

Studi Pendahuluan Metode Biohidrolisis Kulit Buah Durian untuk Pembentukan Gula Reduksi dalam Produksi Bioetanol

Preliminary Study of Biohydrolysis Method of Durian Rind for Reducing Sugar Determination on Bioethanol Production

Eko Darma Husada^{1*}, I Made Suidiana², Idris², Ni Luh Putu Indriyani¹, Panca Jarot Santoso¹

Diterima 14 Januari 2021/Disetujui 16 Agustus 2021

ABSTRACT

Biohydrolysis is an enzymatic process using microorganism as biological agent for lignocellulose biomass hydrolysis/delignification. Isolate collection of fungi Trametes polyzona and Aspergillus sp. has an ability as ligninolytic fungi for hydrolysis process on bioethanol production. This study analyzed the potential fungi isolate for biohydrolysis method for reducing sugar determination on durian rind. Optimization of biohydrolysis method were conducted by treatments namely direct biohydrolysis, combination of chemical pretreatment (1% NaOH) and biohydrolysis, the combination of heat pretreatment (microwave) and biohydrolysis, and alkali delignification using 5% NaOH as control. Fungi isolate of Trametes polyzona showed a better result as the best potential ligninolytic fungi than Aspergillus sp. Biohydrolysis process with Trametes polyzona both on 10 minutes heat pretreatment combination and direct biohydrolysis methods within 7 days of incubation resulted the best available reducing sugar on hydrolysate were 0.38% and 0.32% respectively. The direct hydrolysis method with Trametes polyzona result was not significantly different than control (0.32%). Both method of these biohydrolysis optimization can be conducted as an alternative for bioethanol production on durian rind. Trametes polyzona biohydrolysis method needs a further experiments with other influence parameters to get an effective method for more available reducing sugar on durian rind for bioethanol production.

Keywords: delignification, lignocellulose, optimization, Trametes polyzona

ABSTRAK

Biohidrolisis merupakan proses hidrolisis atau delignifikasi biomasa lignoselulosa secara enzimatis dengan bantuan mikroorganisme. Koleksi isolat cendawan *Trametes polyzona* dan *Aspergillus* sp. memiliki potensi untuk digunakan pada proses biohidrolisis dalam produksi bioetanol. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi isolat cendawan dalam metode biohidrolisis kulit buah durian untuk pembentukan gula reduksi dalam produksi bioetanol. Optimasi metode dilakukan dengan perlakuan biohidrolisis langsung dengan cendawan, kombinasi praperlakuan kimiawi (1% NaOH) dan biohidrolisis, kombinasi praperlakuan panas (*microwave*) dan biohidrolisis, serta delignifikasi alkali (5% NaOH) sebagai kontrol. Isolat cendawan *Trametes polyzona* secara umum memperlihatkan potensi terbaik pada perlakuan biohidrolisis langsung maupun kombinasi dengan praperlakuan kimia dan panas dibandingkan dengan isolat *Aspergillus* sp. Proses biohidrolisis *Trametes polyzona* dengan kombinasi praperlakuan panas selama 10 menit dengan inkubasi selama 7 hari menghasilkan 0.38% atau setara 3.83 g L⁻¹ gula reduksi pada hidrolisat. Metode biohidrolisis langsung memberikan hasil 0.32% dan tidak berbeda nyata dengan kontrol (0.32%). Kedua modifikasi dalam proses hidrolisis biomasa lignoselulosa ini dapat digunakan sebagai metode alternatif produksi bioetanol di samping menggunakan senyawa kimia. Metode biohidrolisis dengan cendawan *Trametes polyzona* ini masih perlu dikaji lebih dalam terkait beberapa parameter lainnya yang berpengaruh agar diperoleh gula reduksi yang lebih baik dalam produksi bioetanol yang lebih efektif.

Kata kunci: delignifikasi, lignoselulosa, optimasi, *Trametes polyzona*

¹Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Kementerian Pertanian
Jl. Raya Solok - Arian KM 8 Po Box 5, 27301, Solok, Sumatera Barat
²Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Jakarta - Bogor KM 46, 16911, Cibinong, Bogor, Jawa Barat
E-mail : ekodarmahusada@gmail.com (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Buah durian merupakan salah satu jenis buah yang digemari oleh penduduk Indonesia. Rata-rata dalam satu tahun konsumsi nasional buah durian mencapai 282 930 ton (BPS, 2016). Porsi edibel dari angka konsumsi buah durian tersebut paling banyak hanya 45% pada beberapa varietas durian sedangkan beberapa varietas lainnya hanya berkisar 15 – 25% (Santoso, 2009). Limbah kulit durian menjadi masalah besar yang dihadapi setiap musim durian, tumpukan kulit dapat ditemukan hampir di setiap sudut jalan di seluruh Indonesia. Potensi limbah kulit buah durian yang dihasilkan berkisar 60 – 80% dari total konsumsi tersebut yang dibiarkan menumpuk menjadi sampah.

Pemanfaatan limbah kulit buah durian dengan fermentasi menjadi salah satu pendekatan yang dapat dilakukan dalam masalah penanggulangan limbah. Beberapa bioproduk dari kandungan kulit buah durian dapat dihasilkan dengan memanfaatkan teknologi pengolahan limbah diantaranya sebagai *edible film* (Amaliyah, 2014), biopestisida (Kusumaningtyas *et al.*, 2018), senyawa antimikroba (Anggraeni dan Anam, 2016), dan substrat dalam produksi bioetanol (Anggoro *et al.*, 2015; Ginting *et al.*, 2018). Kulit buah durian sebagian besar tersusun oleh polisakarida yakni selulosa (40 – 60%) dan hemiselulosa (15 – 25%), kemudian diikuti lignin (15 – 30%), abu/ash (5 – 10%) (Jana *et al.*, 2010), protein (5 – 10%) (Nuraini *et al.*, 2015), dan pektin (3 – 10%) (Wai *et al.*, 2009).

Pemanfaatan mikroba pendegradasi gula banyak digunakan dalam proses fermentasi dalam upaya penanganan limbah kulit buah-buahan. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme yang umum digunakan dalam fermentasi, pada beberapa penelitian fermentasi limbah kulit buah durian dihasilkan bioetanol hingga 3% dengan perlakuan asam kuat (Anggoro *et al.*, 2015) serta 8.5% dengan perlakuan hidrolisis asam pekat dan suhu tinggi (Ginting *et al.*, 2018).

Praperlakuan bertujuan untuk menghancurkan struktur lignin sehingga selulosa dan hemiselulosa pada biomasa lignoselulosa dapat diakses saat proses hidrolisis secara enzimatik (Mosier *et al.*, 2005). Praperlakuan dapat dilakukan secara kimiawi dan mekanik. Praperlakuan alkali

merupakan perlakuan menggunakan larutan alkali seperti NaOH, Ca(OH)₂, atau ammonia. NaOH merupakan alkali yang paling banyak digunakan untuk delignifikasi residu atau limbah pertanian (Iglesias *et al.*, 1996), pada limbah jerami gandum praperlakuan alkali dan panas mampu menurunkan kadar lignin dan hemiselulosa serta meningkatkan kadar selulosa (Kim, 2018).

Pendekatan hidrolisis secara biologis menjadi salah satu cara untuk mengurangi rendemen residu kimia dari kegiatan fermentasi serta diharapkan dapat meningkatkan hasil fermentasi yang didapatkan. Pada limbah jerami gandum, potensi produksi bioetanol dengan *Irpex lacteus* dalam kondisi optimalnya dapat mencapai 74% (López-Abelairas *et al.*, 2013). Pada limbah batang tebu, kadar rasio C/N menurun akibat degradasi selulosa dengan menggunakan *Aspergillus terreus* (61%), *Cellulomonas uda* (52%), *Trichoderma reesei* dan *Zymomonas mobilis* (49%) sehingga memudahkan akses gula untuk proses hidrolisis hingga ke tahapan produksi etanol (Singh *et al.*, 2008).

Cendawan dikenal sebagai penghasil enzim selulase yang potensial (Panpatte *et al.*, 2018). Cendawan penghasil selulase (selulolitik) banyak digunakan dalam *biotreatment* limbah pertanian, karena kemampuannya dalam menguraikan selulosa menjadi gula sederhana secara selektif yang nantinya dapat dikonversi menjadi bioetanol (Ramarajan *et al.*, 2017). *Aspergillus* sp. merupakan penghasil selulase yang banyak dimanfaatkan dalam produksi enzim selulase komersial (Mosier *et al.*, 2005). *Trametes* sp. tergolong dalam *white-rot fungi* yang memiliki aktivitas enzim selulase yang tinggi dimana banyak dimanfaatkan sebagai agen hidrolisis beberapa substrat, diantaranya batang pohon *Tilia vulgaris* dan *Pinus sylvestris* (Mswaka and Magan, 1998), dan sekam padi (Nurjannah *et al.*, 2014).

Peranan cendawan dalam fermentasi diharapkan mampu menjadi salah satu pendekatan dalam mengolah limbah kulit buah durian serta menghasilkan bioetanol yang dapat dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi cendawan *Trametes polyzona* dan *Aspergillus* sp. dalam metode biohidrolisis kulit buah durian untuk

pembentukan gula reduksi dalam produksi bioetanol.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2019 hingga Mei 2020 di *Screen house* dan Laboratorium Proteksi Tanaman, Instalasi Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (IP2TP) Aripian, Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. Bahan dan alat yang digunakan adalah limbah kulit buah durian, isolat mikroba potensial koleksi InaCC LIPI Biologi (cendawan *Trametes polyzona* dan *Aspergillus* sp.), *Agar for microbiology*, NaOH, HCl, NaCl, medium PDB (*Potato Dextrose Broth*), 1x *Phosphate-Buffered Saline*/PBS (Vivantis), bufer sodium sitrat (pH 6), *Cellulose Basal Media* (50 g L⁻¹ (C₄H₁₂N₂)₆, 10 g L⁻¹ KH₂PO₄, 5 g L⁻¹ MgSO₄·7H₂O, 1 g L⁻¹ yeast ekstrak, dan 0.01 g L⁻¹ CaCl₂·2H₂O), *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), 0.1% *congo red*, *aqudest* steril, kertas saring, aluminium foil, shaking incubator, pisau, scalpel, alas potong, blender, cawan petri, erlenmeyer 250 ml, pH meter, pipet, ayakan (mesh 4), dan alat tulis.

Persiapan Sampel dan Karakterisasi Kadar Proksimat Kulit Buah Durian

Limbah kulit buah durian didapatkan selama masa panen pada bulan Oktober 2019 yang terdiri atas beberapa aksesori baik lokal maupun introduksi dari tanaman koleksi IP2TP Aripian Balitbu Tropika. Kulit durian yang telah terkumpul dikarakterisasi kadar proksimatnya yakni total karbohidrat, total protein, kadar air, dan kadar abu di Laboratorium Kimia IP2TP Aripian. Setiap parameter pengamatan diulang sebanyak tiga kali (*triplo*). Persiapan sampel dimulai dengan cara limbah kulit buah durian dicuci bersih dan dikeringkan di *screen house* selama dua minggu kemudian dipotong kecil (± 10 cm) dengan menggunakan parang kemudian dihancurkan pada alat *grinder*. Sampel diblender hingga halus (2 – 3 kali) dan diayak dengan ayakan (mesh 4). Sampel dimasukkan pada plastik kaca dan disterilisasi di autoklaf dengan suhu 121 °C selama 15 menit.

Peremajaan dan Persiapan Isolat Cendawan

Cendawan *Trametes polyzona* dan *Aspergillus* sp. didapatkan dari koleksi isolat di *Indonesian Culture Collection* (InaCC) Pusat Penelitian Biologi LIPI. Peremajaan cendawan dilakukan dengan menumbuhkan kembali isolat yang didapatkan pada petridish dengan media PDA (*Potato Dextrose Agar*). Potongan cendawan (diameter 0.5 cm) diletakkan pada media dan diinkubasi pada suhu ruang selama satu minggu. Preparasi kultur cair dilakukan dengan menumbuhkan cendawan (diameter 0.5 cm) dari kultur padat yang telah disiapkan ke dalam medium cair PDB sebanyak 100 mL selama 7 hari pada *shaker* dengan suhu ruang (28 – 30 °C) dan kecepatan 120 rpm. Miselium yang tumbuh kemudian disaring dan ditempatkan dalam erlenmeyer 250 mL yang berisi 50 mL bufer sodium sitrat untuk selanjutnya dilakukan proses biohidrolisis dengan substrat limbah kulit buah durian.

Konfirmasi Aktivitas Selulolitik Isolat Cendawan

Aktivitas selulolitik isolat cendawan yang akan digunakan dikonfirmasi secara kuantitatif menggunakan media uji selulolitik (Pointing, 1999). Media uji selulolitik dibuat dengan terlebih dahulu menyiapkan *Cellulose Basal Media* (CBM) yang terdiri dari 50 g L⁻¹ (C₄H₁₂N₂)₆, 10 g L⁻¹ KH₂PO₄, 5 g L⁻¹ MgSO₄·7H₂O, 1 g L⁻¹ yeast ekstrak, dan 0.01 g L⁻¹ CaCl₂·2H₂O yang dilarutkan menggunakan akuades steril. Kemudian 10% (v/v) CBM dicampurkan dengan 2% (w/v) CMC dan 1.6% (w/v) agar kemudian dilarutkan menggunakan akuades steril. Media CBM disterilisasi di autoklaf dengan suhu 121 °C selama 15 menit dan selanjutnya dituang pada cawan petri steril.

Uji aktivitas selulolitik dilakukan dengan menginokulasikan cetakan miselia cendawan (diameter 0.5 cm) pada bagian tengah media uji secara aseptik. Pengujian dilakukan dengan tiga kali ulangan. Kultur kemudian diinkubasi pada inkubator suhu 30 °C selama 3 hari. Adanya aktivitas selulase diketahui melalui teknik pewarnaan menggunakan 0.1% larutan *congo red*. Seluruh permukaan medium ditetesi dengan larutan 0.1% larutan *congo red* sampai permukaan miselia terendam dan diinkubasi selama 15

menit. Kemudian larutan *congo red* dibuang dan ditambahkan larutan 1 M NaCl serta diinkubasi selama 15 menit. Larutan NaCl dibuang dan adanya aktivitas selulolitik akan terlihat dengan zona bening yang terbentuk pada media di sekitar koloni cendawan.

Optimasi Metode Biohidrolisis Limbah Kulit Buah Durian

Hidrolisis secara biologis (biohidrolisis) dimana proses mikrobial delignifikasi berlangsung pada biomasa lignoselulosa untuk mendegradasi lignin sehingga selulosa dapat dipecah secara enzimatik menjadi gula sederhana. Percobaan dilakukan dengan 3 ulangan pada optimasi beberapa metode praperlakuan dan biohidrolisis seperti yang tertera pada Tabel 1 dengan delignifikasi alkali sebagai kontrol.

Praperlakuan menggunakan 1% NaOH dilakukan dengan memasukkan substrat sebanyak 10% (w/v) ke dalam 50 mL 1% NaOH, kemudian diinkubasi pada *waterbath* suhu 100 °C selama 2 jam. Setelah inkubasi, substrat dan larutan dipisahkan kemudian substrat dicuci dengan akuades steril. Proses hidrolisis dilakukan menggunakan 5% NaOH, substrat hasil praperlakuan dimasukkan ke dalam 50 ml 5% NaOH dan diinkubasi pada *waterbath* suhu 100 °C selama 4 jam. Supernatan kemudian dipisahkan dari sisa substrat dan dilakukan analisis kadar gula reduksi.

Praperlakuan mekanik / panas dilakukan dengan memasukkan substrat limbah sebanyak 10% (w/v) ke dalam 50 mL akuades steril, kemudian dipanaskan pada *microwave* dengan *medium heat* selama 10 menit. Substrat kemudian dipindahkan ke dalam erlenmeyer baru untuk proses biohidrolisis. Biohidrolisis dilakukan dengan memasukkan 10% (w/v) substrat limbah kulit buah durian ke dalam 50 ml bufer sodium sitrat (pH 6) di erlenmeyer yang berisi miselium

cendawan yang telah disiapkan. Sampel kemudian diinkubasi pada *shaker* di suhu ruang (28 – 30 °C) dengan kecepatan 120 rpm selama 7 hari. Supernatan kemudian dipisahkan dari sisa substrat dan dilakukan analisis kadar gula reduksi atau dapat disimpan pada suhu 4 °C hingga saat akan digunakan.

Uji Kandungan Gula Reduksi yang Terbentuk dan Analisis Data

Kadar gula reduksi yang tersedia pada hidrolisat (hasil hidrolisis) sebagai parameter yang menentukan potensi substrat yang diuji dalam menghasilkan bioetanol dan efektivitas metode perlakuan yang digunakan. Sampel dianalisis di Laboratorium Kimia IP2TP Arian Balitbu Tropika dengan menggunakan metode Anthrone. Data yang diperoleh dianalisis dengan sidik ragam, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji lanjut DNMRT (*Duncan's new multiple range test*) pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dinding sel tanaman tersusun atas lignoselulosa yang terdiri dari komponen lignin dan polisakarida (selulosa dan hemiselulosa). Hasil analisis menunjukkan limbah kulit buah durian mengandung total karbohidrat sebesar 24.13% – 40.25% (Tabel 2). Karbohidrat terdiri atas monosakarida, disakarida, dan polisakarida yang diantaranya merupakan gula reduksi (monosakarida, laktosa, dan maltosa) dan gula non reduksi (sukrosa dan pati). Gula reduksi merupakan gula yang dapat dipecah pada proses fermentasi oleh mikroorganisme sehingga semakin banyak gula reduksi yang tersedia pada substrat/biomasa maka semakin besar potensi bioetanol yang dapat dihasilkan (Power, 2003).

Tabel 1. Perlakuan pada optimasi metode biohidrolisis dalam pembentukan gula reduksi

Perlakuan	Metode	Praperlakuan	Hidrolisis
A	Alkali delignifikasi (kontrol)	1% NaOH	5% NaOH
B	Alkali treatment dan biohidrolisis	1% NaOH	Cendawan <i>Trametes polyzona</i>
C	Heat treatment dan biohidrolisis	<i>Microwave</i>	Cendawan <i>Trametes polyzona</i>
D	Biohidrolisis langsung	-	Cendawan <i>Trametes polyzona</i>
E	Alkali treatment dan biohidrolisis	1% NaOH	Cendawan <i>Aspergillus</i> sp.
F	Heat treatment dan biohidrolisis	<i>Microwave</i>	Cendawan <i>Aspergillus</i> sp.
G	Biohidrolisis langsung	-	Cendawan <i>Aspergillus</i> sp.

Tabel 2. Kandungan proksimat pada kulit buah durian

Parameter	Hasil (%)
Kadar Air	66.85 – 78.37
Total Protein	4.02 – 5.30
Total Karbohidrat	24.13 – 40.25
Kadar abu/ <i>ash</i>	3.74 – 6.21

Selulosa sebagai komponen polisakarida terbesar dalam substrat harus dipecah menjadi gula sederhana untuk dapat diakses mikroorganisme dalam proses fermentasi alkohol atau yang biasa dikenal sebagai gula reduksi (*reduction sugar/ fermentable sugar*). Ketersediaan gula reduksi pada substrat yang digunakan menentukan potensi bioetanol yang dapat dihasilkan (Abbas, 2003). Beberapa penelitian pada limbah kulit buah durian menunjukkan potensi yang dimilikinya dalam menghasilkan bioetanol dimana salah satunya dalam perlakuan hidrolisis menggunakan asam pekat mampu menghasilkan gula reduksi sebesar 50.71 g L⁻¹ dari 10% (w/v) limbah kulit durian yang digunakan (Unhasirikul *et al.*, 2013).

Polisakarida kompleks seperti selulosa dapat dipecah oleh enzim selulase. Enzim ini cukup umum ditemukan pada berbagai jenis mikroorganisme dengan aktivitas yang berbeda-beda (Karthika *et al.*, 2020). Hasil uji konfirmasi aktivitas selulolitik pada dua cendawan yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa keduanya memiliki aktivitas selulolitik. Aktivitas selulolitik ditandai dengan adanya zona bening (kuning-buram) di sekitar koloni. Zona bening muncul disebabkan karena selulosa telah terurai sehingga zat warna *congo red* yang awalnya terikat pada selulosa menjadi terlepas (Pointing, 1999).

Kedua isolat cendawan mampu menggunakan selulosa untuk tumbuh dan merupakan sumber karbon satu-satunya yang terdapat dalam media uji. Berdasarkan ukuran diameter zona bening yang dihasilkan *Trametes polyzona* memiliki aktivitas yang relatif lebih besar dibandingkan *Aspergillus* sp. (Tabel 3). Mikroorganisme di alam pada umumnya mampu mendegradasi selulosa dan hemiselulosa, salah satunya golongan cendawan *white-rot* dan *soft-rot* yang biasa digunakan untuk degradasi biomasa lignoselulosa (Belkacemi *et al.*, 1998).

Dari hasil biohidrolisis terlihat bahwa isolat cendawan *Trametes polyzona* secara umum memperlihatkan potensi terbaik pada perlakuan biohidrolisis langsung maupun kombinasi dengan praperlakuan kimia dan mekanik dibandingkan dengan cendawan *Aspergillus* sp. Hasil gula reduksi terbaik diperoleh pada kombinasi perlakuan biohidrolisis cendawan *Trametes polyzona* dan panas selama 10 menit yakni sebesar 0.38% atau setara 3.83 g L⁻¹ gula reduksi yang tersedia pada hidrolisat (Tabel 4).

Perlakuan biohidrolisis langsung dengan cendawan *Trametes polyzona* memberikan hasil terbaik kedua yakni 0.32% gula reduksi yang tersedia pada hidrolisat dimana hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol yang menggunakan kombinasi NaOH 1% dan 5% (0.32%). Perlakuan hidrolisis secara biologis mampu mengakses komponen selulosa dan hemiselulosa dengan lebih baik sehingga dapat memberikan hasil yang lebih optimal dalam proses hidrolisis biomasa (Mussatto and Teixeira, 2010).

Trametes polyzona merupakan *white-rot fungi* yang mampu menghasilkan enzim lignolitik *Manganese peroxidase* (MnP) dan *laccase* (Lueangjaroenkit *et al.*, 2018). Proses lignolitik yang terjadi selama hidrolisis dapat mempengaruhi jumlah etanol, jumlah konversi gula, dan persentase delignifikasi yang sama atau bahkan lebih baik dari metode delignifikasi konvensional (Plácido and Capareda, 2015).

Secara umum kombinasi praperlakuan biohidrolisis cendawan dengan alkali memberikan hasil gula reduksi yang paling kecil pada kedua isolat cendawan yang digunakan. Gula reduksi yang dihasilkan berkurang hingga 50% (0.1600%) baik pada perlakuan biohidrolisis langsung maupun dengan kombinasi. Perlakuan alkali mengakibatkan pembengkakan yang akan meningkatkan permukaan area internal, penurunan derajat polimerasi dan kemampuan kristalisasi, pemisahan struktur *linkages* antara lignin dan karbohidrat, serta menghilangkan struktur lignin pada biomasa lignoselulosa (Fan *et al.*, 1987), dan juga memberikan efek inhibitor pada mikroorganisme sehingga mempengaruhi gula reduksi yang terbentuk (Hendriks and Zeeman, 2009).

Tabel 3. Konfirmasi aktivitas selulolitik isolat cendawan pada media uji selulolitik

Isolat cendawan	Diameter miselia (cm)	Diameter zona bening (cm)
<i>Trametes polyzona</i>	5.62 ± 0.10	5.07 ± 0.06
<i>Aspergillus</i> sp.	5.23 ± 0.50	4.90 ± 0.40

Tabel 4. Gula reduksi yang dihasilkan dari optimasi metode biohidrolisis

Perlakuan	Gula reduksi (%)
1%NaOH + 5%NaOH (A/Kontrol)	0.3200 ± 0.046 ^a
1%NaOH + cendawan <i>Trametes polyzona</i> (B)	0.1600 ± 0.000 ^b
Microwave + cendawan <i>Trametes polyzona</i> (C)	0.3833 ± 0.011 ^c
Cendawan <i>Trametes polyzona</i> (D)	0.3233 ± 0.005 ^a
1%NaOH + cendawan <i>Aspergillus</i> sp. (E)	0.0867 ± 0.011 ^d
Microwave + cendawan <i>Aspergillus</i> sp. (F)	0.2300 ± 0.017 ^c
Cendawan <i>Aspergillus</i> sp. (G)	0.2067 ± 0.006 ^c

Keterangan: Nilai dengan konotasi huruf yang berbeda, signifikan pada uji DMRT taraf nyata 5% (0.05).

Dalam penelitian ini dilakukan studi awal untuk melihat potensi isolat cendawan dalam biohidrolisis sehingga belum terkait kondisi optimal cendawan yang digunakan. Kondisi optimal bagi mikroba dalam proses fermentasi meliputi waktu inkubasi, temperatur, kadar air, konsentrasi inokulum, ukuran biomasa (Sindhu *et al.*, 2016), dan media pertumbuhan (Elisashvili *et al.*, 2008). Proses hidrolisis idealnya harus mampu menghasilkan jumlah gula reduksi yang tinggi, terhindar dari kehilangan gula total, dan terbentuknya inhibitor yang dapat mengganggu fermentasi, serta membutuhkan energi, senyawa kimiawi, dan peralatan yang minimal (Hamelinck *et al.*, 2005).

KESIMPULAN

Isolat cendawan *Trametes polyzona* secara umum memperlihatkan potensi terbaik pada perlakuan biohidrolisis langsung maupun kombinasi dengan praperlakuan kimia dan panas dibandingkan *Aspergillus* sp. Hasil terbaik didapatkan pada perlakuan biohidrolisis *Trametes polyzona* dengan kombinasi praperlakuan panas (*microwave*) selama 10 menit dengan gula reduksi sebesar 0.38% atau setara 3.83 g L⁻¹. Modifikasi proses biohidrolisis dengan cendawan *Trametes polyzona* perlu dilakukan lebih dalam berkaitan dengan kondisi optimal bagi cendawan seperti waktu inkubasi, temperatur, kadar air, konsentrasi inokulum, dan ukuran

biomasa untuk dihasilkannya gula reduksi yang lebih optimal dalam produksi bioetanol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala PUI Sumberdaya Mikroorganisme Nasional LIPI Dr. Atit Kanti, M.Sc. dan *Indonesian Culture Collection* (InaCC), Pusat Penelitian Biologi, LIPI atas bantuan isolat cendawan yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan atas kerjasama PUI Buah Tropika dan PUI Sumberdaya Mikroorganisme Nasional LIPI dengan dibiayai dari dana PUI Buah Tropika T.A 2019.

DAFTAR PUSTAKA

Abbas, C.A. 2003. Lignocellulosics to ethanol: meeting ethanol demand in the future. p. 41-58. In Jacques, K.A., T.P. Lyons, D.R. Kelsall (eds) *The Alcohol Textbook: A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries*. Nottingham: Nottingham University Press.

- Amaliyah, D.M. 2014. Pemanfaatan limbah kulit durian (*Durio zibethinus*) dan kulit cempedak (*Artocarpus integer*) sebagai edible film. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan. 6(1): 27. Doi: 10.24111/jrihh.v6i1.1222.
- Anggoro, D., H. Pampang, L.Yunita. 2015. Potensi limbah kulit durian sebagai bahan baku pembuatan energi alternatif. Senatek, p. 843–850.
- Anggraeni, E.V., K. Anam. 2016. Identifikasi kandungan kimia dan uji aktivitas antimikroba kulit durian (*Durio zibethinus* Murr.). Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi. 19(3): 87–93. Doi: 10.14710/jksa.19.3.87-93.
- Belkacemi, K., G. Turcotte, D. De Halleux, P. Savoie. 1998. Ethanol production from AFEX-treated forages and agricultural residues. Applied Biochemistry and Biotechnology - Part A Enzyme Engineering and Biotechnology. pp. 441–462. Doi: 10.1007/BF02920159.
- Badan Pusat Statistika. 2016. Data konsumsi nasional buah-buahan. <http://www.bps.go.id> [18 Januari 2020].
- Elisashvili, V., E. Kachlishvili, M. Penninckx. 2008. Effect of growth substrate, method of fermentation, and nitrogen source on lignocellulose-degrading enzymes production by white-rot basidiomycetes. J. Industr. Microbiol. Biotechnol. 35(11): 1531–1538. Doi: 10.1007/s10295-008-0454-2.
- Fan, L., M.M. Gharpuray, Y.H. Lee. 1987. Cellulose hydrolysis, *Biochimie*. Edited by S. Aiba et al. Springer-Verlag. Doi: 10.1007/978-3-642-72575-3.
- Ginting, S.N., E.K. Simanullang, L.P. Simanullang, B. Nainggolan, S. Silaban. 2018. The optimization of acid hydrolysis on bioethanol production from durian peel waste (*Durio zibethinus* murr). Jurnal Pendidikan Kimia. 10(2): 382–386. Doi:10.24114/jpkim.v10i2.10917.
- Hamelinck, C.N., G. Van Hooijdonk, A.P.C. Faaij. 2005. Ethanol from lignocellulosic biomass: Techno-economic performance in short-, middle- and long-term. Biomass and Bioenergy. 28(4): 384–410. Doi: 10.1016/j.biombioe.2004.09.002.
- Hendriks, A.T.W.M., G. Zeeman. 2009. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass, Biores. Tech. 100(1): 10–18. Doi: 10.1016/j.biortech. 2008.05.027.
- Iglesias, G., M. Bao, J. Lamas, A. Vega. 1996. Soda pulping of *Miscanthus sinensis*. Effects of operational variables on pulp yield and lignin solubilization, Biores. Tech. 58(1): 17–23. Doi: 10.1016/S0960-8524(96)00087-9.
- Jana, L., N. Oktavia, D. Wulandari. 2010. The using of durian peels trashes as a potential source of fiber to prevent colorectal cancer. Thesis. Medical Faculty Sebelas Maret University. Surakarta. 22 hal.
- Karthika, A., R. Seenivasagan, R. Kasimani, O.O. Babalola, M. Vasanthy. 2020. Cellulolytic bacteria isolation, screening and optimization of enzyme production from vermicompost of paper cup waste. Waste Management. 116: 58–65. Doi:10.1016/j.wasman.2020.06.036
- Kim, S. 2018. Evaluation of alkali-pretreated soybean straw for lignocellulosic bioethanol production. Intl. J. Polymer Sci. Doi: 10.1155/2018/5241748

- Kusumaningtyas, R.D., H. Suyitno, R.Wulansarie. 2018. Pengolahan limbah kulit durian di wilayah Gunung Pati menjadi biopestisida yang ramah lingkungan. *Rekayasa*. 15(1): 38–43. Doi: 10.15294/rekayasa.v15i1.12576.
- López-Abelairas, M., M. Álvarez Pallín., D. Salvachúa, T. Lú-Chau, M.J. Martínez, J.M. Lema. 2013. Optimisation of the biological pretreatment of wheat straw with white-rot fungi for ethanol production. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 36(9): 1251–1260. Doi: 10.1007/s00449-012-0869-z.
- Lueangjaroenkit, P., C. Teerapatsakul, L. Chitradon. 2018. Morphological characteristic regulation of ligninolytic enzyme produced by *Trametes polyzona*. *Mycobiology*. 46(4): 396–406. Doi: 10.1080/12298093.2018.1537586.
- Mosier, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapple, M. Ladisch. 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Biores. Tech.* 96(6): 673–686. Doi: 10.1016/j.biortech.2004.06.025.
- Mswaka, A.Y., N. Magan. 1998. Wood degradation, and cellulose and ligninase production, *Trametes* and other wood-inhabiting basidiomycetes from indigenous forest of Zimbabwe. *Mycol. Res.* 102(11): 1399-1404. Doi: 10.1017/S0953756298006789.
- Mussatto, S., J. Teixeira. 2010. Lignocellulose as raw material in fermentation processes. *Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*. 2(4): 897–907.
- Nuraini, N., A. Djulardi, Mahata, M. E. 2015. Improving the nutrient quality of durian (*Durio zibethinus*) fruit waste through fermentation by using phanerochaete chrysosporium and Neurospora crassa for poultry diet. *Intl. J. Poultry Sci.* 14(6): 354–358. Doi: 10.3923/ijps.2015.354.358.
- Nurjannah, L., S. Falah, A. Azhari, Suryani, I.M. Artika. 2014. *Trametes versicolor* as agent for delignification of rice husk. *Current Biochemistry*. 1(1): 37-44.
- Panpatte, D.G., Y.K. Jhala, H.N. Shelat, R.V. Vyas. 2018. Fungal cellulases production for biodegradation of agriculture waste. *Microorganism for Green Revolution*.7(4): 75–89. Doi:10.1007/978-981-10-7146-1
- Plácido, J., S. Capareda. 2015. Ligninolytic enzymes: a biotechnological alternative for bioethanol production. *Bioresources and Bioprocessing*. 2(1). Doi:10.1186/s40643-015-00495.
- Pointing, S.B. 1999. Qualitative methods for the determination of lignocellulolytic enzyme production by tropical fungi. *Fungal Diversity*. 2: 17-33.
- Power, R.F. 2003. Enzymatic conversion of starch to fermentable sugars. p. 23-32. *In* Jacques, K.A., T.P. Lyons, D.R. Kelsall (eds) *The Alcohol Textbook: A reference for the beverage, fuel and industrial alcohol industries*. Nottingham University Press.
- Ramarajan, R., C.S. Manohar. 2017. Biological pretreatment and bioconversion of agricultural wastes, using ligninolytic and cellulolytic fungal consortia. *Bioremediation J.* 1–11. Doi:10.1080/10889868.2017.1282937

- Santoso, P.J. 2009. Kualitas rasa dan porsi edibel sebagai karakter kunci menonjolkan keunggulan varietas durian lokal nusantara. hal. 687-694. Prosiding Kongres dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Hortikultura Indonesia (PERHORTI). Bogor, 21-22 Oktober 2009.
- Sindhu, R., P. Binod, A. Pandey. 2016. Biological pretreatment of lignocellulosic biomass – An overview. *Biores. Techn.* 199:76–82. Doi: 10.1016/j.biortech.2015.08.030.
- Singh, P., A. Suman, P. Tiwari, N. Arya, A. Gaur, Shrivastava, A. K. 2008. Biological pretreatment of sugarcane trash for its conversion to fermentable sugars. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 24(5): 667–673. Doi: 10.1007/s11274-007-9522-4.
- Unhasirikul, M., W. Narkrugs, N. Naranong. 2013. Sugar production from durian (*Durio zibethinus* Murray) peel by acid hydrolysis. *Afr. J. Biotechnol.* 12(33): 5244–5251. Doi: 10.5897/ajb2013.12141.
- Wai, W.W., A.F.M. Alkarkhi, A.M. Easa. 2009. Optimization of pectin extraction from durian rind (*Durio zibethinus*) using response surface methodology. *J. Food Sci.* 74(8): 637–641. Doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01331.x.