

EKSTRAKSI BETA-GLUKAN JAMUR MERANG (*Volvaria volvaceae*)

BETA – GLUCAN EXTRACTION OF STRAW MUSHROOM (*Volvaria volvaceae*)

Netty Widyastuti, Reni Giarni, dan Donowati

Pusat Teknologi Bioindustri BPPT - LAPTIAB

Gedung 611, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan 15314

E-mail : nettysigit@hotmail.com

Diterima (received) : 13-01-2014, Direvisi (reviewed) : 02-02-2014

Disetujui (accepted) : 03-03-2014

Abstrak

Beta glukon merupakan homopolimer glukosa yang diikat melalui ikatan beta-(1,3) dan beta -(1,6) glucosidal dan dikenal sebagai imunomodulator. Beta glukon ada yang larut dalam air dan larut alkali. Beberapa beta glukon telah berhasil diisolasi dari jamur Basidiomycota. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan ekstrak beta glukon yang larut dalam air dan yang larut alkali dari jamur *Volvaria volvaceae*. Hasil analisa ekstrak beta glukon yang larut air ataupun larut alkali menunjukkan adanya senyawa beta glukon yang dicirikan dengan gugus FTIR (*Fourie Transform Infra Red*) dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang $896,90\text{ cm}^{-1}$ (beta glukon standar Sigma) , $893,04\text{ cm}^{-1}$ (beta glukon larut air) dan $893,04\text{ cm}^{-1}$ (beta glukon larut alkali).

Kata kunci : beta-glukan, imunomodulator, *volvaria volvaceae*, ekstraksi larut air.

Abstract

Beta glucan is a homopolymer of glucose are bound by ties of beta- (1,3) and beta - (1,6) glucosidal and is known as an immunomodulator. Beta glucan there is water soluble and alkali soluble. Some beta glucan has been isolated from fungi Basidiomycota. The aim of this study is to get beta glucan extract water-soluble and alkali-soluble from the straw mushroom (*Volvaria volvaceae*). Results of analysis of beta glucan extract water soluble or alkali soluble, beta glucan showed the compounds characterized by FTIR group (*Fourie Transform Infra Red*) in the presence of an absorption band at wave number 896.90 cm^{-1} (beta glucan standard Sigma), 893.04 cm^{-1} (beta glucan water soluble) and 893.04 cm^{-1} (beta glucan alkali soluble).

Keywords : beta-glucan , immunomodulator , *volvaria volvaceae*, water soluble extraction.

1. PENDAHULUAN

Jamur merang (*Volvariella volvacea*, sinonim: *Volvaria volvacea*, *Agaricus volvaceus*, *Amanita virgata* atau *Vaginata virgata*) atau kulat jeramoe dalam bahasa Aceh adalah salah satu spesies jamur pangan yang banyak dibudidayakan di Asia Timur dan Asia Tenggara yang beriklim tropis atau subtropis. Sebutan jamur merang berasal dari bahasa Tionghoa cǎogū (Hanzi). Sekitar 16% dari total produksi jamur dunia berupa jamur merang (Anonymous).

Jamur merang mempunyai rasa enak, gurih, dan tidak mudah berubah wujudnya jika dimasak, sehingga digunakan untuk berbagai macam masakan

(Hsiung,2006), seperti mie ayam jamur, tumis jamur, pepes jamur, sup dan capcay. Tidak hanya lezat, jamur mempunyai kandungan gizi cukup baik. Komposisi kimia yang terkandung tergantung jenis dan tempat tumbuhnya. Rata-rata jamur mengandung 19-35% protein dibandingkan beras 7,38% dan gandum 13,2%. Asam amino esensial yang terdapat pada jamur, sekitar 9 jenis dari 20 asam amino yang dikenal. Berikutnya lagi adalah 72% lemaknya tidak jenuh, jamur juga mengandung berbagai jenis vitamin, antara lain B1 (thiamine), B2 (riboflavine) niasin dan biotin. Selain elemen mikro, jamur juga mengandung berbagai jenis mineral antara lain K, P, Ca, Na, Mg dan Cu.

Hasil penelitian Widyastuti *dkk* (2011) menunjukkan bahwa tubuh buah jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan jamur shiitake (*Lentinus edodes*) mengandung beta-glukan. Berdasarkan data spektra FTIR, ekstrak jamur shiitake baik larut air ataupun larut alkali menunjukkan adanya beta glukan, yang ditunjukkan oleh adanya ikatan glikosida. Diharapkan, dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jamur merang juga mengandung beta-glukan.

Beta glukan merupakan senyawa metabolit sekunder yang dapat diisolasi dari tanaman, kelompok cendawan dan mikroorganisme. Beta glukan merupakan homopolimer glukosa yang diikat melalui ikatan β -(1,3) dan β -(1,6)-glukosida dan banyak ditemukan pada dinding sel. Beta glukan telah lama diketahui berpotensi sebagai agen pencegah (*immunomodulator*) dan penyembuhan penyakit kardiovaskuler terutama kolesterol. Dengan gambaran peluang pasar *nutraceutical* untuk penyembuhan penyakit kardiovaskuler ini, maka dapat dikatakan bahwa beta glukan memiliki potensi pasar yang besar sebagai bahan dasar agen *nutraceutical* untuk penyakit tersebut. Belum lagi dalam aspek kesehatan lain yakni kanker dan infeksi bakteri dan virus. Kasus kanker kian hari kian bertambah banyak, bahkan di beberapa negara sudah mencapai angka frekuensi 1 dari 4 orang adalah penderita kanker. Gejala akhir-akhir ini dimana penyakit menular oleh virus seperti AIDS, SARS, dan Flu Burung adalah relung tambahan beta glukan dapat dikembangkan sebagai agen *nutraceutical*. Banyak penelitian yang sudah membuktikan potensi beta glukan dari jamur dapat berperan dalam kasus-kasus di atas. Dari berbagai kajian tersebut secara garis besar dapat dirangkum bahwa beta glukan memiliki potensi yang menonjol dalam 3 aspek penyakit yakni *degeneratif* (anti kolesterol), anti kanker dan anti mikroba terutama anti virus. Secara alami, beta glukan merupakan polimer dari glukosa dan merupakan polimer yang besar, biasanya tidak larut dalam air serta tahan terhadap asam.

Beta glukan yang biasanya digunakan sebagai immunomodulator pada mamalia dan biasanya merupakan beta glukan yang larut dalam air, mudah diserap dan memiliki bobot molekul yang rendah. Beberapa contoh senyawa beta glukan antara lain, selulosa (β -1,4-glukan), pleuran (β -1,6 dan β -1,3-glukan) yang diisolasi dari jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*), lentinan (β -1,6-glukan) dan (β -1,3-glukan) dari jamur shiitake (*Lentinus edodes*).

Tujuan penelitan ini adalah mendapatkan senyawa beta-glukan yang dapat larut dalam air dan dalam alkali yang berasal dari jamur merang (*Volvaria volvacea*). Hasil beta glukan dibandingkan untuk mengetahui karakteristik beta glukan yang dihasilkan, yakni struktur molekul.

2. METODOLOGI

Bahan yang digunakan adalah jamur merang (*Volvaria volvacea*). Bahan kimia yang diperlukan : solven air, etanol, NaOH, asam asetat, *Megazyme tools kit*.

Metode ekstraksi beta D-glukan yang dikembangkan yakni ekstraksi bertahap dari tepung tubuh buah jamur merang (*Volvaria volvacea*) kering menggunakan solven air dan alkali. Pemilihan solven didasarkan pada sifat kelarutan beta-D-glukan yang memiliki sifat tidak larut dalam air (*insoluble water*) pada rantai panjangnya. Untuk senyawa berantai pendek diharapkan akan terekstrak pada tahap ekstraksi yang pertama dengan solvent air, sedangkan untuk beta-D-glukan rantai panjang diharapkan akan terekstrak di tahap kedua dengan solvent alkali.

Beta glukan hasil ekstrak dianalisa kandungan bahan aktifnya dengan *Megazyme tools kit*, yakni untuk mengetahui karakteristik berat molekul beta glukan yang dihasilkan.

Rancangan penelitian meliputi penyiapan tepung jamur, ekstraksi beta glukan dari tepung jamur larut air, ekstraksi beta glukan dari tepung jamur larut alkali, penimbangan dan pengukuran kadar Beta-D-glukan yang diperoleh, karakterisasi beta glukan yakni struktur molekul.

2.1 Penyiapan Tepung Jamur

Tubuh buah jamur merang (*Volvaria volvacea*) segar yang akan diekstrak, dirajang, kemudian dikeringkan. Hasil rajangan jamur kering, selanjutnya ditepungkan dengan grinder. Tepung jamur siap untuk dilakukan ekstraksi.

2.2 Ekstraksi Beta Glukan

Beta glukan dapat diperoleh dari proses ekstraksi tubuh buah, miselium atau dari medium cair dalam proses fermentasi bawah permukaan. Metabolit primer seperti beta glukan, dapat diperoleh dari ekstraksi biomassa, terutama tubuh buah dengan menggunakan pelarut ethanol atau air yang selanjutnya dimurnikan untuk mendapatkan ekstrak yang relatif murni sebagai bahan *neutraceutical*. Dari ekstrak tersebut dapat dibuat produk berupa kapsul, tablet atau minuman yang diformulasikan guna memperoleh rasa yang disukai.

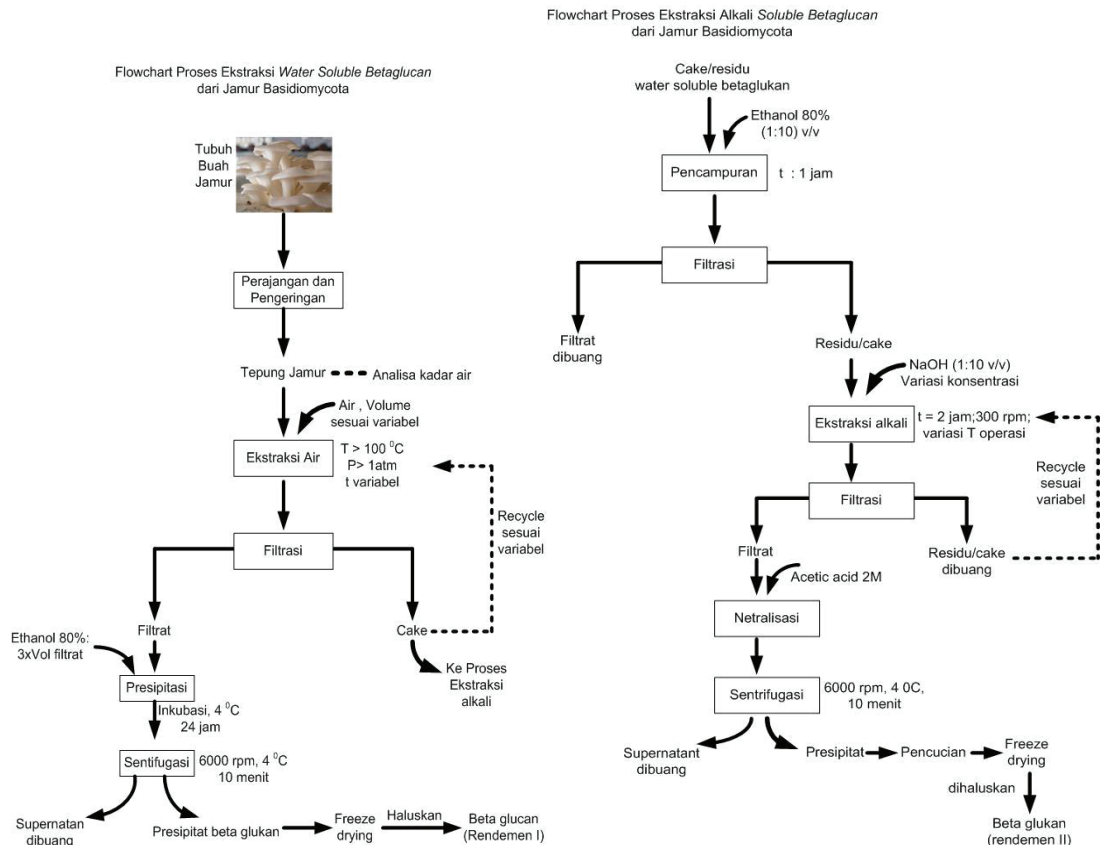
Salah satu metode untuk memproduksi senyawa aktif beta glukan dari jamur adalah dengan cara ekstraksi dilanjutkan dengan pemurnian beta glukan seperti yang dilakukan oleh Chao (1989) dalam Aryantha (2005). Penelitian terbaru oleh Yap dan Ng (2001) telah menetapkan prosedur yang lebih efisien untuk melakukan ekstraksi beta glukan. Beta glukan diisolasi melalui presipitasi ethanol dan

freeze drying dalam nitrogen cair. Uji kemurnian menggunakan kolom analisis karbohidrat, hasilnya 87,5% kemurnian. Dari segi komersial, metode ini lebih hemat waktu, efisien dan relatif lebih rendah biaya dibanding metode asli Chihara *et al* (1987) metode Mizuno (1999).

Berdasarkan kedua metode tersebut, maka disusunlah modifikasi desain produksi beta glukukan dari jamur merang (*Volvaria volvacea*) dengan memperhatikan sifat kelarutan senyawa aktif

tersebut dalam solven pengeksrak.

Ekstrak senyawa aktif polisakarida beta glukukan mempunyai sifat larut dalam air dan alkali (Widyastuti, 2011). Agar didapatkan hasil ekstrak yang optimum, maka desain proses ekstraksi dibuat bertahap. Setelah diekstraksi menggunakan solven air dilanjutkan ekstraksi menggunakan solven alkali. Prosedur kerja penentuan kadar beta glukukan larut air dan larut alkali dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses ekstraksi dan pengukuran beta glukukan dari jamur merang (*Volvaria volvacea*) dengan - modifikasi metode Yap and Ng (2001).

2.3. Pengukuran Hasil

Beta glukukan hasil ekstraksi ditimbang rendemennya untuk evaluasi *yield* yang diperoleh dari proses ekstraksi yang dilakukan, rumus yang digunakan adalah:

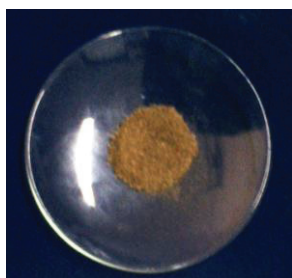
$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat beta glukukan}}{\text{berat jamur basis kering}} \times 100\%$$

Kadar beta glukukan diukur dengan metode *Megazyme* menggunakan *Megazyme tools kit*. Beta

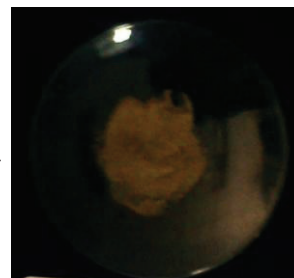
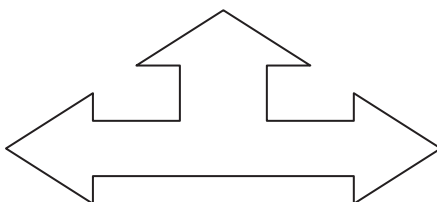
glukan hasil ekstrak memiliki rata-rata kadar bahan aktif 25-35%. Hal ini dikarenakan bahan aktif masih bercampur dengan sisa protein, sisa bahan solven NaOH dan sisa-sisa senyawa gula sederhana. Proses purifikasi bertujuan untuk menghilangkan bahan pengotor seperti sisa protein, sisa NaOH dan senyawa gula sehingga didapatkan senyawa bahan aktif beta glukukan relatif lebih murni, sehingga memenuhi spesifikasi sebagai bahan farmasi untuk *immunomodulator*.



Jamur Merang (*Volvariella volvacea*)



Ekstrak Merang (*Water Soluble*)

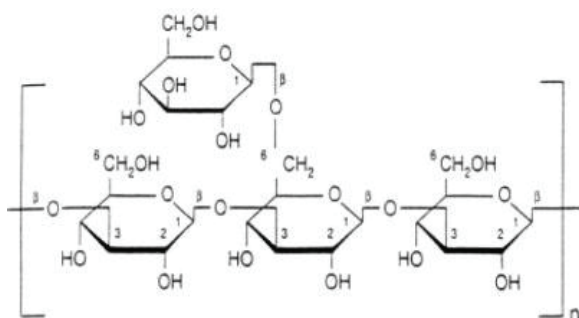


Ekstrak Merang (*Alkali Soluble*)

Gambar 2. Ekstrak jamur merang (*Volvariella volvacea*), larut air dan larut alkali

2.4 Struktur 1,3/1,6 β-Glukan

Untuk membandingkan karakterisasi beta glukon dari sumbernya dapat dilihat pada strukturnya. Struktur 1,3/1,6 β-Glukan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur 1,3/1,6 β-Glukan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cheung (1997) , melaporkan analisis proksimat dari *Volvariella volvacea* , yang menunjukkan bahwa jamur mengandung 30-43 % protein kasar , 1 -6 % lemak kasar karbohidrat 12-48 % , 4-10 % serat kasar dan abu bervariasi antara 5-13 % , atas dasar berat kering , yang mendukung hasil yang diperoleh dalam penelitian ini . Jamur telah dilaporkan mengandung 26 kalor energi per seratus gram tubuh buah bersama dengan 4,3 % karbohidrat , lemak kurang dari 1 % , 3,9 % protein ,

dan juga kaya riboflavin , niasin , dan asam pantotenat (Robinson, 2011). Beberapa jamur dilaporkan memiliki anti - alergi Ini juga telah melaporkan bahwa jamur juga sumber selenium, tembaga, seng, kalsium magnesium, kalium dan fosfor (Radulescu *et al .* , 2010; Li *et al* , 2011; . Robinson , 2011) . , anti - kolesterol , antitumor dan sifat anti - kanker (Ita *et al .* , 2006) .

Hasil percobaan Pranamuda dkk, (2012) menunjukkan bahwa uji aktivitas imunomodulator ekstrak beta glukon dilakukan melalui uji proliferasi limfosit dengan metode MTT assay. Selain itu pula bahwa pemberian ekstrak beta glukon mampu menginduksi proliferasi limfosit manusia, dimana pengaruhnya cenderung bersifat *dose dependent*. Indeks stimulasi terbesar dicapai dengan pemberian beta glukon pada konsentrasi sebesar 250ppm, pada konsentrasi tersebut indeks stimulasinya mencapai 106,9% atau 2,5 kali lebih tinggi dibanding kontrol (sel tanpa penambahan ekstrak beta glukon). Uji aktivitas antikanker (uji sitotoksik) dilakukan dengan dengan metode MTT assay. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian ekstrak beta glukon mampu menghambat proliferasi sel MCF-7, di mana pengaruhnya bersifat *dose dependent*.

Hasil uji sitotoksik diperoleh nilai IC50 sebesar 587.13 ppm, mengindikasikan pada konsentrasi tersebut dapat membunuh sel kanker sebanyak 50%. Sebagaimana prosedur ekstraksi beta D-glukan, dari jamur merang (*Volvaria volvacea*) dengan menggunakan air dan alkali, dan sudah sampai pada tahap pengeringan ekstrak menggunakan teknik

kering beku (*freeze drying*). Setelah ekstrak beta D-glukan kering selanjutnya akan dilakukan penentuan berat keringnya.

Hasil analisis kadar beta glukan dengan menggunakan K-YBGL 04-2008 Mushroom and Beta-Glucan Assay Procedure dari Megazyme dan setelah melalui perhitungan megakalkulasi diperoleh bahwa kadar beta glukan dari jamur merang percobaan I menunjukkan 11,00 % yang larut dalam air dan 8,8577 % yang larut dalam alkali (NaOH) (Tabel 1)

Hasil analisis kadar beta glukan dengan menggunakan K-YBGL 04-2008 Mushroom and Beta-Glucan Assay Procedure dari Megazyme dan setelah melalui perhitungan megakalkulasi diperoleh bahwa kadar beta glukan dari jamur merang percobaan II menunjukkan 3,4229 % beta glukan larut dalam air dan 10,4976% beta glukan larut dalam alkali (NaOH) (Tabel 1 dan 2).

Tabel 1. Hasil analisa kadar beta glukan ekstrak merang larut air :

Bahan	Total glukan	Alfa glukan	Beta glukan
Yeast standar	58,6620%	2,1794%	56,4826%
Alkali soluble	8,9266%	0,0689%	8,8577%
Water soluble	13,7002%	2,6962%	11,0040%

Hasil analisa sebelumnya terlihat bahwa kadar beta glukan pada jamur merang relatif lebih kecil dibandingkan dengan kadar beta-glukan jamur tiram dan jamur shiitake. Kadar beta glukan dari jamur shiitake menunjukkan 43,87% yang larut dalam air dan 23,28% yang larut dalam alkali (NaOH), sedangkan kadar beta glukan dari jamur tiram menunjukkan 36,76% beta glukan larut dalam air dan 32,76% beta glukan larut dalam alkali (Widyastuti, 2011).

Tabel 2. Hasil analisa kadar beta glukan ekstrak merang larut alkali :

Bahan	Total glukan	Alfa glukan	Beta glukan
Yeast standar	58,6620%	2,1794%	56,4826%
Alkali soluble	10,5763%	0,0787%	10,4976%
Water soluble	5,6806%	2,2577%	3,4229%

Pada Tabel 3. menunjukkan bahwa hasil β -glukan jamur merang mempunyai spektrum infra merah yang sangat mirip bila dibandingkan dengan standar beta glukan dari Barley (Sigma). Dalam Saifudin, *dkk* (2006) dinyatakan bahwa, ikatan glikosida adalah ikatan eter di antara hidroksil gula dengan alkohol (Wilbraham and Matta, 1992). Jadi dengan adanya gugus eter, dan alkohol dapat dijadikan sebagai petunjuk adanya ikatan glikosida. Berikut Tabel 3. Analisis Gugus Fungsi β -1,3 glukan jamur merang menggunakan FTIR

Tabel 3. Analisis Gugus Fungsi β -1,3 glukan jamur merang menggunakan FTIR

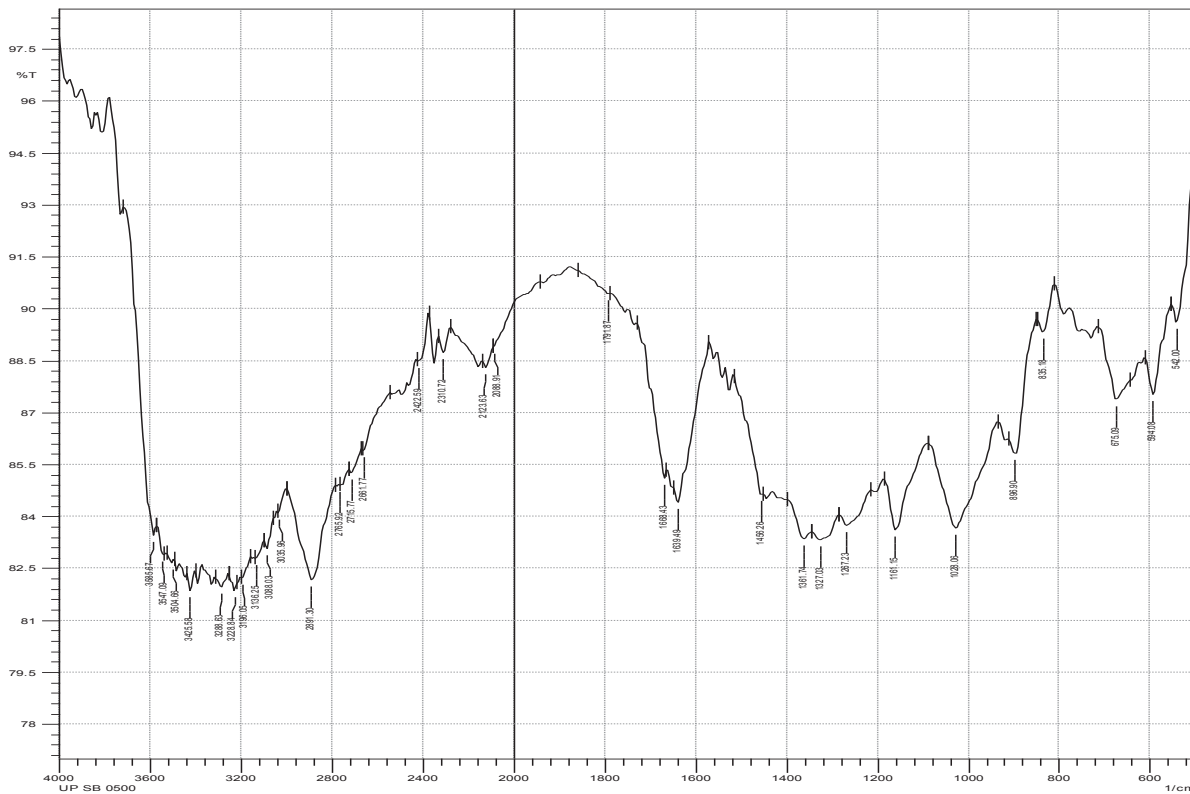
Bilangan Gelombang (cm^{-1})			Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
Standar dari Barley	Ekstrak larut Air	Ekstrak Larut Alkali		
3425,58	3305,99	3431,36	3750-3000	Alkohol dan hidroksil (OH)
2891,30	2966,52	2949,16	3000-2700	CH alkana
1161,15	1155,36	1149,57	1260-1050	-C-O-C- (eter)

Menurut Khopkar (1990), pada derah sidik jari ($1500-700 \text{ cm}^{-1}$) sedikit saja perbedaan dalam struktur dan susunan molekul, akan menyebabkan distribusi puncak absorpsi berubah. Dalam daerah ini, untuk memastikan suatu senyawa organik adalah dengan cara membandingkan dengan pembandingannya.

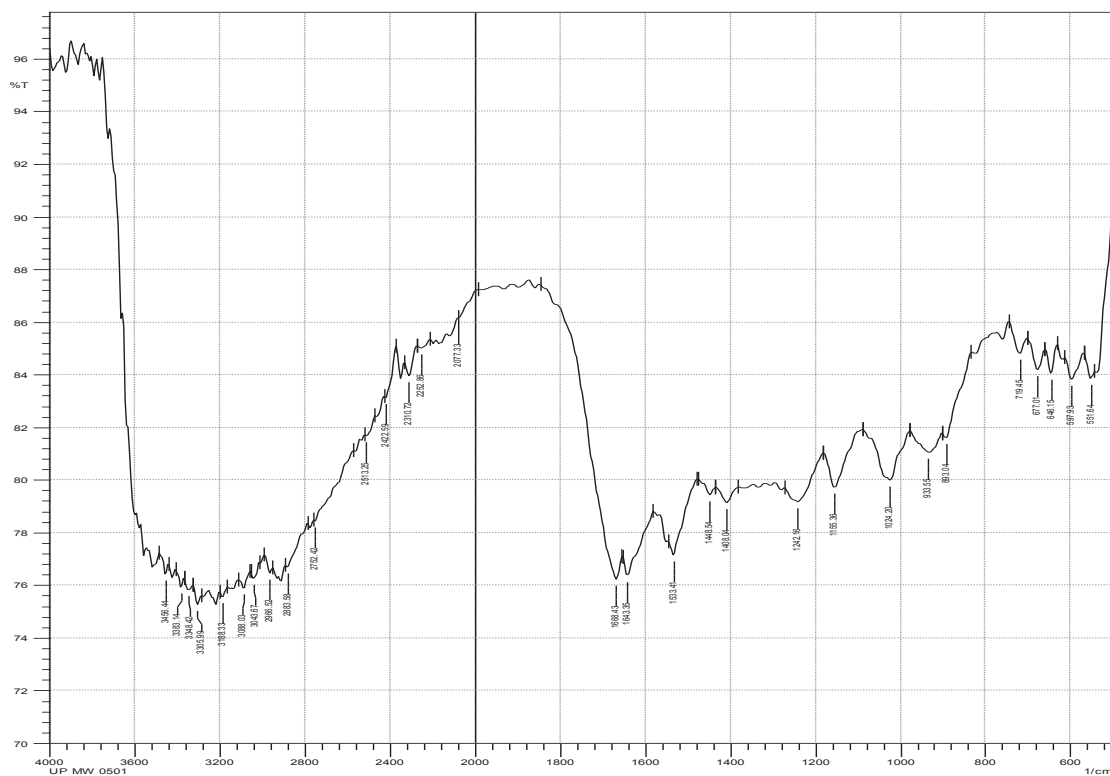
Berikut gambar 4. spektra FTIR Standar Beta D-glukan dari Barley (Sigma) (a), beta glukan jamur merang larut air (b), beta glukan jamur merang larut alkali (c). Menurut Sarangi, *et al* (2006), adanya ikatan beta glikosida ditunjukkan dengan adanya spektra IR pada bilangan gelombang 1024 dan 867 cm^{-1} . Menurut Hozova *et al* (2007), adanya ikatan β -

1,3-D-glukan ditunjukkan oleh pita serapan pada 895 cm^{-1} . Pada spektra FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) standar beta glukan dari Barley, ekstrak jamur merang larut air dan larut alkali terdapat pita serapan ikatan β -1,3 glukan yang ditunjukkan masing-masing dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 896,90 cm^{-1} , 893,04 cm^{-1} dan gelombang 893,04 cm^{-1} .

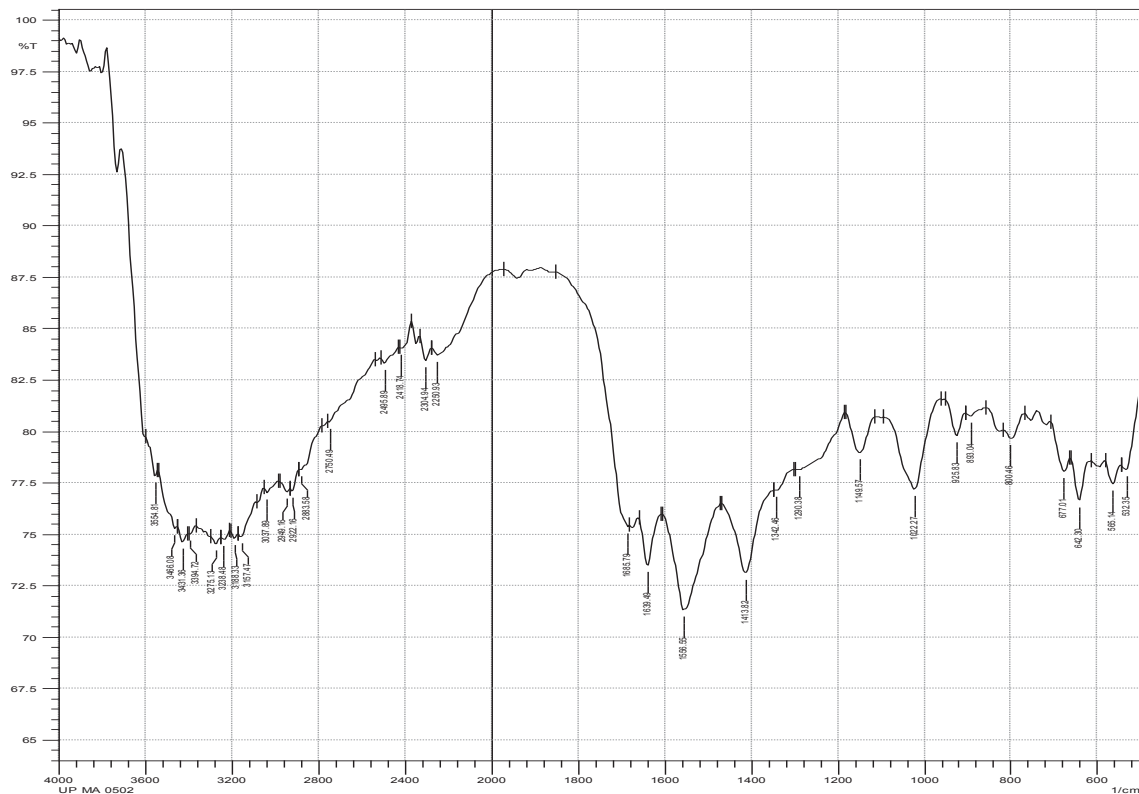
Berdasarkan data spektra FTIR tersebut, maka ekstrak jamur merang baik larut air ataupun larut alkali menunjukkan adanya beta glukan. Namun demikian, belum diketahui adanya rantai cabang β -1,6 glukan.



Gambar 4. Spektra FTIR Beta-Glukan standar dari Barley (Sigma)



Gambar 5. Spektra FTIR Beta-Glukan jamur merang larut air



Gambar 6. Spektira FTIR beta gluklan jamur merang larut alkali

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tubuh buah jamur merang (*Volvaria volvacea*) mengandung beta-glukan, meskipun relatif kecil dibanding kandungan beta-glukan tubuh buah jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan jamur shiitake (*Lentinus edodes*). Kadar beta gluklan dari jamur shiitake menunjukkan 43,87% yang larut dalam air dan 23,28% yang larut dalam alkali (NaOH), sedangkan kadar beta gluklan dari jamur tiram menunjukkan 36,76% beta gluklan larut dalam air dan 32,76% beta gluklan larut dalam alkali.

Hasil analisis kadar beta gluklan dengan menggunakan *K-YBGL 04-2008 Mushroom and Beta-Glucan Assay Procedure dari Megazyme* dan setelah melalui perhitungan megakalkulasi diperoleh bahwa kadar beta gluklan dari jamur merang percobaan I menunjukkan 11,00 % yang larut dalam air dan 8,8577 % yang larut dalam alkali (NaOH). Hasil analisis kadar beta gluklan dengan menggunakan *K-YBGL 04-2008 Mushroom and Beta-Glucan Assay Procedure dari Megazyme* dan setelah melalui perhitungan megakalkulasi diperoleh bahwa kadar beta gluklan dari jamur merang percobaan II menunjukkan 3,4229 % beta gluklan larut dalam air dan 10,4976% beta gluklan larut dalam alkali (Na OH).

Perlu penelitian lanjutan serta analisa lanjutan untuk mengetahui struktur molekulnya, dan mendapatkan data spektra FTIR.

DAFTAR PUSTAKA

Anonymous . 2000. New Pharmaceutical, nutraceutical & Industrial Products. Wondu Holdings Pty Limited. RIRDC Publication No. 00/173 rirdc Project no.WHP-4A.

Anonymous. http://id.wikipedia.org/wiki/Jamur_merang.

Aryantha, I. Nyoman. 2005. Pengembangan Produk Kesehatan dari Shiitake. Makalah Lokakarya Pengembangan Produk dan Industri Jamur Pangan, BPPT Jakarta, 1-2 Agustus 2005.

Belewu, M. A.* and Belewu, K.Y.2005.Cultivation of mushroom (*Volvariella volvacea*) on banana leaves. African Journal of Biotechnology Vol. 4 (12), pp. 1401-1403, December 2005. Available online at <http://www.academicjournals.org/AJB>. ISSN 1684-5315.

Chao PY., Wu ZD., Wang RC . 1989. The Extraction purification and Analysis of Polysaccharide PA3DE from the Fruit Body of *Flammulina velutipes* (Curt. Ex Fr) sing.Acta Biochemica and Biophysica Sinica, 21: 152-156

- Cheung, P.C.K. 1997. Chemical evaluation of some lesser known edible mushroom mycelia produced in submerged culture from soy milk waste. *Food Chemistry* 60: 61-65.
- Chihara G., Hamuro J., Maeda Y., 1987. Antitumor and Metastasis-inhibitory Activities of Lentinan as An immunomodulator: An Overview. *Cancer Detect Prev.*1987; 1:423-443.
- Hozová, Bernadetta - Kuniak, Ludovít – Moravíková, Petra - Gajdošová, Alena. 2007. Determination of water-insoluble beta-D-glucan in the whole-grain cereals and pseudocereals In:Czech Journal of Food Sciences. ISSN 1212-1800. - 25-6 (2007), p 316-324.
- Hsiung, Deh-Ta .2006.The Chinese Kitchen. London: Kyle Cathie Ltd. pp. 186–87. ISBN 1-85626-702-4
- Khopkar, SM. 1990. Konsep Dasar Kimia Analitik. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- M.S.Mantovani, M.F. Bellini, J.P.F.Angeli, R.J.Oliveira, A.F.Silva, L.R.Ribeiro.2007. β -Glucans in promoting health: Prevention against mutation and cancer. *Mutat.Res: MUTATREV-7847*.p8. doi:10.1016/j.mirev.2007.07.002.
- Mizuno, T. 1999. The extraction and development of antitumour-active polysaccharides from medicinal mushrooms in Japan. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 1, 9-29.
- Ng ML., Yap AT.2002. Inhibition of Human colon carcinoma development by Lentinan from Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*). *J. Altern Complement Med.*8(5): 581-9.
- Pranamuda, H., R Giarni, A. Pradana, I. Susanti, A. Mahsunah, D. Dewi.2012. Aplikasi Beta Glukan Sebagai Bahan Berkhasiat Immunomodulator dan Antikanker. *Prosiding Insinas 2012*. KO 70 – 73.
- Saifudin A, Suparti A, Fuad,Muhammad D.2006. Biotransformasi kurkumin melalui kultur suspensi sel daun *Catharanthus roseus* [L] G. Don Berbunga Merah.*Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol. 7, No. 2, 2006: 92 – 102
- Sarangi, Itisam., D.Ghosh., SK Bhutia., SK Mallick., TK Maiti. 2006. Anti-tumor and immunomodulating effects of *Pleurotus ostreatus* mycelia-derived proteoglycans. *International Immunopharmacology* 6: 1287-1297
- Synytsya, A., Kateřina M., Alla S., Ivan J., Jiří S., Vladimír E., Eliška K., Jana Č.2009.Glucans from fruit bodies of cultivated mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*: Structure and potential prebiotic activity *Carb Polymers*, Vol 76, Issue 4, 16 May 2009: p.548-556
- Thontowi, Kusmiati dan Nuswantara. 2007. Produksi β -Glukan *Saccharomyces cerevisiae* dalam Media dengan Sumber Nitrogen Berbeda pada Air-Lift Fermentor. *Biodiversitas* Vol. 8, No. 4 : 253-256.
- Widyastuti, N., Baruji T, Giarni R, Isnawan H, Wahyudi P, Donowati. 2011. Analisa kandungan beta-glukan larut air dan larut alkali dari tubuh buah Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) dan Shiitake (*Lentinus edodes*). *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. Vol 13 (3) p 182-191,
- Widyastuti, N., Wahyudi, P., Isnawan, H., Tjokrokusumo, D., Barudji, T., Giarni, R. 2011.Produksi Senyawa Polisakarida Beta-Glukan Larut Air dan Larut Alkali dari Tubuh Buah Basidiomycota Proposal Insentif Ristek 2011.
- Wilbraham, C. Antony & Matta, M.1992. Pengantar Kimia Organik dan Hayati,diterjemahkan Achmadi S.