

## Optimisasi produksi biogas dari limbah lateks cair pekat dengan penambahan logam

*Optimization of biogas production from concentrated-latex effluent with addition of metals*

Irma KRESNAWATY<sup>1)</sup>, I. SUSANTI<sup>2)</sup>, SISWANTO<sup>1)</sup> & TRI-PANJI<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup> Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor 16151, Indonesia

<sup>2)</sup> Jurusan Kimia, Sekolah Pascasarjana, Universitas Indonesia, Indonesia

### Summary

*The treatment of concentrated-latex effluent process applied in the field presently, has not obtain optimum additional benefits. Besides that, the technology using ponding system needs wide area and causes air pollution that such a way caused conflicts with society. The application concept of clean industry: reuse, reduction, recovery and recycling, makes the possibilities to convert the effluent to be usefull products. One of the alternative effluent process is by utilizing it as the source of renewable energy, that is in the form of biogas as an alternative energy. The preliminary research showed that the use of spontaneous latex skim coagulation, the addition of 1% manure as source of seed, and leaf biomass as the source of carbon could increase the biogas production. This research was carried out to optimize biogas production by adding metal ion and to observe the parameters which influenced every stage of biogas production. At the beginning of the process, pH showed increasing due to the hydrolysis process that generally occured in acid condition, but it remained stable (6.6-7.7) in the next steps, whereas, the VFA value as well as BOD value tended to increase. COD value had fluctuative inclination caused by the conversion of organic compounds to produce biogas and the hydrolysis process of leaf biomass to organic compounds that decomposed to further biogas. The best result of biogas production was showed by addition of*

*Fe<sup>3+</sup> with optimum concentration 0.50 mg/L effluent.*

[Keywords: Concentrated-latex effluent, biogas production, effluent treatment].

### Ringkasan

Pengolahan limbah lateks pekat yang diterapkan di lapangan saat ini belum menghasilkan produk dengan nilai tambah yang optimum. Selain itu, teknologi sistem kolam memerlukan lahan luas dan menimbulkan pencemaran bau, sehingga sering terjadi konflik dengan masyarakat. Penerapan konsep produksi bersih: *reuse, reduction, recovery* dan *recycling* memungkinkan limbah lateks pekat diolah menjadi berbagai produk yang bermanfaat. Salah satu alternatif pengolahan limbah adalah memanfaatkannya sebagai sumber energi yang terbarukan, yaitu dalam bentuk biogas sebagai energi alternatif. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa penggunaan limbah lateks skim penggumpalan spontan, penambahan 1% pupuk kandang sebagai *seed* dan penambahan serasah sebagai sumber karbon dapat meningkatkan produksi biogas. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi produksi biogas dengan penambahan ion logam dan pengamatan perubahan parameter-parameter yang mempengaruhi setiap tahap produksi biogas. Nilai pH pada awal proses menunjukkan kenaikan

karena terjadi hidrolisis yang umumnya terjadi dalam suasana asam, tetapi nilai ini cenderung stabil pada tahap selanjutnya (pH 6,6 - 7,7), sedangkan nilai asam lemak volatil (VFA) maupun BOD semakin meningkat. Nilai COD cenderung fluktuatif karena proses konversi senyawa organik menjadi biogas dan proses hidrolisis serasah menjadi senyawa organik yang diuraikan menjadi biogas. Volume biogas tertinggi dihasilkan pada penambahan  $\text{Fe}^{3+}$  dengan konsentrasi optimum penambahan sebesar 0,50 mg/L.

### Pendahuluan

Penanganan limbah lateks di hampir seluruh pabrik lateks pekat di Indonesia dan Thailand menggunakan sistem kolam anaerob-aerob yang memerlukan lahan yang luas dan pemeliharaan intensif (Ibrahim, 1986; Darussamin *et al.*, 1989). Metode penanganan ini membutuhkan biaya investasi dan operasional yang mahal (Tri-Panji *et al.*, 2007), serta masih menimbulkan permasalahan bau. Oleh sebab itu perlu diusahakan pengolahan limbah yang efisien dengan pemanfaatan limbah lateks secara optimum. Teknologi pengolahan berbasis produksi bersih (*reuse, reduction, recovery* dan *recycling*) perlu dikembangkan untuk mengatasi masalah limbah lateks pekat dan mendapatkan nilai tambah ekonomis. Salah satu alternatif pengolahan limbah adalah memanfaatkannya sebagai sumber energi yang ekonomis, yaitu dalam bentuk biogas. Teknologi biogas dilakukan dengan memanfaatkan kandungan bahan organik dari limbah lateks pekat untuk pertumbuhan mikroorganisme yang potensial menghasilkan biogas (Anunputtikul & Rodtong, 2004; Nagamani & Ramasamy, 2006).

Limbah lateks yang dibuang sebagai limbah memiliki nilai COD 25.000-

100.000 ppm, BOD 6.900-7500 ppm dan kandungan nitrogen total lebih dari 4.000 ppm (Darussamin *et al.*, 1989; Tri Panji *et al.*, 1995). Jumlah ini sangat potensial sebagai sumber karbon untuk produksi biogas. Sebagai perbandingan, limbah cair kelapa sawit (LCPKS) yang memiliki nilai COD lebih dari 50.000 ppm telah berhasil memproduksi biogas yang mencapai sekitar 100 L/m<sup>2</sup> jam pada permukaan kolam dengan kedalaman 5 m (Siswanto *et al.*, 2005). Proses gasifikasi limbah lateks pekat diperkirakan berlangsung lebih cepat dibandingkan gasifikasi LCPKS. Hal ini disebabkan limbah lateks pekat memiliki sumber karbon dalam bentuk gula yang mudah diuraikan dibandingkan serat pada LCPKS (Tri-Panji *et al.*, 2007).

Penelitian pendahuluan telah menghasilkan beberapa kondisi yang dapat mempercepat pembentukan biogas di antaranya: penggunaan limbah lateks yang berasal dari pengolahan spontan, penambahan *seed* sebagai sumber bakteri metanogenik dan penambahan serasah sebagai sumber karbon (Kresnawaty *et al.*, 2007). Selain membutuhkan nutrisi berupa sumber karbon, nitrogen dan fosfor sebagai sumber energi dan prekursor untuk sintesis komponen sel seperti polisakarida, protein dan asam nukleat, mikroba metanogenik juga membutuhkan garam-garam anorganik dalam jumlah mikro untuk mengendalikan tekanan osmosis internal dan sebagai kofaktor enzim (Adam, 1980). Dari percobaan yang telah dilakukan oleh Seenayya *et al.* (1992) menunjukkan bahwa penambahan kalsium (5 mM), kobalt ( $50 \mu\text{g g}^{-1}$  TS), besi (50 mM), magnesium (7,5 mM), molibdenum (10–20 mM), nikel ( $10 \mu\text{g g}^{-1}$  TS) baik secara tunggal maupun kombinasi dengan logam lain dapat me-

tingkatkan produksi biogas karena kondisi tersebut meningkatkan populasi bakteri metanogenik dalam reaktor.

Tahapan produksi biogas terdiri dari tahap hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis, dan metanogenesis. Tahap hidrolisis ditandai dengan penurunan padatan tersuspensi menguap (*volatile suspended solid/VSS*), kenaikan padatan terlarut total (*total dissolved solid/TDS*), kenaikan kebutuhan oksigen biologis (BOD). Pada proses asidogenesis perubahan kimia ditandai dengan penurunan pH, TDS, BOD dan COD. Pada proses asetogenesis ditandai dengan penurunan pH dan peningkatan asam lemak menguap (*volatile fatty acid/VFA*). Tahap metanogenesis yang merupakan tahapan terakhir adalah perubahan asam asetat menjadi gas metana dan CO<sub>2</sub>. Proses ini ditandai dengan kenaikan pH dan pembentukan gelembung-gelembung gas (Lane, 1980).

Pada penelitian ini dilakukan variasi penambahan logam tunggal Fe<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> dan molibdat, serta kombinasi keempatnya. Selanjutnya dari hasil terbaik dilakukan variasi konsentrasi untuk memperoleh konsentrasi penambahan logam optimum. Selain itu, penelitian ini juga mempelajari tentang perubahan parameter yang berhubungan dengan masing-masing tahap pembentukan biogas.

#### **Bahan dan Metode**

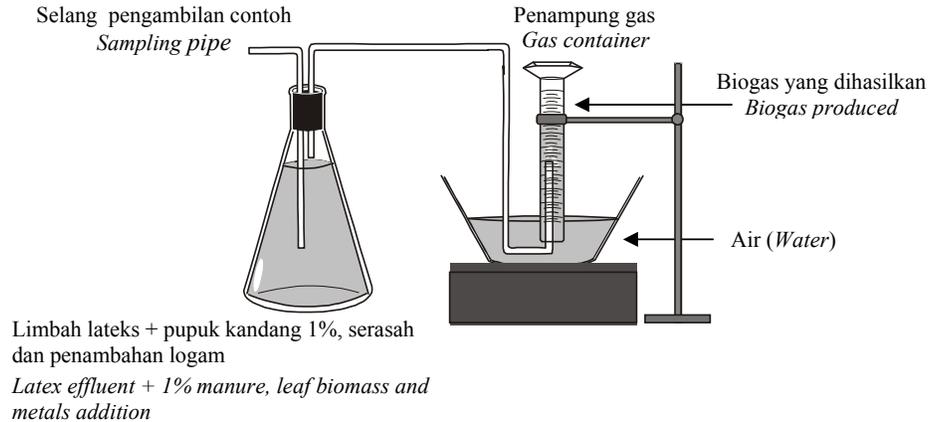
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah limbah lateks pekat yang keluar dari *rubber trap*, berasal dari perkebunan Jalupang, PTPN VIII, Jawa Barat. Sisa karet pada limbah lateks ini dibiarkan menggumpal tanpa penambahan bahan penggumpal (penggumpalan spontan). Bahan lainnya adalah: serasah

(daun kering) 100g/3L limbah lateks, pupuk kandang 1% b/v limbah, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O dan MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O sebanyak 125 g/L, FeCl<sub>3</sub> 0,25 g/L dan amonium molibdat 0,025 g/L yang dilarutkan dalam HCl 0,1 N.

Produksi biogas dilakukan dengan cara mencampurkan 3L limbah lateks dengan 30g pupuk kandang dan 100g serasah dalam botol gelas volume 3,5L. Biogas yang dihasilkan dialirkan ke dalam botol yang dipenuhi air dan dipasang dengan posisi terbalik (Gambar 1). Volume air yang terdesak sebanding dengan volume biogas yang dihasilkan. Tahapan proses pembentukan biogas diamati dengan cara melakukan *sampling* setiap dua hari selama tiga minggu dan mengukur parameter-parameter di antaranya : pH, VFA, TS, TDS, VSS, COD, dan BOD. Sebagai pembandingan, untuk percobaan pendahuluan, limbah lateks pekat juga digumpalkan dengan penambahan bahan penggumpal berupa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pekat masing-masing sebanyak 0,7% v/v limbah.

#### *Pengaruh penambahan logam terhadap produksi biogas*

Optimasi produksi biogas dilakukan dengan penambahan variasi kation logam. Logam ditambahkan dalam bentuk garam sebanyak 0,2 mL/L dengan variasi sebagai berikut: CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O; FeCl<sub>3</sub>; MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O; amonium molibdat; CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O + FeCl<sub>3</sub>; CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O + MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O; CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O + amonium molibdat; CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O + FeCl<sub>3</sub> + MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O + amonium molibdat (kombinasi) dan tanpa logam (kontrol). Selain itu diamati pula perubahan parameter-parameter yang berhubungan dengan tahapan produksi biogas, dengan prosedur sebagai berikut:



Gambar 1. Desain reaktor produksi biogas.  
*Figure 1. Reactor design of biogas production.*

1. Pengukuran pH dan VFA

Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter. Pengukuran VFA dilakukan menurut APHA (1980) dengan prosedur sebagai berikut:

Sebanyak 100mL contoh disentrifugasi dengan kecepatan 1000rpm selama lima menit. Supernatan yang diperoleh diambil sebanyak 50mL atau diencerkan hingga 50mL ke dalam Erlenmeyer 250mL, ditambahkan 50mL akuades dan 5mL asam sulfat 50 %, kemudian dikocok agar asam tidak mengendap di dasar Erlenmeyer. Distilasi dilakukan selama 30 menit atau sampai diperoleh distilat sebanyak 150mL dan sebanyak 15mL distilat pertama dibuang. Distilat dititrasi dengan NaOH 0,1N dengan indikator fenoftalein sampai warna merah jambu. Faktor recovery (f) ditentukan dengan melakukan distilasi dengan standar asam asetat.

$$f = \frac{a}{b}$$

a = konsentrasi asam volatil dalam distilat (mg/L)

b = konsentrasi asam volatil dalam larutan standar (mg/L)

f = faktor recovery

$$\text{Kadar VFA (mg/L)} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 60000}{\text{mL contoh} \times f}$$

2. Pengukuran TS, TDS dan VSS

a. TS.

Kadar *total solid* diukur berdasarkan jumlah padatan (mg/L) yang tersisa pada pemanasan dengan suhu 103 - 105°C (Isa et al., 1980).

b. TDS.

Dianalisis menggunakan metode elektrometri dengan alat Orion 3 Star *Conductivitymeter*.

c. VSS.

Kadar VSS ditentukan berdasarkan padatan tersuspensi yang mudah menguap (mg/L) yang berada pada bagian tengah sampel setelah pengocokan dan pendiaman selama 45 menit. Padatan tersebut kemudian dikeringkan dalam tanur suhu 550°C selama dua jam (Isa *et al.*, 1980).

3. Pengukuran COD dan BOD

Pengukuran COD dan BOD dilakukan dengan metode standar APHA (1980).

4. Pengukuran jumlah gas yang dihasilkan

Perhitungan jumlah gas yang dihasilkan dilakukan dengan cara mengamati ruang udara pada botol penampung yang diisi air (penurunan volume air).

### **Hasil dan Pembahasan**

Limbah lateks skim yang masih mengandung kadar bahan organik tinggi (COD) lebih dari 25.000 ppm berpotensi sebagai medium pertumbuhan mikroba, salah satunya adalah bakteri metanogenik penghasil metana. Dekomposisi materi organik pada kondisi anaerob akan menghasilkan biogas (metana dan karbondioksida) dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pengeringan karet, sedangkan biosolid yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan pupuk (Reumerman, 2003; Anonymous, 2006). Dari hasil yang diperoleh dari penelitian pendahuluan (Gambar 2), didapat kondisi terbaik, yaitu: 1) penggunaan limbah lateks penggumpalan spontan karena memiliki rentang pH yang mendekati kondisi ideal, begitupun nilai C/N/P awal, 2) penambahan pupuk kandang 1% sebagai sumber bakteri metanogenik dan 3) penambahan serasah sebagai sumber

karbon untuk memperoleh C/N rasio yang mendekati kondisi ideal.

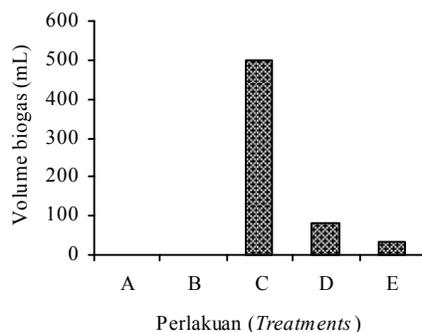
Hasil ini belum optimal, sehingga perlu dilakukan optimasi. Dari berbagai literatur dilaporkan bahwa produksi biogas dapat ditingkatkan dengan penambahan logam (Nagamani & Ramasamy, 2006). Untuk penelitian selanjutnya dilakukan penambahan logam dengan variasi jenis dan konsentrasi. Dari hasil penelitian pendahuluan diperoleh bahwa penambahan logam bivalen, yaitu:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  dan logam Mo dalam bentuk ion molibdat memberikan perubahan yang sangat signifikan pada produksi biogas dengan dihasilkannya biogas sebanyak 663,32mL hanya dalam 24 jam.

#### *Pengaruh penambahan logam terhadap produksi biogas*

Pada percobaan ini dilakukan penambahan logam baik secara tunggal maupun kombinasi dan dilakukan pengukuran parameter-parameter kimia sebagai parameter untuk pemantauan setiap tahap produksi biogas.

##### *1. Perubahan pH dan VFA*

Dari data pH yang diperoleh (Gambar 3a), terlihat bahwa pada hari ke-0 sampai ke-4 terjadi peningkatan pH dari rata-rata  $7,36 \pm 0,36$  menjadi rata-rata  $7,11 \pm 0,32$ . Tahapan ini merupakan tahapan hidrolisis optimum dimana  $\text{H}^+$  biasanya digunakan untuk mengkatalisis reaksi pemutusan ikatan polimerik pada polisakarida, lipid maupun protein, sehingga pH cenderung naik. Mulai hari keenam sampai kedelapan terjadi perubahan pH (penurunan dari rata-rata  $6,68 \pm 0,15$  menjadi  $6,64 \pm 0,07$ ) akibat dari asam-asam organik yang dihasilkan seperti asam butirat, propionat dan asetat yang merupakan tahapan yang



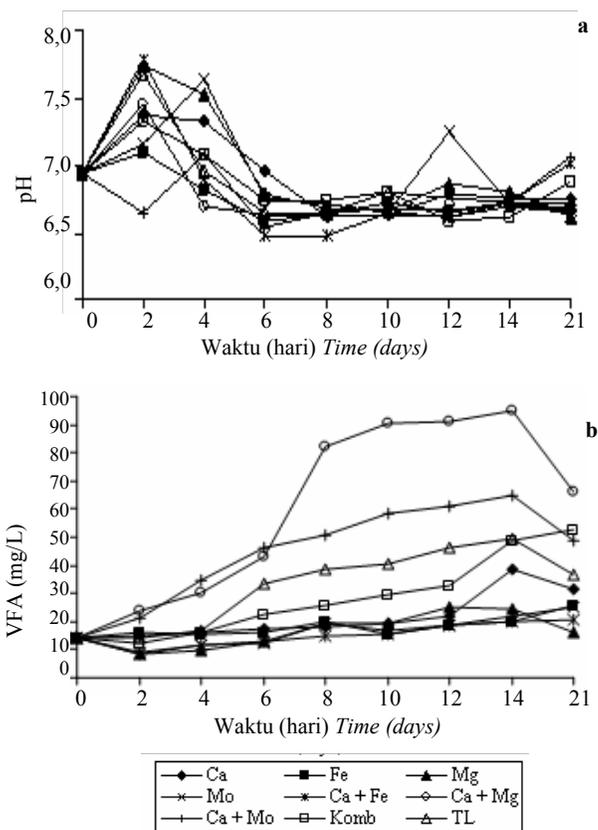
Gambar 2. Produksi biogas limbah lateks pada proses *batch* kapasitas 3L selama dua bulan dengan beberapa jenis penggumpalan dan perlakuan : A) Limbah lateks penggumpalan spontan, B) Limbah lateks penggumpalan dengan  $H_2SO_4$  0,7% dan serasah, C) Limbah lateks penggumpalan spontan dan pupuk kandang 1%, D) Limbah lateks penggumpalan dengan  $H_2SO_4$  0,7%, serasah dan pupuk kandang 1%, dan E) Limbah lateks penggumpalan dengan  $H_3PO_4$  0,7%, serasah dan pupuk kandang 1%.

Figure 2. Biogas production of latex concentrated effluent in batch process with 3L capacity during two months with several types of rubber coagulation and treatments : A) Latex effluent with spontaneous coagulation, B) Latex effluent with 0.7%  $H_2SO_4$  coagulation and leaf biomass, C) Latex effluent with spontaneous coagulation and 1% manure, D) Latex effluent with 0.7%  $H_2SO_4$  coagulation, leaf biomass and 1% manure, and E) Latex effluent with 0.7%  $H_3PO_4$  coagulation, leaf biomass and 1% manure.

didominasi tahap asidogenesis dan aseto-genesis. Pada hari berikutnya, pH cenderung mengalami peningkatan (dari rata-rata  $6,75 \pm 0,21$  menjadi  $6,78 \pm 0,16$ ) karena asam-asam organik diuraikan menjadi metana dan karbondioksida dan kemungkinan terbentuknya  $NH_3$  yang meningkatkan pH larutan. Perubahan pH yang terjadi masih berkisar pada rentang 6,6 - 7,7. Rentang pH ini mendekati kondisi ideal pertumbuhan bakteri metanogenik, yaitu: 6,8 - 7,2, sehingga pada aplikasi skala besar nantinya tidak diperlukan penyesuaian pH selama proses berlangsung.

Nilai VFA ditentukan sebagai parameter untuk mengetahui sejauh mana tahapan asidogenesis dan aseto-genesis terjadi. Asam organik yang mungkin terbentuk selama reaksi asidogenesis

adalah asam asetat, propionat, butirat, valerat bahkan isovalerat dan isobutirat, sedangkan pada tahap aseto-genesis produk utama yang dihasilkan adalah asam lemak volatil. Pengamatan (Gambar 3b.) menunjukkan bahwa terus terjadi kenaikan produksi VFA hingga hari ke-12. Pada awal proses sampai hari keenam, proses asidogenesis dan aseto-genesis berlangsung lambat, mungkin disebabkan proses yang terjadi didominasi oleh proses hidrolisis yang menghasilkan senyawa karbon yang akan diubah oleh bakteri asidogenik dan aseto-genik menjadi asam-asam organik. Kenaikan nilai VFA yang signifikan terjadi dari hari keenam sampai hari ke-14, yang mengindikasikan bahwa tahap ini didominasi oleh proses aseto-genesis. Penurunan jumlah VFA mulai terjadi pada hari ke-12 dan ke-14.



Gambar 3. Perubahan nilai a) pH dan b) VFA pada variasi penambahan jenis kation logam : 1)  $\text{Ca}^{2+}$ , 2)  $\text{Fe}^{3+}$ , 3)  $\text{Mg}^{2+}$ , 4) molibdat, 5)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ , 6)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , 7)  $\text{Ca}^{2+} + \text{molibdat}$ , 8) kombinasi dan 9) tanpa logam.

Figure 3. Changes of a) pH and b) VFA values on variation in the addition of kind of metal cations: 1)  $\text{Ca}^{2+}$ , 2)  $\text{Fe}^{3+}$ , 3)  $\text{Mg}^{2+}$ , 4) molybdate, 5)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ , 6)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , 7)  $\text{Ca}^{2+} + \text{molybdate}$ , 8) combination and 9) without metal.

## 2. Perubahan nilai padatan total (TS), padatan terlarut total (TDS), dan padatan tersuspensi volatil (VSS)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai TS (Gambar 4a) cenderung menurun. Hal tersebut terjadi karena bahan-bahan organik mengalami degradasi

pada saat proses hidrolisis. Adanya beberapa titik peningkatan padatan total menunjukkan serasah yang ditambahkan sudah terhidrolisis dan terurai menjadi molekul yang lebih kecil sehingga akan terbawa dalam sampel dan dihitung sebagai total padatan.

Pada reaksi hidrolisis, molekul kompleks yang ada dipecah menjadi molekul yang sederhana dan larut dalam air, yang akan ditunjukkan dengan peningkatan nilai TDS. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai padatan terlarut cenderung naik cukup tinggi pada hari kedua dan turun kembali di hari keempat (Gambar 4b). Hal ini terjadi karena bahan-bahan organik mengalami degradasi pada saat reaksi hidrolisis yang akan berubah menjadi senyawa yang larut dalam air. Pada saat reaksi hidrolisis masih berlangsung, zat terlarut tersebut digunakan untuk reaksi selanjutnya yaitu asidogenesis, sehingga total padatan terlarut turun kembali. Selama proses hidrolisis, padatan tersuspensi berkurang karena telah berubah menjadi terlarut. Turunnya nilai VSS disebabkan bahan organik yang ada sudah mengalami reaksi hidrolisis hingga reaksi metanogenesis. Akan tetapi apabila serasah sudah mulai terdegradasi, nilai VSS kembali meningkat (Gambar 4c). Perubahan nilai VSS bervariasi untuk setiap perlakuan.

Nilai TS, TDS dan VSS dari berbagai perlakuan menunjukkan kecenderungan yang sama. Nilai TS dan TDS tertinggi dimiliki oleh perlakuan dengan penambahan ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Hal ini dapat disebabkan fungsi  $\text{Ca}^{2+}$  dalam proses katabolisme bahan organik.

### 3. Pengukuran COD dan BOD

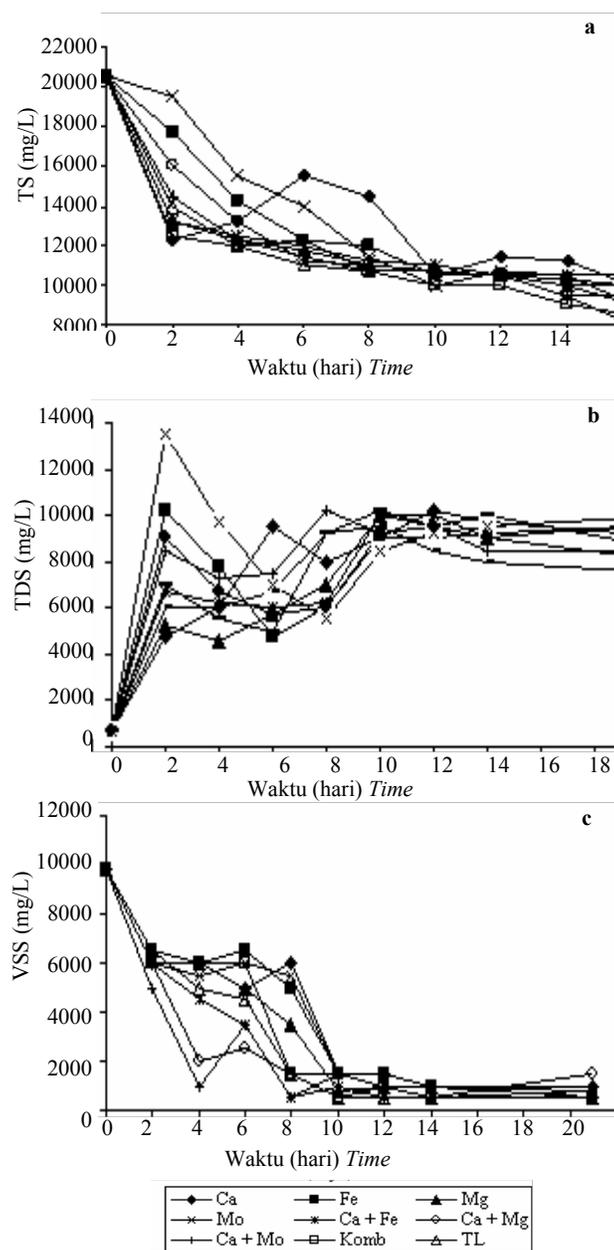
Nilai COD (Gambar 5a) terlihat berfluktuasi. Penurunan nilai COD dapat disebabkan telah terjadinya proses hidrolisis, sedangkan peningkatan COD dapat terjadi karena serasah yang ditambahkan mulai terdegradasi. Nilai BOD (Gambar 5b) cenderung mengalami peningkatan karena semakin meningkatnya bahan-bahan yang dapat didegradasi oleh

mikroba. Hal tersebut juga mengindikasikan terjadinya pertumbuhan bakteri.

Setiap perlakuan menunjukkan nilai fluktuasi yang berbeda, hal ini dapat dikarenakan perbedaan penggunaan masing-masing logam oleh bakteri dalam mendegradasi bahan-bahan organik (serasah). Ion  $\text{Ca}^{2+}$  menghasilkan peningkatan COD yang tertinggi, hal ini dimungkinkan sebab ion tersebut sangat berperan dalam transfer senyawa organik ke dalam dan ke luar sel. Sedangkan nilai BOD tertinggi dihasilkan oleh kombinasi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ , hal ini menunjukkan bahwa kondisi penambahan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  merupakan kondisi terbaik yang memungkinkan mikroba dapat tumbuh optimal. Tetapi, kondisi ini tidak otomatis menghasilkan produksi biogas yang optimal.

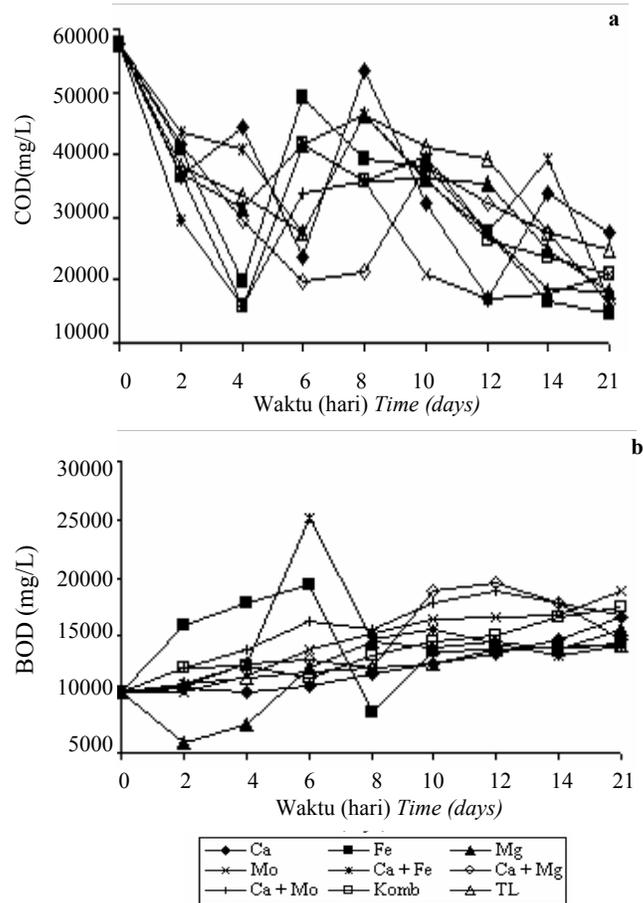
### 4. Produksi biogas

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kation  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  (Gambar 6) menghasilkan produksi biogas yang tinggi masing-masing: 1285 mL dan 1020 mL pada minggu ketiga, lebih banyak dibandingkan biogas yang dihasilkan pada penambahan ion logam tunggal lain maupun kombinasinya. Penambahan logam kombinasi tidak meningkatkan produksi biogas karena jumlah biogas yang dihasilkan jauh lebih kecil dibanding penambahan ion logam tunggal. Hal ini dapat disebabkan oleh kompetisi logam-logam tersebut untuk diserap oleh sel mikroba khususnya untuk logam-logam bervalensi dua karena kemiripan sifat fisiko-kimia. Kation  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  relatif murah dan mudah diperoleh sehingga dapat diterapkan di lapangan. Ion  $\text{Fe}^{3+}$  memiliki fungsi fisiologis yang penting pada proses produksi biogas. Hal ini



Gambar 4. Perubahan nilai a) TS, b) TDS dan c) VSS pada variasi penambahan jenis kation logam: 1)  $\text{Ca}^{2+}$ , 2)  $\text{Fe}^{3+}$ , 3)  $\text{Mg}^{2+}$ , 4) Molibdat, 5)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ , 6)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , 7)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Ca}^{2+} + \text{molibdat}$ , 8) kombinasi dan 9) tanpa logam.

Figure 4. Changes of: a) TS, b) TDS and c) VSS values on variation in the addition of kind of metal cations: 1)  $\text{Ca}^{2+}$ , 2)  $\text{Fe}^{3+}$ , 3)  $\text{Mg}^{2+}$ , 4) molybdate, 5)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ , 6)  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ , 7)  $\text{Ca}^{2+} + \text{molybdate}$ , 8) combination and 9) without metal addition.



Gambar 5. Perubahan nilai a) COD dan b) BOD pada variasi penambahan jenis kation logam: 1)  $Ca^{2+}$ , 2)  $Fe^{3+}$ , 3)  $Mg^{2+}$ , 4) molibdat, 5)  $Ca^{2+} + Fe^{3+}$ , 6)  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , 7)  $Ca^{2+} + molibdat$ , 8) kombinasi dan 9) tanpa logam.

Figure 5. Changes of: a) COD and b) BOD values on variation in the addition of kind of metal cations: 1)  $Ca^{2+}$ , 2)  $Fe^{3+}$ , 3)  $Mg^{2+}$ , 4) molybdate, 5)  $Ca^{2+} + Fe^{3+}$ , 6)  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , 7)  $Ca^{2+} + molybdate$ , 8) combination and 9) without metal addition.

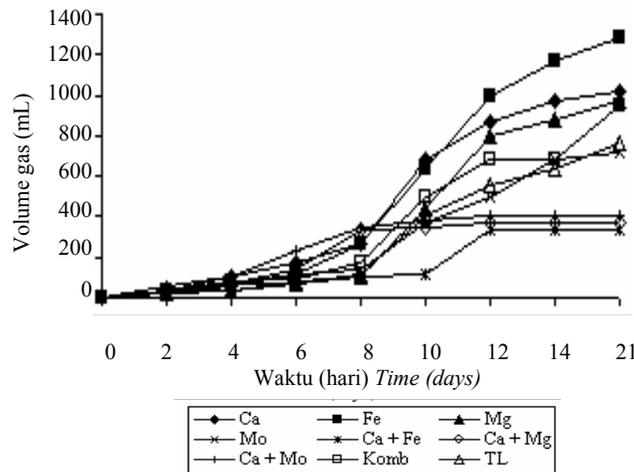
disebabkan pada proses anaerob biasanya sel akan kekurangan ion besi dan vitamin B (Warburg, 1956), sehingga penambahan  $Fe^{3+}$  akan mencukupi kebutuhan akan zat

tersebut. Selain itu menurut Lovley (1991)  $Fe^{3+}$  dan  $Mn^{4+}$  berperan sebagai sumber penerima elektron, sehingga organisme dapat mengoksidasi asam lemak, gula,

asam amino, hidrogen, ataupun berbagai senyawa monoaromatik yang akan menyediakan energi sebagai penunjang kelangsungan kehidupan mikroba tersebut. Proses ini melibatkan enzim  $Fe^{3+}$  oksidoreduktase yang juga menggunakan  $Fe^{3+}$  sebagai penerima elektron dari unsur sulfur (Sugio *et al.*, 1987) yang mungkin terdapat pada limbah lateks.

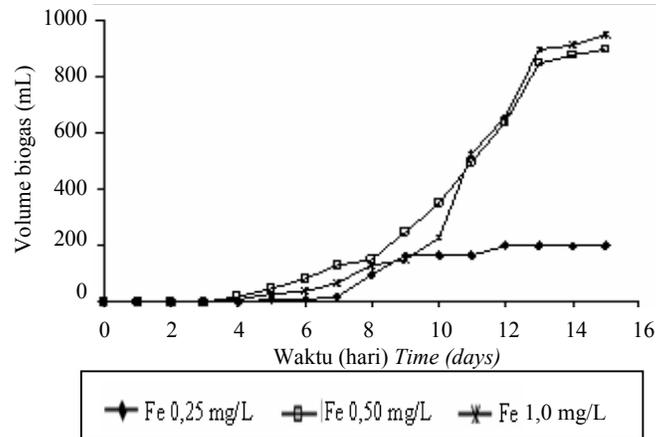
Berdasarkan hasil sebelumnya bahwa  $Fe^{3+}$  mampu mempercepat reaksi metanogenesis dan menghasilkan produksi biogas terbanyak, maka dilakukan variasi tiga konsentrasi  $Fe^{3+}$ , yaitu 0,25; 0,50; dan 1,0mg/L. Hasil pengamatan produksi biogas dengan variasi konsentrasi  $Fe^{3+}$  (Gambar 7), memperlihatkan bahwa konsentrasi  $Fe^{3+}$  0,50mg/L dapat meng-

hasilkan biogas yang hampir sama dengan konsentrasi yang lebih tinggi yaitu 1,0mg/L, tetapi berbeda dengan konsentrasi yang lebih rendah yaitu 0,25mg/L hingga hari ke-15. Berdasarkan hasil tersebut, konsentrasi  $Fe^{3+}$  0,50mg/L merupakan konsentrasi optimal penambahan  $Fe^{3+}$  dalam produksi biogas dari limbah lateks pekat. Hasil ini dapat terjadi karena adanya batasan maksimum penggunaan ion  $Fe^{3+}$  oleh mikroba. Kadar  $Fe^{3+}$  yang lebih dari jumlah yang bisa digunakan akan menyebabkan ion logam tersebut bersifat toksik karena dapat menyebabkan oksidasi senyawa-senyawa yang penting, seperti protein dan gula sederhana pada mikroba.



Gambar 6. Produksi biogas pada variasi penambahan jenis kation logam: 1)  $Ca^{2+}$ , 2)  $Fe^{3+}$ , 3)  $Mg^{2+}$ , 4) molibdat, 5)  $Ca^{2+} + Fe^{3+}$ , 6)  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , 7)  $Ca^{2+} + molibdat$ , 8) kombinasi dan 9) tanpa logam.

Figure 6. Biogas production on variation in the addition of kind of metal cations: 1)  $Ca^{2+}$ , 2)  $Fe^{3+}$ , 3)  $Mg^{2+}$ , 4) molybdate, 5)  $Ca^{2+} + Fe^{3+}$ , 6)  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , 7)  $Ca^{2+} + molybdate$ , 8) combination and 9) without metal addition.



Gambar 7. Produksi biogas dari limbah lateks pekat pada variasi konsentrasi ion  $Fe^{3+}$  0,25; 0,50 dan 1,0 mg/L.

Figure 7. Biogas production from concentrated latex effluent on variation concentration of  $Fe^{3+}$  0.25; 0.50 and 1.0 mg/L.

### Kesimpulan

1. Volume biogas dari limbah lateks tertinggi sebanyak 1285 mL dihasilkan oleh limbah yang ditambahkan  $Fe^{3+}$  selama 15 hari, dengan konsentrasi optimum ion  $Fe^{3+}$  sebesar 0,50 mg/L.
2. Selama proses produksi biogas, parameter-parameter yang berubah adalah :
  - Nilai pH pada awal menunjukkan kenaikan pH dan cenderung stabil pada kisaran 6,6 - 7,7 pada tahap selanjutnya.
  - Pada awal VFA rendah dan semakin meningkat pada tahap selanjutnya dan kembali turun pada hari ke-12 dan ke-14.
  - COD cenderung naik turun karena proses penggunaan senyawa organik menjadi biogas dan juga proses hidrolisis serasah menjadi senyawa organik yang diuraikan menjadi biogas.

### Daftar Pustaka

- Anonymous (2006). *Biogas Production*. <http://www.habmigern2003.info/PDF/met-hane-digester.pdf>
- Adam, K. H. (1980). Process Parameter-Retention time and loading rates. *In. National Workshop on Biogas Technology*, Kuala Lumpur, 23-24 March 1981, 172-188.
- Anunputtikul, W & S. Rodtong (2004). Laboratory scale experiments for biogas production from cassava tubers. *In. The Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE)"*. 1-3 December 2004, Hua Hin, Thailand
- APHA. (1980). *Standard Methods for The Examination of Water and Effluents Water*. 15<sup>th</sup> edition. New York, American Public Health Association.
- Darussamin, A., Suharyanto, A. M. Siregar & R. Haloho (1988). Penggunaan bakteri untuk menangani limbah pabrik lateks pekat. *Dalam Pros. Sem. Nas. Pengendalian Limbah Minyak Sawit dan Karet* 1988, p.92-106.

- Ibrahim, N., Bakti, Isa & M. Karim. (1986). Cost-effective technologies for pollution control in natural rubber industry. *In Proceeding RRIM Rubber Growers Conf*, 376-387
- Isa, Z., W. M Yong & M. M Singh (1980). *Manual of Laboratory Methodes for Chemical Analysis of Rubber Effluent*. Kuala Lumpur, Rubber Research Institute of Malaysia
- Kresnawaty, I. Tri-Panji, Suharyanto & Siswanto (2007). Potensi produksi biogas dari limbah cair lateks pekat. *Dalam Prosiding Seminar Nasional ke-38: Kimia Dalam Pembangunan "Perkembangan Mutakhir Dalam Ilmu dan Teknologi Kimia Indonesia"*. Yogyakarta, Juni 2007. p. 429-434.
- Lane, A. G. (1980). Process operation and monitoring-pH, redox, volatile fatty acid, alkalinity, inorganic oxygen, oxygen. *In National Workshop on Biogas Technology*, Kuala Lumpur, 23-24 March 1981. p. 189-202
- Lovley, D. R. (1991). Dissimilatory Fe(III) and Mn(IV) reduction. *Microbiol. Rev.*, **55** (2), 259-287.
- Nagamani, B & K. Ramasamy (2006). *Biogas Production Technology: An Indian Perspective. The Facts About Biogas From Cowdung*. <http://www.ias.ac.in/currensci/jul10/articles13.htm>.
- Reumerman, P. (2003). *Anaerobic Digestion*. BTG Biomass Technology Groups. [http://www.tg\\_world.com/anaerobic\\_digestion](http://www.tg_world.com/anaerobic_digestion).
- Siswanto, S. Marsudi, Suharyanto, Isroi & E. Mahajoeno (2005). Pemanfaatan limbah padat dan cair pabrik kelapa sawit untuk produksi kompos bioaktif dan gas bio. *Laporan Akhir Riset Unggulan Kemitraan Tahun I*. Bogor, Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Seenayya, G., Rao, C. V., Shivaraj, D., Preeti Rao, S. & Venkatswamy (1992). *Final Report Submitted to Department of Non-Conventional Energy Sources*. New Delhi, Government of India, 85p.
- Sugio, T., W. Mizunashi, K. Inagaki & T. Tano (1987). Purification and some properties of sulfur: Fe<sup>3+</sup>c ion oxidoreductase from *Thiobacillus ferrooxidans*. *J Bacteriol.*, **169**(11), 4916-22.
- Tri-Panji, Suharyanto & Siswanto (2007). Pemanfaatan limbah lateks pekat untuk produksi biogas dan bioindustri menuju produksi bersih. *Laporan Kemajuan Penelitian Proyek Riset Insentif Terapan*. Bogor, Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. 49p.
- Tri-Panji, Suharyanto, Erry Rakayan & Hasim (1995). Penggunaan limbah lateks skim sebagai media produksi protein sel tunggal oleh *Spirulina Platensis*. *Menara Perkebunan*, **63**(3), 114-122.
- Warburg, O. (1956). On the origin of cancer cells. *Sci.*, **123** (3191), 309-314