



**PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH INDUSTRI MOCAF
MENGUNAKAN SISTEM SAKARIFIKASI
FERMENTASI SIMULTAN (SFS)**

SKRIPSI

oleh

**Maya Natifah
NIM 091710101042**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH INDUSTRI MOCAF
MENGUNAKAN SISTEM SAKARIFIKASI
FERMENTASI SIMULTAN (SFS)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

oleh

**Maya Natifah
NIM 091710101042**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, puji syukur atas segala rahmat, hidayah serta Inayah-Nya;
2. Ibunda Habibah Basalamah dan Ayahanda Umar Salim Bafaradj tercinta yang telah mendoakan dan memberi semangat, serta dukungan selama ini;
3. Saudaraku Rahimah, S.Si., M.Si dan Nadya, S.E yang telah memberikan banyak dukungan, semangat, dan motivasi selama penyelesaian pendidikanku;
4. Sahabat-sahabatku Siti Komaria, seluruh tim seperjuangan lulus maret yang kompak, tim PKM-P hurdle, meshify, gege, dan banyak lagi lainnya yang selalu memberi dukungan, nasehat, semangat, dan doa;
5. Teman-teman seperjuangan THP 2009, terimakasih atas persahabatan yang terjalin selama ini;
6. Kakak-kakak dan adik-adik angkatan yang telah memberikan banyak dukungan;
7. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

There's a sayings “Gargabe in, garbage out” | yang baik masuk, yang baik yang keluar | Jagalah agar kita hanya melihat dan mendengar yang baik agar lisan dan perbuatan kita juga baik.

“Sebab sesungguhnya berserta (sehabis) kesulitan itu ada kemudahan” (QS. Insyiroh: 5).

Every Single Step Carries You Closer to Your Goal

Resolution = Plan + Action

- 1. Do it step by step**
- 2. do it with friend**
- 3. do it with fun**
- 4. do it now!**

Sekecil apapun usaha kita saat ini, suatu saat akan menjadi sangat berarti

“Sumber kekuatan baru bukanlah uang yang ada di genggaman beberapa orang, namun informasi di tangan orang banyak” –John Naisbitt

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Maya Natifah

NIM : 091710101042

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Produksi Bioetanol dari Limbah Industri Mocaf Menggunakan Sistem Sakarifikasi Fermentasi Simultan (SFS)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Desember 2013

Yang menyatakan,

Maya Natifah

NIM 091710101042

SKRIPSI

**PRODUKSI BIOETANOL DARI LIMBAH INDUSTRI MOCAF
MENGUNAKAN SISTEM SAKARIFIKASI
FERMENTASI SIMULTAN (SFS)**

Oleh

Maya Natifah
NIM 091710101042

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Jayus
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Giyarto, M.Sc

PENGESAHAN

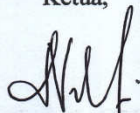
Skripsi berjudul “Produksi Bioetanol dari Limbah Industri Mocaf Menggunakan Sistem Sakarifikasi Fermentasi Simultan (SFS)” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 30 Desember 2013

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

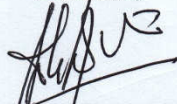
Tim Penguji:

Ketua,



Dr. Nurhayati, S. TP., M. Si
NIP 197904102003122004

Sekretaris,



Ir. Wiwik Siti W., M.P
NIP 195311211979032002

Anggota,



Nurud Diniyah, S. TP., M.P
NIP 198202192008132002

Mengesahkan

Dekan,



Dr. Yuli Witono, S. TP., MP
NIP 196912121998021001

RINGKASAN

Produksi Bioetanol dari Limbah Industri Mocaf Menggunakan Sistem Sakarifikasi Fermentasi Simultan (SFS); Maya Natifah; 091710101042; 2013; 51 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Industri mocaf menghasilkan limbah berupa limbah air bekas fermentasi (perendaman) dan limbah kulit singkong. Limbah cair mocaf bersifat asam dan masih mengandung nutrisi seperti pati, dan gula total. Berdasarkan kondisi tersebut, limbah cair mocaf memiliki potensi menjadi bahan baku produksi bioetanol. Kandungan gula limbah cair mocaf umumnya cukup rendah, sehingga limbah ini memerlukan tambahan sumber karbon sebelum dimanfaatkan sebagai media produksi bioetanol. Salah satu bahan limbah industri mocaf yang memiliki potensi sebagai sumber karbon tambahan adalah kulit singkong yang diduga banyak mengandung pati.

Pati dapat dihidrolisis menggunakan enzim amilase, yang dapat dihasilkan oleh *Aspergillus oryzae*, menjadi gula sederhana. Gula tersebut akan dapat dimanfaatkan oleh *Saccharomyces cerevisiae* untuk pertumbuhan sel dan produksi bioetanol. Suatu metode fermentasi bioetanol pada media bersumber karbon pati adalah sakarifikasi fermentasi simultan (SFS). SFS melibatkan mikroba pengonversi pati menjadi gula dan mikroba penghasil etanol dalam waktu yang bersamaan (secara simultan). Kandungan gula awal limbah cair mocaf yang rendah mengakibatkan dibutuhkannya sakarifikasi untuk menghasilkan tambahan gula sebelum proses produksi bioetanol dimulai. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikaji bagaimana pengaruh lama sakarifikasi sebelum produksi bioetanol terhadap pertambahan kandungan gula dan etanol yang dihasilkan.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan variasi lama waktu sakarifikasi oleh *A. oryzae* yaitu selama 24 dan 48 jam. Inokulasi *S. cerevisiae* dilakukan sesaat setelah proses sakarifikasi tersebut. Data nilai rata-rata hasil pengamatan ditampilkan dalam bentuk grafik dan dilengkapi dengan nilai standar deviasi.

Medium fermentasi bioetanol terdiri dari limbah cair mocaf yang telah ditambah parutan kulit singkong dan sumber nitrogen. Selanjutnya pH medium diatur menjadi 5,5 dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121° C selama 15 menit pada tekanan 1,72 atm. Berikutnya dilakukan sakarifikasi dengan menginokulasi *A. oryzae* sebanyak 5% (v/v) pada medium fermentasi. Proses sakarifikasi (24 dan 48 jam) tersebut dilakukan dalam *orbital shaking* inkubator dengan kecepatan 100 rpm pada suhu 30° C. Setelah sakarifikasi, media fermentasi diinokulasi *S. cerevisiae* sebanyak 5% (v/v). Fermentasi dilanjutkan hingga 5 hari pada suhu 30° C. Beberapa parameter

yang diamati selama fermentasi adalah populasi mikroba, kadar pati, kadar gula reduksi, kadar etanol, dan pH secara periodik tiap 24 jam selama 5 hari.

Hasil penelitian menunjukkan *A. oryzae* dan *S. cerevisiae* mengalami pertumbuhan hingga fermentasi jam ke-72. Kadar pati medium fermentasi mengalami penurunan sejak proses sakarifikasi oleh *A. oryzae* dan juga tetap menurun setelah inokulasi *S. cerevisiae* dilakukan. Penurunan kadar pati tersebut dapat terjadi akibat pertumbuhan *A. oryzae* yang menghasilkan enzim pemecah pati. Setelah 72 jam fermentasi, kadar pati pada masing-masing perlakuan cenderung tetap dengan nilai 0,95-0,67 g/l pada jam ke-120. Perbedaan lama sakarifikasi berpengaruh terhadap kadar gula reduksi dan etanol yang dihasilkan. Kadar gula reduksi media fermentasi mengalami peningkatan hingga fermentasi jam ke-72. Gula reduksi tertinggi pada masing-masing perlakuan berkisar antara 3,60-3,95 g/l pada fermentasi jam ke-72. Kadar etanol tertinggi sebesar 2,53 g/l diperoleh pada perlakuan sakarifikasi 24 jam dengan lama fermentasi keseluruhan 72 jam, sedangkan kadar etanol tertinggi pada perlakuan sakarifikasi 48 jam adalah sebesar 1,39 g/l pada fermentasi keseluruhan 120 jam. Selama fermentasi, pH media pada kedua perlakuan mengalami peningkatan. Perubahan nilai pH berkisar antara 5,5 pada fermentasi jam ke-0 menjadi 5,86- 6,3 pada fermentasi jam ke 120.

SUMMARY

Bioethanol Production from Mocaf Industrial Waste Based on Simultaneous Saccharification Fermentation (SSF); Maya Natifah; 091710101042; 2013; 48 Page; Technology of Agricultural Product Department of Agriculture Technology Faculty of Jember University.

Mocaf industry produce fermentation liquid waste and cassava peels waste. Fermentation liquid waste is acidic and contain nutrition such as soluble fiber, starch, and total sugar. Based on those condition, mocaf fermentation liquid waste is a potential raw material for bioethanol production. The sugar content of mocaf liquid waste is commonly low, that makes mocaf liquid waste needs an addition of carbon sources before used as medium for bioethanol production. One of mocaf industrial waste that have potential for being carbon source addition is cassava peels that are expected to contain high starch content.

*Starch can be hydrolysed using amylase, that are produced by *Aspergillus oryzae*, to glucose. glucose can be used by *Saccharomyces cerevisiae* for cells growth and ethanol production. Bioethanol fermentation method from starchy material is called simultaneous saccharification fermentation (SSF) that involve both microbe that will convert starch to glucose and microbe that produced ethanol in the same time. Initial sugar content of mocaf liquid waste is low. Therefore to produce ethanol from this material, a saccharification process is needed to increase the sugar content before ethanol production. This research was studied the effect of saccharification process toward reduction sugar content and ethanol yield.*

*This research was conducted experimentally with two variation of saccharification time. Those are 24 and 48 hours saccharification. *S. cerevisiae* was inoculated right after those saccharification time. The data of this research showed in graphic with average value and standart deviation.*

*Bioethanol fermentation medium consist of mocaf liquid waste that was added with grinded cassava peels and nitrogen source. Furthermore the pH of medium fermentation was arrange at 5,5 and then it was sterilized at 121° C for 5 minutes. The saccharification was started with adding 5% (v/v) of *A. oryzae* inoculum to medium fermentation. Those saccharification process (24 and 48 hours) are done in orbital shaking incubator at 30° C and 100 rpm. After saccharification, the medium fermentation was inoculated with 5% (v/v) of *S. cerevisiae* inoculum. Fermentation continued until 5 days. Parameters that are observed during fermentation were microbe population, starch content, reduction sugar content, ethanol yield, and pH periodically every 24 hours.*

*The result of this research showed that *A. oryzae* and *S. cerevisiae* were growing up to 72 hours of fermentation. Starch content tended to decrease since saccharification*

by *A. oryzae* and keep decreasing even after *S. cerevisiae* was inoculated. This decreasing phenomenon occurred because the growth of *A. oryzae* that turning enzyme such as amylase (starch hydrolysed enzyme). After 72 hours, starch content relatively constant with 0,95- 0,67 g/l at 120 hours fermentation process. Reduction sugar content was increasing up to 72 hours. The highest reduction sugar content was 3,60- 3,95 g/l at hour 72 from 48 hours saccharification treatment. Highest ethanol from 24 hours saccharification time was 2,53 g/l at 72 hours fermentation, whereas in 48 hours saccharification time, the highest ethanol production was 1,39 g/l at fermentation 120 hours. During fermentation, pH medium for both treatment was relatively increased from 5,5 at the initial fermentation time to 5,86-6,3 at 120 hours fermentation.

The differentiation of saccharification time affect toward reduction sugar content and ethanol yield. The highest reduction sugar content was 3,60- 3,95 g/l at 72 hours fermentation with 48 hours saccharification treatment. Highest ethanol production (2,53 g/l) was achieved from 72 hours fermentation with 24 hours saccharification treatment.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Produksi Bioetanol dari Limbah Industri Mocaf Menggunakan Sistem Sakarifikasi Fermentasi Simultan (SFS)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Yuli Witono, S.TP., MP., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
2. Ir. Giyarto, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember sekaligus Dosen pembimbing anggota, yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi kemajuan penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi;;
3. Prof. Ir. Achmad Subagio, M.Agr., Ph.D sebagai pemilik proyek penelitian yang telah memberikan kesempatan kepada saya untuk dapat melaksanakan penelitian ini serta segala bantuan dan pengarahan selama penelitian dan penulisan skripsi ini;
4. Dr. Ir. Jayus, selaku Dosen Pembimbing Utama, yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi kemajuan penyelesaian penelitian dan penulisan skripsi ini;
5. Dr. Nurhayati, S.TP., M.Si; Ir. Wiwik Siti W., M.P; dan Nurud Diniyah, S.TP., M.P., selaku tim penguji, atas saran dan evaluasi demi perbaikan penulisan skripsi;

6. Ir. Yhulia Praptiningsih S., M.S, selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang telah meluangkan waktu dan perhatian dalam bentuk nasihat dan teguran yang sangat berarti selama kegiatan bimbingan akademik;
7. Seluruh karyawan dan teknisi Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember;
8. Ibunda Habibah dan Ayahanda Umar salim, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa dan dorongan demi terselesaikannya skripsi ini;
9. Teman-teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2009 yang telah memberikan dukungan dan semangat;
10. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Desember 2013

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | vi |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | x |
| PRAKATA | xii |
| DAFTAR ISI | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Limbah Industri Mocaf | 5 |
| 2.1.1 Limbah Cair | 5 |
| 2.1.2 Limbah Padat | 6 |
| 2.2 Sifat- Sifat Bioetanol | 7 |
| 2.3 Sakarifikasi Pati | 8 |
| 2.4 Fermentasi Etanol | 9 |
| 2.5 Sakarifikasi Fermentasi Simultan (SFS) | 11 |

| | |
|---|----|
| 2.6 <i>Aspergillus oryzae</i> | 12 |
| 2.7 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 14 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | 15 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 15 |
| 3.2 Bahan dan Alat Penelitian | 15 |
| 3.3 Metode Penelitian | 16 |
| 3.3.1 Rancangan Penelitian | 16 |
| 3.3.2 Pelaksanaan Percobaan | 16 |
| 3.4 Parameter Pengamatan | 19 |
| 3.5 Prosedur Analisis | 19 |
| 3.5.1 Populasi Mikroba..... | 19 |
| 3.5.2 Kadar Pati | 20 |
| 3.5.3 Kadar Gula Reduksi | 20 |
| 3.5.4 Kadar Etanol..... | 21 |
| 3.5.5 Derajat Keasaman/ pH | 22 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 23 |
| 4.1 Populasi <i>A. oryzae</i> dan <i>S. cerevisiae</i> | 23 |
| 4.2 Kadar Pati | 25 |
| 4.3 Kadar Gula Reduksi | 27 |
| 4.4 Kadar Etanol | 29 |
| 4.5 Derajat Keasaman/ pH | 31 |
| BAB 5. PENUTUP | 33 |
| 5.1 Kesimpulan | 33 |
| 5.2 Saran | 33 |
| DAFTAR PUSTAKA | 34 |
| LAMPIRAN DATA | 39 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Kandungan limbah air rendaman mocaf | 6 |
| 2.2 Komposisi kimia kulit singkong | 6 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Struktur kimia etanol | 7 |
| 2.2 Pembentukan etanol melalui jalur EMP | 11 |
| 2.3 Gambar mikroskopik <i>Aspergillus oryzae</i> | 13 |
| 3.1 Diagram alir tahap penelitian utama | 18 |
| 4.1 Populasi <i>A. oryzae</i> dan <i>S.cerevisiae</i> pada media fermentasi bioetanol berbahan dasar limbah cair mocaf yang ditambahkan kulit singkong | 24 |
| 4.2 Perubahan kadar pati media fermentasi bioetanol berbahan dasar limbah cair mocaf yang ditambahkan kulit singkong | 26 |
| 4.3 Perubahan kadar gula reduksi media fermentasi bioetanol berbahan dasar limbah cair mocaf yang ditambahkan kulit singkong | 27 |
| 4.4 Kadar Etanol media fermentasi bioetanol berbahan dasar limbah cair mocaf yang ditambahkan kulit singkong | 29 |
| 4.5 Grafik nilai pH media fermentasi bioetanol berbahan dasar limbah cair mocaf yang ditambahkan kulit singkong | 32 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| 1. Populasi <i>A. oryzae</i> dan <i>S. cerevisiae</i> | 39 |
| A. Perlakuan Sakarifikasi 24 Jam | 39 |
| B. Perlakuan Sakarifikasi 48 Jam | 41 |
| 2. Pati | 43 |
| A. Nilai Absorbansi Glukosa dan Kurva Standar | 43 |
| B. Data Kadar Pati Selama Fermentasi | 44 |
| 3. Kadar Gula Reduksi | 46 |
| 4. Kadar Etanol | 48 |
| A. Nilai Absorbansi Etanol dan Kurva Standar | 48 |
| B. Data Kadar Etanol Selama Fermentasi | 49 |
| C. Perhitungan <i>Yield</i> Etanol | 50 |
| 5. pH | 51 |