

Siluh Made Yulastini *et al* Sumber Mikroorganisme Pembentuk Gas
KAJIAN SELEKSI SUMBER MIKROORGANISME PEMBENTUK BIOGAS DARI
AIR LIMBAH INDUSTRI SAGU

(The selection of microbial source for biogas production from sago industrial wastewater)

Siluh Made Yulastini¹⁾, Udin Hasanudin²⁾ dan Erdi Suroso²⁾

¹⁾ Alumni Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas
Lampung Email : siluh_unila@yahoo.com

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas
Lampung. Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, Lampung 35145

ABSTRACT

Sago industry is one of the industries that generate wastewater with high levels of pollution load. High load of the wastewater can be reduced by anaerobic digestion methods. However, phenolic compounds derived from the sago trunk cause problems on the activity of microorganisms in anaerobic digestion. The purposes of this research were to select source of microorganisms which capable to decompose organic matter and to know their capabilities on biogas production from sago industrial wastewater. Sources of microorganisms used in this study were sludge from WWTP of sago industry, and microorganism, commercially known as Activated Growth and BioCK. Sago industry wastewater were fermented in stirred bioreactor. Each bioreactor contained 20% source of microorganisms and 80% of sago industry wastewater. Each treatment was adapted for 7 days and value of pH, SCOD, Total Suspended Solid (TSS), Volatile Suspended Solid (VSS) and the gas volume was analyzed on the eight day. The result showed that the best source of microorganisms which was capable of degrading organic matter from sago industry wastewater into biogas was the sludge from WWTP of sago industry. With the Hydraulic Retention Time (HRT) of 66 days, the sludge from WWTP of sago industry was able to reach 55.79% SCOD removal, biogas production of 200 mL, pH value of 5.75, TSS 17 187 mg / L, VSS 12 296 mg / L, ratio of VSS / TSS 0.7129 mgVSS / mgTSS,

Diterima : 19 Januari 2013
Disetujui : 28 Maret 2014

Korespondensi Penulis :
udinha@unila.ac.id

Keywords : biogas, phenolic, sago, SCOD removal, sludge, wastewater

PENDAHULUAN

Industri sago menghasilkan air limbah dengan tingkat beban pencemaran yang tinggi. Menurut Bujang and Ahmad (2000), untuk menghasilkan 1 kg tepung sago akan dihasilkan sekitar 20 liter air limbah. Bila hal ini berlangsung terus

menerus maka akan terjadi akumulasi limbah sago yang akan mengakibatkan pencemaran air sungai (Amos, 2010). Air limbah industri sago mengandung bahan organik dalam jumlah besar. Menurut Phang *et al.* (2000) dalam Singhal *et al.* (2008) Air limbah industri sago memiliki rasio karbon dan nitrogen yang sangat

tinggi yaitu (105:0,12). Bahan organik yang cukup tinggi dalam air limbah akan mempengaruhi kebutuhan oksigen mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik tersebut. Degradasi bahan organik pada air limbah sagu akan terganggu apabila terdapat senyawa yang mampu menghambat aktifitas mikroorganisme. Menurut Flach (1997) dalam Syakir *et al.* (2008), menyatakan bahwa dalam batang sagu terdapat asam asam fenolat. Komposisi senyawa fenolik batang sagu adalah kurang dari 1% sedangkan kadar lignin berkisar antara 9 hingga 22% (Pei-Lang *et al.*, 2006). Asam fenolat dapat bersifat racun bagi pertumbuhan mikroorganisme.

Menurut Jenie dan Rahayu (1993), limbah dengan kandungan bahan organik dalam konsentrasi tinggi sesuai untuk proses fermentasi anaerobik. Pengolahan air limbah secara anaerobik pada dasarnya merupakan penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme dalam kondisi tanpa oksigen dan menghasilkan biogas sebagai produk akhir. Biogas menjadi energi alternatif yang dapat dimanfaatkan bagi industri sagu mengingat industri sagu berada di kawasan yang terpencil dengan energi yang terbatas.

Sumber mikroorganisme yang digunakan merupakan mikroorganisme jenis pengurai. *Sludge* merupakan lumpur yang berasal dari kolam IPAL industri sagu sehingga diharapkan sumber mikroorganisme tersebut telah beradaptasi dengan air limbah industri sagu. *Activated Growth* PMV Chem 7275 dan BioCK merupakan mikroorganisme komersial

yang tergolong jenis mikroorganisme pengurai.

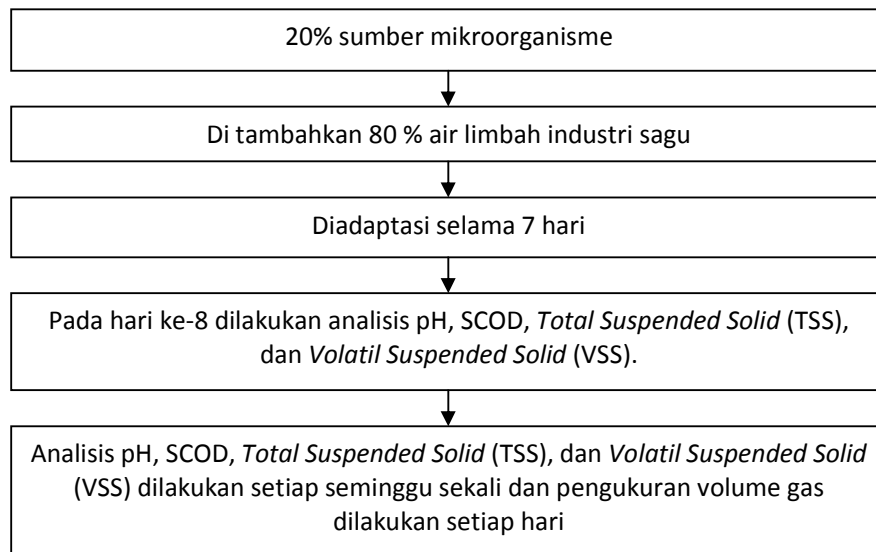
Tujuan penelitian adalah untuk menyeleksi sumber mikroorganisme yang mampu mendegradasi bahan organik dari air limbah industri sagu dan mengetahui kemampuan mikroorganisme tersebut dalam memproduksi biogas.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah air limbah sagu, *sludge* IPAL (PT NSP), *activated growth* DMV Chem 7275 (PT Dwimulya Mandiri Perkasa), mikroorganisme BioCK (PT Kaila Tauta R.), $K_2Cr_2O_7$ merek E. Merck, H_2SO_4 pekat, $HgSO_4$ merek E. Merck, Ag_2SO_4 merek J.T. Barker, aquades, aquabides. Peralatan yang digunakan dalam penelitian skala laboratorium adalah seperangkat bioreaktor yang dilengkapi erlenmeyer berukuran 1000mL, pompa, selang, *magnetic stirrer*, tabung pengukur gas, baskom, pH meter HM-20P, neraca analitik, desikator, *furnace* model EPTR-13K, reactor unit DRB200, HACH *spectrofotometer* DR/4000U, cawan porselen, oven, timbangan, *centrifuge*, gelas ukur, gelas beker, labu takar, spatula, pinset, penjepit, pipet-mikro, *bubble pipet*.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskripsi dengan menyajikan hasil pengamatan dalam bentuk tabel dan grafik dan kemudian dianalisis secara deskriptif. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Air limbah industri sagu difermentasi dalam bioreaktor bermagnetik stirer (bioreaktor 1, 2, dan 3). Sumber mikroorganisme berupa *Sludge*, *activated growth*, BioCK dan air limbah industri sagu dimasukkan ke dalam masing-masing bioreaktor. Setiap bioreaktor berisi sumber mikroorganisme yang berbeda dengan komposisi 20% sumber mikroorganisme dan 80% air limbah industri sagu. Masing-masing perlakuan diadaptasikan selama 7 hari. Pada hari ke-8 dilakukan analisis dengan mengeluarkan sedikit sample pada masing-masing bioreaktor. Analisis yang dilakukan yaitu nilai pH, SCOD, *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Volatil Suspended Solid* (VSS). Analisis nilai pH, *soluble chemical oxygen demand* (SCOD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan *Volatil Suspended Solid* (VSS) dilakukan setiap 1 minggu sekali dan pengukuran volume gas dilakukan setiap hari.

Pengamatan

1. Analisis pH

Analisis pH menggunakan pH meter HM-20P. pH meter dikalibrasi sebelumnya dengan menggunakan aquades kemudian sampel diletakkan dalam gelas beker, kemudian dicelupkan pH meter ke dalam sampel yang berada di gelas beker. (DKK-TOA Corporation, 2004).

2. Analisis S-COD (*soluble chemical oxygen demand*)

Sampel dimasukkan ke dalam tabung sentrifuge sebanyak 50 ml. Sampel tersebut kemudian disentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Sampel limbah yang terpisah dari padatan terlarutnya (supernatan) diambil sebanyak 0,2 ml atau 200 μ L menggunakan mikropipet. Masukkan ke dalam vial yang berisi reagen COD, kemudian dipanaskan dengan reactor unit DBR 200 pada suhu 150°C selama 2 jam. Sampel yang telah dipanaskan, dikeluarkan dan dibiarkan hingga dingin (suhu ruang) kemudian diukur nilai S-CODnya dengan HACH Spectrofotometri DR4000 (HACH Company, 2004).

3. Analisis TSS (*Total Suspended Solid*)

Sampel sebanyak 50 mL yang dimasukkan ke dalam tabung sentrifuge kemudian disentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Endapan yang terbentuk dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah dioven pada suhu 105°C selama 30 menit, dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit dan

telah diketahui berat keringnya. Cawan yang telah berisi endapan sampel tersebut dioven dengan suhu 105°C selama 2 jam. Setelah keluar dari oven, cawan yang berisi endapan sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang. Selisih berat cawan yang berisi sampel dengan berat kering cawan (dalam mg) dibagi dengan volume sampel (dalam L) merupakan nilai TSS (APHA, 1998).

Rumus perhitungan TSS:

$$TSS(mg/L) = \frac{B-A}{V}$$

Keterangan: A= berat cawan kering setelah di oven pada suhu 105°C selama 30 menit (mg)

B= berat cawan + sampel setelah dioven pada suhu 105°C selama 2 jam (mg)

V= volume larutan sampel (L)

4. Analisis VSS (*Volatil Suspended Solid*)

Analisi *volati suspended solid* (VSS) dilakukan dengan mengambil sampel pada analisis TSS. Sampel yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam elekterik furnace 600°C selama 40 menit, kemudian

dimasukkan ke desikator selama 15 menit dan ditimbang. Selisih antara penimbangan cawan yang dioven 105°C dengan cawan yang difurnace 600°C dan dibagi dengan volume sampel yang disentrifuge dalam liter (APHA, 1998).

Rumus perhitungan VSS:

$$VSS(mg/L) = \frac{B-C}{V}$$

Keterangan B= berat cawan + sampel setelah dioven pada suhu 105°C selama 2 jam (mg)

C= berat cawan + sampel setelah difurnace pada suhu 600°C selama 40 menit (mg)

V= volume larutan sampel (L)

5. Analisis Volume Gas

Analisis volume gas dilakukan secara manual dengan menggunakan tabung yang telah terhubung langsung dengan

bioreaktor. Tabung akan diisi dengan air sebagai indikator adanya penambahan gas. Pengamatan volume gas dilakukan setiap 24 jam sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

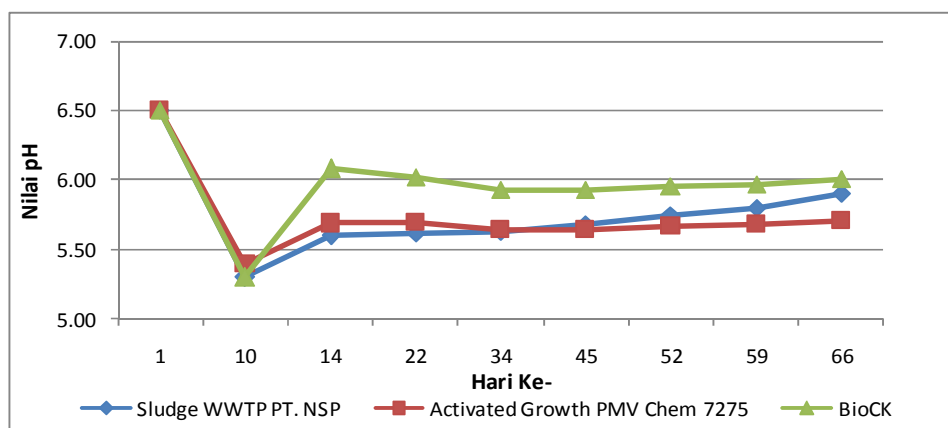
Karakteristik Air Limbah Industri Sagu

Karakteristik air limbah industri sagu memiliki kandungan bahan organik yang cukup tinggi, terlihat dari nilai COD senilai 9.210 mg/L sedangkan pH air limbah industri sagu mencapai 4,68. Air limbah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan nilai pH yang rendah dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Air limbah (efluen) dengan nilai COD yang tinggi dapat menimbulkan masalah pencemaran bila dibuang langsung ke

dalam suatu perairan, yang dapat menurunkan oksigen terlarut sehingga mengganggu keseimbangan ekologi dan bahkan menyebabkan kematian biota perairan lainnya. Menurut Wahyuni (2011) Sistem fermentasi anaerobik bekerja dengan bantuan mikroorganisme yang akan menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah menjadi gas metana dan karbon dioksida tanpa memerlukan oksigen.

Derajat Keasaman (pH)

Hasil pengamatan pH pada seleksi sumber mikroorganisme disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai pH air limbah sagu pada berbagai perlakuan

Gambar 2 menunjukkan nilai pH pada berbagai perlakuan cenderung meningkat namun masih di bawah nilai pH netral. Nilai pH pada hari pertama mencapai 6,50 karena adanya pengaturan pH dengan menambahkan NaOH. Proses pengaturan pH dimaksudkan untuk meningkatkan pH sebelum dilakukannya fermentasi dengan meningkatnya pH hingga nilai 6,50 diharapkan mikroorganisme bekerja dengan baik dalam mendegradasi dan membentuk

biogas. Nilai pH pada hari ke 10 terlihat penurunan mencapai 5,30. Nilai pH mengalami penurunan diduga akibat senyawa kompleks dari air limbah mengalami hidrolisis dan asidifikasi sehingga terjadi pembentukan senyawa asam yang mempengaruhi pH air limbah yang sedang difermentasi. Nilai pH rata-rata selama pengamatan yaitu 5,75 untuk sumber mikroorganisme *sludge*, 5,74 untuk *activated growth*, dan 5,97 untuk mikroorganisme BioCK. Nilai pH pada

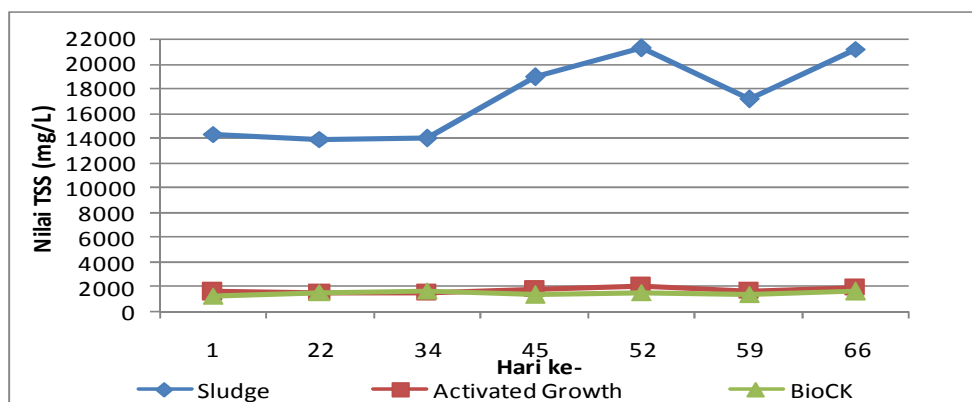
hari ke 66 dari berbagai perlakuan yaitu 5,90 untuk sumber mikroorganisme *sludge*, 5,71 untuk *activated growth*, dan 6,01 untuk mikroorganisme BioCK. Dari ketiga perlakuan yang dilakukan, sumber mikroorganisme mikroorganisme BioCK mampu mencapai pH optimum yaitu 6,01.

Sedangkan menurut Lestari *et al.* (2012) yang melakukan penelitian terhadap air limbah sagu selama *Start-up* pada Bioreaktor Hibrid Anaerob menunjukkan bahwa nilai pH relatif konstan selama proses start-up, yaitu berkisar 6,2-7,1. Nilai pH mengalami peningkatan yang lambat selama fermentasi diduga akibat mikroorganisme tidak mampu mendegradasi asam-asam organik volatil sehingga tidak terbentuk

buffer bikarbonat yang mampu menyeimbangkan pH hingga kondisi netral Grady dan Lim (1980) dalam Maryanti (2011).

Total Suspended Solid (TSS)

Analisis *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan untuk mengetahui jumlah bahan-bahan organik dan anorganik yang terakumulasi dalam bioreaktor yang merupakan sumber makanan bagi bakteri metanogenik. Nilai TSS yang stabil mampu memacu laju pertumbuhan bakteri metanogenik (Maryanti, 2011). Hasil pengukuran TSS dari beberapa sumber mikroorganisme yang digunakan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai TSS air limbah sagu pada berbagai perlakuan

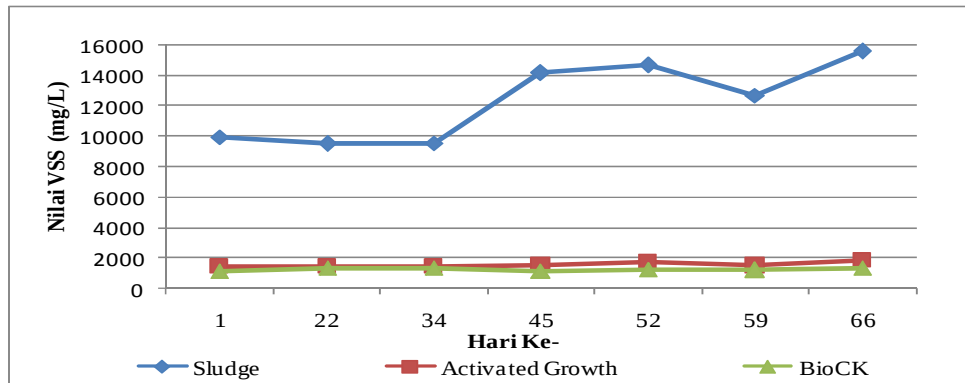
Gambar 3 menunjukkan TSS dari perlakuan dengan menggunakan sumber mikroorganisme berupa *Sludge* pada hari pertama mencapai 14.226 mg/L dan mulai mengalami peningkatan pada hari ke 34. TSS sumber mikroorganisme *Activated Growth* pada hari pertama 1.566 mg/L dan mengalami kenaikan pada hari ke 45. TSS dari perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme BioCK pada hari pertama 1.212 mg/L, meningkat pada hari ke 22.

Penyisihan TSS air limbah sagu menggunakan bioreaktor hibrid bermedia

batu dengan laju alir umpan 5 L/hari sebesar 71,29% (Iqbal *et al.*, 2012). Perlakuan dengan sumber mikroorganisme berupa *Sludge* memiliki nilai TSS yang tinggi, hal ini diduga akibat pengaruh penggunaan *sludge* berupa lumpur sehingga padatan tersuspensi didalam air limbah selama fermentasi bertambah.

Volatil Suspended Solid (VSS) dan Rasio VSS/TSS

Nilai VSS tertinggi dari perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme

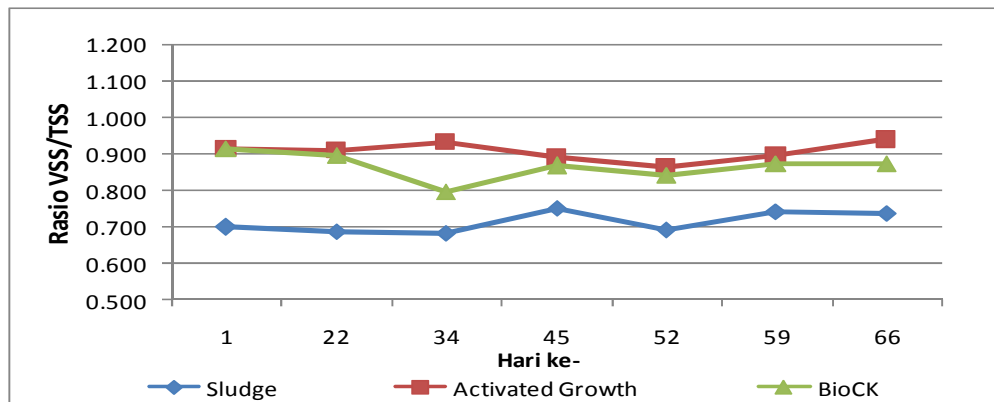


Gambar 4. Nilai VSS air limbah sagu pada berbagai perlakuan

Nilai *Volatil suspended solid* dari sumber mikroorganisme *Activated Growth* berada dibawah 2.000 mg/L. Nilai VSS perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme BioCK berada dibawah 2.000 mg/L. Menurut Hasanudin *et al.* (2007), semakin besar fluktuasi VSS akan semakin mengganggu kinerja bakteri metan dalam mendegradasi bahan organik

pada air limbah untuk menghasilkan biogas.

Rasio VSS/TSS menggambarkan nilai aktivitas biomassa sumber mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik di dalam air limbah selama fermentasi. Rasio VSS/TSS berbagai sumber mikroorganisme yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai rasio VSS/TSS air limbah sagu pada berbagai perlakuan

Gambar 5 menunjukkan nilai VSS/TSS terendah yaitu pada perlakuan dengan menggunakan sumber mikroorganisme berupa *Sludge*. Nilai rata-rata rasio VSS/TSS dari perlakuan dengan menggunakan sumber mikroorganisme berupa *Sludge* yaitu

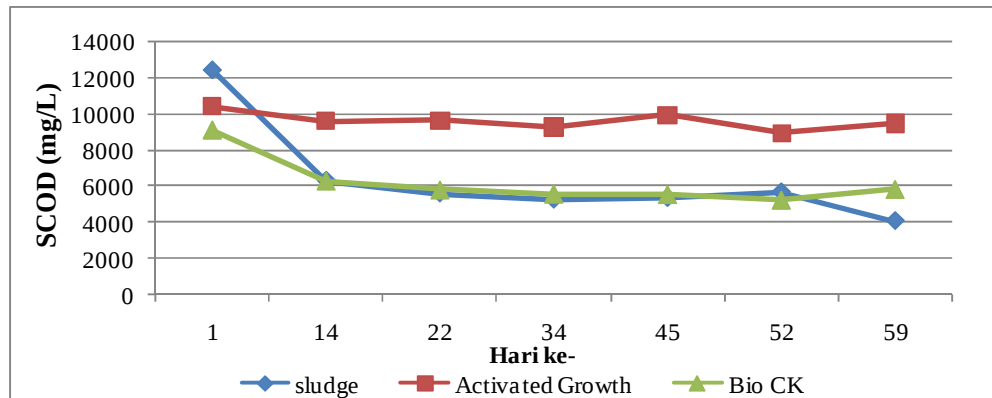
0,7129 mgVSS/mgTSS. Nilai rata-rata rasio VSS/TSS dari perlakuan dengan sumber mikroorganisme *Activated Growth* yaitu 0,907 mgVSS/mgTSS. Nilai rata-rata rasio VSS/TSS dari perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme BioCK yaitu 0,875 mgVSS/mgTSS.

Menurut Haandel dan Lubbe (2007) dalam Amelia (2012) mengungkapkan bahwa nilai aktivitas dari biomassa di dalam sumber mikroorganisme secara umum berkisar 0,70 mgVSS/mgTSS sampai dengan 0,85 mgVSS/mgTSS, atau berkisar 70-85%. Penelitian tahap seleksi sumber mikroorganisme ini memiliki nilai

aktivitas biomassa di dalam sumber mikroorganisme yang cukup baik.

Soluble Chemical Oxygen Demand (SCOD) dan SCOD Removal

Hasil pengukuran SCOD pada seleksi sumber mikroorganisme disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai SCOD air limbah sagu pada berbagai perlakuan

Gambar 6 menunjukkan penggunaan sumber mikroorganisme mempengaruhi terhadap nilai SCOD. Nilai rata-rata SCOD pada perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme *Activated Growth* yaitu 9616 mg/L. Nilai rata-rata SCOD perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme berupa *Sludge* yaitu 6371 mg/L. Nilai rata-rata SCOD perlakuan menggunakan sumber mikroorganisme BioCK yaitu 6196 mg/L. nilai SCOD pada hari ke 59 dari perlakuan sumber mikroorganisme berupa *Sludge* mengalami penurunan yaitu 4050 mg/L.

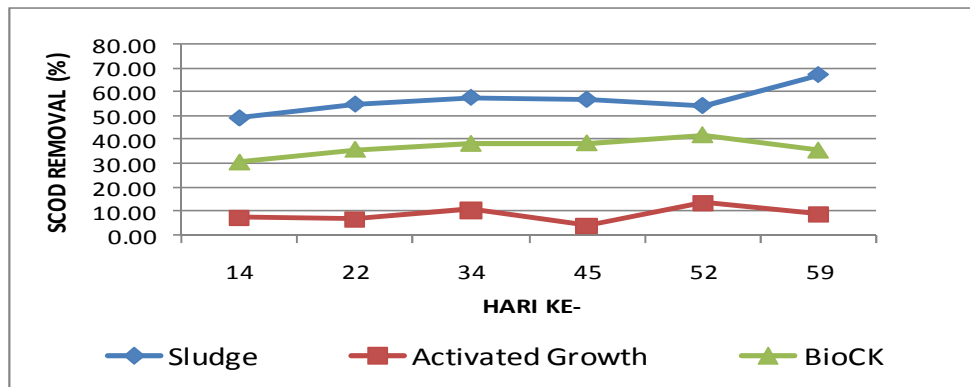
Gambar 6 menunjukan bahwa perbedaan sumber mikroorganisme menunjukan aktivitas mikroorganisme yang berbeda. Bioreaktor yang menggunakan *Activated Growth* sebagai sumber mikroorganisme memiliki nilai SCOD yang paling tinggi dibandingkan dengan sumber mikroorganisme berupa

Sludge dan mikroorganisme BioCK. Menurut Kusuma *et al.* (2012) Penyisihan COD air limbah pabrik sagu menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu pada laju pembebanan 12,5 kgCOD/m hari nilai COD mengalami penurunan sampai keadaan tunak sebesar 5000 mg/L dengan waktu 28 hari. Nilai SCOD yang masih relatif tinggi diduga mikroorganisme tidak mampu mendegradasi bahan organik selama fermentasi. Pada penelitian ini lambatnya penurunan SCOD diduga akibat adanya senyawa asam fenolik pada air limbah industri sagu yang dapat menghambat aktivitas mikroorganisme pembentuk metan.

Nilai SCOD yang mengalami penurunan selama fermentasi dapat dilihat dari nilai persentase SCOD removal. SCOD Removal atau penyisihan SCOD adalah kemampuan mikroorganisme dalam

mendegradasi bahan organik per satuan waktu di dalam bioreaktor. Persentase

SCOD removal berbagai perlakuan disajikan pada Gambar 7.



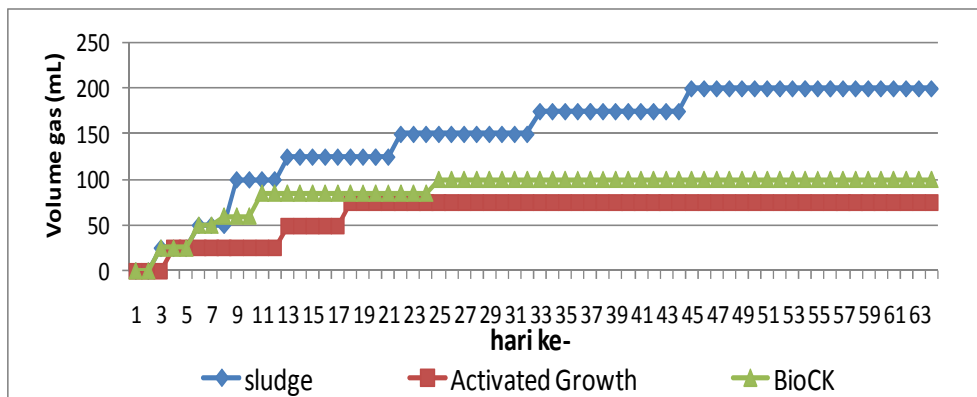
Gambar 7. Persentase SCOD Removal air limbah sagu pada berbagai perlakuan

Gambar 7 menunjukkan penurunan nilai SCOD yang paling baik yaitu pada perlakuan dengan sumber mikroorganisme berupa *Sludge*. Nilai rata-rata persentase SCOD removal yaitu 56,95% untuk perlakuan sumber mikroorganisme berupa *sludge*, 8,80% untuk sumber mikroorganisme berupa *Activated Growth*, dan 37,15% mikroorganisme yang berasal dari BioCK. Efisiensi penyisihan COD Menurut Kusuma, *et al.* (2012) Penyisihan COD air limbah pabrik sagu menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia batu Efisiensi penyisihan COD tertinggi didapatkan pada laju pembebanan organik 12,5 kgCOD/m³hari yaitu sebesar 90 %. Nilai persentase SCOD removal pada perlakuan dengan sumber mikroorganisme berupa *Activated Growth* memiliki persentase SCOD removal yang sangat kecil. Kecilnya nilai persentase SCOD removal pada perlakuan dengan sumber mikroorganisme dengan *Activated Growth* menunjukkan bahwa mikroorganisme tidak mampu mendegradasi bahan organik. Hal tersebut, diduga adanya senyawa asam fenolik dalam air limbah industri sagu

menyebabkan mikroorganisme mengalami lisis. Mikroorganisme yang mengalami lisis menyumbangkan beban bahan organik sehingga jumlah bahan organik di dalam air limbah mengalami peningkatan.

Pb roduksi Biogas

Air limbah yang dikelola secara fermentasi anaerobik akan mengalami perubahan substrat berupa bahan organik yang dirubah menjadi senyawa lain oleh bakteri asidogenesis dan metanogenesis. Perubahan bahan organik tersebut akan menjadi gas berupa CH₄ dan CO₂ atau sering disebut dengan biogas. Menurut Amelia (2012) proses pembentukan biogas dimulai dari tahap asidogenesis. Bahan organik diuraikan menjadi asam-asam volatil pada tahap tersebut. Asam-asam volatil dimetabolis menjadi metan dalam tahap berikutnya untuk menghasilkan gas metan yang merupakan salah satu komponen utama dari biogas. Potensi biogas diukur secara manula setiap harinya. Hasil pengukuran disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Produksi gas air limbah sagu pada berbagai perlakuan.

Gambar 8 menunjukkan potensi produksi biogas selama fermentasi air limbah industri sagu menggunakan sumber mikroorganisme yang berbeda. Gambar 8 menunjukkan produksi biogas cenderung lambat dan biogas yang dihasilkan sangat sedikit. Perlakuan dengan sumber mikroorganisme berupa *Sludge* sampai akhir masa fermentasi menghasilkan biogas sebanyak 200 mL. Perlakuan dengan sumber mikroorganisme dengan *Activated Growth* memproduksi biogas sebanyak 75 mL dan perlakuan dengan mikroorganisme yang BioCK hanya memproduksi 100 mL biogas.

Kecilnya potensi pembentukan gas dari air limbah industri sagu oleh mikroorganisme yang digunakan, diduga akibat adanya senyawa fenolik dalam air limbah sagu sehingga menghambat aktivitas mikroorganisme pembentuk metan. Adanya senyawa fenolik akan menjadi toksik terhadap mikroorganisme, senyawa fenolik mampu memecah sel mikroorganisme sehingga mikroorganisme menjadi mati dan tidak dapat mendegradasi bahan organik. Menurut Milasari *et al.* (2012), air limbah dengan kandungan senyawa fenol dengan kadar lebih dari 6mg/L tidak dapat didegradasi secara biologis dengan

menggunakan lumpur aktif. Diduga kandungan senyawa fenolik dalam air limbah industri sagu lebih dari 6 mg/L.

KESIMPULAN

Sumber mikroorganisme terbaik dalam mendegradasi bahan organik dan membentuk biogas dari air limbah industri sagu yaitu sumber mikroorganisme berupa *Sludge* dengan nilai SCOD removal 55,79 %, produksi biogas sebanyak 200 mL, pH 5,75, TSS 17.187 mg/L, VSS 12.296 mg/L, rasio VSS/TSS 0,7129 mgVSS/mgTSS, SCOD hari terakhir 4050mg/L. Perlu dilakukan penelitian lain untuk meningkatkan SCOD removal pada penanganan air limbah industri sagu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, J.R. 2012. Rekayasa Proses Aklimatisasi Bioreaktor Akibat Perubahan Substrat Dari Thinslop ke Vinasse. (Tesis). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 82 halaman.
- Amos. 2010. Dampak Limbah Pengolahan Sagu Skala Kecil Terhadap Mutu Air Anak Sungai Di Kelurahan Cibuluh Bogor.

- Jurnal Industri Hasil Perkebunan : 5(1289):32-39.
- APHA. 1998. *Standard Method For Examination of Wastewater 20th Edition*. American Public Health Association 1015. Fifteenth street, N. W. Washington DC 2005-2605. PP: 2-57-2-58
- Bujang, K. B. and F. B. Ahmad. 2000. Country Report Of Malaysia Production And Utilisation Of Sago Starch In Malaysia. Hlm 1-8. Proceeding Of International Sago Seminar. Bogor Agricultural University. Bogor.
- DKK-TOA Corpotation. 2004. G Series pH Meter HM-306/506/606 Instruction Manual DKK-TOA Corporation. Japan. 165 Halaman.
- HACH Company. 2004. DR/400 Spectrophometer Models 48000 and User Manual 08/04 3ed. HACH Company World Headquarters. Corolado.115 halaman.
- Hasanudin, U., E. Suroso, Risfaheri, dan Misgiyarta. 2007. Optimasi Fermentasi Air Limbah Tapioka Sebagai Sumber Biogas. Laporan Hasil Penelitian. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Iqbal, M., A. Ahmad, dan Irdoni. 2012. Efisiensi Penyisihan Kandungan Padatan Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Reaktor Hibrid Anaerob Dengan Variabel Laju Alir. Karya Ilmiah. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Jenie, B.S.L. dan W. P. Rahayu. 1993. Penanganan Limbah Industri Pangan. Kanisius. Yogyakarta. 180 halaman.
- Kusuma, Y. L., A. Ahmad dan Yelmida. 2012. Efisiensi Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi Tunak Dengan Variabel Laju Pembebanan Organik. Karya Ilmiah. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Lestari, A., A. Ahmad, dan I. Zahrina. 2012. Penyisihan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Limbah Cair Pabrik Sagu Menggunakan Bioreaktor Hibrid Anaerob Pada Kondisi *Start Up*. Karya Ilmiah. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Maryanti. 2011. Peningkatan Kinerja Reaktor Biogas Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Bioetanol Berbahan Baku Ubi Kayu. Tesis. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 101 Halaman.
- Milasari, N. I. dan S. B. Ariyani. 2010. Pengolahan Limbah Cair Kadar COD Dan Fenol Tinggi dengan Proses Anaerob Dan Pengaruh Mikronutrient Cu: Kasus Limbah Industri Jamu Tradisional. Skripsi. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Pei-Lang, A.T., A.M.D Mohamed, and A.A Karim. 2006. Sago Starch and Composition of Associated Componen In Palms Of Different Growth Stages. *Carbohydrate Polymers* 63:283-286.
- Phang, S.M., M.S.Miah, B.G. Yeoh, and M.A. Hashim. 2000. *Spirulina* Cultivation In Digested Sago Starch Factory Wastewater. *Journal of Applied Phycology* 12: 395–400.
- Singhal, R. S., J. F. Kennedy, S. M. Gopalakrishnan, A Kaczmarek, C. J. Knill, and P. F. Akmar. 2008. Industrial production, processing, and utilization of sago palm-derived products. *Carbohydrate Polymers* 72: 1–20.

Syakir, M., M.H. Bintoro, H. Agusta dan Hermanto. 2008. Pemanfaatan Limbah Sagu Sebagai Pengendalian Gulma pada Lada Perdu. Jurnal Littri 14(3):107–112.

Wahyuni, S. 2011. Menghasilkan Biogas Dari Aneka Limbah. Agromedia. Jakarta. 104 halaman.