



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202125406, 30 Mei 2021

## Pencipta

Nama : **Mohamad Agus Salim**  
Alamat : D'Orange Blok A15 No.12 Cinunuk Cileunyi , Kab. Bandung, JAWA BARAT, 40263  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Mohamad Agus Salim**  
Alamat : D'Orange Blok A15 No.12 Cinunuk Cileunyi , Kab. Bandung, JAWA BARAT, 40263  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : **Karya Tulis (Artikel)**  
Judul Ciptaan : **Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (Zea Mays L.)**  
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali : 30 Mei 2021, di Bandung  
di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia  
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.  
Nomor pencatatan : 000251524

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

## Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

# Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.)

(The Effect of Time Fermentation on Bioethanol Production of Corn (*Zea mays* L.) Cobs

Oleh :

Mohamad Agus Salim

## NOVELTY/KEBARUAN:

Artikel ini merupakan hasil penelitian terhadap tongkol (cobs) jagung yang dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioethanol yang ramah lingkungan. Penggunaan tongkol jagung sebagai limbah pertanian dari pabrik pengolah tepung jagung, sepengetahuan penulis, **masih jarang (bahkan belum ada)** digunakan sebagai bahan baku bioethanol. Mengingat tongkol jagung ini kandungan utamanya adalah selulosa. Selulosa merupakan kelompok karbohidrat yang masih dianggap sulit untuk dijadikan bahan baku bioethanol. Selama ini karbohidrat yang digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan bioethanol adalah karbohidrat dari kelompok pati atau amilum, misalnya singkong, jagung, sagu dan lain lain yang merupakan bahan pangan utama yang semakin langka saat ini. Padahal kelaparan semakin luas di berbagai belahan bumi bahkan kasus stunting/kerdil di negara tercinta ini. Selain itu tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang selama ini dibuang atau paling memungkinkan digunakan sebagai bahan bakar. Dari penelitian ini tongkol jagung dapat dijadikan bioethanol dengan menggunakan variasi waktu fermentasi yang simultan sejak sakarifikasi dan fermentasinya. Waktu fermentasi yang terbaik untuk menghasilkan bioethanol tertinggi (4,33% b / b) yaitu hari ke-6 inokulasi khamir *Saccaromyces cerevisiae*.

# **Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays* L.)**

(The Effect of Time Fermentation on Bioethanol Production of Corn (*Zea mays* L.) Cobs

Mohamad Agus Salim\*

Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung Indonesia

.Jl. A. H. Nasution No.105 Cibiru Bandung Jawa Barat 40614 Indonesia

\*[E-mail: agus.salim@uinsgd.ac.id](mailto:agus.salim@uinsgd.ac.id)

## **ABSTRAK**

Tongkol jagung (*Zea mays* L.) berlignoselulosa merupakan hasil limbah pertanian. Bahan tersebut sudah jarang digunakan untuk menghasilkan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Proses produksi bioetanol dari tongkol jagung dapat melalui proses sakarifikasi dan fermentasi secara simultan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* terhadap sakarifikasi dan fermentasi secara simultan biomassa tongkol jagung untuk produksi bioetanol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tongkol jagung mampu menghasilkan bioetanol dengan kandungan bioetanol tertinggi (4,33% b / b) pada hari ke-6 inokulasi *S. cerevisiae*.

*Kata kunci : Bioetanol, Tongkol jagung, Saccharomyces cerevisiae, Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan*

## **ABSTRACT**

Lignocellulosic corn (*Zea mays* L.) cobs were agricultural waste product. That material was rarely used to produce bioethanol as alternative biofuels that were environmentally friendly. The process of bioethanol production from corn cobs could be done through simultaneous saccharification and fermentation. The objective of this study was to determine the effect of time variation of *Saccharomyces cerevisiae* inoculation to simultaneous saccharification and fermentation of corn cobs biomass for bioethanol production. The results indicate that corn cobs could produce bioethanol with the highest content of bioethanol (4.33%w/w) in the 6th day of *S. cerevisiae* inoculation.

*Keywords: Bioethanol, Cocoa Pod, Saccharomyces cerevisiae, Simultaneous Saccharification and Fermentation.*

## PENDAHULUAN

Meningkatnya biaya bahan bakar fosil dan efek emisi gas rumah kaca menciptakan kebutuhan yang mendesak untuk mengeksplorasi bahan bakar hayati yang lebih murah dan ramah lingkungan sebagai strategi untuk mengurangi pemanasan global (Iqbal dan Kamal, 2012). Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan menunjukkan dampak negatif terhadap lingkungan karena emisi gas rumah kaca ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}$ ) yang mengakibatkan pemanasan global dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, bukti ilmiah yang melimpah adalah bahwa penggunaan bahan bakar fosil yang berlebihan telah menyebabkan iklim dunia berubah, dengan berpotensi menimbulkan bencana (Ganesh *et al.*, 2012).

Meningkatnya kekhawatiran akan menipisnya persediaan bahan bakar fosil dan efek gas rumah kaca telah mengakibatkan tingginya minat terhadap bahan bakar nonkonvensional yang berasal dari sumber terbarukan termasuk gula, pati, dan bahan lignoselulosa (Limayema *et al.*, 2012). Biomassa lignoselulosa memberikan solusi yang patut diperhatikan sehubungan dengan persaingan langsung dengan bahan pangan, oleh karena itu harus diunggulkan sebagai bahan baku bahan bakar hayati cair masa depan (Iqbal dan Kamal, 2012). Biomassa lignoselulosa terutama terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa adalah substrat utama yang digunakan untuk produksi etanol, tetapi lignin terdiri dari lignol aromatik yang perlu dipisahkan dan dihilangkan sebelum hidrolisis enzimatis (Jessen dan Orlygsson, 2012).

Selama dekade terakhir, produksi etanol dari bahan biomassa mendapat perhatian lebih di dunia (Limayema *et al.*, 2012). Salah satu metode potensial untuk produksi etanol fermentasi berbiaya rendah adalah dengan memanfaatkan bahan limbah lignoselulosa atau agroindustri (misalnya kayu, jerami, alang-alang, limbah pisang, jerami gandum, jerami padi, brangkasan jagung, tongkol jagung, ampas tebu, pomace apel, kulit jeruk, dan limbah kertas) karena mengandung karbohidrat yang harus diubah terlebih dahulu menjadi gula sederhana (glukosa) kemudian difermentasi menjadi etanol (Iqbal dan Kamal, 2012).

Bioetanol dari biomassa lignoselulosa merupakan salah satu alternatif penting yang dipertimbangkan karena kemudahan adaptasi bahan bakar ini ke mesin yang ada dan karena bahan bakar ini lebih bersih dengan nilai oktan lebih tinggi daripada bensin. Biomassa lignoselulosa dianggap sebagai satu-satunya sumber daya yang dapat diperkirakan dan berkelanjutan untuk bahan bakar terbarukan (Sukumaran *et al.*, 2010). Etanol mengandung 35 persen oksigen yang

membantu pembakaran sempurna bahan bakar dan dengan demikian mengurangi emisi partikulat yang menimbulkan bahaya kesehatan bagi makhluk hidup (Raji et al., 2008). Produksi bahan bakar etanol dari biomassa melibatkan pra hidrolisis, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi (Nigam, 2002)

Konversi biologis bioetanol dari biomassa lignoselulosa dapat dilakukan dengan proses sakarifikasi dan fermentasi simultan. Teknik ini adalah strategi yang baik untuk meningkatkan laju konversi selulosa menjadi bioetanol secara keseluruhan. Dalam proses ini, hidrolisis selulosa dan fermentasi glukosa dilakukan dengan adanya mikroorganisme fermentatif dalam satu langkah dan proses tersebut beroperasi secara optimal pada suhu 37 hingga 38° C. Teknik ini mengurangi jumlah langkah dalam proses, dan merupakan cara yang menjanjikan untuk mengubah lignoselulosa menjadi bioetanol (Joshi et al., 2011).

Pada hidrolisis mikroba, *Trichoderma viride* dapat menghasilkan enzim selulolitik seperti selulosa dan hemiselulosa. Salah satu mikroorganisme selulolitik yang paling banyak dipelajari yang juga digunakan secara industri untuk produksi enzim (Thanapimmetha et al., 2011). Sedangkan *Saccharomyces cerevisiae* adalah ragi yang terkenal karena kapasitas fermentasinya sehingga dapat digunakan untuk produksi alkohol dari berbagai bahan yang mengandung gula.

Waktu fermentasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dan kandungan bioetanol yang dihasilkan pada teknik ini. Hasil penelitian Anindyawati (2009) menunjukkan produksi bioetanol tertinggi melalui teknik ini 2.709 g.L<sup>-1</sup> atau 4,7% per massa ampas tebu selama 72-96 jam. Menurut Komarayati dan Gusmailina (2010) dalam penelitiannya tandan kosong substrat buah kelapa sawit selama 72 jam dengan konversi gula menjadi etanolat 47,32%. Hasil penelitian (Sunardi., 2010) menunjukkan waktu fermentasi yang optimum adalah 7 hari setelah destilasi pada suhu 80 °C turunan bioetanol dengan kadar 10% limbah produk tahu.

Berdasarkan penjelasan di atas, tongkol jagung dapat digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol. Pembuatan bioetanol dari tongkol jagung dapat dilakukan melalui sakarifikasi dan fermentasi secara simultan dengan memanfaatkan *Trichoderma sp* sebagai sumber enzim selulolitik dan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai alat fermentasi alkohol dari tongkol jagung yang disakarifikasi.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan adalah tongkol jagung dari kebun di Gudang Kecamatan Tanjungsari Sumedang Jawa Barat, kultur murni *Trichoderma harzianum* dan *Saccharomyces cerevisiae* dari laboratorium mikrobiologi Institut Teknologi Bandung, PDA (Potato Dextrose Agar), suling air, alkohol, buffered fosfat pH 5,5, PDB (Potato Dextrose Broth), HCl, NaOH, 1% NaOCl, NaOH 15%, NPK, ZA.

### **Rancangan Percobaan**

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2015, di Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri, Bandung, Indonesia. Rancangan percobaan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan variasi waktu inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* yang terdiri dari waktu inokulasi yaitu hari ke-1 (H1), 2 (H2), 3 (H3), 4 (H4), 5 (H5), 6 (H6), 7 (H7) dan 8 (H8). Setiap perlakuan ulangan sebanyak 3 kali sehingga jumlah unit eksperimen sebanyak 24 unit.

### **Persiapan Tongkol Jagung**

Tongkol jagung dicuci bersih, dipotong-potong dan dijemur di bawah sinar matahari kemudian dihaluskan menggunakan blender. Substrat tongkol jagung di delignifikasi menggunakan NaOCl 1% selama 5 jam pada suhu 28°C. Substrat yang telah dicuci, disaring dan dikeringkan kemudian direndam dalam NaOH 15% selama 24 jam pada suhu 28°C. Selanjutnya substrat dikeringkan pada suhu 50°C selama 48 jam, sehingga dihasilkan substrat tongkol jagung.

### **Sakarifikasi dan Fermentasi Simultan**

Sebanyak 7 g substrat tongkol jagung mengalami delignifikasi ditambah 5,5 g substrat tongkol jagung tanpa delignifikasi ditambah 40 ml buffer fosfat pH 5,5 dan 40 ml nutrisi (PDB). PH substrat diatur pada 7,00, menggunakan HCl dan NaOH setelah dimasukkan ke dalam wadah. Selanjutnya disterilkan pada suhu 121°C selama 15 menit. Suspensi *Trichoderma harzianum* sebanyak 10% (v / v) diinokulasi ke dalam media SSF dan diinkubasi pada suhu kamar selama 3 hari. Setelah 3 hari, media SSF ditambahkan pupuk NPK dan ZA masing-masing 0,04 g dan 0,15 g. 10% dari total volume *Saccharomyces cerevisiae* dimasukkan ke dalam SSF dalam kondisi semi anaerobik selama 8 hari.

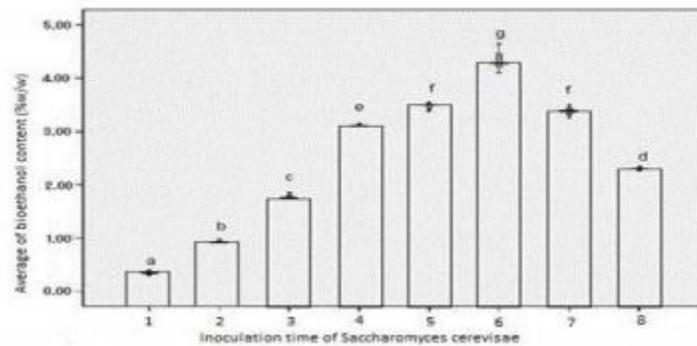
### **Metode Analisis**

Hasil filtrat dan padatan diukur. Distilasi filtrat selanjutnya dilakukan untuk memisahkan etanol dari bahan lain. Hasil sulingan harus bening dan tidak mengandung minyak atsiri lainnya. Distilasi berat jenis menggunakan Piknometer. Kemudian menghitung berat jenis zat cair dengan rumus (Horwitz et al., 1970):

Keterangan: B = Berat Piknometer kosong, B1 = Berat Piknometer + akuades, B2 = Berat Piknometer + Sampel. Volume fluida diukur menggunakan tabung terukur dan ditimbang dengan timbangan analitik. Analisis data menggunakan analisis ragam, dan jika terdapat perbedaan perlakuan yang nyata maka dilakukan pengujian lebih lanjut dengan Uji Jarak Berganda Duncan (Gomez dan Gomez, 1995).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kandungan bioetanol yang diperoleh dari tongkol jagung melalui proses sakarifikasi dan fermentasi simultan menggunakan *Trichoderma harzianum* dan *Saccharomyces cerevisiae* menunjukkan nilai yang bervariasi berdasarkan analisis data ragam.



Gambar 1. Pengaruh waktu inokulasi *S. cerevisiae* terhadap kandungan bioetanol (diagram batang yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada  $p < 0,05$  uji jarak berganda Duncan)

Tampak pada Gambar 1, waktu inokulasi *S. cerevisiae* menghasilkan peningkatan kadar etanol setelah beberapa hari fermentasi, sedangkan inokulasi pada hari ke 0 menghasilkan kandungan bioetanol paling kecil. Menurut Anindyawati (2009) konsentrasi etanol yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh suhu, pH, sumber karbon, sumber nitrogen dan waktu inkubasi masing-masing mikroba selama fermentasi. Hal ini karena proses sakarifikasi dan fermentasi

secara simultan mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme jamur *T. harzianum* dan *S. cerevisiae*.

Rata-rata kadar etanol tertinggi (4,33% b / b) pada hari ke-6 inokulasi *S. cerevisiae* menunjukkan bahwa proses ini bertahan optimum. Kadar etanol terendah (0,35% b / b) pada hari 1 inokulasi *S. cerevisiae*. Menurut (Raji et al., 2008) proses ini berlangsung selama 7 hari sedangkan fermentasi optimum berlangsung selama 3 hari dan batas toleransi gula fermentasi *S. cerevisiae* selama 6 hari tergantung nutrisi yang tersedia. Membiarkan perubahan metabolit etanol diubah menjadi asam asetat dan senyawa lain. Pada proses ini, bahan yang tertinggal selama sakarifikasi masih memungkinkan terjadinya fermentasi pembentukan gula sederhana oleh *T. harzianum* meskipun sudah memasuki tahap fermentasi gula menjadi etanol oleh *S. cerevisiae*. Selain itu, kapang *T. harzianum* hidup dalam keadaan semi aerobik dan anaerobik

Pada hari ke-1 inokulasi *S. cerevisiae* menunjukkan laju pertumbuhan yang cukup lambat bahkan terhambat, karena kondisi fermentasi gula yang anaerobik menyebabkan penurunan pertumbuhan *T. harzianum* dan hanya didukung oleh sisa udara yang tersedia dalam wadah fermentasi. Berkaitan dengan hal tersebut, kerja optimal *T. harzianum* terlihat saat memasuki masa pertumbuhan puncak.

Pada kondisi anaerob, *T. harzianum* masih dapat memetabolisme sisa lignoselulosa pada pertumbuhan hari ke-2 hingga hari ke-5 inokulasi *S. cerevisiae* dimana nutrisi dan kondisi lingkungan serta waktu fermentasi yang berlangsung berturut-turut meningkatkan kandungan bioetanol yang dihasilkan karena proses sakarifikasi lebih lama dalam proses ini. sehingga berpengaruh terhadap produksi kandungan bioetanol.

Sedangkan pada hari ke-7 dan ke-8 inokulasi *S. cerevisiae* menunjukkan penurunan kandungan bioetanol hal ini dapat mengakibatkan proses fermentasi yang berlangsung sangat singkat pada saat sakarifikasi optimum dilakukan. Hal ini menyebabkan hasil sakarifikasi tidak dapat sepenuhnya difermentasi menjadi bioetanol. Bioetanol diproduksi secara optimal apabila proses sakarifikasi dan fermentasi secara simultan berlangsung tepat waktu, sehingga terjadi produksi glukosa pada proses sakarifikasi sejalan dengan hasil fermentasi gula menjadi etanol sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

## KESIMPULAN

Substrat dari tongkol jagung dapat digunakan sebagai produksi etanol melalui proses sakarifikasi dan fermentasi secara bersamaan. Berdasarkan analisis ragam menunjukkan bahwa variasi waktu inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* berpengaruh nyata terhadap kadar bioetanol. Kandungan bioetanol tertinggi dihasilkan perlakuan hari ke-6 inokulasi *S. cerevisiae* dengan rata-rata 4,33% b / b, sedangkan kadar bioetanol terendah dihasilkan perlakuan hari ke-1 inokulasi *S. cerevisiae* dengan rata-rata 0,35% b / b.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak atas dukungan moril untuk menyelesaikan tulisan artikel ini dari Fakultas Sains dan Teknologi , UIN Sunan Gunung Djati Bandung.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adeleke, E.O., O.O. Bridget, O.A. Isaac and K.B. Mufutau, 2012. Purification and characterisation of a cellulase obtained from cocoa (theobroma cacao) poddegrading bacilluscoagulans co4. Turkish Journal of Biochemistry, 37(2): 222- 230.
- Anindyawati, T., 2009. Prospects for enzymes and waste lignocellulosic bioethanol production. Biotechnology Research Center-LIPI.
- Ganesh, D., G.D. Saratale and S.E. Oh, 2012. Lignocellulosics to ethanol: The future of the chemical and energy industry. African Journal of Biotechnology, 11(5): 1002- 1013.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez, 1995. Statistical prosedures for agriculture research. University of Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- Horwitz, M.S., J.V. Maizel and M.D. Scharfe, 1970. Molecular weight of adenovirus type 2 hexon polypeptide. J. Virol, 6: 569.
- Iqbal, H.M.N. and S. Kamal, 2012. Economical bioconversion of lignocellulosic materials to value-added products. J. Biotechnol Biomater, 2(5): 1-2.
- Jessen, J.E. and J. Orlygsson, 2012. Production of ethanol from sugars and lignocellulosic biomass by thermoanaerobacter j1 isolated from a hot spring in iceland. Journal of Biomedicine and Biotechnology: 7.
- Joshi, B., M.R. Bhatt, D. Sharma, J. Joshi, R. Malla and L. Sreerama, 2011. Lignocellulosic ethanol production: Current practices and recent developments. Biotechnology and Molecular Biology Review, 6(8): 172-182.
- Komarayati and Gusmailina, 2010. Bioethanol prospects instead of kerosene. Center for Research and Development of Forest Bogor.

- Limayema, A., C. Steven and Ricke, 2012. Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives, potential issues and future prospects. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38: 449-467.
- Nigam, J.N., 2002. Bioconversion of water-hyacinth (*Eichhornia crassipes*) hemicellulose acid hydrolysate to motor fuel ethanol by xylose-fermenting yeast. *Journal of Biotechnology*, 97: 107-116.
- Raji, K.P., P. Natarajan and G.M. Kurup, 2008. Bioconversion of lignocellulosic residues of water hyacinth to commercial products. *Bioconversion of Lignocellulosic Residues*, 2(2): 261 – 264.
- Sukumaran, R.K., J.S. Vikram, S. Raveendran, B. Parameshwaran, U.J. Kanakambaran, V.S. Kuttavan, P.R. Kuni and P. Ashok, 2010. Lignocellulosic ethanol in India: Prospects, challenges and feedstock availability. *Bioresource Technology*, 101: 4826-4833.
- Sunardi., 2010. Effect of fermentation time in making bioethanol from tofu dregs. . D3 Study of Chemical Analyst of Setia Budi University, Surakarta.
- Thanapimmetha, A., K. Vuttibunchon, M. Saisriyoot and P. Srinophakun, 2011. Chemical and microbial hydrolysis of sweet sorghum bagasse for ethanol production. *World Renewable Energy Congress*. Sweden