

Pemanfaatan Gelombang Mikro dalam *Pre-treatment* Limbah Masker Menjadi Bioetanol dengan Katalis Enzim *Trichoderma reesei*

Zulfa Rachdianti¹, Fachri Azmi¹, Fajri Afriliono¹, Ricky Andi Permana¹, Irfan Purnawan^{1*}

¹Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Jakarta,
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta 10510

*Corresponding Author : irfan.purnawan@umj.ac.id

Abstrak

Dampak limbah masker menyebabkan pencemaran lingkungan, merusak ekosistem, dan dapat meningkatkan resiko penyebaran COVID-19. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan serta menganalisa jumlah enzim selulase dan waktu hidrolisis optimum dalam mengkonversi selulosa pada limbah masker N95 yang sudah mengalami *pre-treatment* menjadi glukosa serta suhu dan pH optimum dalam mengkonversi glukosa menjadi bioetanol. Metode penelitian ini terdiri dari *pre-treatment* dengan menggunakan gelombang mikro, hidrolisis enzimatis menggunakan enzim selulase dari *Trichoderma reesei* dengan variasi 1, 2, 3 hari hidrolisis pada suhu 50°C dan volume enzim 10, 20 dan 30 mL serta fermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* dengan variasi pH 4 dan 5 dengan variasi suhu 30°C dan 35°C selama 72 jam waktu inkubasi. Hasil pengujian kadar glukosa tertinggi diperoleh pada volume enzim 30 mL dengan waktu hidrolisis 3 hari pada suhu 50°C dan kadar etanol pada suhu fermentasi 30°C dengan pH 4 dan 5 masing-masing 4.76% dan 3.57% serta pada suhu fermentasi 35°C dengan pH 4 dan 5 masing-masing 1.75% dan 0.71%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kemurnian etanol optimum diperoleh dari hidrolisis dengan jumlah enzim 30 mL selama 3 hari dengan suhu 50°C dan fermentasi pada pH 4 dan suhu 30°C selama 72 jam.

Kata kunci: Masker N95, Enzim Selulase, *Trichoderma reesei*, Bioetanol

Abstract

The impact of N95 mask waste causes environmental pollution and ecosystem damages and might increase COVID-19 spread. This study determines the optimum cellulase enzyme volume and hydrolysis time needed to convert cellulose content from the pre-treated N95 mask into glucose and the optimum temperature and pH in fermenting glucose into bioethanol. This study conducted pre-treatment using microwaves and cellulose hydrolysis using cellulase enzymes from *Trichoderma reesei* using 10, 20, and 30 mL enzyme and 24, 48, and 72 hours hydrolysis time. The glucose from the liquid was fermented by *Saccharomyces cerevisiae* at pH 4 and 5 with temperature variations of 30°C and 35°C for 72 hours incubation time. The glucose content showed the highest results at 30 mL enzyme concentration with three days hydrolysis at 50°C and ethanol content at fermentation temperature of 30°C for pH 4 and 5 respectively 4.76% and 3.57% while at fermentation temperature of 35°C for pH 4 and 5 respectively 1.75% and 0.71% respectively. The optimum amount of ethanol purity is obtained from hydrolysis with the amount of enzyme 30 mL for three days and fermentation at pH four and a temperature of 30°C for 72 hours.

Keywords: N95 Mask, Cellulase Enzyme, *Trichoderma reesei*, Bioethanol

PENDAHULUAN

Pada akhir tahun 2019, muncul virus baru yang merebak di kota Wuhan (Cina). Virus corona jenis baru atau disebut COVID-19. Semakin banyak informasi dan kekhawatiran yang berdampak pada kesehatan global (Lin, 2020). Virus ini menyebar secara *droplet* atau melalui percikan saat orang batuk atau berbicara, maka dari itu virus ini mudah sekali menular ke orang lain (Wu, 2020). Sejak COVID-19 ditetapkan sebagai pandemi oleh WHO pada tanggal 11 Maret 2020, berbagai upaya telah dilakukan untuk mengurangi penyebaran virus (Fadare, 2020). Aktivitas masyarakat berubah, diantaranya dengan mengurangi aktivitas di luar rumah seperti aktivitas kerja dan belajar dialihkan ke rumah (Yunus, 2020). Salah satu langkah pencegahan yang dapat membatasi penyebaran penyakit saluran pernapasan yang diakibatkan oleh virus terutama COVID-19, yaitu dengan pemakaian masker medis (WHO, 2020).

Namun dibalik protokol kesehatan yang sangat ketat, ada kekhawatiran bahwa limbah masker yang timbul dari pandemi ini dapat berakhir di ekosistem perairan (Sampol, 2020). Keterangan resmi LIPI pada 16 Februari 2021 menunjukkan bahwa peningkatan limbah masker ini tak hanya dipengaruhi oleh meningkatnya kasus COVID-19 di Indonesia, namun turut disumbang oleh makin tingginya jumlah masyarakat yang menggunakan masker medis ataupun jenis masker sekali pakai lainnya.

Masker medis merupakan jenis masker sekali pakai yang mudah dijumpai dan sering digunakan tenaga medis saat bertugas. Masker medis berbentuk persegi panjang dan terdiri dari tiga atau empat lapisan. Setiap lapisan terdiri dari serat yang lembut hingga sangat lembut. Karakteristik kinerjanya diuji menurut serangkaian metode uji terstandar (ASTM F2100, EN 14683, atau yang setara) yang bertujuan untuk menyeimbangkan filtrasi yang tinggi, kemudahan bernapas yang memadai, dan (opsional) resistansi penetrasi cairan. Filtrasi awal (minimal filtrasi 95% *droplet*), kemudahan bernapas (*breathability*) awal, dan, jika perlu, resistansi cairan awalnya berhubungan dengan jenis (misalnya, *spunbond* atau *melblown*) dan lapisan bahan tanpa tenun (seperti polipropilena, polietilena, atau selulosa) (WHO, 2020). Masker ini tidak boleh dipakai lebih dari 3 hingga 8 jam

maka dari itu disebut masker sekali pakai (Sampol, 2020). Masker N95 diberi nama karena memiliki kemampuan untuk menyaring 95% atau lebih partikel kecil berukuran 0.3 μm sehingga mampu melindungi pemakaiannya dari patogen di udara (*airborne*). Masker N95 terbuat dari beberapa lapisan yaitu lapisan tengah filter yang terbuat dari polypropylene elektrostatis. Muatan elektrostatis pada masker N95 meningkatkan efisiensi penyaringan mekanis sebesar 10-20 kali (Juang, 2020).

Tercatat, hingga pertengahan Desember lalu, Dinas Lingkungan Hidup DKI Jakarta telah menangani 1.213 kilogram atau setara dengan 151625 limbah masker sekali pakai dari rumah tangga. Jumlah tersebut dihimpun dari data limbah infeksius dari April-Desember 2020 (Kompas.com, 2021). Peningkatan jumlah sampah pada beberapa sungai di Jakarta meningkat sebanyak 5% dalam kurun waktu Maret-April 2020 diindikasikan berasal dari limbah masker, hal tersebut dibandingkan dengan jumlah sampah pada Maret-April 2016 (Cordova, 2021). Limbah masker sangat infeksius sehingga dapat membahayakan masyarakat terutama petugas kebersihan. Pengetahuan masyarakat akan pengelolaan limbah APD / limbah infeksius masih sangat minim. Limbah ini seharusnya dipilah terlebih dahulu sebelum dibuang ke tempat pembuangan sampah (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2020). Masker bekas merupakan sampah yang perlu dibuang atau diolah pada tempat yang tepat salah satunya di tempat pengelolaan sampah (TPS) karena masker bekas termasuk ke dalam kategori sampah non-daur ulang. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 56 Tahun 2015 mengenai Tata Cara dan Persyaratan Teknik Pengelolahan Limbah B3 dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan, maka limbah masker dapat dikategorikan sebahai limbah medis yang membutuhkan penanganan khusus (Ika, 2020). Berdasarkan survei satgas COVID-19 bahwa sekitar 80-90% pengguna masker medis membuang masker di tempat sampah domestik atau di sembarang tempat (Nabila, 2021).

Maka dari itu dibutuhkan sinergi dan inovasi dalam pengelolaan limbah masker sekali pakai ini ke depannya.

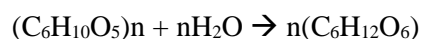
Berdasarkan latar belakang tersebut, memanfaatkan kandungan bahan dasar masker

sekali pakai komersial, penelitian ini akan mengolah lebih lanjut limbah masker medis tadi menjadi salah satu bahan bakar nabati (BBN) berbentuk bioetanol yang diharapkan dapat menjadi salah satu substitusi untuk bahan bakar ramah lingkungan maupun sebagai cairan antiseptik. Penelitian ini memanfaatkan enzim selulase dari *Trichoderma reesei* sebagai katalisator hidrolisis enzimatis limbah masker, yang sebelumnya dilakukan *pre-treatment* menggunakan gelombang mikro.

Proses Hidrolisis

Proses hidrolisis bertujuan memecah ikatan lignin, menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, merusak struktur kristal dari selulosa serta meningkatkan porositas bahan. Proses hidrolisis dapat dilakukan secara kimiawi menggunakan bahan kimia seperti asam sulfat dan secara enzimatis menggunakan enzim tertentu. Salah satu enzim yang dapat digunakan untuk proses hidrolisis selulosa menjadi gula sederhana adalah enzim selulase (Fan, 2006). Hidrolisis selulosa secara enzimatis lebih efektif karena produk yang dihasilkan lebih banyak dan spesifik, hasil samping sedikit serta ramah lingkungan (Nishida, 2007). Agar enzim dapat kontak langsung dengan selulosa maka dibutuhkan proses *pre-treatment*. *Pre-treatment* dilakukan untuk memecah struktur kristalin selulosa serta memisahkan lignin sehingga selulosa dapat terpisah. Terdapat 2 metode *pre-treatment* yaitu secara kimia dan fisik. Metode fisik dapat dilakukan dengan menggunakan temperature dan tekanan tinggi, penggilingan, radiasi, atau pendinginan. Sedangkan metode kimia dapat menggunakan solven untuk memecah dan melarutkan lignin atau disebut metode delignifikasi (Mosier, 2005).

Reaksi hidrolisis:



Trichoderma reesei

Trichoderma reesei merupakan salah satu spesies kapang aerob yang dapat digunakan dalam proses hidrolisis karbohidrat karena mampu menghasilkan enzim-enzim pengurai polisakarida seperti pati dan selulosa (Hilakore, 2013). Kapang jenis ini umumnya ditemukan di alam berupa serabut berwarna hijau tua yang melekat pada kayu yang sudah lapuk. Peran

utama dari kapang ini di alam adalah sebagai pengurai dari karbohidrat kompleks seperti pati maupun selulosa pada kayu. Pada beberapa literatur mengindikasikan bahwa mutan tertentu dari *Trichoderma reesei* mampu menghasilkan 160 s.d. 250 IU/g enzim selulase pada proses liquid state fermentation (Chahal, 1984). Oleh karena itu kapang ini dianggap cocok sebagai sumber enzim selulase yang akan kami gunakan untuk menguraikan selulosa yang terkandung pada limbah masker medis menjadi gula sederhana.

Enzim Selulase

Enzim selulase dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu *endo-β-1,4-glukonase* (*CMCase*, *Cx selulase endoselulase*, atau *carboxymethyl cellulase*), *ekso-β-1,4-glukonase* (*aviselase*, *selobiohidrolase*, *C1 selulase*), dan *β-1,4- glukosidase* atau *selobiase* (Meryandini, dkk., 2009). *Endo-β-1,4-glukonase* bekerja sebagai katalis pada proses endohidrolisis rantai 1,4- pada *β-D-glucans*, *ekso-β-1,4-glukonase* memutus ikatan 1,4- *β-D-glycosidic* pada selulosa melalui proses hidrolisis dan selobiase memutus ikatan *glucosidic* pada karbohidrat sehingga membentuk *non reducing terminal glycosyl residues*, *glycosides* dan oligosakarida (Oesterling, 2019).

Aktivitas enzim merupakan kecepatan pengurangan substrat atau kecepatan pembentukan produk pada kondisi yang optimum. Satu unit aktivitas enzim selulase dapa didefinisikan sebagai jumlah enzim yang menghasilkan satu mikromol gula reduksi atau glukosa setiap menit (Lehninger, 1993)

Aktivitas enzim dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Suhu, pada umumnya semakin tinggi suhu maka semakin naik laju reaksi kimianya, baik yang dikatalis oleh enzim maupun tidak dikatalis oleh enzim. Namun perlu diingat bahwa enzim adalah protein, sehingga semakin tinggi suhu maka proses inaktivasi enzim juga meningkat. Keduanya mempengaruhi laju enzimatis secara keseluruhan. Ternyata agak kompleks pengaruh suhu terhadap enzim, misalnya suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat pemecahan atau perusakan enzim dan sebaliknya semakin tinggi suhu (dalam batas tertentu) maka akan semakin aktif enzim

tersebut. Apabila suhu terus naik maka laju kerusakan enzim akan melampaui reaksi katalis enzim. Laju inaktivasi enzim begitu lambat atau sangat kecil pada suhu rendah sehingga boleh diabaikan. Sebaliknya pada suhu tinggi, laju inaktivasi enzim cepat sekali, sehingga reaksi enzimatik akan berhenti (Winarno, 1983).

- b. pH, pada umumnya enzim bersifat amfolitik, yang berarti enzim memiliki konstanta disosiasi pada gugus asam maupun pada gugus basanya. Aktivitas enzim menunjukkan batas maksimum pada kisaran pH yang disebut pH optimum antara pH 4,5 hingga pH 8,0 (Winarno, 1983). pH sangat berpengaruh terhadap struktur dan aktivitas biologis pada enzim. Interaksi ionic yang terjadi di dalam strukturnya akan menstabilkan enzim dan memungkinkan enzim untuk mengenali dan berikatan dengan substratnya (Nelson & Cox, 2005). pH optimum adalah karakteristik pH yang menunjukkan aktivitas katalitik maksimum pada enzim. Sedikit perubahan pada pH akan menyebabkan perubahan yang besar pada reaksi yang dikatalis oleh enzim. Denaturasi pada protein penyusun enzim itu sendiri akan terjadi apabila pH mengalami perubahan (Murray, 2003).

Selulosa

Selulosa merupakan salah satu polimer yang tersedia melimpah di alam. Produksi selulosa sekitar 100 milyar ton setiap tahunnya. Sebagian dihasilkan dalam bentuk selulosa murni seperti yang terdapat dalam rambut biji tanaman kapas. Namun paling banyak adalah yang berkombinasi dengan lignin dan polisakarida lain seperti hemiselulosa dalam dinding sel tumbuhan berkayu, baik pada kayu lunak dan keras, jerami atau bambu. Selain itu selulosa juga dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* secara ekstraseluler (Klemm, 1998). Selulosa tersusun dari unit-unit anhidroglukopiranososa yang tersambung dengan ikatan β -1,4-glikosidik membentuk suatu rantai makromolekul tidak bercabang. Setiap unit anhidroglukopiranososa memiliki tiga gugus hidroksil (Potthast, 2006). Selulosa mempunyai rumus empirik $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan $n \sim 1500$ dan berat molekul ~ 243.000 (Rowe, 2009). Salah satu bentuk aplikasi dari selulosa pada kehidupan sehari-hari adalah sebagai pelapis maupun filter

pada masker. Selulosa pada masker ditemukan sebagai polyester dan *cellulose acetate* (Akduman, 2019).

Fermentasi

Fermentasi merupakan proses produksi energi di dalam sel dengan keadaan anaerobik atau tanpa oksigen. Secara umum, fermentasi adalah salah satu bentuk respirasi anaerobik, akan tetapi, terdapat definisi yang lebih jelas yang mendefinisikan fermentasi sebagai respirasi dalam lingkungan anaerobik dengan tanpa akseptor elektron eksternal (Muljono, 2002). Fermentasi bioetanol adalah proses penguraian gula menjadi bioetanol dan karbondioksida yang disebabkan enzim yang dihasilkan oleh massa sel mikroba. Selama proses fermentasi terjadi perubahan glukosa menjadi bioetanol oleh sel-sel ragi (Prescott, 1959).

Reaksi pada tahap fermentasi :



Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae merupakan salah satu spesies khamir yang memiliki daya yang tinggi untuk mengkonversi gula menjadi etanol. Mikroba ini biasa disebut dengan ragi roti. Etanol, CO_2 , dan air merupakan produk metabolit utamanya. Sedangkan beberapa produk lain yang dihasilkan jumlahnya sedikit. Khamir ini memiliki sifat fakultatif anaerobik (Oura, 1983).

Distilasi

Distilasi atau penyulingan merupakan suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan atau didefinisikan juga teknik pemisahan kimia yang berdasarkan perbedaan titik didih. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Berdasarkan titik didihnya zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Metode ini merupakan termasuk unit operasi kimia jenis perpindahan massa. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya (Bahri Syamsul, 2018).

Etanol

Etanol (C_2H_5OH) adalah golongan senyawa alkohol yang memiliki 2 atom karbon. Etanol merupakan salah satu alternatif bahan bakar pengganti bahan bakar minyak yang semakin lama semakin menipis. Etanol dapat dibuat melalui proses fermentasi biomassa yang tersusun dan karbohidrat atau fraksi glukosa. Material yang umum digunakan sebagai bahan mentah umumnya adalah tanaman yang berkadar glukosa tinggi seperti jagung, singkong atau ubi, kelapa sawit, jerami dan lain-lain. Etanol yang diproduksi dari biomassa dan digunakan sebagai campuran bahan bakar lebih dikenal dengan istilah Bioetanol (Kim, 2004). Konversi gula sederhana menjadi etanol dapat dilakukan secara fermentasi anaerob. Salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan pada fermentasi anaerob tersebut adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Akhtar, 2018). Bioetanol merupakan etanol yang bahan utamanya dari tumbuhan dan umumnya menggunakan proses fermentasi. Etanol atau etil alkohol C_2H_5OH , merupakan cairan bening yang tidak berwarna, larut dalam air, eter, aseton, benzene, dan semua pelarut organik, memiliki bau khas alkohol serta terurai secara biologis (*biodegradable*), toksisitas rendah dan tidak menimbulkan polusi udara yang besar bila bocor. Etanol yang terbakar menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan air (Skadrongautama, 2009).

Bahan baku pembuatan bioetanol dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu : bahan sukrosa, bahan berpati, dan bahan yang mengandung selulosa atau lignoselulosa (Usman, 2013).

METODE

Penelitian ini dibuat menggunakan metode penelitian empiris yang dilakukan di laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta. Tahapan penelitian meliputi proses pengumpulan bahan, *pre-treatment* limbah masker, hidrolisis kandungan selulosa pada limbah masker menjadi glukosa, fermentasi glukosa menjadi etanol pada limbah masker setelah hidrolisis dan pemisahan etanol menggunakan alat destilasi. Selain itu, pengujian terhadap kadar etanol yang dihasilkan pada proses destilasi diuji menggunakan metode Kromatografi Gas (GC) di Puslabfor Sentul.

Rencana awal dari penelitian adalah menggunakan limbah masker yang diperoleh dari rumah sakit, area perkantoran maupun sampah rumah tangga. Namun, karena keadaan pandemi yang semakin buruk, penulis menggunakan limbah masker bekas penggunaan pribadi untuk mencegah penyebaran virus SARS-Cov-2 ke lingkungan serta mencegah infeksi yang terjadi selama proses penelitian.

Limbah masker yang dikumpulkan digunting terlebih dahulu hingga berukuran ± 1 cm dan dimasukkan kedalam larutan NaOH 2% untuk memudahkan proses dekontaminasi. Proses dekontaminasi dilakukan menggunakan autoklaf pada suhu $70^\circ C$ selama 60 menit untuk struktur serat pada masker dan membunuh mikroorganisme pada masker (Ju, 2020). Setelah proses dekontaminasi selesai, campuran didinginkan dan dipanaskan pada suhu sedang menggunakan *microwave* selama 40 menit. Proses pemanasan dengan NaOH dan *microwave* dilakukan untuk memutus gugus ester antara selulosa dengan hemiselulosa dan lignin (Vasic, 2021). Kemudian masker dicuci dengan air hingga pH larutan netral, dikeringkan menggunakan oven pada suhu $100 \pm 5^\circ C$ dan dihaluskan menggunakan blender.

Kandungan selulosa pada limbah masker yang sudah mengalami *pre-treatment* diuji menggunakan metode Datta (Chesson, 1981) yaitu dengan pemanasan berulang pada larutan asam sulfat dan air.

0.1 g *yeast extract*, 0.15 g *bacteriological peptone*, 0.14 g $(NH_4)_2SO_4$, 0.2 g KH_2PO_4 , 0.005 g $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dan 0.5 mL larutan CMC 1% dicampurkan kedalam 100 mL larutan buffer sitrat pH 6. Ditambahkan 2 gram masker dan diaduk hingga homogen. Media disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu $121^\circ C$ selama 15 menit, didinginkan dan ditambahkan suspensi spora dari kultur *Trichoderma reesei* serta diinkubasi pada inkubator suhu $35^\circ C$ selama 8 hari. Enzim dipanen dengan menambahkan 100 mL larutan Tween 80 1% dan disentrifugasi pada kecepatan 4000 rpm selama 30 menit. Supernatan dipisahkan sebagai enzim selulase. (Modifikasi dari Wahyuningtyas, 2013). Aktivitas enzim selulase diukur melalui jumlah glukosa yang terbentuk akibat reaksi antara enzim dengan CMC 1% *broth* menggunakan metode DNS secara spektrofotometri pada panjang gelombang 540 nm (Bandi, 2018).

$$U/mL = \frac{\text{Kadar Glukosa} \times fp}{\text{BM Glukosa} \times \text{waktu inkubasi}} \quad (1)$$

Limbah masker yang sudah mengalami *pre-treatment* ditimbang sebanyak 5 gram dan ditambahkan enzim selulase dengan variasi 10, 20 dan 30 mL dan diencerkan dengan larutan buffer sitrat pH 5 hingga volume larutan 150 mL. Proses hidrolisis dilakukan pada *waterbath* suhu 50°C selama 24, 48 dan 72 jam dimana kandungan glukosa dari larutan diuji setiap 24 jam menggunakan metode DNS (Wang, 2021). Kadar glukosa dari larutan diperoleh melalui grafik hubungan antara nilai absorbansi terhadap konsentrasi larutan glukosa 36, 72, 144 dan 216 ppm. Kondisi hidrolisis dengan kandungan glukosa yang paling optimum akan digunakan sebagai dasar pada proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

5 g glukosa, 0,5 g yeast extract, 0,5 g KH₂PO₄, 0,15 g NH₄Cl, 0,07 g MgSO₄ dan 0,17 g KCl dilarutkan dalam 100 mL akuades dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah mencapai suhu ruang ditambahkan 2-3 ose kultur *Saccharomyces cerevisiae* dan inkubasi pada suhu ruang selama 24 jam (Masturi, 2020). Kemudian pada 600 mL campuran limbah masker yang sudah mengalami proses hidrolisis ditambahkan 12 mL larutan *Saccharomyces cerevisiae* dan fermentasi dilakukan pada larutan hasil hidrolisis pH 4 dan 5 serta suhu fermentasi 30°C dan 35°C selama 3 hari (Hajar, 2017). Setelah proses fermentasi selesai, etanol yang terdapat dalam larutan dipisahkan menggunakan alat distilasi dengan suhu uap 68°C selama 2 jam (Sriana, 2019). Kemudian kadar etanol diuji menggunakan GC-FID menggunakan larutan standar etanol sebagai pembanding untuk perhitungan.

Data-data yang diperoleh pada penelitian diolah menggunakan Microsoft Excel sedangkan data pengujian GC-FID diolah langsung oleh *software* bawaan alat yaitu Chemstation.

HASIL DAN PEMBAHASAN

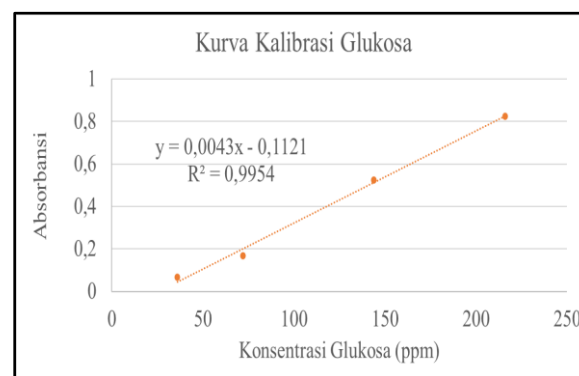
Pengujian selulosa menggunakan metode Datta dilakukan secara duplo menunjukkan sampel limbah masker yang sudah mengalami *pre-treatment* mengandung kadar selulosa sebesar 5,94% setiap 1 gram masker. Selulosa yang terkandung dalam masker tersebut

kemudian akan digunakan sebagai substrat pada proses hidrolisis enzimatis menggunakan enzim selulase yang sudah dibuat. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari 3M terhadap produk 3M™ VFlex™ Healthcare Particulate Respirator 9105, N95 (3M, 2020). Selain mengandung selulosa, limbah masker juga diperkirakan mengandung polipropilen yang dapat dikonversi menjadi bahan bakar melalui reaksi pirolisis (Jain, 2020)

Kurva kalibrasi untuk perhitungan kadar glukosa dibuat dengan melarutkan 0,36 gram glukosa dalam 100 mL larutan buffer sitrat pH 5. Larutan induk glukosa tersebut diencerkan menjadi 36, 72, 144 dan 216 ppm sebelum direaksikan dengan DNS dan diukur nilai absorbansi nya pada panjang gelombang 540 nm. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar glukosa dapat dilihat pada Tabel 1. dan kurva kalibrasi untuk perhitungan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Absorbansi larutan standar glukosa

Konsentrasi Glukosa (ppm)	Absorbansi
0	0
36	0,066
72	0,168
144	0,524
216	0,826



Gambar 1. Kurva kalibrasi standar glukosa

Berdasarkan data pada Tabel 1, maka dapat dibuat persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi glukosa yaitu $y = 0,0043x - 0,1121$ dimana x merupakan konsentrasi glukosa dan y merupakan nilai absorbansi dari larutan pada panjang gelombang 540 nm. Hal ini sesuai dengan Hukum Lambert-Beer dimana semakin tinggi konsentrasi suatu zat

dalam larutan maka akan semakin besar pula nilai absorbansi larutan tersebut (Wypych, 2015).

Aktivitas enzim selulase diuji secara duplo dan diperoleh nilai rata-rata aktivitas enzim 9.52 Unit/mL enzim. Enzim tersebut kemudian digunakan untuk pengujian optimasi waktu dan jumlah optimum enzim untuk proses hidrolisis.

Tabel 2. Pengaruh jumlah enzim selulase dan waktu hidrolisis terhadap kandungan glukosa

Volume Enzim Selulase	Konsentrasi Glukosa (ppm)		
	Hidrolisis 24 jam	Hidrolisis 48 jam	Hidrolisis 72 jam
10 mL	35,37	39,79	45,84
20 mL	43,74	47,47	53,28
30 mL	51,42	51,88	64,21

Hidrolisis pada limbah masker yang sudah mengalami proses *pre-treatment* menunjukkan peningkatan konsentrasi glukosa yang terbentuk seiring dengan semakin banyaknya jumlah enzim dan semakin lama proses hidrolisis berlangsung. Larutan dengan volume enzim 30 mL dan waktu hidrolisis selama 3 hari pada suhu 50°C menunjukkan nilai konsentrasi glukosa sebesar 64,21% pada 2 mL larutan hasil hidrolisis. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Nugrahini (2016) yang menyatakan bahwa penambahan jumlah enzim selulase yang lebih banyak dan waktu hidrolisis yang lebih lama dapat meningkatkan kadar glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit oleh enzim selulase.

Proses fermentasi dilakukan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* karena mampu hidup pada kondisi lingkungan yang kaya akan etanol. Hal ini disebabkan karena dinding sel *S. cerevisiae* terdiri dari 85% polisakarida dan 15% protein. Dinding sel tersebut memiliki fungsi utama untuk menjaga tekanan homeostatis sel, melindungi sel dari kerusakan dan menjaga bentuk sel (Akhtar, 2018). Fermentasi glukosa menjadi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* dipengaruhi oleh pH. Rentang pH yang baik untuk proses fermentasi adalah 4,0 – 5,0. Pada larutan

dengan pH dibawah 4,0 proses fermentasi terjadi relatif lambat sehingga memerlukan waktu fermentasi yang lebih panjang namun tidak mengurangi jumlah etanol yang dihasilkan, sedangkan apabila pH larutan diatas 5,0 maka jumlah etanol yang akan dihasilkan akan lebih sedikit (Staniszewski, 2007). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Adela, 2015) yaitu proses fermentasi yang paling optimum untuk mengkonversi biomassa pada batang tanaman sawit menjadi bioetanol adalah proses fermentasi dengan pH larutan 4,0 dan suhu inkubasi 30°C dengan inokulum sebanyak 10% selama 24 jam.

Tabel 3. Pengaruh suhu dan pH pada proses fermentasi terhadap volume destilat dan kadar etanol

Suhu Fermentasi (°C)	pH Larutan Fermentasi	Volume Destilat (mL)	Kadar Etanol (%)
30	4	92	4,76
30	5	86	3,57
35	4	81	1,75
35	5	77	0,71

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis, maka dapat disimpulkan bahwa proses hidrolisis optimum untuk mengubah selulosa pada limbah masker menjadi glukosa adalah menggunakan 30 mL enzim selulase dengan waktu hidrolisis selama 72 jam. Selain itu, untuk memperoleh destilat etanol optimum memerlukan proses fermentasi dengan pH larutan 4 pada suhu 30°C selama 3 hari. Saran penulis adalah agar penelitian ini dapat dilanjutkan karena relatif banyak variabel yang dapat diteliti lebih lanjut dan minimnya pengetahuan mengenai penelitian yang menggunakan masker sebagai objek penelitian.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Ditjen Dikti (Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi) sebagai pemberi dana hibah penugasan pada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) (Nomor : 016/E2/PPK/SPPK/PKM/2021).
Terimakasih kepada Universitas

Muhammadiyah Jakarta, yang telah memberikan dukungan dan bimbingan penuh kepada penulis selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- 3M. 2020. Cellulose Certification – Filtering Facepiece Respirators. *Technical Bulletin*. hlm. 1
- Akhtar, N dkk. 2018. Saccharomyces cerevisiae bio-ethanol production, a sustainable energy alternative. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. 20: 200-204
- Akduman, C. 2019. Cellulose Acetate and Polyvinylidene Fluoride Nanofiber Mats for N95 Respirators. *Journal of Industrial Textiles*. Vol 50 (8): 1239-1261
- Adela, B. N. & Loh S. 2015. Optimisation of fermentation conditions for bioethanol production from oil palm trunk sap by Saccharomyces cerevisiae. *Malaysian Journal of Microbiology*. 11: 163-169.
- Bahri, Syamsul dkk, 2018. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok dengan Cara Fermentasi menggunakan Ragi Roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal 7 : 2*. hlm 85-100
- Bandi, Tirzah E. 2018. Uji Aktivitas Selulase Isolat Bakteri dari Sedimen Lamun Perairan Rendani Manokwari. *VAGELKOP: Jurnal Biologi*. 1: 16-21
- Chahal, D. S. 1984. Solid-State Fermentation with Trichoderma reesei for Cellulase Production. *Applied and Environmental Microbiology Journal*. Vol. 49
- Chesson, A. 1981. Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms. *J. Sci Food Agric*. 32: 745-758
- Cordova, M. R. dkk. 2021. Unprecedented Plastic-Made Personal Protective Equipment (PPE) Debris in River Outlets into Jakarta Bay during COVID-19 Pandemic. *Chemosphere*. 268: 129360
- Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. 2020. Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of the Total Environment*. 737: 140279.
- Fan, dkk., 2003. Conversion of Paper Sludge to Ethanol, II: Process Design and Economic Analysis. *Bioprocess and Biosystems Engineering Journal*. Vol. 26 (2):93-101
- Hajar, S, dkk. 2017. Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. *Biochemistry and Biophysics Reports* 10: 52–61
- Hilakore, M. A, dkk. 2013. Peningkatan kadar protein putak melalui fermentasi oleh kapang Trichoderma resei. *Jurnal Veteriner*. Vol. 14 (2): 250 – 254
- Humas LIPI. 2020. “Penanganan Sampah/Limbah Medis Covid-19”. Webinar Hari Bumi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Jakarta
- Ika. (2020). *Limbah Medis Rumah Tangga Meningkat Selama Pandemi Covid-19*. <https://ugm.ac.id/id/berita/19462-limbah-medis-rumah-tangga-meningkat-selama-pandemi-covid-19>. Diakses pada 16 September 2021
- Jain, S, dkk. 2020. Strategy for Repurposing of Disposed PPE Kits by Production of Biofuel: Pressing Priority Amidst COVID-19 Pandemic. *Biofuels*. hlm. 1-5
- Ju, J. T. J., Boisvert, L. N., & Zuo, Y. Y. 2020. Face masks against COVID-19: Standards, efficacy, testing and decontamination methods. *Advances in Colloid and Interface Science* 292: 102435

- Juang, P.S.C., & Tsai, P. et al. (2020). N95 respirator cleaning and reuse methods proposed by the inventor of the N95 mask material. *The Journal of Emergency Medicine*, 58 (5): 817- 820
- Lehninger, A.L. 1993. *Principles of Biochemistry*. New York: Work Publisher
- Lin, Y.-H., Liu, C.-H., & Chiu, Y.-C. 2020. Google searches for the keywords of “wash hands” predict the speed of national spread of COVID-19 outbreak among 21 countries. *Brain Behav Immun*: 30-32
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2020. *Pedoman Pengelolaan Limbah Masker di Masyarakat*. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kim, S., Dale, B,E (2004). Global Potential Bioethanol Production From Wasted Crops and Crop Residues. *Elsevier: Biomass and Bioenergy*. 26, 361 – 375.
- Klemm D, Philipp B, Heinze T, Heinze U, dan Wagenknecht W. 1998 *Comprehensive Cellulose Chemistry: Fundamentals and Analytical Methods*. Vol. 1. Weiheim: Wiley-VCH Verlag GmBH
- Masturi, dkk. 2020. Bioethanol Synthesis from Durian Seeds Using *Saccharomyces cerevisiae* in Aerobic Fermenter and Bioethanol Enrichment by Batch Vacuum Distillation. *Jurnal Bahan Alam Terbuka*. 9: 36-46
- Meryandini, dkk. 2009. Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya, *Makara Sains*, Vol. 13, No. 1, hlm 33-38
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzaple, M., Ladisch, M. 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology* 96. hlm 673–686
- Muljono, Judoamidjojo, Darwis, Aziz, A., dan Gumbira, E. 2002. *Teknologi Fermentasi*. Rajawali pers: Jakarta
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., Rodwell, V.W. 2003. *Harper's Illustrated Biochemistry*. Ed ke-26. San Fransisco: McGraw-Hill
- Nabila, M. (2021). *Virus Corona Bertahan 3 Hari, Ini Cara Aman Buang Masker Usai Dipakai*. <https://news.harianjogja.com/read/2021/02/19/500/1064134/virus-corona-bertahan-3-hari-ini-cara-aman-buang-masker-usai-dipakai>. Diakses pada 16 September 2021
- Nelson, D.L dan Cox, M.M. 2005. *Principles of Biochemistry*. Ed ke-4. New York: Worth Publisher
- Nishida, I. N., Redhana, I.W., dan Ristiati, N. P. 2007. *Isolasi Enzim Lipase Termotabil Dari Bakteri Termofilik Isolat Air Panas Banyuwedang Kecamatan Gerogak, Buleleng Bali*. Akta Kimindo, 2(2),109-112.
- Nugrahini, P, dkk. Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Enzim Selulase pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit menjadi Glukosa. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*. 1: 8-16
- Oesterling, Janet. 2019. *Cellulase Enzyme Preparation Produced by Trichoderma reesei*. Novozymes North America, Inc., USA
- Oura E. 1983. Reaction Product of Yeast Fermentation. H. Dellweg(ed). *Biotechnology*. New York : *Academic Press*. Volume III
- Potthast, A., Rosenau, T., dan Kosma, P. 2006. *Analysis of Oxidized Functionaties in Cellulose*. *Advanced Polymer Science*. (205): 1 – 6
- Prescott, S.C., Dunn. 1959. *Industrial Microbiology*. New York: MC Grow Hill Book Company
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., dan Quinn, M.E. 2009, *Handbook of Pharmaceutical Excipients*. Edisi keenam. London: Pharmaceutical Press
- Sampol, C. 2020. Surgical Masks, Respirators, Barrier Masks: Which Masks Actually

- Protect against Coronavirus? <http://emag.medicalexpo.com/which-masks-actually-protect-against-coronavirus/>. Diakses pada 4 September 2021
- Skadrongautama, 2009. *Bahan Bakar Nabati (Bioetanol)*. Yogyakarta: Khalifah Niaga Antabura.
- Sriana, T. 2019. Purification Bioethanol using Azeotrop Distillation. *Konversi*, 8:1-3
- Staniszewski, M, dkk. 2007. Ethanol Production from Whey in Bioreactor with Co-Immobilized Enzyme and Yeast Cells Followed by Pervaporative Recovery of Product-Kinetic Model Prediction. *Journal of Food Engineering*. 82: 618-625
- Usman, B., Dwinanda, L., Huda, N., 2013. *Modul Strategi Pemasaran Bioetanol dan Pemanfaatan Limbah Industri Bioetanol*. Diklat Teknologi Bioetanol Bagi Guru SMK. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Pusat Pengembangan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Mesin dan Teknik Industri/ TEDC Bandung
- Vasić, K., Knez, Ž., & Leitgeb, M. 2021. Bioethanol Production by Enzymatic Hydrolysis from Different Lignocellulosic Sources. *Molecules*. 26(3): 753
- Wahyuningtyas, P. dkk. 2013. Studi Pembuatan Enzim Selulase Dari Mikrofungi *Trichoderma reesei* Dengan Substrat Jerami Padi Sebagai Katalis Hidrolisis Enzimatik Pada Produksi Bioetanol. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1): 21–25
- Wang, T., Lü Xin. 2021. Chapter 8 - Overcome saccharification barrier: Advances in hydrolysis technology. *Woodhead Publishing Series in Energy*. hlm 137-159
- WHO. 5 Juni 2020. *Anjuran mengenai penggunaan masker dalam konteks COVID-19*, hlm. 3
- Winarno, F.G. 1983. *Enzim Pangan*. Jakarta: Gramedia
- Wu, Y. C. dkk. 2020. The outbreak of COVID-19: An overview. *Journal of the Chinese Medical Association*. 83(3): 217–220.
- Wypych, George. 2015. *Handbook of UV Degradation and Stabilization (Second Edition)*. ChemTec Publishing. hlm. 37-65
- Yunus, N. R., & Rezki, A. 2020. Kebijakan Pemberlakuan Lock Down Sebagai Antisipasi Penyebaran Corona Virus Covid-19. *SALAM: Jurnal Sosial Dan Budaya Syar-I*. Vol. 7, No.3