat Cu^{2+} dan Ag^+ Pada Limbah Cair Industri*. Jurnal Reaktor, Vol. 14 No. 1, April 2012, Hal. 51-60.
- Lestari, Dewi Yuanita. 2010. *Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam dari Berbagai Negara*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia 2010. ISBN : 978-xxx-xxxx-x-x.
- Moises, Murilo Pereira, Cleiser Thiago Pereira da Silva, dkk. 2013. *Synthesis of Zeolite NaA from Sugarcane Bagasse ash*. Materials Letter 108 (2013) 243-246.
- Murniati, dkk. 2009. *Pemanfaatan Limbah Abu Dasar Batubara Sebagai Bahan Dasar Sintetis Zeolit dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Berat Cu (II)*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Purnawan, Candra, dkk. 2018. *Sintesis dan Karakteristik Silika Abu Ampas Tebu Termodifikasi Arginin Sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II)*. ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia, Vol. 14(2) 2018, 333-348.
- Purnomo, W. C., Chris S., dan Hirofumi H. 2012. *Synthesis of Pure Na-X and Na-A Zeolite From Bagasse Fly Ash*. Elsevier Journal.
- Setiawan, A., Ahmad Erlan A., Qurrotul Aini, dan Tanti Utami D. 2018. *Recovery Koagulan dari Sludge WWTP Pembangkit Listrik Tenaga Uap Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Secara Kimia*. Jurnal Riset Teknologi Indusrri, Vol. 12, No. 2.
- Sriatun dkk. 2018. *Synthesis of Zeolite from Bagasse ash Using Cetyltrimethylammonium Bromide as Structure Directing Agent*. Journal of Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University.

Halaman ini sengaja dikosongkan