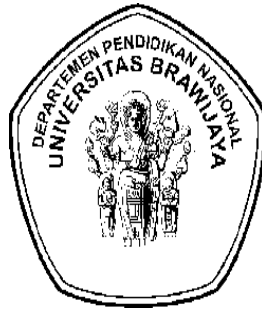


**LAPORAN PENELITIAN
HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL
TAHUN ANGGARAN 2009**



**TEKNOLOGI PRODUKSI BIO-ENERGI DAN AIR BERSIH
MELALUI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAPIOKA**

**Sri Suhartini, STP. M.Env.Mgt
Ir. Nur Hidayat, MP
Ir. Bambang Rahardi W., MS**

Dibiayai Oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian Strategis Nasional,
Nomor: 0174.0/023-04.2/XV/2009, tanggal 31 Desember 2008 dan berdasarkan
SK Rektor Nomor: 160/SK/2009, tanggal 7 Mei 2009

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
NOPEMBER 2009**

**HALAMAN PENGESAHAN
LAPORAN PENELITIAN
HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**

1. Judul : Teknologi Produksi Bio-Energi dan Air Bersih melalui Pengolahan Limbah Cair Tapioka
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Sri Suhartini
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 19810526 200312 2 001
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Jabatan Struktural : Penata Muda Tk 1
 - f. Bidang Ilmu : Produksi Bersih dan Pengelolaan Limbah
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknologi Pertanian/ Teknologi Industri Pertanian
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Brawijaya, Malang
 - i. Tim Peneliti

Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/ Jurusan	Perguruan Tinggi
1. Sri Suhartini, STP. M.Env.Mgt	Produksi Bersih dan Pengelolaan Limbah	FTP/TIP	Univ. Brawijaya
2. Ir. Nur Hidayat, MP	Bioindustri dan Limbah	FTP/TIP	Univ. Brawijaya
3. Ir. Bambang Rahardi W., MS	Teknik tanah dan air	FTP/TEP	Univ. Brawijaya

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian
- a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 1 tahun
 - b. Biaya Total yang diusulkan : Rp. 100.000.000,00
 - c. Biaya yang disetujui tahun 2009 : Rp.100.000.000,00


Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian



Prof. Dr. Ir. Harijono, M.App.Sc
NIP. 19530304 198002 1 001



Malang, 30 November 2009
Ketua Peneliti



Sri Suhartini, STP, M.Env.Mngt
NIP. 19810526 200312 2 001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Universitas Brawijaya



Prof. Dr. Ir. Siti Chuzaemi, MS
NIP. 19530514 198002 2 001



RINGKASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model teknologi pengolahan limbah cair tapioka yang terbaik untuk menghasilkan sumber bioenergi (biogas), merumuskan perancangan unit pengolahan limbah cair sebagai sumber bioenergi dan air bersih secara kontinyu, mendapatkan model pengolahan limbah cair tapioka yang terbaik untuk menurunkan kandungan BOD, COD dan padatan terlarut guna menuju *zero waste*, dan perancangan model teknologi pengolahan limbah cair yang terbaik untuk menghasilkan air bersih secara alami dalam skala laboratorium.

Manfaat dari penelitian adalah memberikan suatu alternatif teknologi produksi bioenergi dan air bersih melalui unit pengolahan limbah cair tapioka yang sederhana, efektif dan efisien. Sehingga, bioenergi dan air bersih tersebut dapat dimanfaatkan kembali oleh industri atau lingkungan sekitar sehingga tercipta sebuah sistem proses produksi yang bersih dan tidak menghasilkan limbah (*zero waste*).

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang mempunyai 4 percobaan, yaitu: 1). Percobaan I menggunakan Rancangan Acak Kelompok secara faktorial dengan tiga faktor, yaitu penambahan kulit singkong (K), penambahan inokulum kotoran ternak (I), dan pengaturan nisbah C/N (C); 2). Percobaan II yaitu perlakuan terbaik hasil percobaan I diuji pada sistem produksi secara kontinyu; 3). Penelitian III menggunakan Rancangan Split Plot dengan empat faktor, yaitu kondisi aerobitas (A), jenis bahan penyangga (B), penambahan inokulum (J), dan laju aliran limbah (L); dan 4). Percobaan IV menggunakan Rancangan Acak Kelompok secara Faktorial, yaitu penambahan serbuk biji kelor (O), dan lama kontak limbah (W). Data dianalisa menggunakan analisa ragam kemudian dilanjutkan dengan uji jarak Duncan (DMRT). Pemilihan alternatif terbaik dari tiap parameter didasarkan pada Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 tahun 2002 dan pemilihan alternatif terbaik dari setiap perlakuan dilakukan dengan menggunakan metode *multiple atribut*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah cair tapioka setelah perlakuan memiliki kenampakan yang jauh berbeda dengan sebelum perlakuan yaitu warna yang lebih jernih. Selain itu juga, berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian pada parameter kualitas limbah cair yang meliputi BOD, COD, TSS, pH dan jumlah coliform, juga menunjukkan adanya perubahan.

Hasil penelitian dalam model *batch* skala laboratorium 5 liter menunjukkan bahwa selama fermentasi biogas, produksi biogas yang dihasilkan sedikit dan cenderung semakin berkurang dengan bertambahnya lama waktu fermentasi. Waktu yang baik untuk proses produksi gas atau waktu retensi limbah dalam digester adalah 4 minggu karena pada minggu ke lima sudah tidak efektif lagi. Berdasar atas gas yang dihasilkan maka dipilih perlakuan C1I3 yaitu penambahan padatan 8% dan inokulum 6 % sebagai perlakuan terbaik dan dilanjutkan untuk percobaan pada tahap berikutnya.

Tahap lanjutan dari percobaan pertama, yaitu percobaan produksi biogas secara kontinyu, menunjukkan bahwa produksi gas metana pada digester 50 L selama 8 minggu tidaklah tinggi begitu, yaitu dengan konsentrasi kurang dari 1%. Oleh karena itu, penelitian ini tidak direkomendasikan untuk dilanjutkan.

Pengolahan limbah cair tapioka dengan secara aerasi menunjukkan penurunan BOD yang cukup drastis yaitu sebesar 80 – 98 %. Proses tersebut berlangsung stabil pada bahan penyangga ijuk, kerikil dan pasir sedang pada tanah dan anyaman bambu terjadi penurunan kemampuan. Persentase penurunan juga terjadi pada COD yang berkisar antara 90 – 98 % dengan stabilitas paling baik untuk perlakuan tanpa inokulasi diperoleh pada bahan penyangga ijuk, kerikil, tanah dan pasir. Pada penyangga bambu menunjukkan hasil yang lebih rendah meskipun tetap tinggi namun masih di atas standar buangan yang ditentukan. Pada nilai TSS juga terjadi penurunan berkisar antara 35 – 97%. Nilai pH menunjukkan perubahan ke arah netral pada semua perlakuan. Pada perlakuan tanpa penambahan inokulum menunjukkan bahwa nilai pH berkisar antara 6,8 – 8,0 dari pH awal sebesar 5,8. Jumlah coliform paling tinggi pada perlakuan tanpa penambahan inokulum. Inokulum yang ditambahkan sebanyak 1 atau 2 % mampu menghambat pertumbuhan coliform namun tidak memamatkannya. Berdasarkan parameter tersebut di atas, maka perlakuan terbaik pada percobaan ini adalah perlakuan dengan media penyangga pasir dan tanah tanpa penambahan inokulum.

Pada pengolahan limbah cair tapioka tanpa aerasi, hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan BOD antara 5 – 85%. Penurunan COD juga berkisar antara 10 – 85% . Nilai penurunan TSS berkisar antara 30 – 75%. Pada penelitian ini, terjadi kenaikan pH dimana pH setelah proses berkisar antara 5,2 – 7,4. Jumlah coliform pada penanganan limbah cair tapioka tanpa aerasi tidak menunjukkan pengaruh yang nyata karena tidak ada interaksi antara jenis media dan konsentrasi inokulum. Secara umum, berdasar pemilihan perlakuan terbaik dengan dan tanpa aerasi menunjukkan bahwa media yang baik dan digunakan adalah tanah dan ijuk tanpa aerasi karena memberikan hasil yang lebih baik daripada dengan aerasi dan untuk memberikan hasil yang lebih baik dilakukan penambahan biji kelor untuk percobaan selanjutnya.

Hasil penelitian dengan penambahan biji kelor menunjukkan bahwa semua perlakuan menghasilkan *effluent* yang memenuhi syarat untuk dibuang bahkan sebenarnya dapat digunakan untuk air bersih bagi pembuatan pati. Adapun parameter yang dihasilkan adalah nilai BOD berkisar antara 5 – 35 mg/L dengan standar *effluent* 50 mg/L. Nilai COD menunjukkan bahwa *effluent* juga telah memenuhi syarat yaitu berkisar antara 24 – 98 mg/L dan masih dibawah standar yaitu 100 mg/L. pH telah memenuhi syarat yaitu berkisar antara 6,7 – 7,8. Pada pengukuran Nilai TSS semua limbah masih memenuhi syarat dengan nilai berkisar antara 9 – 30 mg/L. Namun, penggunaan biji kelor belum mampu menekan tumbuhnya coliform, dimana jumlah coliform berkisar antara 26 – 60 koloni/mL.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah limbah cair tapioka kurang baik untuk proses biogas tanpa adanya penambahan nutrisi lainnya, biogas dari limbah cair tapioka menghasilkan gas metan dalam jumlah yang sangat rendah, pengolahan limbah cair dengan media tanah memberikan hasil yang memenuhi syarat *effluent* limbah dalam waktu retensi hanya 5 hari, dan penambahan biji kelor akan memperbaiki kualitas *effluent* namun masih mengandung coliform dalam jumlah yang cukup banyak.

Adapun saran dan rekomendasi yang diajukan antara lain perlu dilakukan penelitian lanjut penggunaan tanah sebagai media penyangga dalam *system wetland* (aliran air dibawah tanah dan tanah basah) agar limbah dalam bak pengolahan tidak menjadi sarang nyamuk. Juga, perlu adanya penelitian tentang penambahan kaporit agar coliform berkurang dan dampaknya apabila *effluent* digunakan untuk pembuatan tapioka.

SUMMARY

The aims of this research were to obtain the best model of tapioca industry's waste water treatment for bioenergy production, to propose the design of the tapioca industry's wastewater treatment that continuously produced bioenergy and clean water, to attain the best model in decreasing the concentration of BOD, COD and TSS toward zero waste concept, and to design the best model of tapioca industry's wastewater treatment in laboratory scale that produced clean water.

Indeed, the benefits of the research was providing an alternative technology on producing bioenergy and clean water trough the implementation of effective and simple tapioca industry's wastewater treatment system. Therefore, those products can be used and recycled by tapioca industry or neighbourhood, by which there will create clean development mechanism, as well as apply zero waste concept in that industry.

There were four different experiments had conducted in this research, which consisted of: 1). Experiment I: the use of experimental Complete Random Device Factorial with two treatments which were the addition of inoculums (2%, 4%, 6%) and the concentration of solid (8%, 10%, 12%, 14%); 2). Experiment II: the use of selected treatment on experiment I in the continuous wastewater treatment system in order to produce biogas (methane); 3). Experiment III: consisting of two stages, namely tapioca industry's wastewater treatment with aeration and without aeration. The factors used in this experiment were filter type (gravel, sand, soil, coconut's fibre, bamboo plait) and the concentration of inoculums (0%, 1%, 2%); and 4). Experiment IV: the use of experimental Complete Random Device Factorial comprised of two factors, namely the concentration of *Moringa oleifera* (kelor) seed powder (110 mg/L, 130 mg/L, 150 mg/L,) and the arrangement of filtration medium on treatment tank (coconut's fibre – soil, soil – coconut's fibre). The parameters of effluent quality that analyzed in this research included the concentration of BOD, COD, pH, TSS and the amount of coliform. The data, then, was analyzed by ANOVA analysis and Duncan test (DMRT). The best treatment was selected based on the above parameters that have the closer value to the Governor Regulation No. 45 year 2002 about Wastewater Effluent Quality Standard of Industries in East Java (Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 45 tahun 2002), as well as using *multiple attribute* method.

The research results showed that the colour of treated tapioca industry' wastewater had changed, which was clearer than the untreated effluent. Furthermore, according to the value of BOD, COD, pH, TSS and the amount of coliform, there were certain changes on the quality of treated tapioca industry' wastewater.

The result of experiment I, which was the laboratory scale treatment using 5 litre digester and conducted in batch system, had proven that there were only small amount of biogas produced during the fermentation process. This value was continuously decreased as the length of fermentation process increased. Certainly, the best time or retention time for the biogas production in this experiment was 4 weeks because the production of biogas was ineffective after week fifth. Based on the volume of gas had produced, the best treatment was selected and continued to further experiment was the addition of inoculums (6%) and the addition of solid (8%).

The next experiment resulted that the production of biogas on 50 litre digester was lower than 1%. Consequently, there was no further action in this experiment and the research was finally stopped.

The result of the first phase in the third experiment, which was the tapioca industry's wastewater treatment with aeration, demonstrated that there was a significant decrease on the concentration of BOD at the level of 80 to 98 %. That process was constantly occurred on the filter of coconut's fibre, gravel and sand, whilst on the soil and bamboo plait there were a slight reduction. Furthermore, there was also a significant decrease on the COD concentration approximately 90 to 98 %, where the highest stability was achieved in the treatment with coconut's fibre, gravel, soil, and sand, except on bamboo plait. However that value was higher than the standard value of the tapioca industry's effluent. TSS value was decrease at the level of 35 to 97% and pH was closer to the neutral value for all treatments approximately 6.8 to 8.0. In addition, the amount of coliform was higher on the treatment without the addition of inoculums (0%). On the other hand, the addition of inoculums (1% and 2%) had been inhibited the growth of coliform. Based on those parameters, the best treatment in this experiment was the addition of inoculums (0%) and the use of sand and soil as the filter.

In addition, the result of the tapioca industry's wastewater treatment without aeration demonstrated that the decline of BOD concentration varied from 5% to 85%. There was also a significant reduction on COD concentration at the level of 10 to 85%. TSS value was dropped off approximately from 30 to 75%, while pH was in range of 5.2 to 7.4. The amount of coliform was not influenced by the interaction between addition of inoculums and the filter types. In general, the best treatment was treatment system without aeration by using coconut's fibre- as the filter. This is proven by the quality of effluent was better than other treatments. Therefore, this treatment was chosen for the further experiment by the addition of *Moringa oleifera* seed powder.

The fourth experiment's result showed that the effluent quality of all treatment had fulfilled the standard for disposing to the water body, as well as using as recycled water in the tapioca industry. The parameters value of the treated effluent were as follows: BOD concentration was around 5 to 35 mg/L which was lower than the standard of effluent (50 mg/L), COD concentration was approximately 24 – 98 mg/L which was lower than the effluent standard (100 mg/L), pH was around 6.7 to 7.8 (apposite with the pH standard of 6 to 9), and TSS was also fulfil the standard of effluent in range of 9 to 30 mg/L. However, the addition of *Moringa oleifer* seed powder could not limit the growth of coliform, which was shown by the high amount of coliform around 26 to 60 colony/mL.

To conclude, the utilisation of tapioca industry's wastewater has shown quite effective without the addition of other nutrients in order to boost the fermentation process; there was only small amount of biogas that produced from the fermentation of tapioca industry's wastewater, the treatment of tapioca industry's wastewater using soil as the filter and five days retention time had a good result on the effluent quality which having the closer value with the effluent standard. Moreover, by adding the *Moringa oleifera* seed powder, the quality of effluent improved well but it was still having a large amount of coliform.

It is recommended that the extended research focusing on further utilisation of soil as the filter in wetland system should be conducted since it is environmentally,

economically, and socially sustainable. Then, it is also important to conduct conducting further research focused on the addition of chlorine in order to reduce the amount of coliform by which it can be used as recycled water in tapioca industry, as well as minimised the negative impact on the environment.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1998. Dasar-dasar Teknologi Biogas.
http://www.petra.ac.id/science/applied_technology/biogas98/biogas2.htm.
Tanggal akses 22 Agustus 2005.
- _____. 1999. Biogas Digest Volume I Biogas Basic.
<http://www.gtz.de/de/dokumente/en-biogas-volume1.pdf>. Tanggal akses 6
Desember 2006.
- _____. 2003. Buku I : Peta Upaya Penguatan Usaha Mikro/Kecil di Tingkat Pusat
Tahun 1997-2003. Dalam Laporan Penelitian Kerjasama Lembaga Penelitian
SMERU dengan Kementerian Pemberdayaan Perempuan Republik Indonesia.
Desember 2003.
<http://www.smeru.or.id/report/research/usahamikro/BUKU%20IA%20Pendahuluan%20Dan%20Peta.pdf>. Tanggal akses 19 April 2006.
- _____. 2005^a. Biogas : Alternatif Ketika BBM Menipis.
http://www.waspada.co.id/seni_&_budaya/tirai/artikel.php?article_id=62060.
Tanggal akses 22 Agustus 2005.
- _____. 2005^b. Menuai Biogas dari Limbah. <http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/0405/07/cakrawala/penelitian03.htm>. Tanggal akses 30
Agustus 2005.
- _____. 2005^c. Pemanfaatan Biogas sebagai Energi Alternatif.
<http://www.balipost.co.id/balipostcetak/2005/7/11/op2.htm>. Tanggal akses 30
Agustus 2005.
- _____. 2005^d. Biogas : Sumber Energi Alternatif.
<http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1124147846>. Tanggal akses
22 Agustus 2005.
- _____. 2006. Teknologi "Digester" Gas Bio Skala Rumah Tangga.
<http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/0804/19/cakrawala/penelitian.htm>.
Tanggal akses 16 Februari 2006.
- Badan Pusat Statistik Jawa Timur (BPS Jatim). 2008. Listrik.
http://jatim.bps.go.id//index.php?option=com_content&task=view&id=60&Itemid=5. Tanggal akses 11 Maret 2008

- Fukunaga, I. 1995. Recent advances of the treatment and disposal of wastewater and solid waste in food industry. *Foods and Food Ingredients Journal*, vol.165, hal. 21–30
- Gintings, P. 1992. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Gunnerson, C.G., and D.C. Stuckey. 1986. *Integrated Resources Recovery Anaerobic Digestion Principles and Practices for Biogas System*. World Bank Technical paper Number 49. Washington DC.
- Hanifah, T. A., C. Jose dan T.T. Nugroho. 2001. Pengolahan Limbah Cair Tapioka Dengan Teknologi EM (*Effective Microorganisms*). *Jurnal Natur Indonesia III (2)*: 95 – 103.
- Kompas. 2007. IPTEK: Listrik dari Limbah Tapioka. www.kompas.com. Diakses pada tanggal 18 Maret 2008.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Andi. Yogyakarta
- Luthfi, M. 2000. The Effect of Both Bed Filterthickness and Kind Trickling Filter Media on Various Flowrates to Decrease. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Mavrov, B. 2000. Reduction of water consumption and wastewater quantities in the food industry by water recycling using membrane processes. *Desalination*, vol. 131, hal. 75–86.
- Ridgway, H. H. 1999. Controlling of overfilling in food processing. *Journal of Material Processing Technology*, vol. 93, hal.360–367.
- Soerijoatmojo, E. 1984. *Azas-Azas Pengolahan Limbah Cair Tapioka*. Kantor Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta
- Supraptri, L. 2005. *Tepung Tapioka: Pembuatan dan Pemanfaatannya*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta
- Udiharto, M. 1982. *Penelitian Teknologi Gas Bio dan Penerapannya*. Pusat Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi. PPTMGB “LEMIGAS”
- Ukita, M., T. Imai, and Y-T. Hung. 2006. *Food Waste Treatment, in Waste Treatment in the Food Processing*. Taylor & Francis Group
- Yunus, M. 1991. *Pengelolaan Limbah Peternakan*. Universitas Brawijaya. Malang
_____. 1995. *Teknik Membuat dan Memanfaatkan Unit Gas Bio*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

