



**PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

**APLIKASI REAKTOR BIOGAS SISTEM COLAR SEBAGAI  
ALTERNATIF SUMBER ENERGI SEBAGAI UPAYA PEMANFAATAN  
LIMBAH CAIR INDUSTRI TAPIOKA**

**BIDANG KEGIATAN:**

**PKM Gagasan Tertulis**

**Diusulkan Oleh :**

<b>SEPTIAN RAHARDIANTORO</b>	<b>G14090020 (2009)</b>
<b>FADJRIAN IMRAN</b>	<b>G14090100 (2009)</b>
<b>DONI SAUN SAPUTRA</b>	<b>G14100086 (2010)</b>

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**BOGOR**

**2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Aplikasi Reaktor Biogas Sistem *Colar* sebagai Alternatif Sumber Energi sebagai Upaya Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka
2. Bidang kegiatan : ( ) PKM-AI (√) PKM-GT
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
- Nama Lengkap : Septian Rahardiantoro
  - NIM : G14090020
  - Jurusan : Statistika
  - Universitas/Institut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor

Bogor, 4 Maret 2011

Menyetujui,  
Ketua Departemen

Ketua Pelaksana Kegiatan,

Dr. Ir. Hari Wijayanto, MSi  
NIP. 19650421 1990021 001

Septian Rahardiantoro  
NIM. G14090020

Wakil Rektor Bidang Akademik  
dan Kemahasiswaan

Dosen Pendamping

Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, M.S.  
NIP. 19581228 198503 1 003

Ir. M. Agus Setiana, M.S  
NIP. 19570824 198503 1 001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga kami selaku penulis dapat menyelesaikan karya tulis PKM Gagasan Tertulis dengan judul “Aplikasi Reaktor Biogas Sistem *Colar* sebagai Alternatif Sumber Energi sebagai Upaya Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka”.

Melalui karya tulis ini, kami ingin memberikan solusi terhadap pemanfaatan limbah cair industri tapioka, serta memberikan alternatif sumber energi baru pada industri tersebut.

Dalam penulisan karya ilmiah ini, kami tak terlepas dari faktor kerjasama kelompok, serta bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Ir. M. Agus Setiana, M.S, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan dan arahan kepada kami dalam penyusunan karya tulis ini. Tidak lupa, kami juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada kami.

Kami menyadari terdapat banyak kekurangan, baik dari segi materi, ilustrasi, contoh, dan sistematika penulisan dalam pembuatan karya tulis ini. Oleh karena itu, saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun sangat kami harapkan. Besar harapan kami karya tulis ini dapat bermanfaat baik bagi kami sebagai penulis dan pembaca pada umumnya.

Bogor, 10 Maret 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
RINGKASAN .....	vi
PENDAHULUAN	
Latar Belakang.....	1
Tujuan dan Manfaat .....	2
GAGASAN	
Limbah Cair Industri Tapioka.....	3
Solusi yang Pernah Ditawarkan .....	3
Pihak-pihak yang Berperan dalam Pengimplementasian Program ini .....	4
Langkah-langkah Strategis dalam Pengimplementasian Program ini	
Penentuan Lokasi .....	5
Penentuan Jenis Reaktor/ Digester.....	5
Perancangan Reaktor CoLAR .....	5
T-COD dan Produksi Biogas .....	6
Aplikasi Biogas .....	7
KESIMPULAN	
Gagasan yang Diajukan .....	7
Teknik Implementasi yang Dilakukan .....	8
Prediksi Hasil yang Akan Diperoleh .....	8
DAFTAR PUSTAKA .....	9
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	10
LAMPIRAN .....	11

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Industri Tapioka .....	1
Gambar 2. Digester Sederhana .....	5
Gambar 3. Bioreaktor Biogas.....	6
Gambar 4. Rata-rata Penurunan Nilai T-COD.....	11
Gambar 5. Produksi Biogas dan Metana (CH <sub>4</sub> ).....	12
Gambar 6. Komposisi Biogas .....	12

## RINGKASAN

Industri tapioka merupakan salah satu jenis industri hasil pertanian (*agroindustry*) yang cukup banyak tersebar di Indonesia. Limbah pabrik tepung tapioka bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen selain pati yang terlarut dalam air, oleh karena tepung tapioka adalah komponen pati yang hampir murni. Sehingga limbah ini berdampak buruk terhadap lingkungan.

Sistem pengolahan air limbah industri tapioka yang banyak dilakukan saat ini dengan kolam-kolam terbuka (*ponds*) akan menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan gas metana (CH<sub>4</sub>). Kedua gas tersebut merupakan emisi gas rumah kaca yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Metana yang dihasilkan tersebut sebenarnya gas yang dapat dibakar (*flammable gas*) sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif terbarukan dengan menangkap gas metana tersebut melalui bioreaktor anaerobik sehingga sekaligus dapat mengurangi dampak pemanasan global.

Reaktor anaerobik tertutup (*Cover Lagoon Anaerobic Reactor/ CoLAR*) ternyata telah dapat diterapkan sebagai teknologi pengolahan air limbah industri tapioka yang menghasilkan biogas. Kegiatan pengembangan bioreaktor sistem *CoLAR* ini bertujuan untuk menyediakan biogas sebagai energi terbarukan di lingkungan industri tapioka. Bioreaktor sistem *CoLAR* terbuat dari bahan geomembran dengan kapasitas 3.600 m<sup>3</sup> yang mampu menampung air limbah dengan laju alir 150 m<sup>3</sup> per hari. Air limbah akan mengalami proses fermentasi anaerobik dengan waktu tinggal hidrolis selama 20 hari.

Pemilihan industri tapioka haruslah tepat ditinjau dari kemampuan produksi tapioka secara kontinu serta dari segi lokasinya yang strategis. Sistem bioreaktor yang dipilih dalam program ini yaitu sistem bioreaktor *CoLAR* yang berasal dari pengembangan sistem digester sederhana. Sistem bioreaktor ini dapat menurunkan nilai rata-rata *Total Chemical Oxygen Demand* (T-COD) sebesar 70,3%, yaitu seperti contoh dari 9.011 mg/liter turun menjadi 2.680 mg/liter atau sebesar 0,317 gr COD/Liter/hari atau 949,6 kg COD/150 m<sup>3</sup>/hari. Sistem bioreaktor ini mampu menghasilkan rata-rata produksi biogas sebesar 485,4 m<sup>3</sup>/hari dengan kandungan metana sebesar 58,8%. Kualitas biogas tersebut secara teknis dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan yang mampu digunakan sebagai alternatif sumber energi di lingkungan industri tapioka.

Kerjasama dari pihak-pihak terkait seperti pemerintah dan lembaga penelitian setempat, serta sumber daya manusia di industri tapioka tersebut sangatlah menunjang pengimplementasian program ini. Pemanfaatan dalam pengembangan bioreaktor ini dapat diaplikasikan untuk menghasilkan sumber energi alternatif berupa biogas yang digunakan untuk proses produksi industri tapioka tersebut.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Salah satu jenis industri hasil pertanian (*agroindustry*) yang cukup banyak tersebar di Indonesia adalah industri tapioka. Industri tapioka di Pulau Jawa merupakan penghasil tapioka tertinggi yaitu sebesar 6.939.931 ton atau 0,6% dari keseluruhan produksi tapioka Indonesia yang mencapai 11.280.251 ton (Biro Pusat Statistik, 1993). Limbah pabrik tepung tapioka bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen selain pati yang terlarut dalam air, oleh karena tepung tapioka adalah komponen pati yang hampir murni (Greenfield, 1971).



Gambar 1. Industri Tapioka

Adanya limbah cair pada industri tapioka tersebut merupakan salah satu pencemaran lingkungan. Timbulnya limbah pada industri pangan baik limbah padat, cair maupun gas tidak dapat dihindari. Usaha untuk meminimalisasi timbulnya limbah telah banyak dilakukan melalui mekanisme modifikasi proses maupun peningkatan efisiensi untuk memenuhi standar baku mutu agar tidak mencemari lingkungan.

Jumlah dan karakteristik air limbah yang ditimbulkan pada industri ini pun bervariasi menurut jenis industrinya. Sebagai contoh pada industri tapioka tradisional, air limbah yang dihasilkan dapat mencapai sekitar 4-5 m<sup>3</sup>/ton ubi kayu yang diolah dengan konsentrasi bahan organik yang sangat tinggi. Kebutuhan oksigen untuk mendekomposisi bahan organik yang terdapat dalam air limbah tapioka secara kimiawi (COD) dapat mencapai 18.000-25.000 mg/l, sehingga diperlukan suatu sistem pengolahan dengan waktu tinggal yang lama (Hasanudin, 2006).

Pada umumnya sistem pengolahan air limbah industri tapioka yang banyak dilakukan saat ini yaitu dengan kolam-kolam terbuka (*ponds*) yang akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas metana (CH<sub>4</sub>). Kedua gas tersebut merupakan emisi gas rumah kaca yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Dari hasil pengukuran emisi gas di kolam anaerobik diketahui bahwa setiap ton ubikayu menghasilkan sekitar 24,4 m<sup>3</sup> biogas dan lebih dari 50% berupa gas metana (Hasanudin, 2007).

Sistem pengolahan limbah tapioka yang saat ini diterapkan juga telah mampu mencapai standar baku mutu yang dipersyaratkan dalam Kep. MENLH No. 51/1995. Tetapi sistem ini masih menghasilkan emisi gas rumah kaca (CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>) dan menghamburkan sumber energi yang potensial. Padahal metana adalah gas yang dapat dibakar (*flameable gas*) dan merupakan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, meskipun pada pembakaran metana akan

dihasilkan karbon dioksida, namun dampak karbon dioksida terhadap pemanasan global 21 kali lebih kecil bila dibandingkan dengan dampak yang ditimbulkan oleh gas metana (Rodhe, 1990).

Semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak sehingga harga bahan bakar minyak semakin meningkat dan masalah pemanasan global telah menjadi issue utama seluruh masyarakat dunia. Pemanfaatan metana sebagai sumber energi alternatif dapat memberikan kontribusi terhadap dampak positif pemanasan global. Hal ini dengan memanfaatkan metana menjadi biogas yang sangat memberikan manfaat bagi tercukupinya sumber energi alternatif.

Teknologi biogas merupakan teknologi yang menghasilkan gas produk akhir pencernaan atau degradasi anaerobik bahan-bahan organik oleh bakteri-bakteri anaerobik dalam lingkungan bebas oksigen atau udara. Teknologi biogas ini sebenarnya sudah lama dikenal di Indonesia yaitu sekitar tahun 1980-an, namun hingga kini belum mengalami kabar yang menggembirakan. Hal ini dikarenakan banyak kendala yang dihadapi dalam rangka mewujudkannya.

Pengolahan limbah cair industri tapioka secara anaerobik telah dapat diterapkan sebagai teknologi produksi biogas. Penanganan limbah anaerobik yang selama ini menggunakan sistem kolam terbuka, kini telah dapat direkayasa dan di modifikasi menjadi kolam sistem tertutup dan berfungsi sebagai bioreaktor. Bioreaktor sistem tertutup tersebut didesain sebagai unit penghasil biogas dan sekaligus dapat menampung biogas yang dihasilkan. Pengembangan bioreaktor dengan sistem kolam tertutup tersebut dikenal dengan sistem *Cover Lagoon Anaerobic Reactor (CoLAR)*. Biogas yang dihasilkan dapat dikumpulkan di dalam bioreaktor tersebut yang selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang bersifat terbarukan.

Energi terbarukan yang dihasilkan, dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam pengolahan di dalam proses produksi di industri tapioka. Sebagai contoh, dapat digunakan sebagai energi alternatif untuk menyalakan penerangan, menjalankan mesin generator yang kemudian dimanfaatkan untuk sumber energi mesin produksi. Dengan kata lain, limbah cair yang dihasilkan industri tapioka tersebut dapat diubah menjadi sumber energi alternatif yang manfaatnya dapat di ambil secara langsung untuk proses produksi industri tersebut.

### **Tujuan dan Manfaat**

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan karya tulis ini yaitu untuk mengembangkan penerapan bioreaktor sistem CoLAR dalam rangka pengolahan air limbah industri tapioka yang menghasilkan biogas sebagai energi terbarukan sekaligus untuk mengatasi pencemaran lingkungan. Adapun manfaat yang dapat diperoleh yaitu dengan dihasilkannya biogas sebagai sumber energi alternatif, hal ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dalam proses produksi di dalam industri tapioka tersebut.

## **GAGASAN**

### **Limbah Cair Industri Tapioka**

Industri tapioka merupakan salah satu jenis industri yang ada di Indonesia dengan mengolah bahan-bahan pertanian menjadi aneka bahan pangan. Karena bahan baku yang bersumber dari tanaman pertanian, industri ini hampir 60% merupakan suatu industri tradisional yang dapat ditemui di berbagai daerah di Indonesia.

Berdasarkan Biro Pusat Statistik tahun 1993, industri tapioka di Pulau Jawa merupakan penghasil tapioka tertinggi yaitu sebesar 6.939.931 ton atau 0,6% dari keseluruhan produksi tapioka Indonesia yang mencapai 11.280.251 ton. Hal ini tentu merupakan jumlah industri yang tidak sedikit.

Proses pembuatan tapioka memerlukan air untuk memisahkan pati dari seratnya. Pati yang larut dalam air harus dipisahkan. Teknologi yang ada belum mampu memisahkan seluruh pati yang terlarut dalam air, sehingga limbah cair yang dilepaskan ke lingkungan masih mengandung pati. Limbah cair akan mengalami dekomposisi secara alami di badan badan perairan dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau tersebut dihasilkan pada proses penguraian senyawa mengandung nitrogen, sulfur dan fosfor dari bahan berprotein (Zaitun, 1999; Hanifah dkk, 1999).

Seperti contoh pada limbah industri tepung tapioka. Limbah pabrik tepung tapioka tersebut bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen selain pati yang terlarut dalam air, oleh karena tepung tapioka adalah komponen pati yang hampir murni (Greenfield, 1971).

Adanya limbah cair yang dihasilkan oleh industri tapioka yang secara umum merupakan industri pangan tradisional seperti tepung tapioka, tahu, tempe, kerupuk kulit dan sebagainya, merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Jumlah dan karakteristik air limbah yang ditimbulkan pada industri tapioka ini pun bervariasi menurut jenis industrinya. Sebagai contoh pada industri tapioka tradisional, air limbah yang dihasilkan dapat mencapai sekitar 4-5 m<sup>3</sup>/ton ubi kayu yang diolah dengan konsentrasi bahan organik yang sangat tinggi. Kebutuhan oksigen untuk mendekomposisi bahan organik yang terdapat dalam air limbah tapioka secara kimiawi (COD) dapat mencapai 18.000-25.000 mg/l, sehingga diperlukan suatu sistem pengolahan dengan waktu tinggal yang lama (Hasanudin, 2006).

### **Solusi yang Pernah Ditawarkan**

Upaya untuk mengatasi pencemaran lingkungan yang biasanya dilakukan industri tapioka saat ini kebanyakan hanya merupakan pengolahan limbah pada waktu akhir proses produksi (*end of pipe treatment*). Cara ini masih kurang efektif karena membutuhkan lahan yang lebih luas, waktu dan biaya yang lebih mahal

dibandingkan apabila pengendalian limbah tersebut dilakukan secara preventif mulai dari awal proses produksi.

Selain itu pada umumnya sistem pengolahan air limbah industri tapioka yang saat ini diterapkan yaitu pengolahan limbah secara aerobik dan anaerobik yang menghasilkan gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas metana ( $\text{CH}_4$ ). Kedua gas tersebut merupakan emisi gas rumah kaca yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Dari hasil pengukuran emisi gas di kolam anaerobik diketahui bahwa setiap ton ubikayu menghasilkan sekitar  $24,4 \text{ m}^3$  biogas dan lebih dari 50% berupa gas metana (Hasanudin, 2007).

Sistem pengolahan limbah tapioka yang saat ini diterapkan memang telah mampu mencapai baku mutu yang dipersyaratkan dalam Kep. MENLH No. 51/1995, tetapi sistem ini masih menghasilkan emisi gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ ) dan menghamburkan sumber energi potensial. Padahal dengan memanfaatkan pembakaran metana yang dihasilkan yang merupakan sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan, akan mampu mengurangi dampak karbon dioksida terhadap pemanasan global 21 kali lebih kecil bila dibandingkan dengan dampak yang dihasilkan oleh gas metana (Rodhe, 1990).

Sejauh ini sistem pengolahan limbah yang diterapkan masih menghasilkan efek pencemaran udara yang berakibat terhadap pemanasan global. Kadar COD rata-rata yang dihasilkan sebesar 9011 mg/liter. Usaha yang mampu untuk menurunkan kadar COD tersebut yaitu dengan merekayasa sistem bioreaktor biogas dengan sistem CoLAR, sehingga bahan organik yang ada mampu didegradasi oleh sistem bioreaktor ini. Sistem bioreaktor ini mampu menurunkan terhadap Total COD sebesar 70,3 % atau sekitar 0,317 gr COD/liter/hari.

### **Pihak-pihak yang Berperan dalam Pengimplementasian Program ini**

Ditinjau dari segi pengembangan tentang bioreaktor sistem CoLAR ini, membutuhkan suatu sistem di dalamnya yang cukup kompleks. Langkah pertama dalam mengimplementasikannya yaitu pemilihan industri tapioka yang tepat sehingga manfaat yang dicapai dapat lebih maksimal. Industri tapioka tersebut haruslah memiliki kapasitas produksi tapioka yang kontinyu, didukung dengan kelembagaan yang berpengalaman, jumlah SDM yang memadai, memiliki lahan yang cukup luas, dan melakukan usaha agroindustri secara terpadu (tapioka, peternakan sapi, jagung, coklat, singkong, dan sebagainya). Selain itu pertimbangan lokasi juga sangat diperhitungkan. Lokasinya diharapkan tidak jauh dari pusat perkotaan, sehingga memungkinkan pembinaan teknis dan pengendalian operasional dapat dilakukan secara mudah.

Kekompleksan dari sistem untuk pengimplementasiannya sangat membutuhkan berbagai kerjas sama dengan pihak-pihak yang bersangkutan. Pihak-pihak itu seperti Lembaga Penelitian daerah setempat (universitas setempat) sebagai pihak dalam pemilihan industri tapioka. Selain itu, peran kerja pemerintah setempat juga sangat dibutuhkan. Hal ini mengingat dari segi keterbatasan dana dan sumber daya manusia yang ahli di dalam pengimplementasian sistem program ini. Peran serta seluruh sumber daya dalam industri tapioka itu pun sangat dibutuhkan, mengingat sangat dibutuhkannya semua kontribusi dari semua pihak terkait.

## Langkah-Langkah Strategis dalam Pengimplementasian Program ini

### *Penentuan Lokasi*

Sebagai langkah awal dalam program ini yaitu penentuan lokasi yang dilakukan dengan bekerja sama dengan Lembaga Penelitian setempat. Pemilihan industri tapioka ini harus memenuhi beberapa syarat agar pengimplementasiannya dapat maksimal.

Adapun syarat-syaratnya yaitu industri tapioka tersebut haruslah memiliki kapasitas produksi tapioka yang kontinu, didukung dengan kelembagaan yang berpengalaman, jumlah SDM yang memadai, memiliki lahan yang cukup luas, dan melakukan usaha agroindustri secara terpadu (tapioka, peternakan sapi, jagung, coklat, singkong, dan sebagainya). Selain itu pertimbangan lokasi juga sangat diperhitungkan. Lokasinya diharapkan tidak jauh dari pusat perkotaan, sehingga memungkinkan pembinaan teknis dan pengendalian operasional dapat dilakukan secara mudah.

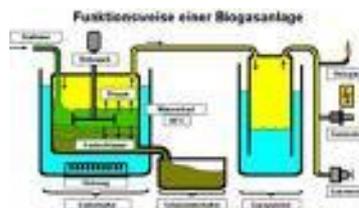
Pemilihan lokasi ini juga sangat bergantung pada industri tapioka tersebut, yaitu pertimbangan bahwa industri tersebut sanggup untuk memproduksi tapioka secara kontinu.

### *Penentuan Jenis Reaktor/ Digester*

Teknologi pembuatan digester biogas dari tahun ke tahun telah banyak mengalami perkembangan dan modifikasi, baik tipe digester konstruksi permanen, semi permanen maupun sederhana (Isdiyanto dkk, 2010).

Dari tiga jenis model konstruksi digester biogas tersebut, jenis digester konstruksi sederhana yang dikembangkan menjadi digester/ bioreaktor sistem CoLAR. Pemilihan jenis digester konstruksi sederhana ini didasarkan atas kebutuhan ukuran reaktor dengan daya tampung limbah yang besar hingga ribuan meter kubik, kemudahan dalam pembuatan konstruksi, biaya relatif murah, mudah perawatannya, serta mudah pengoperasiannya.

Berdasarkan hasil kajian teknis dari berbagai literatur dan informasi, dapat ditentukan perancangan teknis bioreaktor sistem CoLAR sebagai sarana pengolahan limbah cair industri tapioka untuk menghasilkan biogas.



Gambar 2. Digester Sederhana

### *Perancangan Reaktor CoLAR*

Kegiatan rancang bangun reaktor CoLAR diawali dengan perhitungan kapasitas limbah harian yang dihasilkan. Kapasitas limbah cair yang dihasilkan pada industri tapioka dapat mencapai sekitar 4-5 m<sup>3</sup>/ton ubi kayu. Berdasarkan data tersebut untuk menghitung kapasitas limbah ditentukan koefisien limbah sebesar 4,80 l/kg singkong, sehingga kapasitas limbah cair dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) sebagai berikut :

$$\text{Kap. Limbah} = \text{Koef.} \times \text{Jml. Bahan Olahan} \dots\dots(1)$$



Gambar 3. Bioreaktor Biogas

Selanjutnya, untuk membuat rancang bangun reaktor sistem CoLAR dengan memperhitungkan parameter laju air limbah sebagai bahan isian dan waktu tinggal hidrolis (WTH) untuk proses fermentasi yang optimal. Perancangan desain memperhitungkan pula ruang penampung gas yang dihasilkan dari proses fermentasi sebesar 20% dari volume total digester. Penentuan kapasitas ruang penampung gas 20% berdasarkan hasil pengukuran emisi gas di kolam anaerobik diketahui bahwa setiap ton ubikayu menghasilkan sekitar  $24,4 \text{ m}^3$  biogas (Hasanudin 2006). Mengacu pada angka hasil pengukuran produksi biogas tersebut, maka volume total digester ( $V_t$ ) yang dibutuhkan untuk proses degradasi bahan organik dalam limbah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) sebagai berikut :

$$V_{\text{dig}} = \text{WTH} \times \text{Kap. Limbah} \dots\dots\dots (2)$$

$$V_t = V_{\text{dig}} + 20\% V_t \dots\dots\dots(3)$$

Peninjauan lebih lanjut tentang rancang bangun bioreaktor CoLAR ini yaitu dalam pengaturan tekanan pada sistem instalasi. Tekanan gas dikontrol dengan manometer air pada *level* air (h) setinggi 80 cm dengan tujuan untuk mendapatkan tekanan yang bekerja pada sistem instalasi berada pada tekanan rendah sehingga biogas aman pada saat digunakan. Besarnya tekanan yang bekerja pada sistem instalasi biogas tersebut sebagai berikut :

$$P_{\text{biogas}} = P_{\text{udara}} + \rho \times g \times 2(X) \dots\dots\dots(\text{dalam hal ini } X=0,8 \text{ m})(4)$$

Kegiatan uji kinerja bioreaktor yang dilakukan berdasarkan beberapa parameter yang berpengaruh terhadap proses fermentasi seperti temperatur, derajat keasaman (pH), *Total Chemical Oxygen Demand* (T-COD) dan konsentrasi metana (Isdiyanto dkk, 2010).

#### *T-COD dan Produksi Biogas*

Kondisi suhu dan pH air limbah pada penerapan reaktor CoLAR ini memungkinkan terjadinya proses fermentasi anaerob dapat berlangsung dengan baik. Hal ini ditandai dengan terjadinya laju penyisihan COD air limbah. Seperti contoh hasil pengukuran terhadap T-COD limbah segar adalah 9011 mg/liter dan setelah limbah mengalami proses fermentasi nilai T-COD turun menjadi 2680 mg/liter. Hasil penerapan dan uji kinerja bioreaktor CoLAR ini juga menunjukkan bahwa sistem bioreaktor mampu mendegradasi bahan organik dengan rata-rata laju penyisihan T-COD sebesar 6331 mg COD/ liter atau 0,317 gr COD/liter/hari atau 949,6 kg COD/150  $\text{m}^3$ /hari dengan persentase laju penyisihan sebesar 70,3 % (Isdiyanto dkk, 2010).

Selain itu pada kegiatan uji kinerja bioreaktor sistem CoLAR ini biogas yang dihasilkan diukur secara kontinyu dengan menggunakan gas flow meter yang dihubungkan dengan lubang pengeluaran gas pada bioreaktor. Hasil pengukuran terhadap produksi gas menunjukkan bahwa bioreaktor mampu menghasilkan rata-rata produksi biogas harian sebesar 485,4 m<sup>3</sup>/hari atau setiap m<sup>3</sup> limbah menghasilkan biogas sekitar 3,2 m<sup>3</sup>. Rata-rata produksi biogas tersebut jika dihitung dan dikorelasikan terhadap besarnya laju penyisihan COD maka diperoleh laju produksi biogas sebesar 0,51 m<sup>3</sup> biogas/kg COD/ hari atau perkiraan produksi metana sebesar 0,31 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg COD/hari (Isdiyanto dkk, 2010).

### *Aplikasi Biogas*

Pemanfaatan biogas sebagai sumber energi terbarukan mensyaratkan memiliki kandungan gas metana dengan konsentrasi yang tinggi, karena gas metana inilah yang akan menjadi bahan bakar karena bersifat mudah terbakar. Konsentrasi gas metana hasil uji kerja reaktor CoLAR ini sebesar 58,8% cenderung memenuhi syarat untuk dapat dibakar, sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif (Isdiyanto dkk, 2010).

Biogas yang dihasilkan mampu dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif dalam industri tapioka tersebut. Biogas ini merupakan bahan bakar yang dapat menggantikan minyak diesel, bensin, kayu bakar, atau arang kayu. Sebagai perbandingan untuk 1 m<sup>3</sup> biogas setara dengan 0,4 kg minyak diesel, 0,6 kg bensin, dan 0,8 kg arang kayu. Serta setiap 1 m<sup>3</sup> biogas dapat menghasilkan listrik sebesar 1,25 KWh (Hasanudin, 2006).

Akibatnya dengan jumlah produksi biogas bioreaktor yang mencapai 485,4 m<sup>3</sup>/ hari dapat menghasilkan sekitar 606,75 KWh yang secara teori mampu menjadi sumber energi alternatif untuk proses produksi dalam industri tapioka tersebut.

Aplikasinya yaitu dengan menghubungkan saluran biogas ke generator pembangkit listrik yang sebelumnya sudah dipacu terlebih dahulu dengan solar. Generator tersebut dihubungkan secara paralel dengan kabel yang terhubung dengan alat produksi, alat penerangan, dan alat-alat yang lain yang digunakan untuk menunjang dalam proses produksi industri tapioka tersebut.

## **KESIMPULAN**

### **Gagasan yang Diajukan**

Penanganan limbah cair industri tapioka saat ini masih berdampak buruk dengan lingkungan karena masih menghasilkan gas CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang sangat berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Padahal gas metana yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan.

Gas metana yang dihasilkan limbah cair industri tapioka diolah menjadi biogas dengan menggunakan bioreaktor sistem CoLAR sebagai bentuk pengembangan bioreaktor digester sederhana. Penggunaan bioreaktor sistem

CoLAR ini mampu menurunkan tingkat T-COD sebesar 70,3 % dan menghasilkan biogas sebesar 485,4 m<sup>3</sup>/hari dengan konsentrasi gas metana sebesar 58,8%. Dengan demikian, biogas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber energi bagi proses produksi industri tapioka tersebut. Sehingga siklus pemanfaatan ini dapat langsung dirasakan oleh industri tapioka tersebut dalam hal proses produksi.

Pengimplementasian gagasan ini sangat membutuhkan kerjasama dari berbagai pihak, seperti pemerintah dan lembaga penelitian setempat, sumber tenaga kerja industri tapioka tersebut, dan seluruh pihak-pihak terkait.

### **Teknik Implementasi yang Dilakukan**

Pengimplementasian program ini dimulai dari bekerja sama dengan lembaga penelitian setempat yang bermaksud untuk memilih industri tapioka yang memenuhi syarat, sehingga manfaat yang dihasilkan dapat maksimal.

Selanjutnya, harus diadakannya pelatihan teknis dan pengendalian operasional terhadap industri tapioka yang terpilih. Pemerintah setempat pun harus ikut campur tangan, seperti contoh dalam hal mambantu dari segi dana dan lain sebagainya.

Melalui tahapan dalam pembuatan/ perancangan digester sistem CoLAR ini, dibutuhkan suatu bentuk kerjasama dari sistem sumber daya pada industri tapioka tersebut. Sistem yang kompleks ini dapat diterapkan dengan baik setelah adanya kerja sama yang kuat antara berbagai pihak yang bersangkutan.

### **Prediksi hasil yang akan diperoleh**

Hasil yang akan dicapai dalam pengimplementasian program ini yaitu tersedianya sumber energi alternatif yang sifatnya terbarukan, biogas. Biogas yang dihasilkan dapat langsung dimanfaatkan dengan dikonversi menjadi listrik. Manfaat dari biogas ini dapat secara langsung dirasakan bagi industri tersebut dalam proses produksi.

Selain itu, limbah cair industri tapioka tersebut secara nyata dapat berkurang, akibat penerapan bioreaktor sistem CoLAR yang diterapkan. Bioreaktor sistem CoLAR ini dapat memanfaatkan gas metana dari limbah cair untuk dikonversi menjadi biogas. Selain itu kadar T-COD setelah penerapan bioreaktor ini dapat berkurang sebesar 70,3 %. Hal ini berdampak baik terhadap lingkungan, karena dapat mengurangi efek rumah kaca.

Dampak gagasan ini secara nyata jika diimplementasikan, sangat membutuhkan waktu yang berbulan-bulan. Selain itu membutuhkan dana yang cukup besar, serta sumber daya manusia yang ahli dalam bidang ini. Kekompakan seluruh pihak-pihak yang terkait pun harus selalu terjaga, mengingat sistem di dalam penerapan program ini cukup kompleks. Namun, dengan banyak manfaat yang dapat diberikan pengimplementasian gagasan ini dirasa sangat perlu bagi perkembangan industri tapioka di Indonesia serta untuk mengurangi pencemaran lingkungan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Biro Pusat Statistik. 1993. Produksi Tanaman Bahan Makanan di Indonesia. Jakarta.
- Greenfield, R. E., 1971. Starch and Starch Product. p. 121-131. Academic Press. New York.
- Hanifah, T.A., Saeni, M.S., Adijuwana, H., Bintoro, H.M.H. 1999. Evaluasi kandungan logam berat timbal dan kadmium dalam ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) yang dipupuk sampah kota. *Buletin ilmiah Gaku-ryoku*. Volume V No. 1: 38-45.
- Hasanudin, U. 2006. Present Status and Possibility of Biomass Effective Used in Indonesia. *Proceeding*. Seminar on Sustainable Society Achievement by Biomass Effective Used. EBARA Hatakeyana Memorial Fund, Jakarta.
- Hasanudin, U. 2007. Methane Production from Agroindustry Wastewater. Workshops on Commercialization of Renewable Energy.
- Isdiyanto, R. dan Udin Hasanudin. 2010. Rekayasa dan Uji Kinerja Reaktor Biogas Sistem *Colar* pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka. *Majalah Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*. Vol. 9. No. 1. Juni 2010. hal 143-155
- Rodhe, A. L., 1990. A comparison of the contribution of various gasses to the greenhouse effect. *Science*, 248, 1217-1219.
- Zaitun. 1999. Efektivitas limbah industri tapioka sebagai pupuk cair. Tesis Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### I. Biodata Ketua Kelompok

Nama : Septian Rahardiantoro  
 NIM : G14090020  
 Tempat dan tanggal lahir : Rembang, 6 September 1991  
 Jurusan/Perguruan Tinggi: Statistika/ Institut Pertanian Bogor  
 Alamat Asal : Jl. Pemuda Km.3 Gg Rahayu Slamet No. 20 Rt  
 02/03 Rembang, Jawa Tengah  
 Alamat di Bogor : Jl. Babakan Raya Dramaga Rt 01/01 No. 89 Bogor  
 No. HP : 085225994827  
 Email : floze\_7@yahoo.com  
 Karya Tulis :- Aplikasi Biogas sebagai Alternatif Sumber Energi  
 Pendingin dan Pembersih Kandang untuk  
 Meningkatkan Produktivitas Sapi Perah di  
 Peternakan Darul Fallah, Bogor  
 - Souvenir Khas Bogor Sacqura sebagai Usaha  
 Komersialisasi Limbah Kulit Salak  
 - Pengembangan *Plant Factory* dengan  
 Menggunakan Prinsip Teknologi Hidroponik untuk  
 Tanaman Paprika (*Capsicum annum* var. *Grossum*)  
 Ketua Pelaksana,

Septian Rahardiantoro

### II. Biodata Anggota Kelompok

#### 1. Anggota 1

Nama Lengkap : Fadjrian Imran  
 NIM : G14090100  
 Tempat dan tanggal lahir : Bukittinggi/ 26 Juni 1991  
 Jurusan/ Perguruan Tinggi : Statistika/ Institut Pertanian Bogor  
 Alamat Rumah dan No. HP : Blok F6, Perumahan Lambak Permai,  
 Sumatra Barat/085710355294  
 Alamat di Bogor : Leuwi Kopo No.34 Cibanteng, Bogor  
 Alamat e-mail : fadjrian\_narsis@yahoo.com  
 Karya Tulis :- Meningkatkan Daya Ingat dengan  
 Pemanfaatan Tanaman Pegagan sebagai  
 Bahan Tambahan Bakso

Anggota 1,

Fadjrian Imran

#### 2. Anggota 2

Nama Lengkap : Doni Saun Saputra  
 NIM : G14100086  
 Tempat dan tanggal lahir : Lampung/ 2 Desember 1991  
 Jurusan/ Perguruan Tinggi : Statistika/ Institut Pertanian Bogor

Alamat Rumah dan No.HP : Rt/Rw: 11/04 Dusun I Bardansari, Kec. Punggur, Lampung Tengah/081284652170  
 Alamat di Bogor : Asrama TPB IPB  
 Alamat e-mail : doni.saputra10@gmail.com  
 Karya Tulis :- Pemanfaatan Suweg Sebagai Bahan Pangan Alternatif Bergizi Tinggi  
 Anggota 2,

Doni Saun Saputra

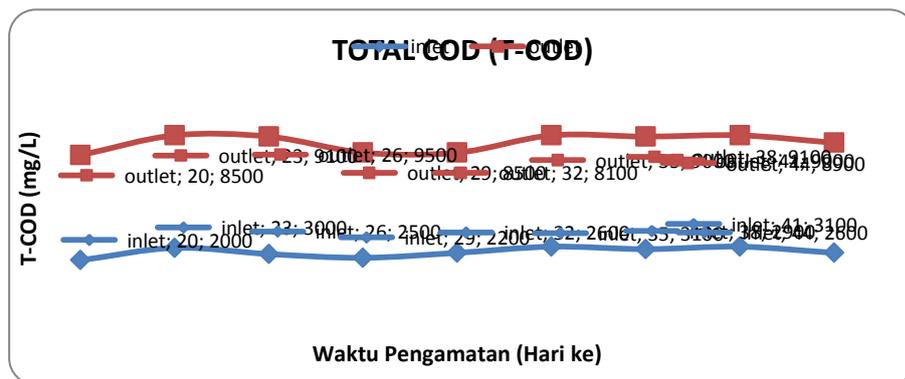
### III. Biodata Dosen Pembimbing

Nama : Ir. M. Agus Setiana, MS  
 Jabatan : Dosen INTP FAPET IPB  
 NIP : 19580511 198505 1 002  
 Tempat dan tanggal lahir : Cirebon, 24 Agustus 1957  
 No. HP : 0811111835  
 Alamat kantor : Jl. Agatis Gedung Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor Kampus IPB Darmaga Bogor 16680  
 No telepon/Fax : 0251-628353/628353

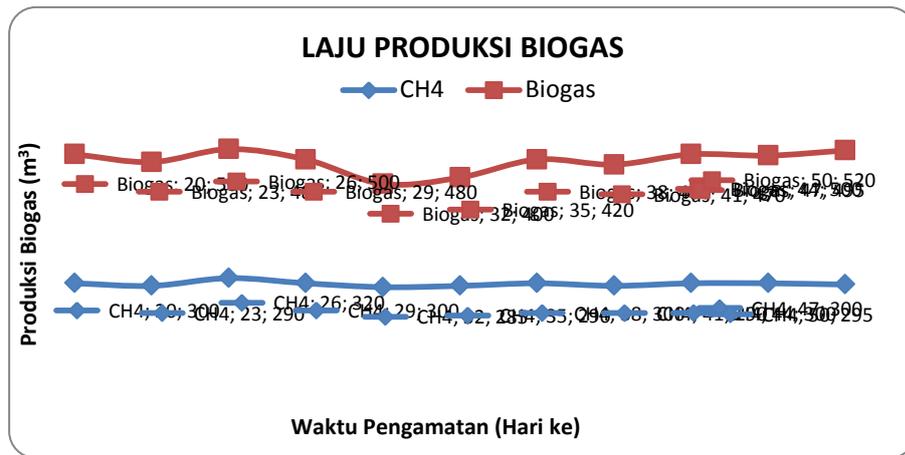
Dosen Pembimbing,

Ir. M. Agus Setiana, MS

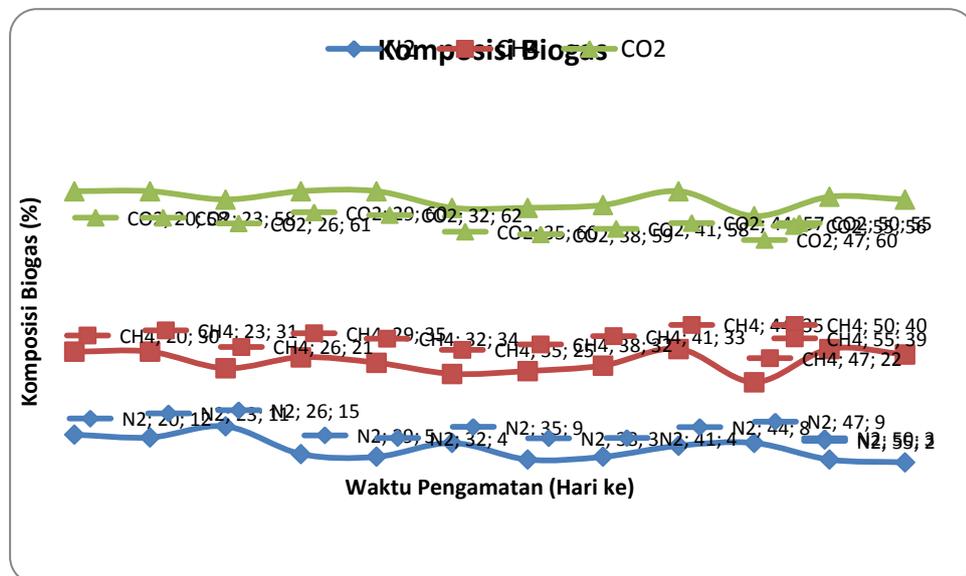
### LAMPIRAN



Gambar 4. Rata-rata Penurunan Nilai T-COD



Gambar 5. Produksi Biogas dan Metana (CH<sub>4</sub>)



Gambar 6. Komposisi Biogas