

KARAKTERISASI MEDIA IMOBILISASI ZEOLIT DALAM *ANAEROBIC FLUIDIZED BED REACTOR (AFBR)*

I. PENDAHULUAN

Fungsi media immobilisasi adalah sebagai tempat bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan berkembang. Penggunaan zeolit dapat meningkatkan nilai konstanta kinetika reaksi dua kali lebih besar dari sebelumnya. Keberadaan zeolit sebagai media immobilisasi mikroorganisme meningkatkan populasi mikroorganisme sebesar 100, 10 dan 100 kali masing-masing pada tahap hidrolisis, asidogenesis dan metanogenesis (Montalvo dkk. 2012).

Lebih lanjut Montalvo dkk (2012) mengatakan bahwa zeolit dapat digunakan sebagai media penyangga mikroba dalam proses batch yang dijalankan dalam kondisi mesofilik anaerobik dengan menggunakan substrat yang berbeda. Hal ini berdasarkan karakteristik zeolit yang mempunyai kapasitas tinggi untuk immobilisasi mikroorganisme dan meningkatkan keseimbangan amonia atau amonium, selain itu zeolit juga mempunyai kemampuan untuk mengurangi amonia dan amonium dalam larutan.

Walaupun demikian, ditemukan adanya efek yang kontradiktif pada penambahan zeolit dalam anaerobic digester, yaitu pada kandungan metana di biogas yang disebabkan karena adanya media immobilisasi berbasis zeolit. Hal ini terjadi ketika keberadaan zeolit lebih meningkatkan aktifitas asidogen secara signifikan dibandingkan dengan aktifitas metanogen, sehingga volatile fatty acid (VFA) terakumulasi dalam proses. Akumulasi VFA dalam proses dapat mengganggu proses secara umum, maka perlu diketahui jumlah

penggunaan zeolit yang tepat agar menghasilkan hasil yang optimum didalam proses pembentukan biogas (Setyowati dkk. 2016).

Salah satu faktor yang mempengaruhi mikroorganismenya dalam proses peruraian anaerobik adalah keberadaan nutrisi. Jenis nutrisi dibedakan menjadi dua jenis yaitu makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien biasanya dibutuhkan oleh mikroorganismenya dalam jumlah yang besar, seperti nitrogen dan fosfat, sedangkan mikronutrien sebagai trace element yang keberadaannya dibutuhkan hanya dalam kuantitas tertentu.

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya menyebutkan bahwa penambahan trace element (Ni, Co dan Mg) pada permukaan zeolit sebagai media imobilisasi dalam proses peruraian anaerobik kotoran babi diperoleh peningkatan produksi metana sebesar 8,5 kali dengan zeolit Mg; 4,4 kali dengan zeolit Co dan 2,8 kali dengan zeolit Ni (Montalvo dkk. 2012).

Studi mengenai penambahan trace element pada media imobilisasi zeolit dengan substrat stillage, yaitu menambahkan atau mengimpregnasi kation Fe pada zeolit yang telah dimodifikasi menggunakan bentonit menunjukkan bahwa proses impregnasi zeolit menggunakan Fe mempengaruhi hasil metana menjadi lebih baik dibandingkan dengan penambahan zeolit tanpa penambahan Fe (Mellyanawaty 2015).

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa zat yang berfungsi sebagai nutrisi serta jumlah minimum dan maksimum yang diperlukan. Apabila jumlahnya melebihi batas maksimal maka nutrisi tersebut justru dapat menghambat proses. Masing-masing substansi memiliki parameter terpengaruh yang berbeda.

Tabel 2.1 Tabel zat sebagai *trace element* dan inhibitor

Substans	Jumlah Minimal sebagai <i>Trace Element</i> (mg/L)	Parameter yang Terpengaruh	Konsentrasi yang menghambat (mg/L)		<i>Toxicity</i> (mg/L) for adopted <i>MO</i>
			Sebagai ion-ion bebas	Sebagai <i>Carbonates</i>	
Cr	0.005-50	-	28-300	5300	500
Fe	1-10	-	n.a		n.a
Ni	0.005-0.5	-	10-300	1750	30-1000
Cu	Dasarnya dengan <i>acetogenic MO</i>	-	5-300	170	170-300
Zn	Dasarnya dengan <i>acetogenic MO</i>	-	3-400	160	250-600
Cd	n.a	-	70-600	180	20-600
Pb	0.02-200	-	8-340	n.a	340
Na	n.a	pH-wert	5000-30000	n.a	60000
K	n.a	Osmosis pembentuk metana	2500-5000	n.a	n.a
Ca	n.a	Asam lemak rantai panjang	2500-7000	n.a	n.a
Mg	Dasarnya dengan <i>acetogenic MO</i>	Asam lemak	1000-2400	n.a	n.a
Co	0.06	-	n.a	n.a	n.a
Mo	0.05	-	n.a	n.a	n.a
Se	0.008	-	n.a	n.a	n.a
Mn	0.005-50	-	1500	n.a	n.a
HCN	0.0	-	5-30	n.a	n.a
C ₆ H ₆ O	Bersifat menghambat hingga mikroorganisme dapat beradaptasi				

(Deblein 2008)

II. METODE PENELITIAN

Media imobilisasi mikroorganisme dalam penelitian ini berupa zeolit alam yang berasal dari daerah Tasikmalaya, dengan ukuran sekitar 2-2,38 mm. Modifikasi zeolit dilakukan dengan cara mengimpregnasikan trace element atau nutrien yang berupa kation Ni^{2+} , Zn^{2+} dan Mg^{2+} ke dalam zeolit. Ni_2SO_4 p.a. (Merck), ZnSO_4 p.a. (Emsure), MgSO_4 p.a. (Merck) masing-masing dilarutkan menggunakan pelarut aquabidestilata hingga konsentrasi 200 ppm, larutan tersebut digunakan sebagai larutan impregnasi.

Bahan pendukung lain berupa NaCl , H_2SO_4 95-97% p.a, HCl 37 – 38% p.a., NaOH pellet p.a. (Merck), HgSO_4 p.a. (EMSURE), AgSO_4 p.a. (Merck), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ p.a. (EMSURE), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ p.a. (Merck). Bahan-bahan tersebut digunakan sebagai bahan pendukung analisis.

Pembuatan media imobilisasi yang ditambahkan dengan trace element dilakukan dengan cara impregnasi kedalam zeolit. Sebelum dilakukan impregnasi, zeolit terlebih dahulu dihomioion-kan dengan cara merendam zeolit menggunakan larutan NaCl . Setelah dilakukan perendaman dengan NaCl , zeolit dicuci menggunakan aquabidestilata untuk kemudian dilakukan impregnasi.

Pengukuran jumlah unsur Ni dan Zn yang dapat terjerap di zeolit dilakukan dengan alat ICP, tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui jumlah unsur yang masuk ke dalam zeolit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan media fluidisasi yang berukuran kecil dan berpori dapat mendukung peruraian zat organik dalam reaktor, khususnya dalam AFBR. Fluidisasi juga dapat menghindari beberapa masalah yang sering timbul dalam pengoperasian reaktor seperti bed

clogging dan pressure drop yang tinggi. Namun diperlukan seleksi khusus untuk menentukan media imobilisasi yang cocok untuk dijalankan dalam AFBR. Salah satu pertimbangan dalam pemilihan media imobilisasi adalah sifat fisis dari media tersebut.

Dalam beberapa literatur, zeolit telah banyak digunakan sebagai media imobilisasi mikroorganismenya. Di Indonesia, banyak sekali jenis zeolit yang biasa digunakan dalam berbagai keperluan, bahkan hampir setiap daerah mempunyai karakter zeolit yang berbeda-beda.

Gambar 4.5 menyajikan beberapa contoh zeolit yang ada di Indonesia, yaitu zeolit Lampung (L), zeolit Banten (B), zeolit Tasikmalaya (T), zeolit Purwokerto (P), zeolit Klaten (K). Pada kelima zeolit tersebut dilakukan uji rendam untuk mengetahui kekuatan fisis dari zeolit tersebut. Setelah dilakukan perendaman selama kurang lebih 5 hari, maka didapatkan hasil bahwa zeolit Tasikmalaya mempunyai kekuatan fisis yang lebih baik dibanding dengan zeolit yang lain. Ketika diamati, keempat zeolit yang lain mengalami banyak peledakan.



Gambar 4.5 Uji rendam zeolit

Setelah dipilih zeolit Tasikmalaya sebagai media immobilisasi mikroorganisme dalam penelitian ini, dilakukan analisis Brunauer Emmet Teller (BET) untuk mengetahui karakterisasi permukaan zeolit tersebut. Karakterisasi tersebut berupa surface area, diameter pori dan volume pori. Tabel 4.1 menunjukkan karakteristik zeolit berdasarkan permukaannya.

Tabel 4.1 Karakteristik permukaan zeolit Tasikmalaya

<i>Average pore radius</i>	67,643 Å
<i>Surface area</i>	8,585 m ² /g
<i>Total pore volume</i>	0,029 cc/g

Proses modifikasi zeolit dilakukan dengan cara impregnasi yang telah dijelaskan pada metodologi penelitian. Setelah dilakukan impregnasi, dilakukan analisis kandungan

Ni dan Zn pada tiap zeolit terimpregnasi dengan menggunakan Inductively Coupled Plasma (ICP). Hasil ICP pada zeolit disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kandungan Ni dan Zn dalam zeolit setelah impregnasi

Sampel	mg kation/kg zeolit
Zeolit – Ni	2,68 ± 0,30
Zeolit – Zn	3,46 ± 0,18

Kandungan Ni dan Zn pada masing-masing AFBR dijaga agar tidak melebihi batas yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses peruraian anaerobik. Apabila dinyatakan dalam satuan mg/L maka kandungan Ni dalam AFBR Ni adalah 0,05 mg/L, nilai ini memenuhi kriteria yang dibutuhkan oleh mikroorganisme yaitu antara 0,005 hingga 0,5 mg/L. Sedangkan untuk kandungan Zn dalam AFBR Zn adalah 0,06 mg/L, nilai ini juga tidak melebihi batas maksimal kebutuhan mikroorganisme yaitu tidak lebih dari 5 mg/L. Data tersebut tersaji dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai dan batas maksimum *trace element* dalam proses peruraian anaerobik

Trace element	Nilai (mg/L)	Batas (mg/L)
Ni	0,05	0,005-0,5
Zn	0,06	< 5

IV. KESIMPULAN

Kandungan Ni dan Zn pada masing-masing proses anaerobik berhasil dijaga pada rentang jumlah yang tidak menginhibisi proses, yaitu sebesar 0,05 mg/L untuk Ni dan 0,06 mg/L untuk Zn.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A.L. et al., 2003. Removal of suspended solids and residual oil from palm oil mill effluent. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 78(9), pp.971–978. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/jctb.892>.
- Ayu, E.D., Halim, L. & Budhijanto, W., Evaluation on the Effect of Natural Zeolite as Microbial Immobilization Media in Anaerobic Digestion for Various Concentrations of Palm Oil Mill Effluent (POME) using Digested Biodiesel Waste as Starter Inoculum.
- Bhatia, S., Othman, Z. & Ahmad, A.L., 2007. Pretreatment of palm oil mill effluent (POME) using *Moringa oleifera* seeds as natural coagulant. *Journal of Hazardous Materials*, 145(1–2), pp.120–126.
- Deublein, D., 2008. *Biogas from Waste and Renewable Resources*, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA.
- Facchin, V. et al., 2013. Effect of trace element supplementation on the mesophilic anaerobic digestion of foodwaste in batch trials : The influence of inoculum origin. *Biochemical Engineering Journal*, 70, pp.71–77. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2012.10.004>.
- Halim, L., 2015. Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent with Lampung Natural Zeolite as Microbe Immobilization Medium and Digested Cow Manure as Starter. Anaerobic Digestion of Palm Oil Mill Effluent with Lampung Natural Zeolite as Microbe Immobilization Medium and Digested Cow Manure as Starter
- Mellyanawaty, M., 2015. No Title. Peningkatan Produksi Biogas Dari Stillage Dengan Penambahan Kation Fe^{2+} pada Zeolit sebagai Media Imobilisasi Bakteri Anaerobik.
- Mellyanawaty, M. & Chusna, F.M.A., 2017. Influence Of Nutrient Impregnated 69 Into Zeolite Addition On. , di.

- Montalvo, S. et al., 2012. Applied Clay Science Application of natural zeolites in anaerobic digestion processes : A review. *Applied Clay Science*, 58, pp.125– 133.
- Montalvo, S. et al., 2007. Real evidence about zeolite as microorganisms immobilizer in anaerobic fluidized bed reactors. , 42, pp.721–728.
- Olvera, R. & Lopez-lopez, A., 2009. Biogas Production from Anaerobic Treatment of Agro-Industrial Wastewater.
- Poh, P.E. & Chong, M.F., 2009. Development of anaerobic digestion methods for palm oil mill effluent (POME) treatment. *Bioresource Technology*, 100(1), pp.1–9
- Setyowati, H.A.P., Halim, L. & Budhijanto, W., 2016. Enhancement of Biogas Production in Anaerobic Treatment of Palm Oil Mill Effluent by the Addition of Digested Biodiesel Waste as Inoculum and Microbial Immobilization using Natural Zeolite. , pp.1–7.
- Syutsubo, K. & Harada, H., 2000. Quantification of methanogen cell density in anaerobic granular sludge consortia by fluorescence in-situ hybridization Quantification of methanogen cell density in anaerobic granular sludge consortia by fluorescence in-situ. , (January 2014).
- Verma, S., 2002. Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes. , (May).
- Wirth, R. et al., 2012. Characterization of a biogas-producing microbial community by short-read next generation DNA sequencing. , pp.1–16.
- Zhang, L. & Jahng, D., 2012. Long-term anaerobic digestion of food waste stabilized by trace elements. *Waste Management*, 32(8).