

# **PERAN FUNGI *Phanerochaete chrysosporium* DALAM PROSES PRETREATMENT BAGASSE DAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENJADI SUMBER ENERGI TERBARUKAN**

## **PERFORMANCE OF FUNGI *Phanerochaete chrysosporium* IN PRETREATMENT PROCESS OF BAGASSE AND OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCHES FOR RENEWABLE ENERGY SOURCE**

**Nuniek Hendrianie\* dan Sri Rachmania Juliastuti**

**Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS**

**\*e-mail: nuniek@chem-eng.its.ac.id**

### **Abstract**

Bagasse and oil palm empty fruit bunches are high cellulosic waste, which contain considerably high lignocellulosic compounds. Therefore, these waste can potentially be used as renewable energy source. This experimental work utilised bagasse and oil palm empty fruit bunches as raw material in biogas production. The reason of using this high cellulosic waste as raw material of biogas had a constraint in hydrolyses process. Therefore, cellulosic pretreatment should be carried out before biogas production process. A biological pretreatment using fungi is chosen, because it produces better result than other methods. The aim of this experiment is to investigate the performance of *Phanerochaete chrysosporium* on the pretreatment of bagasse and oil palm empty fruit bunches, and its effect on biogas qualities and quantities. The method used in this experimental work was divided into two steps, which were fungal pretreatment and biogas production. Bagasse waste was collected from a Sugar Plant (PT PG Tjandi), and oil palm empty fruit bunches was from PT Sajang Heulang Angsana Mini Factory. The wastes were grinded and added with a ratio of 1:8 of water - *P. chrysosporium* culture. Then it was inoculated in PDA for 7 days, and filled into culture medium of pH 8. This culture was homogenised until fungi concentration of  $5 \times 10^6$  spore/ml. Waste sludge and fungi were filled into stirred and aerated pretreatment tank at a temperature range of 35-40°C, and pH value of 4-4.5 for 7 days. While fungal pretreatment was prepared, starter for biogas production process was made by mixing manure and water in a ratio of 1:2. This mixture was fermented for 5 days. Waste resulted from fungal pretreatment was mixed with starter and water in ratio of starter : waste : water as 1:2:4. Reactor temperature was kept constant at 30°C, with a fermentation period of 15 days. The best experimental result was reached at 20% fungi added. At this composition glucose concentration in oil palm empty fruit bunches reactor was 11.085%, from the initial glucose concentration of 5.78%. The cellulose content decreased from 71.68 to 41.35%. The best gas composition was 75.82% methane with heating value of 11248 kkal/kg. This composition was reached by 20% fungi added.

Keywords: lignocellulose, fungal pretreatment, *P. chrysosporium*, biogas

### **1. PENDAHULUAN**

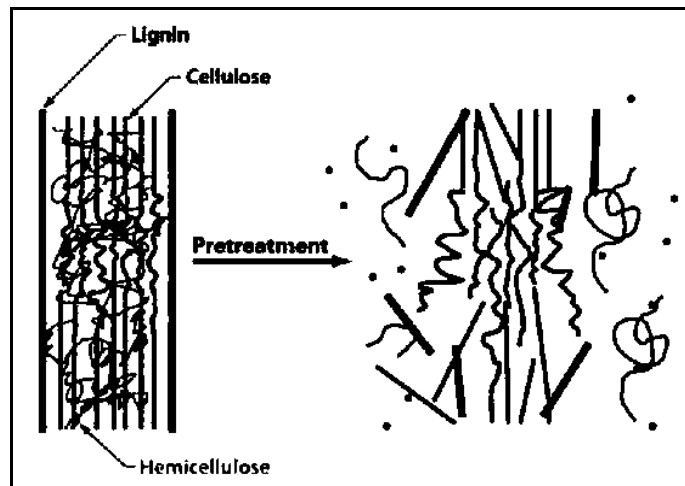
Minyak bumi dan gas alam merupakan sumber energi yang dominan bagi masyarakat Indonesia. Cadangan minyak di Indonesia mengalami penurunan yang cukup signifikan beberapa tahun terakhir, sedangkan pemanfaatan gas alam juga menemui berbagai hambatan. Hal ini dibuktikan dengan langkanya ketersediaan

gas sehingga semakin tidak terjangkau oleh masyarakat. Selain itu, timbul permasalahan lain dari penggunaan minyak bumi yaitu pencemaran udara. Oleh karena itu, adanya bahan bakar pengganti akan membantu masyarakat agar tidak bergantung pada minyak dan gas alam serta dapat mengurangi dampak pencemaran udara. Biogas merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi masalah kelangkaan minyak bumi dan gas alam.

Salah satu bahan pembuatan biogas adalah bahan lignoselulosa. Limbah bagasse (ampas tebu) dan tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber bahan lignoselulosa yang cukup tinggi. Bahan ini dapat didegradasi menjadi bentuk yang lebih sederhana, yaitu glukosa sebagai sumber pembentukan biogas. Selama ini, limbah bagasse yang dihasilkan oleh pabrik gula hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk boiler sedangkan tandan kosong kelapa sawit juga tidak banyak dimanfaatkan. Dalam waktu yang relatif panjang keberadaan limbah tersebut juga mendatangkan masalah tersendiri.

Pemanfaatan ini akan mengurangi masalah serta mendatangkan keuntungan dengan adanya pemanfaatan limbah tersebut.

Pemilihan limbah yang memiliki lignoselulosa sebagai bahan baku biogas memiliki kendala pada proses hidrolisis. Molekul selulosa di dalam limbah berserat terdiri dari rantai panjang molekul glukosa dan hemiselulosa yang dilapisi lapisan lignin. Karakteristik ini menyebabkan selulosa sulit diuraikan menjadi monomer (glukosa). *Pretreatment* selulosa dilakukan sebelum hidrolisis untuk mengatasi masalah tersebut (Gambar 1)



Gambar 1. Skema *Pretreatment* Lignoselulosa

Degradasi komponen lignoselulosa melibatkan aktivitas sejumlah enzim seperti peroksidase, selulase, hemiselulase dan gula oksidase. Kapang *Basidiomycetes*, pelapuk putih, dan beberapa spesies organisme lain dapat memproduksi enzim lignolitik pada media tanam yang sesuai (Suparjo, 2008). Ada beberapa species dari kapang yang dapat digunakan, yaitu : *Phanerochate chrysosporium*, *Trametes versicolor*, serta *Pleurotus ostreatus*.

Kapang *P. chrysosporium* merupakan mikro-organisme lignolitik paling efisien. Namun jamur ini juga dapat menghasilkan enzim protease, kuinon reduktase, dan selulase (Kirk dan Farrel, 1993). Oleh sebab itu dalam penelitian ini digunakan *P. chrysosporium*

sebagai pendegradasi lignin dalam bagasse dan limbah tandan kosong kelapa sawit.

Penelitian diharapkan dapat mengetahui kinerja *P. chrysosporium* terhadap *pre-treatment* limbah bagasse serta tandan kosong kelapa sawit dan pengaruhnya terhadap kualitas dan kuantitas biogas.

Bagasse merupakan limbah yang berasal dari pemerasan nira tebu. Bagasse hasil samping proses pembuatan gula tebu (*sugarcane*) mengandung residu berupa serat. Minimal 50% serat bagasse diperlukan sebagai bahan bakar boiler. Sedangkan 50% sisanya hanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah (Lavarack, Griffin, dan Rodman, 2002).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah padat yang dihasilkan oleh industri perkebunan kelapa sawit. Limbah tandan kosong kelapa sawit memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi.

*Lignocellulosic material* merupakan bahan-bahan yang tersusun dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin sebagai komponen utama penyusun dinding sel tanaman.

Selulosa adalah polimer linier yang merupakan komponen utama dalam dinding sel tumbuhan. Selulosa mempunyai rumus molekul  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , dengan  $n$  adalah derajat polimerisasi. Polimer selulosa terdiri dari D-glucose  $\beta$ -1,4 membentuk rantai panjang yang tidak larut (mikrofibril), yang dihubungkan bersama-sama oleh ikatan hidrogen dan *van der waals force*. Mikrofibril akan bergabung membentuk serat selulosa. Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian berkristal dan sisanya bagian amorf (Suparjo, 2008). Ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida pada serat selulosa dapat dipecah menjadi monomer glukosa dengan cara hidrolisis asam atau enzimatis.

Hemiselulosa merupakan kelompok polisakarida heterogen dengan berat molekul rendah. Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15-30% dari berat kering bahan lignoselulosa. Hemiselulosa relatif lebih mudah dihidrolisis dengan asam menjadi monomer yang mengandung glukosa, mannososa, galaktosa, xilosa, dan arabinosa. Hemiselulosa mengikat lembaran mikrofibril yang meningkatkan stabilitas dinding sel. Hemiselulosa juga berikatan silang dengan lignin membentuk jaringan kompleks dan memberikan struktur yang kuat (Suparjo, 2008).

Lignin merupakan polimer dengan struktur aromatik yang terbentuk melalui unit penilpropan yang berhubungan secara bersama oleh beberapa jenis ikatan yang berbeda. Lignin sulit didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen

serta berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa dalam jaringan tanaman.

Kendala yang dihadapi dalam pengolahan *lignocellulosic material* menjadi biogas adalah keberadaan lignin dan hemiselulosa serta struktur dari selulosa yang dapat menurunkan efisiensi hidrolisa. Oleh karena itu perlu dilakukan *pretreatment* sebelum proses hidrolisa.

### ***Fungal Pretreatment***

Tujuan *pretreatment* adalah untuk menguraikan lignin dan hemiselulosa, reduksi kristal selulosa, serta meningkatkan porositas bahan. *Pretreatment* harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain meningkatkan pembentukan glukosa, meminimalkan degradasi karbohidrat, dan memperkecil pembentukan *by product* yang dapat menjadi inhibitor dalam proses selanjutnya, serta biaya murah (Sun dan Cheng, 2002).

*Pretreatment lignocellulosic material* dapat dilakukan dengan cara biologis (Sun dan Cheng, 2002). Dalam proses *pretreatment* secara biologis tersebut, mikroorganisme seperti *brown*, *white*, dan *soft-rot* fungi digunakan untuk mendegradasi lignin, hemiselulosa, dan selulosa dalam limbah. Fungi memerlukan udara dalam jumlah tertentu untuk menonstabilkan ikatan lignoselulosa. Aerasi merupakan faktor yang penting dalam fungal *pretreatment* oleh *P. chrysosporium*. Kecepatan degradasi selulosa oleh *P. chrysosporium* akan lebih tinggi dengan adanya oksigen (Eriksson *et al.*, 1994).

Karbon dan nitrogen (ratio C:N) digunakan untuk meningkatkan massa sel fungi (*fungal growth*). Kadar air atau *water activities* dibutuhkan untuk mendukung fungal *pretreatment* dan menghambat pertumbuhan bakteri (Keller, Jenny, dan Quang, 2003).

Dari beberapa uraian mengenai *pretreatment* lignoselulosa, *biological pretreatment* menggunakan fungi memberikan lebih banyak

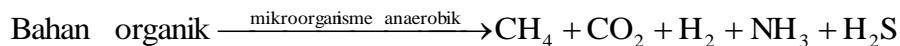
keuntungan dibandingkan dengan cara fisika, kimia-fisika, dan kimia. Menurut Keller, Jenny, dan Quang (2003), penggunaan fungi pada *pretreatment* diharapkan dapat memberikan beberapa keuntungan, yaitu (1) memperkecil jumlah massa yang hilang, khususnya karbohidrat, (2) memperkecil kebutuhan *thermochemical pretreatment*, (3) meningkatkan kemampuan *enzymatic cellulose digestibility*, (4) tidak bersifat inhibitor terhadap organisme fermentasi, dan (5) memperkecil biaya.

*P. chrysosporium* termasuk di dalam kelompok jamur pelapuk putih dan jamur pengurai kayu yang efektif dalam mendegradasi lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Fungi ini lebih mudah untuk diaplikasikan dalam berbagai industri. Pada umumnya, jamur pengurai kayu termasuk dalam kelompok mesofilik dengan temperatur pertumbuhan optimum

antara 20-30°C dan temperatur maksimum 45°C. *P. chrysosporium* dapat bertahan hingga temperatur maksimum, yaitu 50°C dengan temperatur pertumbuhan optimum 40°C. pH optimum untuk metabolisme lignin oleh *P. chrysosporium* antara 4-4,5 (Stewart *et al.*, 1995). Berdasarkan penelitian sebelumnya, kondisi optimum *P. chrysosporium* dalam mendegradasi lignin serbuk kayu albasia adalah pada suhu 37°C, pH 4, dan waktu inkubasi 10 hari dengan laju degradasi 72,15% (Martina, Yuli, dan Sutisna, 2000).

### Pembuatan Biogas

Proses *funggal pretreatment* dilanjutkan dengan pembuatan biogas dalam digester anaerobik (DA). DA digunakan untuk mengolah limbah yang bersifat *biodegradable* dan menghasilkan biogas sebagai bioenergi. Secara umum proses pembentukan biogas adalah sebagai berikut:



Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja fungi *P. chrysosporium* terhadap *pretreatment* limbah bagasse dan tandan kosong kelapa sawit serta pengaruhnya terhadap kualitas dan kuantitas biogas.

## 2. METODOLOGI

Metoda penelitian menggunakan dua tahapan utama yaitu *funggal pretreatment* dan pembuatan biogas. Bahan baku yang digunakan adalah limbah bagasse dari PT PG Tjandi dan tandan kosong kelapa sawit dari PT Sajang Heulang Angsana Mini Factory. Tandan kosong kelapa sawit dan bagasse akan diuraikan lignin dan hemiselulosanya membentuk glukosa. Tandan kosong kelapa sawit dan bagasse yang telah mengalami proses *funggal pretreatment* digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas.

### Fungal Pretreatment

Sebelum melakukan *funggal pretreatment*, perlu dilakukan analisis pendahuluan terhadap

bubur limbah yang meliputi analisis kandungan *Total Solids* (TS), selulosa, dan glukosa.

Bubur limbah kemudian dimasukkan ke dalam tangki *pretreatment* dan ditambah 50 mL biakan *P. chrysosporium*. Kemudian dilakukan pengadukan dan aerasi selama 7 hari. Tangki dijaga pada suhu 35-40°C dan pH 4-4,5. Bubur limbah yang telah melalui *funggal pretreatment* ini dianalisis kandungan selulosa dan glukosanya.

### Anaerobic Digestion

Limbah yang telah melalui proses *funggal pretreatment* dimasukkan ke dalam tangki pencampur. Perbandingan *starter* dengan limbah dan air adalah 1: 2: 10. Kemudian campuran dialirkan ke tangki penampung dan dijaga suhunya pada 30°C. Selanjutnya zat tersebut dialirkan ke *digester tank*, volume 20 L, dan direaksikan selama 15 hari. Setiap hari dilakukan pengecekan temperatur, tekanan reaktor dan *gas holder*, pH, serta volume gas. Jika temperatur dalam reaktor kurang maka

dilakukan pemanasan dengan mensirkulasi air ke dalam jaket yang dilengkapi dengan *heater*. Analisis pH dilakukan untuk menjaga pH dalam reaktor, nilainya berkisar antara 6,8-7. Jika pH dalam reaktor lebih rendah dari 6,8, ditambahkan NaOH ke dalam reaktor. Pada reaktor ini dilakukan *recycle* 2 kali dalam sehari, masing-masing selama  $\pm 5$  menit, agar semua *feed* tercampur secara merata. Pada penelitian ini juga dilakukan analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*), MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solids*), dan *TS* tiap 5 hari sekali. Pada akhir operasi dilakukan analisis komposisi gas dan *heating value*.

Variabel *fungus pretreatment* dalam penelitian ini adalah menggunakan bagasse dan tandan kosong kelapa sawit serta konsentrasi

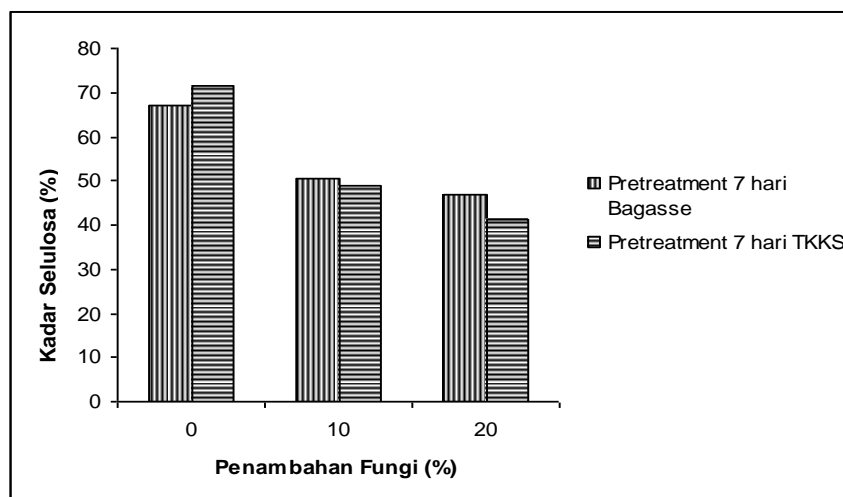
fungi (0, 10, dan 20% w/w). Konsentrasi gas metana diukur di Laboratorium BPPI Surabaya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Fungal pretreatment*

Pada proses *fungus pretreatment*, digunakan bagasse dengan kadar selulosa awal 67,25% dan tandan kosong kelapa sawit dengan kadar selulosa awal 71,68%. Kadar glukosa awal pada bagasse adalah 3,84% dan pada tandan kosong kelapa sawit adalah 5,88%.

Pada *pretreatment* ini, digunakan penambahan fungi sebesar 10% dan 20%. Hubungan antara penambahan fungi (%) dan kadar glukosa (%) yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



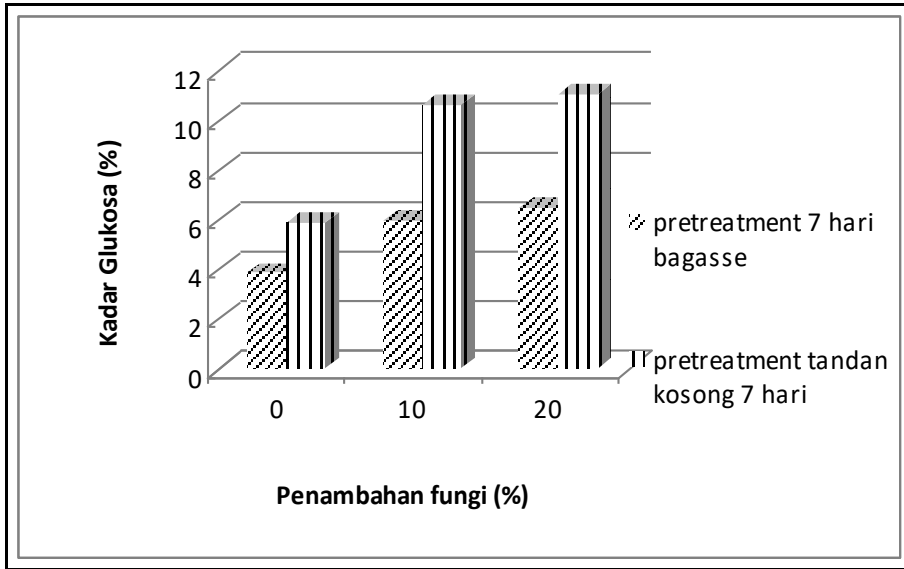
**Gambar 2.** Perbandingan antara Penambahan Fungi dengan Penurunan Kadar Selulosa Pada *Pretreatment* Selama 7 Hari Pada Limbah

Berdasarkan Gambar 2 dan 3, diketahui bahwa pembentukan glukosa maksimum terjadi pada penambahan fungi 20%. *Pretreatment* 7 hari pada limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menghasilkan kadar glukosa 11,09% dari kadar glukosa awal 5,88%. Kadar selulosa awal 71,69% menurun hingga 41,35% pada akhir *pretreatment*. Pada variabel fungi 10% didapatkan kadar glukosa pada akhir *pretreatment* sebesar 10,59% dari kadar glukosa awal

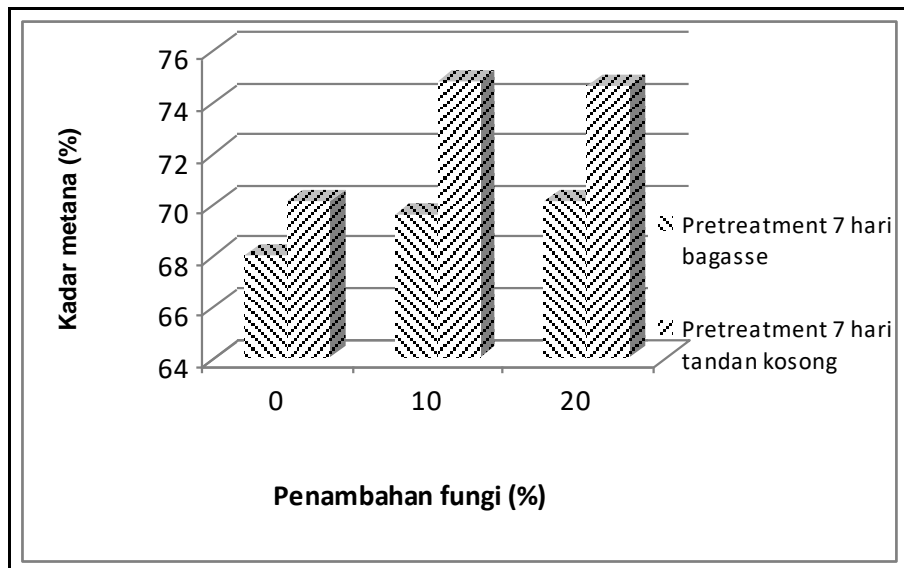
5,88%. Kadar selulosa awal 71,68% menurun hingga 48,79% pada akhir *pretreatment*.

#### **Pembuatan Biogas**

Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa penambahan jumlah fungi sangat membantu kenaikan kadar metana (Gambar 4). Hal ini dikarenakan semakin banyak selulosa yang terkonversi menjadi glukosa dan akan menghasilkan metana pada proses *methanogenesis*.



**Gambar 3.** Perbandingan antara Penambahan Fungi dengan Kenaikan Kadar Glukosa Pada *Pretreatment* Selama 7 Hari Pada Limbah



**Gambar 4.** Hubungan antara Waktu Fermentasi Limbah dengan Metana Pada *Pretreatment* Selama 7 Hari

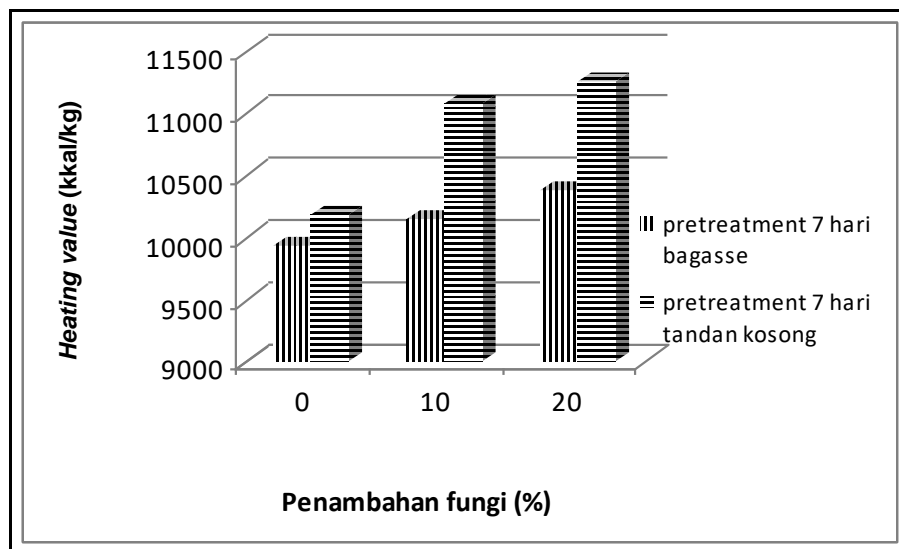
Dari hasil *fungus pretreatment* limbah bagasse selama tujuh hari diperoleh kadar metana 68,05% pada reaktor kontrol (tanpa penambahan fungi), 69,62% pada reaktor dengan penambahan 10% fungi, dan 70,12% pada reaktor dengan penambahan 20% fungi. Untuk *fungus pretreatment* limbah tandan kosong kelapa sawit selama tujuh hari diperoleh kadar metana 70,15% pada reaktor kontrol (tanpa penambahan fungi), 74,63% pada reaktor dengan penambahan 10%

fungi, dan 75,82% pada reaktor dengan penambahan 20% fungi. Hasil penelitian menyimpulkan antara *pretreatment* limbah bagasse dan limbah tandan kosong kelapa sawit diperoleh kadar metana terbaik adalah pada limbah tandan kosong kelapa sawit.

Hubungan antara waktu fermentasi limbah dengan *heating value* pada *pretreatment* selama 7 hari disajikan pada Gambar 5. Proses

*funggal pretreatment* limbah bagasse selama tujuh hari diperoleh *heating value* 9926,8 kkal/kg pada reaktor kontrol (tanpa penambahan fungi), 10145 kkal/kg pada reaktor dengan penambahan 10% fungi, dan 10380 kkal/kg pada reaktor dengan penambahan 20% fungi. Fungal *pretreatment*

limbah tandan kosong kelapa sawit selama tujuh hari diperoleh *heating value* 10180 kkal/kg pada reaktor kontrol (tanpa penambahan fungi), 11074 kkal/kg pada reaktor dengan penambahan 10% fungi, dan 11248 kkal/kg pada reaktor dengan penambahan 20% fungi.



**Gambar 5.** Hubungan antara Waktu Fermentasi Limbah dengan *Heating Value* Pada *Pretreatment* Selama 7 Hari

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan fungi *P. chrysosporium* 20% pada tandan kosong kepala sawit dalam proses *funggal pretreatment* menghasilkan kadar metana terbesar yaitu 75,82% dan *heating value* sebesar 11248 kkal/kg

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada sdr M. Nur Taufik dan Julyafanny A yang telah membantu dalam penelitian ini di Laboratorium Limbah Industri Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS.

#### DAFTAR PUSTAKA

Eriksson, K.E.L., Igarashi, K., Marc, F.J.M.V., Samejima, M., Schülein, M.,

dan Nishino, T. (1994). Cellobiose Dehydrogenase from the Fungi *Phanerochaete chrysosporium* and *Hemicula insolens*. Department of Biochemistry and Molecular Biology.

Keller, F.A., Jenny, E.H., dan Quang A. (2003). Microbial Pretreatment of Biomass. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 105-108.

Kirk, T.K. dan Farrel, R.L. (1987). Enzymatic "Combustion": The Microbial Degradation of Lignin. Forest Products Laboratory, Forest Service, United States Department

Lavarack, B.P., Griffin, G.J., dan Rodman, D. (2002). The Acid Hydrolysis of Sugarcane Bagasse Hemicellulose to Produce Xylose, Arabinose, Glucose

- and Other Products. *Biomass Bioenergi*. 23. 367-380.
- Martina, A., Yuli, N., dan Sutisna, M. (2002). Optimasi Beberapa Faktor Fisik terhadap Laju Degradasi Selulosa Kayu Albasia (*Paraserianthus falcataria*) Nielsen dan Karboksi-metilselulosa (cmo) secara Enzimatik oleh Jamu. *Jurnal Natur Indonesia*. 4(2). 156-163.
- Stewart, P., Whitwam, R.E., Kersten, P.J., Cullen, D., dan Tien, M. (1995). Efficient Expression of a *Phanerochaete chrysosporium* Manganese Peroxidase Gene in *Aspergillus oryzae*. *Applicationt Environment Micro-biology*.
- Sun, Y. dan Cheng, J. (2002). Hydrolysis of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production. *Bioresour. Technol.* 83. 1-11.
- Suparjo (2008). Degradasi Komponen Lignoselulosa oleh Kapang Pelapuk Putih. Jajo 66.wordpress.com