

Technical Paper

Reduksi Bahan Organik Kulit Kopi dan Eceng Gondok Terhidrolisis Menggunakan Proses Anaerobik

Reduction of Hydrolyzed Coffee Pulp and Water Hyacinth in Anaerobic Treatment for Coffee Wastewater

Elida Novita, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember

E-mail: elida_novita.ftp@unej.ac.id

Sri Wahyuningsih, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember

E-mail: sriwahyuningsih.ftp@unej.ac.id

Subdatul Widad, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember

E-mail: widadzubdatul@gmail.com

Hendra Andiananta Pradana, Program Studi Magister Pengelolaan Sumber Daya Air Pertanian/Alam dan Lingkungan, Universitas Jember. E-mail: hendraandianantapradana@gmail.com

Abstract

Coffee processing produce coffee pulp and wastewater that caused enviromental pollution. Water hyacinth was considered a weed that enviromental problem also. The materials contain organic matter. It was utilized as energy source. But coffee pulp and water hyacinth contain lignin. The Alkaline or base hydrolysis is a method of the solving chemical structure of lignin compounds using a strong acid and base. The focus of research investigated the base hydrolysis in coffee pulp and water hyacinth an anaerobic process for organic material reduction and biogas pressure. The research design in laboratory conduct of organic materials reduction on coffee pulp and water hyacinth used Completely Random Design (CRD). Anaerobic treatments were without hydrolysis (H1), only the coffee pulp with hydrolysis (H2), only water hyacinth with hydrolysis (H3) and all with hydrolysis (H4). The analysis of variance with significantly ($p < 0.05$) showed all treated differently. Anerobic treatment of the coffee pulp and water hyacinth (H4) had the highest value organic material reduction. The efficiencc of organic material reduction i.e.BOD, COD, dan C/N ratio was in sequence namely 64.22 ± 0.02 ; 75.23 ± 0.02 dan 52.55 ± 0.04 . Biogas pressure on H4 treatment is an average of 0.68 g/cm/day.

Key word: *biogas pressur, Eichornia crassipes, lignin, NaOH*

Abstrak

Limbah pengolahan kopi berupa kulit kopi dan air limbah yang berpotensi mencemari lingkungan. Eceng gondok dianggap sebagai gulma yang berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan juga. Bahan – bahan tersebut mengandung bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi. Namun kulit kopi dan eceng gondok mengandung lignin yang menghambat reduksi bahan organiknya. Hidrolisis basa merupakan metode pemecahan struktur kimia lignin menggunakan senyawa basa atau asam kuat. Tujuan dari penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh hidrolisis basa kulit kopi dan eceng gondok pada proses anaerobik terhadap reduksi bahan organik dan tekanan biogas. Perlakuan reduksi bahan organik pada limbah kulit kopi dan eceng gondok menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan proses anaerobik ini terdiri atas tanpa hidrolisis (H1), hanya kulit kopi dengan hidrolisis (H2), hanya eceng gondok dengan hidrolisis (H3) dan kulit kopi dan eceng gondok dengan hidrolisis (H4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan H1-H4 berbeda nyata berdasarkan uji *analysis of variance* (ANOVA) dengan tingkat signifikansi 5%. Proses anaerobik menggunakan perlakuan kulit kopi dan eceng gondok (H4) memiliki nilai reduksi bahan organik tertinggi. Nilai efisiensi penurunan bahan organik ini berupa BOD, COD dan rasio C/N secara berurutan yaitu 64.22 ± 0.02 ; 75.23 ± 0.02 dan 52.55 ± 0.04 . Tekanan biogas pada perlakuan H4 adalah rata – rata sebesar 0.68 g/cm/hari.

Kata kunci: *Eichornia crassipes, lignin, NaOH, tekanan biogas*

Diterima: 16 Januari 2020; Disetujui: 21 Maret 2021

Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu komoditi unggulan di Indonesia. Secara umum, proses pengolahan kopi dibagi menjadi 2 jenis yaitu metode basah dan kering. Proses pengolahan kopi secara basah menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat (*pulp* kopi) yang dihasilkan dari pengolahan kopi mencapai hampir 60% dan air limbah yang dihasilkan sebesar 7 - 9 m³/ton biji kopi. Air cucian limbah kopi mengandung *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 3.000 – 11.000 mg/L, *Biochemmical Oxygen Demand* sebesar (BOD) 2.000 – 5.000 mg/L, dan nilai total N 200 – 500 mg/L (Novita et al., 2018; Novita et al., 2019). Kandungan bahan organik pada air limbah pengolahan kopi yang diindikasikan oleh nilai BOD dan COD tersebut berpotensi mencemari lingkungan karena melebihi baku mutu yang berlaku. Merujuk pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 batas maksimum nilai BOD dan COD bagi usaha pengolahan kopi secara berurutan sebesar 90 mg/L dan 200 mg/L. Salah satu metode pengolahan air limbah yang sudah dilakukan adalah fitoremediasi menggunakan eceng gondok. Eceng gondok merupakan tanaman perairan yang memiliki kemampuan berkembang biak yang cepat, dianggap sebagai gulma, dan berpotensi mencemari badan air jika tidak dimanfaatkan. Tanaman ini berfungsi untuk menyerap polutan dalam air.

Menurut Novita et al. (2015), eceng gondok berfungsi sebagai biofilter alami dapat mereduksi bahan organik dengan indikator COD dan BOD 97.50%. Namun metode ini menimbulkan limbah kembali berupa eceng gondok sisa hasil fitoremediasi. Proses anaerobik merupakan salah satu alternatif penanganan limbah pada yang dapat menghasilkan gas metan untuk sumber energi. Penanganan ini berpotensi meningkatkan nilai guna bahan – bahan pertanian seperti kulit kopi dan eceng gondok.

Proses anaerobik memerlukan bahan organik, yang dapat diperoleh dari biomassa (Vitèz et al., 2016; Kartini et al., 2018). Kulit kopi dan eceng gondok merupakan sumber bahan organik berupa karbon (C) dan nitrogen (N). Biofermentasi dalam digester anaerobik memerlukan C dan N sebagai sumber energi alternatif berupa biogas dan media pertumbuhan mikroorganisme pengurai (Jørgensen, 2009). Kulit kopi dan eceng gondok memiliki rasio C/N yang bervariasi. Kandungan nilai rasio C/N pada kulit kopi adalah sebesar 40,02 (Nguyen et al., 2013; Valenti ah et al., 2015) sedangkan rasio C/N eceng gondok adalah 10-20 (Munkar dkk. 2017). Hal tersebut diprediksikan akan mempengaruhi produksi volume dan komposisi biogas yang dihasilkan (Desrial dan Wulandani, 2014; Novita et al., 2018; Novita et al., 2019). Selain variasi input, kandungan hemiselulosa berupa lignin akan

mempengaruhi produksi biogas. Bahan tersebut dapat menghambat kinerja mikroorganisme dalam mereduksi bahan organik pada kulit kopi dan eceng gondok, sehingga mempengaruhi produksi biogas (Kumar dan Wyman, 2013).

Lignoselulosa yang tersusun atas matriks selulosa dan lignin yang berikatan melalui rantai hemiselulosa (Kulshreshtha dan Shinde, 2012). Lignin merupakan bahan yang menghambat konversi lignoselulosa menjadi etanol (Bahadori, 2014). Lignin menyelubungi selulosa, sehingga glukosa sulit terbentuk. Pemecahan atau pelonggaran struktur kimia lignin merupakan metode meningkatkan kinerja enzim untuk mempercepat konversi selulosa.

Hidrolisis basa merupakan salah satu metode pemecahan ikatan kimia pada lignin tanpa menghilangkan senyawa polisakarida dan menimbulkan efek korosif (Wonglertarak dan Wichitsathian, 2014). Penggunaan natrium hidroksida (NaOH) pada metode ini terbukti dapat merenggakan ikatan lignin dengan hemiselulosa (Kurniaty dkk., 2017). Sejalan dengan fakta tersebut hidrolisis basamampu meningkat reduksi bahan organik mencapai 50% pada proses anaerobik (Wonglertarak dan Wichitsathian, 2014). Disisi lain NaOH merupakan katalis yang cukup baik pada proses hidrolisi daripada H₂SO₄, H₂PO₄, dan Ca(OH)₂ (Zhang et al., 2018). Tujuan dari penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh perlakuan hidrolisis basa menggunakan NaOH pada kulit kopi dan eceng gondok pada proses anaerobik terhadap reduksi bahan organik serta tekanan biogas.

Metode Penelitian

Preparasi Sampel

Biomassa dari penelitian ini terdiri atas air limbah pengolahan kopi, kulit kopi, dan eceng gondok. Teknik pengambilan sampel air limbah pengolahan kopi berdasarkan SNI 2008:58 menggunakan botol sampel. Kulit kopi diperoleh dari perkebunan kopi rakyat di Kecamatan Silo dan eceng gondok diperoleh dari hasil penelitian fitoremediasi dan rawa di Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember. Kedua bahan dibilas dengan air bersih.

Preparasi Starter

Starter diperoleh dari inkubasi kotoran sapi selama 14 hari pada kondisi anaerobik. Tahapan inkubasi ini terdiri atas pencampuran kotoran sapi dan air dengan perbandingan 1:1, inkubasi anaerobik pada digester bervolume total 2 L dengan waktu 14 hari, serta dilakukan pengamatan biogas yang terbentuk pada kantong penampung gas. Terbentuknya biogas menjadi salah satu indikator keberadaan bakteri metanogen dan *starter* siap untuk diaplikasikan.

Hidrolisis Eceng Gondok dengan NaOH

Eceng gondok dipotong kurang lebih 1-2 cm. kemudian dikeringkan pada 103°C dalam oven selama 3 jam. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada bahan baku. Sebanyak 20 g sampel eceng gondok yang sudah dipotong ditambahkan 20 mL aquades dan 20 g eceng gondok ditambahkan 20 mL larutan NaOH dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, dan 6%. Selanjutnya dipanaskan di oven dengan suhu 121°C selama 30 menit, kemudian pH dikondisikan netral dan dikeringkan kembali pada suhu 50°C selama 2 hari. Konsentrasi NaOH yang optimal dapat diketahui dengan banyaknya kadar lignin terurai pada masing masing konsentrasi NaOH. Kadar lignin yang dihasilkan adalah kadar lignin sisa yang selanjutnya dicari lignin terurainya. Penentuan kadar lignin terurai dilakukan dengan menggunakan metode KAPPA (SNI 0494).

Perlakuan Komposisi Input

Variasi perlakuan *input* berdasarkan jumlah larutan biomassa dan *starter* dalam percobaan yang dilakukan. Biomassa terdiri atas eceng gondok, air limbah pengolahan kopi, dan kulit kopi. Kedua bahan tersebut dimasukkan ke dalam bioreaktor menggunakan prinsip *batch*. Volume air limbah pengolahan kopi, eceng gondok, dan kulit buah kopi yang dimasukkan ke bioreaktor anaerobik masing – masing 250 mL. Kemudian ditambahkan 750 mL *starter*. Volume total dari *input* ini adalah 2 L. Semua perlakuan akan diinkubasi selama 14 hari dengan metode *batch*. Waktu ini dianggap optimal pada proses anaerobik menggunakan metode *batch* (Novita *et al.*, 2018). Variasi komposisi input atau *feeding* dapat dilihat pada tabel 1 dan menggunakan 2 kali pengulangan untuk setiap perlakuan.

Pengukuran Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Metode *winkler* merupakan salah satu cara untuk mengetahui kebutuhan oksigen biologi dan kandungan bahan organik (Novita *et al.*, 2018). Berdasarkan SNI 6989-72: 2009 penentuan BOD dapat dilakukan dengan pengurangan jumlah kandungan *Dissolved Oxygen* (DO₀) hari ke 0 dengan *Dissolved Oxygen* (DO₅) hari ke 5. DO₅ diperoleh setelah inkubasi dengan suhu 20°C. Analisis nilai DO sampel dengan pengenceran 0.001% dan penyiapan blanko pada botol *winkler*, kemudian ditambahkan reagen MnSO₄ 40% dan alkali iodida azida masing masing 2 mL. Jika sudah timbul endapan, dilakukan penambahan H₂SO₄ pekat dan dikocok hingga endapan menghilang. Larutan dipindahkan ke erlenmeyer dan dilakukan titrasi dengan Na₂S₂O₃ 0.025 N hingga terjadi perubahan warna menjadi kuning pucat. Tahap selanjutnya adalah penambahan indikator amilum 0,001% dan dilanjutkan titrasi hingga larutan

Tabel 1. Komposisi input pada digester anaerobik.

Kode Perlakuan	Bahan Baku	Volume (mL)	Keterangan
H1	Air limbah pengolahan kopi	250 mL	Kontrol
	Kulit kopi	250 mL	
	Eceng gondok	250 mL	
	<i>Starter</i>	750 mL	
H2	Air limbah pengolahan kopi	250 mL	Kulit kopi dihidrolisis
	Kulit kopi	250 mL	
	Eceng gondok	250 mL	
	<i>Starter</i>	750 mL	
H3	Air limbah pengolahan kopi	250 mL	Eceng gondok dihidrolisis
	Kulit kopi	250 mL	
	Eceng gondok	250 mL	
	<i>Starter</i>	750 mL	
H4	Air limbah pengolahan kopi	250 mL	Kulit kopi dan eceng gondok dihidrolisis
	Kulit kopi	250 mL	
	Eceng gondok	250 mL	
	<i>Starter</i>	750 mL	

berwarna bening.

$$DO = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{v - 4} \quad (1)$$

$$BOD = \frac{(BO_0 - BO_5) - (DO_0 - DO_5)(1 - P)}{P} \quad (2)$$

Keterangan:

DO : *Dissolved Oxygen* (mg O₂/L)

N : Nilai ekuivalen natrium tiosulfat

V : Volume botol *winkler* (mL)

BO₀ : DO hari ke 0 blanko (mg O₂/L)

BO₅ : DO hari ke 5 blanko (mg O₂/L)

DO₀ : DO hari ke 0 sampel (mg O₂/L)

DO₅ : DO hari ke 5 sampel (mg O₂/L)

P : Derajat pengenceran

BOD : *Biochemical Oxygen Demand* (mg O₂/L)

Pengukuran Chemical Oxygen Demand (COD)

Penelitian ini menggunakan metode spektrofotometri dalam pengukuran COD. Berdasarkan SNI 6989-2: 2004 penaksiran nilai COD dilakukan dengan mengamati panjang gelombang. Penyiapan blanko (*aquadest*) dan sampel dilakukan dengan menambakkannya pada reagen COD. Sampel dan blanko ditambahkan pada kuvet yang berisi reagen *High Range* (HR) masing – masing 0.2 mL. Tahapan selanjutnya adalah pemanasan menggunakan COD reaktor selama 2 jam dengan suhu 150°C. Setelah itu, tabung yang berisi sampel diletakkan pada rak besi dan didinginkan hingga mencapai suhu ruang ± 25°C. Kemudian, kuvet

dimasukkan ke spektrofotometer. Pembacaan nilai COD dilakukan dengan cara ditekan tombol *read* dan dilakukan pencatatan nilai dengan satuan mg/L yang tampil pada spektrofotometer.

Perhitungan Rasio C/N

Rasio C/N diperoleh dengan pengukuran unsur karbon (C) dan Nitrogen (N). Berdasarkan Eviati dan Sulaeman (2005), metode pengukuran karbon dan nitrogen secara berurutan yaitu *Walkey & Black* dan *Kjeldahl*. Pengukuran karbon dilakukan dengan penyiapan larutan $K_2Cr_2O_7$ 2 N dan H_2SO_4 . Preparasi sampel dilakukan dengan penambahan 5 g sampel, 5 mL $K_2Cr_2O_7$ 2 N dan 7 mL H_2SO_4 dihomogenkan serta didiamkan selama 30 menit. Pembuatan larutan standar dilakukan dengan penyiapan sampel sejumlah 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, 10 mL serta 12 mL dengan konsentrasi 250 ppm dan konsentrasi blanko 0 ppm C. Larutan standar dan blanko ditambahkan air bebas ion hingga mencapai 100 volume mL dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah itu dilakukan pembacaan pada spektrofotometer pada panjang gelombang 580.5 nm.

$$Kadar C = konsentrasi kurva standar \times s \times fk \quad (3)$$

Keterangan:

Konsentrasi kurva standar : Kurva regresi kadar C setelah dikurangi blanko

S : 100/mg sampel

Fk : Faktor koreksi kadar air = $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

Pengukuran total nitrogen dilakukan dengan memasukkan 1 gr sampel, katalis N 2 gr dan 10 mL H_2SO_4 pekat kemudian didestruksi dalam ruang asam hingga larutan berubah warna menjadi bening dan dingin. Dilakukan penambahan 10 mL air bebas ion dan 20 mL NaOH- $Na_2S_2O_3$ kemudian didestilasi hingga menghasilkan filtrate 75 mL. Larutan NaOH 0.1 Ns sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam gelas beker dan ditambah 3 tetes MR (merah metil), sebagai penampungan. Filtrat tersebut dititrasi menggunakan HCl 0.02 N hingga terjadi perubahan warna menjadi kuning jernih.

$$Kadar N Total (\%) = \frac{(A-B) \times a.HCL \times 14.008}{sampel (mg)} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

A : Volume titran HCl blanko (mL)

B : Volume titran sampel blanko (mL)

a : Normalitas HCl

Setelah nilai karbon dan totan nitrogen diketahui, dilakukan perhitungan nilai C/N. Nilai ini diperoleh dari perbandingan kadar C dan N pada setiap perlakuan.

$$\frac{C}{N} = \frac{Kadar C (\%) \times volume total (mL)}{Kadar N (\%) \times volume total (mL)} \quad (5)$$

Pengukuran Tekanan Biogas

Pengukuran tekanan biogas yang dihasilkan pada proses anaerobik menggunakan manometer terbuka yang merujuk pada penelitian Sholeh *et al.* (2012). Terdapat saluran pipa yang berbentuk huruf U yang diisi air. Saluran sebelah kiri dihubungkan dengan digester anaerobik dan saluran sebelah kanan berhubungan langsung dengan atmosfer. Perhitungan tekanan biogas yang dibentuk berdasarkan persamaan 6.

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta y \quad (6)$$

Keterangan: ΔP = Perubahan tekanan mutlak (N/m²); ρ = Massa jenis zat cair (1 atm = 76 cmHg = 1.033 kg/cm³); Δy = Perubahan ketinggian (m)

Analisis Data

Performa proses anaerobik dalam reduksi bahan organik diidentifikasi dengan efisiensi proses. Efisiensi penurunan pada proses anaerobik merupakan perhitungan untuk mengukur persentase polutan yang didegradasi pada setiap perlakuan. Perhitungan ini dilakukan pada parameter BOD, COD dan C/N.

$$Efisiensi (\%) = \frac{KA - KB}{KB} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:

KA : Nilai awal

KB : Nilai akhir

Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktornya adalah pengaruh perlakuan hidrolisis yang dijelaskan pada Tabel 1 dengan kode perlakuan H1, H2, H3, dan H4 terhadap reduksi bahan organik BOD, COD dan C/N. Pengujian data hasil perlakuan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan tingkat signifikansi ($p < 0.05$).

Hasil dan Pembahasan

Hidrolisis Lignin

Hidrolisis lignin bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi NaOH yang terbaik pada proses perenggangan ikatan kuat pada lignin dan hemiselulosa yang terdapat pada eceng gondok. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Permatasari *et al.*, (2015) dengan bahan baku yang berbeda, konsentrasi NaOH yang digunakan dalam proses hidrolisis secara berturut turut adalah 20 ppm, 40 ppm dan 60 ppm. Lignoselulosa yang tersusun atas matriks selulosa dan lignin yang berikatan melalui rantai hemiselulosa, harus dipecah sehingga lebih mudah dihancurkan oleh enzim selama proses hidrolisis. Ion OH⁻ dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan

lignin membentuk natrium fenolat (Sari *et al.*, 2014; Rilek *et al.*, 2017). Garam fenolat ini bersifat mudah larut.

Berdasarkan Gambar 2 didapatkan persamaan hubungan antara konsentrasi NaOH dengan kadar lignin terurai dengan persamaan $y = 2.065x - 2.723$ dan didapatkan $R^2 = 0.996$ dimana y adalah kadar lignin yang renggang dan x adalah konsentrasi NaOH. Dari grafik diatas diketahui bahwa dengan konsentrasi NaOH 20 ppm – 60 ppm didapatkan kadar lignin 1.27% - 9.53%. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap varian penurunan kadar lignin yaitu 99,60% yang diketahui dari nilai R^2 . Oleh sebab itu konsentrasi NaOH 60 ppm dapat digunakan pada penelitian selanjutnya untuk hidrolisis basa eceng gondok dan kulit kopi. Kurniaty *et al.* (2017), menjabarkan bahwa konsentrasi optimum NaOH pada percobaan delignifikasi pada tempurung kelapa sebesar 6–8%.

Efisiensi Penurunan BOD dan COD

COD merupakan pendekatan untuk mengetahui banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi polutan yang bersifat *biodegradable* dan *nonbiodegradable* secara kimia. Sedangkan BOD merupakan pendugaan jumlah oksigen yang digunakan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik yang mudah terurai.

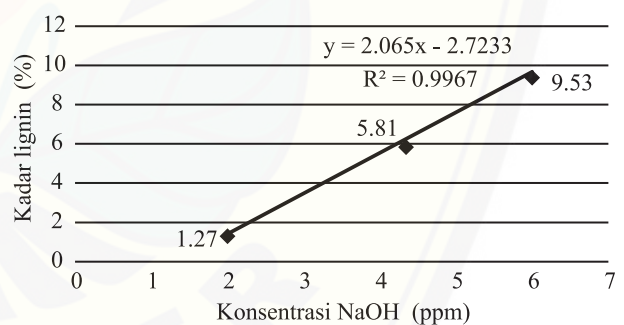
Pengurangan jumlah BOD dan COD mengindikasikan proses anaerobik berlangsung. Hal ini terjadi karena mikroorganisme memanfaatkan bahan organik untuk biofermentasi (Aslanzadeh *et al.*, 2013). Penurunan BOD dan COD dapat dilihat pada Gambar 3. Nilai BOD dan COD setelah penanganan proses anaerobik secara berurutan dengan rentang nilai 5775 – 3673 mg/L dan 5928.5 – 3259 mg/L. Nilai BOD dan COD belum memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Air Limbah dalam Kegiatan Usaha Pengolahan Kopi. Kondisi ini dimungkinkan terjadi akibat tingginya nilai BOD dan COD awal dengan nilai secara berurutan sebesar 9345 – 10730 mg/L dan 11912 – 12464.5 mg/L. *Effluent* tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran jika langsung dibuang ke lingkungan. *Effluent* dari proses anaerobik ini berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik. Akan tetapi metode ini memiliki kemampuan reduksi BOD dan COD yang cukup baik.

Efisiensi reduksi bahan organik menggunakan *pretreatment* hidrolisis basa lebih tinggi daripada tanpa hidrolisis basa. Reduksi BOD dan COD cenderung meningkat mulai dari H2 – H4. Nilai reduksi BOD pada perlakuan H1 – H4 secara berurutan yaitu $40.78 \pm 0.04\%$; $45.78 \pm 0.04\%$; 59.95 ± 0.04 dan 64.22 ± 0.02 . Nilai reduksi COD pada perlakuan H1 – H4 secara berurutan yaitu $54.81 \pm 0.01\%$; 67.72 ± 0.10 ; 70.72 ± 0.08 dan 75.23 ± 0.02 . Data tersebut menunjukkan *trend* peningkatan

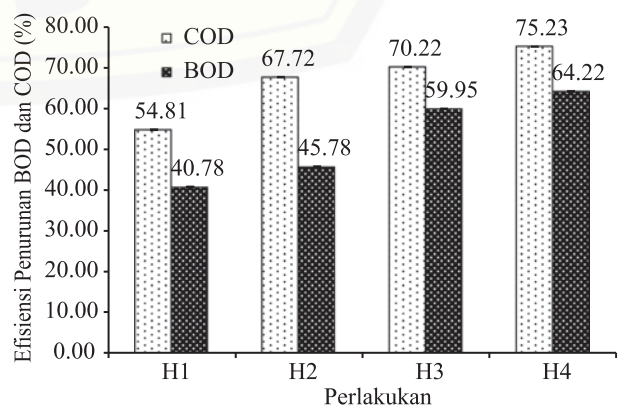
reduksi bahan organik. Namun reduksi BOD lebih sedikit dibandingkan COD. Kondisi disebabkan oleh ikatan senyawa kimia lebih kuat daripada aktivitas mikroorganisme dalam mereduksi bahan organik (Novita *et al.*, 2018).

H4 merupakan perlakuan dengan jenis bahan organik yang lebih banyak yaitu air limbah pengolahan kopi, kulit kopi dan eceng gondok yang dihidrolisis, serta *starter*. Variasi komposisi biomassa dapat meningkatkan potensi metanogenesis oleh bakteri metanogen (Sunarto *et al.*, 2013). Selain diestimasi jumlah mikroorganisme dan bahan organik seimbang sehingga proses degradasinya optimal. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Rambe *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kekurangan substrat pada fermentasi anaerobik meningkatkan daya saing mikroorganisme, sehingga potensi kematiannya cukup tinggi.

Secara umum proses anaerobik dengan *pretreatment* hidrolisis basa mampu mereduksi BOD dan COD mencapai 60–75%. Sehingga proses ini dikatakan cukup efektif untuk mereduksi bahan organik. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Nardin dan Mazzetto (2014), proses anaerobik dapat mereduksi COD dari limbah peternakan sebesar 70%. Berlangsungnya proses anaerobik diindikasikan oleh tingginya potensi reduksi COD dan peningkatan produksi gas metan (Rambe *et al.*, 2014). Pelakuan hidrolisis basa dapat mempercepat reduksi bahan organik contohnya lignoselulosa yang diindikasikan oleh BOD dan



Gambar 1. Grafik hubungan konsentrasi NaOH dengan kadar lignin.



Gambar 2. Grafik efisiensi penurunan BOD dan COD pada beberapa perlakuan.

COD oleh mikroorganisme. Perlakuan ini dapat merenggangkan ikatan kimia lignin dengan lignoselulosa (Rilek *et al.*, 2017). Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang sudah dilakukan. Reduksi BOD dan COD pada perlakuan H1, H2, dan H3 tidak lebih besar dibandingkan dengan H4 berdasarkan nilai efisiensi penurunannya.

Efisiensi Penurunan Rasio C/N

Rasio C/N merupakan indikator perbandingan karbon dan nitrogen yang terdapat pada bahan organik. Fungsi dari karbon adalah media pertumbuhan dan perbanyakkan sel, sedangkan nitrogen berfungsi sebagai sumber energi serta sintesa sel. Secara umum fungsi utama dari rasio C/N untuk bakteri metanogen adalah konversi substrat organik menjadi gas metana (Sunarto *et al.*, 2013). Penurunan rasio C/N mengindikasikan bahwa konversi substrat oleh mikroorganisme anaerobik menjadi biogas berlangsung.

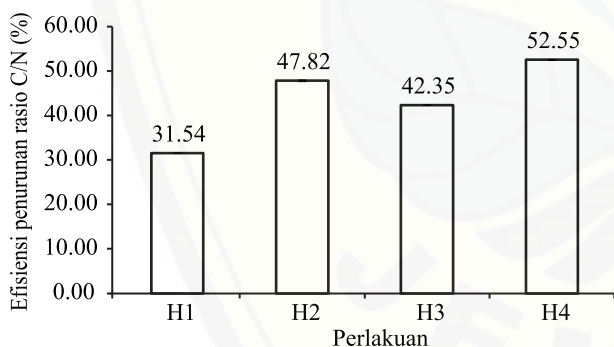
Efisiensi penurunan rasio C/N pada perlakuan H1 – H4 secara berurutan yaitu $31.54 \pm 0.02\%$; 47.82 ± 0.13 ; 42.35 ± 0.01 dan 52.55 ± 0.04 . Perlakuan hidrolisis basa berdasarkan efisiensi penurunan rasio C/N lebih tinggi daripada tanpa hidrolisis berdasarkan grafik pada Gambar 3. Hidrolisis merupakan salah satu proses utama yang penting dalam pengubahan polimer seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi monomer seperti glukosa, asam amino dan asam lemak (Adekunle dan Okolie, 2015). Penelitian lain menunjukkan bahwa lignin pada proses anaerobik mengisolasi

hemiselulosa. Lignin bersifat menghambat kerja enzim dan mikroorganisme hidrolitik dalam konversi karbohidrat menjadi asam piruvat dan glukosa (Kumar dan Wyman, 2013).

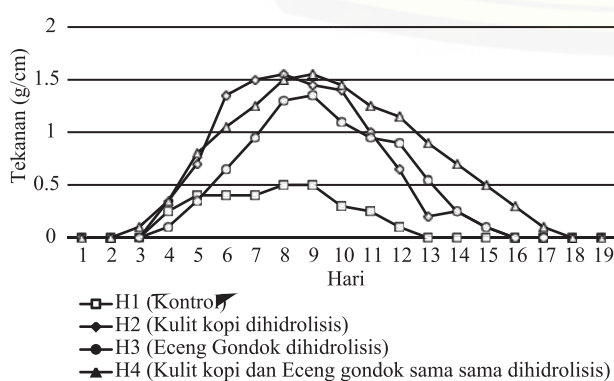
Reduksi rasio C/N dipengaruhi kandungan serat. Reduksi rasio C/N pada perlakuan H2 lebih besar daripada H3. Kondisi ini terjadi karena kandungan selulosa kulit kopi lebih besar daripada eceng gondok. Hasil penelitian Widjaja *et al.* (2017), kandungan selulosa pada *pulp* kopi tanpa dihidrolisis sebesar 58.36%. Adapun hasil penelitian Rilek *et al.* (2017), menunjukkan kadar selulosa tanpa dihidrolisis sebesar 32,58%.

Penurunan BOD, COD dan rasio C/N yang disebabkan oleh hidrolisis basa merupakan beberapa indikator reduksi bahan organik berlangsung. Perlakuan H1 menjadi pembanding dengan H2-H4 karena tidak dilakukan hidrolisis pada bahan baku *input* proses anaerobik. Hal ini didukung dengan hasil analisis data yang dilakukan. Uji statistika menggunakan ANOVA dengan satu faktor menunjukkan nilai F_{hitung} (4.26) lebih besar daripada F_{tabel} (4.20) dan tingkat signifikansi ($p < 0.05$). Sehingga perlakuan H4 merupakan alternatif yang paling tinggi dalam reduksi bahan organik pada kulit kopi dan eceng gondok.

Tingginya potensi reduksi disebabkan karena proses hidrolisis senyawa polimer secara biologi atau kimia tidak terhambat oleh lignin. Menurut Rilek *et al.*, (2017), hidrolisis basa pada eceng gondok dapat meningkatkan kandungan selulosa sebesar hampir 60%. Adapun penelitian Edahwati dkk. (2014), delignifikasi kulit kopi menggunakan etanol dapat menurunkan kandungan kadar lignin hingga hanya mencapai 3.1%. Selain itu, hidrolisis basa menggunakan NaOH dapat membantu pembentukan larutan *buffer* atau peyangga dan tidak bersifat korosif. Larutan ini berperan dalam menjaga pH proses anaerobik cenderung netral, sehingga hidrolisis, asidifikasi dan metanogenesis yang berjalan secara berantai tidak terganggu akibat *pretreatment* hidrolisis dengan NaOH (Hidayat, 2013).



Gambar 3. Grafik efisiensi penurunan rasio C/N pada beberapa perlakuan.



Gambar 4. Grafik dinamika tekanan biogas.

Tekanan Biogas

Reduksi bahan organik pada proses anaerobik akan menghasilkan biogas. Kondisi ini juga berlaku pada perombakan bahan organik yang terdapat pada limbah kulit kopi dan eceng gondok. Merujuk pada Gambar 4, rata – rata harian tekanan biogas pada perlakuan H1, H2, H3, dan H4 secara berurutan yaitu sebesar 0.16 g/cm/hari; 0.55 g/cm/hari; 0.45 g/cm/hari; dan 0.68 g/cm/hari. Peningkatan tekanan biogas pada semua perlakuan beragam. Tekanan biogas pada H1, H2, dan H3 cenderung meningkat pada hari ke – 4. Pada perlakuan H4 biogas cenderung meningkat lebih cepat yaitu pada hari ke – 3. Kemudian pada perlakuan tersebut tekanan biogas tidak ada lagi pada hari ke – 18. Perlakuan H4 menghasilkan tekanan biogas yang lebih lama

dibandingkan perlakuan H1, H2, dan H3. Tekanan biogas pada ketiga perlakuan terhenti pada hari ke – 13 hingga hari ke – 16.

Dinamika pembentukan tekanan biogas pada Gambar 4 menunjukkan bahwa perlakuan H4 memiliki tekanan yang lebih besar daripada perlakuan H1, H2, dan H3. Hal ini didukung oleh hasil analisis data yang dilakukan pada parameter tekanan gas disemua perlakuan. Uji statistika menggunakan ANOVA dengan satu faktor menunjukkan nilai F_{hitung} (3.71) lebih besar daripada F_{tabel} (2.73) dan tingkat signifikansi ($p < 0.05$). Hasil tersebut mengindikasikan bahwa semua kondisi perlakuan memiliki perbedaan secara nyata atau signifikan.

Penanganan terlebih dahulu berupa hidrolisis menggunakan NaOH 6% pada kulit kopi dan eceng gondok, terbukti berpengaruh positif terhadap peningkatan tekanan biogas yang dihasilkan. Penambahan NaOH akan meningkatkan perenggangan ikatan lignin dan mengurangi kristalisasi selulosa. Upaya ini dapat meningkatkan hidrolisis bahan organik sehingga menghasilkan glukosa dan xilosa yang akan dikonversi menjadi gas metana (Anukam *et al.*, 2019). Studi yang dilakukan oleh Sari dan Budiyo (2014), penambahan 6% NaOH pada pembentukan biogas dari limbah pertanian mampu meningkatkan produksi biogas sebesar 27.3 – 64.5 %. Secara umum NaOH memiliki kemampuan untuk melarutkan bahan baku biogas yang tidak mudah dilarutkan seperti selulosa, polisakarida, dan lemak. Penggunaan alkali untuk penanganan awal sebelum proses anaerobik memang mampu memperbaiki proses anaerobik (Kleerebezem and Joose, 2015; Mulat *et al.*, 2018). Indikasi lain yang menunjukkan dampak positif perlakuan hidrolisis basa adalah reduksi bahan organik. Bahan organik pada perlakuan H4 dengan indikator berupa nilai COD, BOD, dan rasio C/N berhasil direduksi dengan jumlah lebih dari 50%. Kondisi ini tentunya akan memengaruhi tekanan biogas yang timbul.

Simpulan

Perlakuan hidrolisis basa menggunakan 6% NaOH memiliki pengaruh yang positif sebagai *pretreatment* proses anaerobik untuk reduksi bahan organik pada kulit kopi dan eceng gondok. Hal ini ditunjukkan oleh nilai efisiensi penurunan kadar bahan organik yang diindikasikan oleh nilai BOD, COD, dan rasio C/N. Kulit kopi dan eceng gondok yang dihidrolisis (H4) memiliki nilai reduksi tertinggi bahan ini berupa BOD, COD dan rasio C/N secara berurutan yaitu 64.22 ± 0.02 ; 75.23 ± 0.02 dan 52.55 ± 0.04 . Adapun nilai rata – rata tekanan biogas tertinggi yaitu perlakuan H4 dengan sebesar 0.68 g/cm/hari. Akan tetapi nilai BOD dan COD

hasil penanganan proses anaerobik pada semua perlakuan (H1, H2, H3, dan H4) belum memenuhi baku mutu yang berlaku. *Effluent* berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik.

Daftar Pustaka

- Adekunle, K.F. dan J.A. Okolie. 2015. A review of biochemical process of anaerobic digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology* Vol. 6(3): 205–212. doi: 10.4236/abb.2015.63020
- Anukam, A., A. Mohammadi, M. Naqvi, dan K. Granstrom. 2019. A review of chemistry of anaerobic digestion: method accelerating and optimizing processes efficiency. *Processes* Vol. 7(504): 1-19. doi: 10.3390/pr7080504
- Aslanzadeh, S., K. Rajendran, A. Jeihanipour, dan M.J. Taherzadeh. 2013. The effect of effluent recirculation in a semi-continuous two-stage anaerobic digestion system. *Energies* Vol. 6(6): 2966–2981. doi: 10.3390/en6062966
- Bahadori, A. 2014. *Pollution Control in Oil, Gas and Chemical Plants*. Springer.
- Desrial dan D. Wulandani. 2014. Rancang bangun konverter biogas untuk motor bensin silinder tunggal. *Jurnal Keteknikan Pertanian* Vol. 2(1): 1-7.
- Edahwati, L., D. Suci dan D. Siswati. 2014. Penurunan lignin kulit buah kopi dengan metode organosolve. *Eksergi* Vol. 11(2): 7–10.
- Eviati dan Sulaeman. 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Hidayat, M.R. 2013. Teknologi Pretreatment bahan lignoselulosa dalam proses produksi bioetanol. *Biopropal Industri* Vol. 4(1): 33–48.
- Jørgensen, P.J. 2009. *Biogas - Green Energy* (2nd ed.). Aarhus University. Denmark.
- Kartika, A.M., F.L. Fitria dan M. Kadhafi. 2018. Pemanfaatan limbah produksi tape singkong sebagai sumber energi alternatif biogas dan briket untuk industri rumah tangga. *Warta Pengabdian* Vol. 12(2): 271-281. doi: 10.19184/wrtp.v12i2.7320.
- Kleerebezem, R. dan B. Joosee. 2015. Anaerobic digestion without biogas?. *Rev Envir on Sci Biotechnol* Vol. 14: 787-801. doi: 10.1007/s11157-015-9374-6.
- Kulshreshtha, A. dan C.P. Shinde. 2012. A review: general base catalysis hydrolysis of organophosphorus insecticides by different amines. *International Journal of Science and Research (IJSR)* Vol. 3(10): 2319–7064.
- Kumar, R. dan C.E. Wyman. 2013. *Physical and Chemical Features of Pretreated Biomass that Influence Macro-/Micro-Accessibility and Biological Processing*. John Wiley & Sons, Ltd. New Jersey. doi: 10.1002/9780470975831.ch14

- Kurniaty, I., U. Habibah, D. Yustiana dan I. Fajriah. 2017. Proses delignifikasi menggunakan NaOH dan amonia pada tempurung kelapa. *Jurnal Integrasi Proses* Vol. 6(4): 197–201. doi: 10.36055/jip.v6i4.2546
- Mulat, D.G., J. Dibdiakova dan S.J. Horn. 2018. Microbial biogas production from hydrolysis lignin: insight into lignin structural changes. *Biotechnology for Biofuels* Vol. 11(61): 1-16. doi: 10.1186/s13068-018-1054-7
- Munkar, G., Syafrudin dan W.D. Nugraha. 2017. Pengaruh C/N ratio pada produksi biogas dari daun eceng gondok dengan metode liquid anaerobic digestion (L-AD). *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol. 6(3): 1-8.
- Nardin, F. dan F. Mazzetto. 2014. Mapping of biomass fluxes: A method for optimizing Biogas-Refinery of livestock effluents. *Sustainability (Switzerland)* Vol. 6 (9): 5920–5940. doi: 10.3390/su6095920
- Nguyen, A.D., T.D. Tran dan T.P.K. Vo. 2013. Evaluation of coffee husk compost for improving soil fertility and sustainable coffee production in rural central highland of vietnam. *Resources and Environment* Vol. 3(4): 77–82. doi:10.5923/j.re.20130304.03
- Novita, E., H.A. Pradana S. Wahyuningsih, B. Marhaenanto, M.W. Sujarwo dan M.S.A. Hafids. 2019. Anaerobic digester variation for biogas production on coffee wastewater treatment. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* Vol. 8(3): 164-174. doi: 10.23960/jtep-l.v8i3.164-174
- Novita, E. S. Wahyuningsih, dan H.A. Pradana. 2018. Variation of input composition of anaerobic process on coffee wastewater treatment. *Jurnal Agroteknologi* Vol. 12(01): 43–57. doi: 10.19184/j-agt.v12i1.7887
- Novita, E., S. Wahyuningsih, S. Soekarno, dan B.S. Rukmawati. 2015. Circulation effect of Coffee wastewaterflow in water hyacinth phytoremediation. In *The 1st Young Scientist International Conference of Water Resources Development and Environmental Protection*, Malang, 5-7 June 2015.
- Permatasari, H.R., F. Gulo, dan B. Lesmini. 2015. Pengaruh konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH terhadap delignifikasi serbuk bambu (*Gigantochloa apus*). *Jurnal Pendidikan Kimia* Vol. 1(2): 131–140. doi: 10.36706/jppk.v1i2.1891
- Rambe, M., Iriany dan Irvan. 2014. Pengaruh waktu tinggal terhadap reaksi hidrolisis pada pra-pembuatan biogas dari limbah cair pabrik kelapa. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* Vol. 25 (1): 23–30. doi: 10.28959/jdpi.v25i1.672
- Rilek, N.M., N. Hidayat dan Y. Sugiarto. 2017. Hidrolisis lignoselulosa hasil pretreatment pelepah sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) menggunakan H₂SO₄ pada produksi bioetanol. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri* Vol. 6(2): 76–82. doi: 10.21776/ub.industria.2017.006.02.3
- Sari, F.P. dan Budiyo. Enhanced biogas production from rice straw with various pretreatment: a review. *Waste Technology* Vol. 2(1): 17-25. doi: 10.12777/wastech.2.1.2014.17-25.
- Sari, S.N. Sutisna, M., dan Y. Pratama. 2014. Biogas yang dihasilkan dari dekomposisi eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan penambahan kotoran sapi sebagai starter. *Reka Lingkungan* Vol. 2 (1): 1–10. doi: 10.26760/rekalingkungan.v2i1.%25p
- Sholeh, A., Sunyoto dan D.H. Al-Janani. 2012. Analisis komposisi campuran air dengan limbah kotoran sapi dan peletakan posisi digester terhadap tekanan gas yang dihasilkan. *Journal of Mechanical Engineering Learning* Vol. 1(1): 1–7.
- Sunarto, A. Pangastuti, dan E. Mahajoeno. 2013. Karakteristik metanogen selama proses fermentasi anaerob biomassa limbah makanan. *Jurnal Ekosins* Vol. 5(1): 44–57.
- Valentiah, F.V., E. Listyarini dan S. Prijono. 2015. Aplikasi kompos kulit kopi untuk perbaikan sifat kimia dan fisika tanah inceptisol serta meningkatkan produksi brokoli. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* Vol. 2(1): 147-154.
- Vítěz, T., T. Koutný, M. Šotnar dan J. Chovanec. 2016. On the spent coffee grounds biogas production. *ACTA* Vol. 64(4): 1279–1282. doi: 10.11118/actaun201664041279.
- Widjaja, T., T. Iswanto, A. Altway, M. Shovitri dan S. Rachmania. 2017. Methane production from coffee pulp by microorganism of rumen fluid and cow dung in co-digestion. *Chemical Engineering Transactions* 56: 1465–1470. doi: 10.3303/CET1756245
- Wonglertarak, W. dan B. Wichitsathian. 2014. Alkaline pretreatment of waste activated sludge in anaerobic digestion. *Journal of Clean Energy Technologies* Vol. 2(2): 118–121. doi: 10.7763/JOCT.2014.V2.104
- Zhang, H.Z., Ning, H. Khalid, R. Zhang, G. Liu dan C. Chen. 2018. Enhancement of methane production from cotton stalk using different pretreatment techniques. *Scientific Report* 8(3463): 1-9. doi:10.1038/s41598-018-21413-x