



## PRODUKSI GLUKOSA DARI JERAMI PADI (*Oryza sativa*) MENGGUNAKAN JAMUR *Trichoderma* sp.

[Glucose Production from Rice Straw (*Oryza sativa*) Using *Trichoderma* sp.]

Yuli Rismawati<sup>1\*</sup>, Syaiful Bahri<sup>1</sup>, Prismawiryanti<sup>1</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tadulako, Palu

Diterima 2 Februari 2016, Disetujui 30 Maret 2016

### ABSTRACT

Research glucose production from rice straw (*Oryza sativa*) using *Trichoderma* sp. has conducted. This study aime is to determine the effect konsentrasi *Trichoderma* sp. And a straw fermentation of rice (*Oryza sativa*) against production. Research glucose levels was done using a completely randomized design (CRD) with factorial pattern 4 variation of the concentration of *Trichoderma* sp. (0%, 24%, 36% and 48%) and fermentation time (3, 4, 5 and 6 weeks), glucose levels were analyzed using DNS with UV-Visible spectrophotometry. The measurement results showed that the highest glucose levels obtained at various concentration *Trichoderma* sp. 36% fermentation time during the five week sthat is equal to 14.525%. There is a positive interaction between the concentration of *Trichoderma* sp. and the fermentation time, the best combination of time and fungal concentration of 5 weeks and 36%, respectively.

**Keywords** : Rice straw, *Trichoderma* sp., Fermentation, DNS, Spectrophotometer Uv-Visibel, Glucose.

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian produksi glukosa dari jerami padi (*Oryza sativa*) menggunakan jamur *Trichoderma* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Trichoderma* sp. dan waktu fermentasi jerami padi (*Oryza sativa*) terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola Faktorial dengan 4 variasi konsentrasi *Trichoderma* sp. (0%, 24%, 36% dan 48%) dan waktu fermentasi (3, 4, 5 dan 6 minggu), kadar glukosa dianalisis menggunakan metode DNS dengan spektrofotometri UV-Visible. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar glukosa tertinggi diperoleh pada variasi konsentrasi *Trichoderma* sp. 36% dengan waktu fermentasi selama 5 minggu yaitu sebesar 14,525%. Terdapat interaksi positif antara konsentrasi *Trichoderma* sp. dan waktu fermentasi, kombinasi waktu dan konsentrasi jamur terbaik 5 minggu dan 36%.

**Kata kunci:** Jerami padi, *Trichoderma* sp., Fermentasi, DNS, Spektrofotometri Uv-Visibel, Glukosa.

\*) Corresponding Author : yuli.risma78@yahoo.co.id (hp/fax: +6285241292593)

## LATAR BELAKANG

Produksi padi di Indonesia tahun 2014 sebanyak 70,85 juta ton gabah kering giling (GKG) dan diperkirakan meningkat pada tahun 2015 sebanyak 75,55 juta ton GKG, untuk provinsi Sulawesi Tengah, produksi padi tahun 2014 mencapai 1.022.054 ton Gabah Kering Giling (GKG) dan diperkirakan akan meningkat pada tahun 2015 sebesar 1.063.382 ton Gabah Kering Giling (GKG), hal ini terjadi karena adanya kenaikan luas panen dan peningkatan produktiitas sebesar 1,33 kuintal per hektar (Badan Pusat Statistik, 2015).

Hasil samping padi terbesar berupa jerami padi yang umumnya hanya sebagai limbah yang sering terabaikan dan belum dimanfaatkan secara efektif. Jerami padi berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan gula hidrolisat atau dalam industri disebut gula fermentasi yang memiliki banyak manfaat. Kandungan kimia pada jerami padi adalah lignoselulosa, memiliki potensi sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui. Lignoselulosa adalah komponen organik yang terdiri dari polimer, selulosa, hemiselulosa dan lignin. Jerami padi memiliki kandungan selulosa sebesar 37,71%, hemiselulosa 21,99% dan lignin 16,62% (Dewi, 2002).

Selulosa yang terdapat pada jerami dapat dikonversi menjadi glukosa melalui proses hidrolisis. Hidrolisis dapat dilakukan menggunakan asam kuat atau enzim. Menurut Judoamidjoyo (1992),

produksi glukosa menggunakan mikroorganisme mempunyai kelebihan pada biaya produksi yang lebih murah dan produksi yang dihasilkan bebas dari ion-ion atau logam berat yang tidak diinginkan. Selain itu hidrolisa selulosa secara enzimatik merupakan proses ramah lingkungan dan hemat energi (Aderemi dkk, 2008).

Proses produksi gula dapat dilakukan secara kimia maupun enzimatik dengan cara fermentasi menggunakan *Trichoderma*, *Aspergillus*, dan *Penicillium* (Perez, et.al., 2002). Salah satu mikroba yang dapat menghasilkan enzim selulase yaitu *Trichoderma* sp. yang umum digunakan dalam pembuatan kompos. *Trichoderma* sp. berperan menguraikan lignoselulosa menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana yang dibutuhkan tumbuhan sebagai nutrisi dalam pertumbuhannya. Berghem dalam Rose (1987) menyatakan bahwa *Trichoderma viride* dapat menghasilkan tiga macam enzim selulase yaitu endo- $\beta$ -1,4-glukanase, ekso- $\beta$ -1,4-glukanase dan  $\beta$ -glukosidase atau selobiose. Enzim selulase yang dihasilkan oleh mikrobia tersebut akan mendegradasi selulosa menjadi gula.

Penelitian Kodri dkk. (2013) menjelaskan bahwa waktu fermentasi berpengaruh pada kadar glukosa yang dihasilkan. Proses fermentasi jerami padi menggunakan mikroorganisme *Aspergillus niger* : *Trichoderma reseei* rasio 1:2, kadar gula tertinggi diperoleh pada waktu

fermentasi 64 jam dengan kadar 16,884%. Penelitian tentang produksi glukosa menggunakan *Trichoderma* juga telah dilakukan oleh Sukadarti, dkk. (2010) menyatakan bahwa konsentrasi gula reduksi tertinggi diperoleh pada konsentrasi sabut 5 g/ml dan konsentrasi inokulum *Trichoderma reesei* 5 g/ml, yaitu sebesar 0,7999 mg/L, pada pH 5 dengan waktu fermentasi 72 jam.

Pemanfaatan *Trichoderma* sp. telah diterapkan pada produksi biokompos dalam sediaan granul (*Trichoderma* sp.) berbahan dasar serasah daun kakao dan kotoran ayam oleh Bahara (2015), bahwa hasil optimal terdapat pada perlakuan dengan substrat dasar 10 kg + dekomposer 25 tablet dan waktu terbaik selama 40 hari. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Umrah, dkk. (2011), tentang pembuatan biokompos dari limbah organik ampas sagu menggunakan *Trichoderma* sp. dalam bentuk sediaan tablet sebagai dekomposer substrat yang dengan waktu fermentasi selama 20 hari.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa enzim selulase yang dihasilkan oleh kapang *Trichoderma* dapat dimanfaatkan sebagai katalis dalam proses hidrolisis enzimatik jerami untuk produksi glukosa. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kadar glukosa tertinggi, dengan variasi waktu dan konsentrasi *Trichoderma* sp. pada fermentasi jerami padi, serta interaksi antara waktu inkubasi dan konsentrasi jamur pada kadar glukosa yang dihasilkan.

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan dan Peralatan**

Bahan-bahan yang digunakan adalah jerami padi, akuades, *Trichoderma* sp., kapas, kertas saring dan larutan DNS (dinitrosalisilat).

Alat yang digunakan adalah ayakan 60 mesh, erlenmeyer 250, aluminum foil, batang pengaduk, lumpang-alu, neraca analitik, autoclave, corong kaca, pipet volum, pipet micro, pipet tetes, gelas ukur 100, kain saring, tabung reaksi, penangas air, labu ukur, spektrofotometer uv-vis dan laminar.

### **Prosedur Penelitian**

#### ***Fermentasi Jerami Padi secara Enzimatis***

Serbuk jerami sebanyak 25 gram ditempatkan dalam erlenmeyer 250 ml, lalu ditambahkan akuades sebanyak 50 ml disertai pengadukan hingga akuades tercampur merata dalam serbuk jerami. Sampel disterilisasi menggunakan Autoclave pada suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah sampel dingin ditambahkan starter jamur *Trichoderma* sp. dengan variasi konsentrasi 24%, 36% dan 48% dari massa jerami padi. Dilakukan pengadukan hingga jamur tercampur merata pada serbuk jerami. Sampel ditutup menggunakan kapas agar tercipta suasana anaerob. Sampel diinkubasi dengan variasi waktu 3 minggu, 4 minggu, 5 minggu dan 6 minggu. Tambahkan akuades sebanyak 150 ml ke dalam sampel yang telah siap diukur kadar

glukosanya. Aduk hingga akuades bercampur dengan sampel dan saring menggunakan kertas saring.

### **Pembuatan Pereaksi DNS**

Pereaksi DNS dibuat dengan melarutkan asam 3,5 dinitrosalisilat sebanyak 1,06 g dan NaOH sebanyak 1,98 g ke dalam 141,6 ml akuades, selanjutnya ditambahkan 30,6 g natrium kalium tartrat, 0,76 ml fenol (cairkan pada 50°C) dan 0,83 g natrium metabisulfit, kemudian larutan diaduk hingga larut merata.

### **Penentuan Kadar Glukosa**

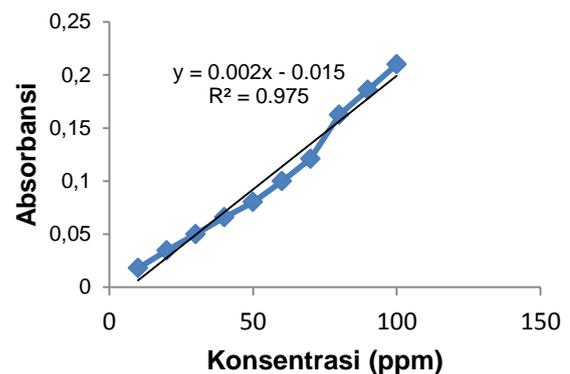
Sebanyak 1 ml larutan gula hasil hidrolisis dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan dengan 3 ml pereaksi DNS, selanjutnya dipanaskan pada penangas air mendidih selama 5 menit kemudian didinginkan pada suhu ruang. Larutan dipindahkan ke dalam kuvet, absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum 550 nm. Kadar gula ditentukan dengan menggunakan persamaan regresi absorbansi larutan standar.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kadar glukosa dihitung dengan mengukur absorbansi hasil fermentasi menggunakan spektrofotometer uv-visible pada panjang gelombang 550 nm dengan metode DNS (Dinitrosalicylic Acid). Pereaksi DNS umum digunakan untuk mengukur gula reduksi oleh mikroba karena tingkat ketelitiannya yang tinggi

sehingga dapat diaplikasikan pada gula dengan kadar kecil sekalipun (Mulyono dkk., 2009).

Pengukuran kadar glukosa pada sampel dilakukan dengan cara membandingkan absorbansi sampel dengan absorbansi larutan standar melalui persamaan regresi. Pembuatan kurva standar glukosa dilakukan dengan melarutkan 100 mg glukosa monohidrat dalam 100 mL akuades, selanjutnya dari larutan tersebut diencerkan sehingga diperoleh larutan glukosa dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm yang digunakan pada pembuatan kurva baku (Gambar 1).

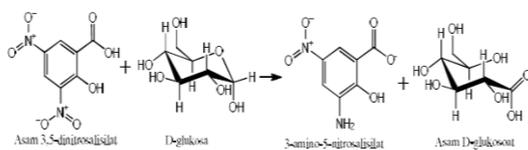


Gambar 1 Grafik absorbansi terhadap konsentrasi glukosa

Persamaan matematis glukosa yaitu  $y = 0.002x - 0.015$  dimana  $x$  adalah konsentrasi glukosa dan  $y$  merupakan nilai absorbansi dari glukosa pada panjang gelombang 550 nm, maka dapat dihitung kadar glukosa sebagai produk dari reaksi enzim selulase terhadap substrat jerami padi.

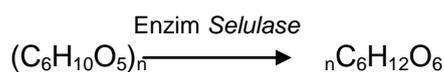
Pereaksi DNS direduksi oleh gula pereduksi menghasilkan asam amino-5-nitrosalisilat. Hal ini ditandai dengan

perubahan warna larutan glukosa yang telah ditambahkan dengan larutan DNS menjadi kuning kecoklatan. Banyaknya DNS yang tereduksi sebanding dengan absorbansi. Hasil pengukuran larutan standar glukosa menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi glukosa semakin tinggi pula absorbansi yang diperoleh. Reaksi antara DNS dengan glukosa dapat digambarkan sebagai berikut .



Gambar 2 Reaksi glukosa dengan DNS

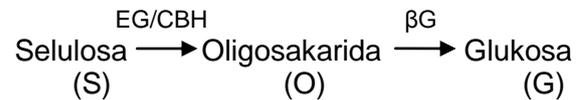
Selulosa dapat dihidrolisis oleh enzim selulase sebagai katalis menjadi glukosa dan selobiosa. Glukosa merupakan hasil hidrolisis sempurna dari selulosa. Reaksinya dapat dijabarkan sebagai berikut.



Hidrolisis selulosa menjadi glukosa secara konsisten melewati dua tahap penting dalam sistem enzimatik, yaitu pemecahan ikatan glukosidik pada selulosa menjadi selobiosa oleh  $\beta$ -1,4-glukanase dan pemecahan ikatan  $\beta$ -1,4-glukosidik pada selobiosa menjadi glukosa oleh  $\beta$ -glukosidase (Fox, 1991). Enzim selulase dapat mengubah selulosa menjadi selobiosa yang kemudian dihidrolisis lebih lanjut dengan  $\beta$ -glukosidase (Alexander *et al.*, 1992).

Pemutusan ikatan ini akan menghasilkan oligosakarida, yang akhirnya diubah menjadi monomer glukosa (Chaplin,1994).

Proses hidrolisis yang kompleks disederhanakan dalam dua tahap reaksi seperti berikut:



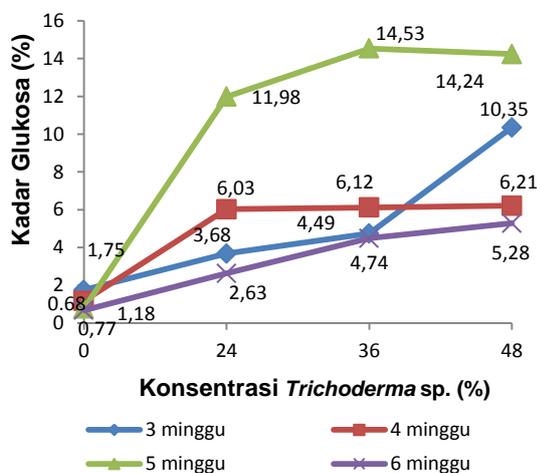
Tahap pertama adalah reaksi heterogen antara substrat tidak larut S dengan enzim terlarut menghasilkan oligosakarida yang larut (O) oleh aksi sinergi eksoglukanase CBH dan endoglukanase EG yang dianggap sebagai pengendali hidrolisis keseluruhan. Tahap kedua adalah reaksi homogen pemecahan oligosakarida menjadi produk akhir glukosa (G) yang dikatalisis oleh  $\beta$ G dan mencapai kesetimbangan karena lebih cepat dari reaksi tahap pertama.

### Kadar Glukosa pada berbagai Variasi Konsentrasi *Trichoderma* sp.

Variasi konsentrasi *Trichoderma* sp. dalam jerami padi memberi pengaruh terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3 grafik hubungan antara konsentrasi jamur dengan kadar glukosa yang dihasilkan pada masing-masing variasi waktu.

Berdasarkan grafik diatas bahwa semakin besar konsentrasi jamur yang terdapat pada substrat, maka kadar glukosa yang dihasilkan semakin meningkat. Banyaknya *Trichoderma* sp. yang digunakan pada fermentasi jerami

padi sebanding dengan enzim selulase yang dihasilkan, sehingga kadar glukosa juga meningkat. Terlihat pada perlakuan yang tidak menggunakan *Trichoderma* sp. atau massa jamur 0 % kadar glukosa yang dihasilkan sangat rendah bila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan *Trichoderma* sp.. Hal ini dikarenakan tidak ada enzim selulase yang terbentuk sehingga reaksi penguraian berlangsung lambat.



Gambar 3 Grafik hubungan antara konsentrasi *Trichoderma* sp. terhadap kadar glukosa

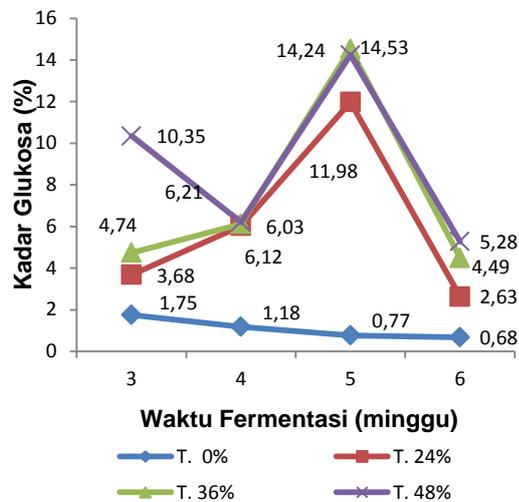
Perlakuan dengan waktu inkubasi 3 minggu, 4 minggu dan 6 minggu kadar glukosa relative meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi jamur pada sampel. Sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Poedjiadi (2009), bahwa kecepatan suatu reaksi yang menggunakan enzim tergantung pada konsentrasi enzim tersebut. Pada suatu konsentrasi substrat tertentu, kecepatan reaksi bertambah dengan bertambahnya konsentrasi enzim.

Pada minggu ke-5 kadar glukosa yang dihasilkan relative tinggi dibandingkan dengan minggu yang lain. Kadar glukosa tertinggi terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Trichoderma* sp. 36%, kadar glukosa yang dihasilkan sebesar 14,525 % dan kadar glukosa terendah terdapat pada perlakuan dengan konsentrasi *Trichoderma* sp. 24% yaitu sebesar 11,98%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi 36%, enzim selulase yang dihasilkan lebih besar, sehingga lebih cepat kerja enzim merombak substrat dengan jumlah yang sama. Sedangkan pada perlakuan dengan konsentrasi 24%, enzim yang dihasilkan lebih sedikit, maka kerja enzim merombak substrat yang ada menjadi lebih lama. Pada minggu yang sama, kadar glukosa yang dihasilkan pada perlakuan dengan konsentrasi *Trichoderma* sp. 48% mengalami penurunan, yaitu sebesar 14,24%. Ini bisa terjadi karena jumlah enzim yang tersedia cukup banyak dibandingkan dengan jumlah substrat yang ada, sehingga glukosa yang dihasilkan digunakan oleh jamur sebagai nutrisi untuk pertumbuhan jamur tersebut.

#### Kadar Glukosa berbagai Variasi Waktu Fermentasi

Penentuan waktu terbaik pada hidrolisis jerami padi menggunakan *Trichoderma* sp. dapat diukur mulai dari minggu ke-3 hingga minggu ke-6. Hasil pengukuran kadar glukosa dijelaskan pada Gambar 4 grafik hubungan antara

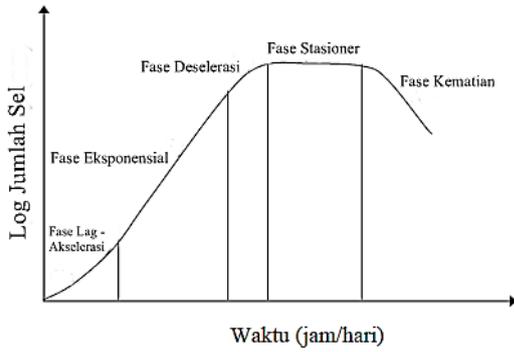
waktu fermentasi dan kadar glukosa yang dihasilkan.



Gambar 4 Grafik hubungan antara waktu Fermentasi terhadap kadar glukosa

Pada grafik dapat dilihat bahwa kadar glukosa mengalami perubahan seiring bertambahnya waktu fermentasi. Kadar glukosa relative meningkat dari minggu ke-3 sampai minggu ke-4 dan mencapai waktu maksimal pada minggu ke-5, dengan kadar glukosa yang diperoleh dari masing-masing variasi konsentrasi jamur terhadap massa sampel 24%, 36% dan 48% berturut-turut yaitu 11.98%, 14.525% dan 14.24%. Kadar glukosa menurun pada minggu ke-6, hal ini dikarenakan glukosa yang terbentuk dari hasil penguraian selulosa oleh enzim selulase digunakan sebagai nutrisi oleh jamur *Trichoderma* untuk mempertahankan pertumbuhannya. Sehingga saat dilakukan pengukuran kadar glukosa yang tersedia lebih sedikit dibandingkan pada minggu-minggu sebelumnya.

Pertumbuhan *Trichoderma* sp. mengalami fase pertumbuhan mikroba pada umumnya, minggu ke-3 sampai minggu ke-4 merupakan fase integral, mikroba tumbuh pesat sehingga kadar glukosa yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya waktu. Pada fase ini enzim selulosa yang dihasilkan cukup banyak untuk merombak selulosa menjadi glukosa sehingga nutrisi yang diperoleh mikroba cukup untuk menghasilkan enzim selulase yang akan menghidrolisis selulosa lain. Pada minggu ke-5 sebagian besar selulosa telah menjadi glukosa, sehingga kadar glukosa mencapai titik maksimum. Kadar glukosa tertinggi diperoleh pada waktu fermentasi selama 5 minggu dengan konsentrasi *Trichoderma* sp. 36%, yaitu sebesar 14,525%. Pada waktu tertentu kerja enzim mencapai titik maksimum untuk menghidrolisis selulosa, pada fase ini kadar glukosa yang dihasilkan tetap (tidak mengalami kenaikan). Fase ini disebut fase stationer dimana jumlah antara mikroba yang hidup dan yang mati sama, sehingga jumlah enzim selulase yang dihasilkan oleh mikroba tetap. Sedangkan pada minggu ke-6 kadar glukosa yang dihasilkan menurun, karena glukosa yang dihasilkan digunakan sebagai sumber makanan mikroba dan akan habis seiring waktu karena persediaan selulosa yang akan dirombak telah habis. Setelah melewati fase ini pertumbuhan mikroba mengalami kematian yang sangat berpengaruh besar terhadap kadar glukosa yang dihasilkan.

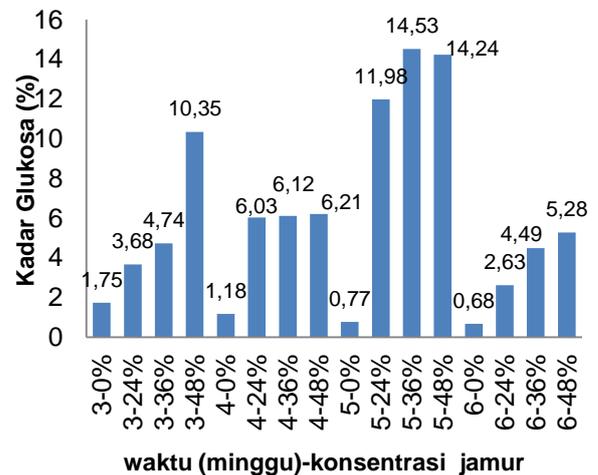


Gambar 5 Kurva Fase Pertumbuhan Jamur (Pelczar, 1986)

Hal ini sesuai dengan teori yang telah dipaparkan oleh Sukadarti (2010), bahwa pada pertumbuhannya, jamur *Trichoderma reesei* membutuhkan gula sebagai sumber nutrisi sebelum jamur tersebut menghidrolisis substrat menjadi gula reduksi melalui enzim selulase yang dihasilkannya.

Sesuai dengan hasil penelitian penelitian yang telah dilakukan oleh Kodri dkk. (2013), menyebutkan bahwa kadar glukosa tertinggi diperoleh pada perbandingan *Aspergillus niger* : *Trichoderma reesei* ratio 1 : 2 dengan waktu hidrolisi selama 64 jam dengan massa substrat 5 gram, kadar glukosa tertinggi yaitu sebesar 16,884 %. Dimana kadar glukosa terus meningkat mulai dari jam 8 sampai dengan jam ke 64 namun mengalami penurunan pada jam ke 72. Hal ini dikarenakan jumlah substrat pada awal hidrolisis masih cukup banyak sehingga dengan semakin lamanya waktu hidrolisis, glukosa yang dihasilkan juga meningkat selain itu juga dapat disebabkan gula sebagai sumber nutrisi masih banyak tersedia sehingga

memungkinkan terjadi peningkatan kadar glukosa pada waktu tertentu, namun pada waktu tertentu akan mengalami penurunan kadar glukosa dikarenakan semakin lamanya waktu hidrolisis jumlah substrat (jerami padi) akan semakin berkurang karena telah banyak yang terhidrolisis sehingga glukosa yang dihasilkan cenderung menurun atau konstan. Terdapat interaksi positif antara waktu fermentasi dan konsentrasi *Trichoderma* sp. terhadap kadar glukosa (Gambar 6).



Gambar 6 Grafik interaksi antara waktu fermentasi dan konsentrasi *Trichoderma* sp. terhadap kadar glukosa

Waktu dan massa jamur memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen glukosa, dengan waktu inkubasi terbaik 5 minggu dan konsentrasi *Trichoderma* sp. terbaik 48%. Kombinasi waktu dan konsentrasi *Trichoderma* sp. terbaik pada 5 minggu dan konsentrasii 36%.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, kadar glukosa tertinggi dihasilkan dari fermentasi jerami padi pada perlakuan dengan konsentrasi jamur *Trichoderma* sp. 36% selama 5 minggu sebesar 14,525%. Waktu terbaik fermentasi jerami padi terdapat pada minggu ke-5 dengan kadar glukosa yang dihasilkan dari berbagai konsentrasi jamur *Trichoderma* sp. 24%, 36% dan 48%, secara berturut-turut sebesar 11,98%, 14,525% dan 14,24%. Terdapat interaksi positif antara konsentrasi jamur *Trichoderma* sp. yang digunakan dalam fermentasi jerami padi dan waktu fermentasi, kombinasi waktu dan konsentrasi jamur terbaik 5 minggu dan 9 gram.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada ibu Diharnaini dan Khaerunisa sebagai laboran lab. organik dan Dewi Indriyani sebagai laboran lab. Penelitian, serta ibu Sami sebagai laboran Bioteknologi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aderemi B.O, Abu E., Highina B.K. 2008. The Kinetics of Glucose Production from Rice Straw by *Aspergillus niger*. *African Journal of Biotechnology*. 7(11):1745-1752.
- Poedjiadi A., Supriyanti T. 2009. Dasar-Dasar Biokimia (Edisi Revisi). Jakarta: UI-Press.
- Alexander M., Hopwood D.A, Iglewski B.H, Laskin A.I. 1992. *Encyclopedia of Microbiology*. Vol 1. New York.: Academic Press Inc.
- Badan Pusat Statistika. 2015. Perkembangan Produksi Padi dan Palawija (<https://www.bps.go.id/Brs/view>) diakses 1 Januari 2016.
- Bahara. 2015. Produksi Biokompos dalam Sediaan Granul (Bahan aktif *Trichoderma* sp.) Berbahan Dasar Serasah Daun Kakao (*Theobroma cacao* L.) dan Kotoran Ayam. [Skripsi]. Palu: Universitas Tadulako.
- Chaplin M. 1994. Glucose from Cellulose. (<http://www.lsbu.ac.uk/biology/enzyme/cellulose.html>). diakses 22 Januari 2016.
- Dewi. 2002. Hidrolisis Limbah Hasil Pertanian Secara Enzimatik. *Akta Agrosia*. 5 (2): 67 – 71.
- Fox P.F. 1991. *Food Enzymology*. vol 1. New York: Elsevier Applied Science Ltd.
- Judoamidjoyo M., Darwis, Said G. E. 1992. Teknologi Fermentasi. Jakarta: Rajawali Press.
- Kodri, Argo B.D., Yulianingsih R. 2013. Pemanfaatan Enzim Selulase dari *Trichoderma Reesei* dan *Aspergillus Niger* sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatik Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 1(1): 36-43.
- Mulyono AMW., Cahyanto MN., Zuprizal, Bachruddin Z. 2009. Fermentasi Onggok Menggunakan Mutan *Trichoderma* untuk Produksi Selulase. *AGRITECH*. 29(2): 53-58.
- Pelczar M.J. 1986. Dasar-dasar Mikrobiologi. Jakarta: UI Press.
- Perez J., Dorado J.M., Rubia T., Martinez J. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *Int. Microbiol*. 5: 53-63.
- Rose A.H. 1987. Microbial Enzyme and Bioconversions. London: Academic Press.

Sukadarti S., Kholisoh S.D., Prasetyo H., Santoso WP., Mursini T. 2010. Produksi Gula Reduksi dari Sabut Kelapa Menggunakan Jamur *Trichoderma reesei*. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. 26 Januari

2010. Yogyakarta : Program Studi Teknik Kimia, FTI, UPN. hlm 1693 – 4393.  
Umrah, Alwi M., Arsal M. 2011. Uji Keefektivan Formula *Trichoderma* sp. Sediaan Tablet Sebagai Dekompuser Limbah Organik Ampas Sagu Menjadi Biokompos. *Biocelebes*. 5(2): 117-125.