



**LAPORAN AKHIR
HIBAH KOMPETITIF PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**

PENGEMBANGAN PRODUKSI BIOETANOL DARI *REJECT PULP* PABRIK PULP & PAPER DENGAN PROSES SAKARIFIKASI & KO-FERMENTASI SERENTAK

TIM PENELITI

**Chairul, ST, MT
Said Zul Amraini, ST, MT
Sri Rezeki Muria, ST, MSc**

**DIBIAYAI OLEH :
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI, KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
SESUAI DENGAN SURAT PERJANJIAN PELAKSANAAN HIBAH PENELITIAN**

NOMOR :

TANGGAL

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS RIAU
FAKULTAS TEKNIK
DESEMBER 2011**

Halaman Pengesahan

1. Judul Penelitian : Pengembangan Produksi Bioetanol Dari *Reject Pulp* Pabrik Pulp & Paper Dengan Proses Sakarifikasi & Ko-Fermentasi Serentak
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Chairul, ST., MT.
 - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
 - c. NIP : 19711114 199803 1 001
 - d. Jabatan Struktural : Ketua Jurusan Teknik Kimia
 - e. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
 - g. Pusat Penelitian :
 - h. Alamat : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru
28293 Riau
 - i. Telepon/Fax : 0761 566937 / 0761 566937
 - j. Alamat Rumah : Perumahan Griya Binawidya UNRI Blok A No. A.6 Jln.
Garuda Sakti Km 3 Simpang Baru Pekanbaru 28293
 - k. Telepon/Fax/E-mail : 081365405747/0761-566937/ chairulunri@yahoo.com
3. Jangka Waktu Penelitian : 2 tahun
4. Skim Penelitian : Hibah Penelitian Kompetitif Strategis Nasional
4. Pembiayaan
 - a. Jumlah yang disetujui Dikti tahun ke-1 : Rp 80.000.000
 - b. Jumlah yang disetujui Dikti tahun ke-2 : Rp 80.000.000

Pekanbaru, 22 Desember 2011

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Riau

Ketua Peneliti,

Dr. Syaiful Bahri, MSi
NIP. 19600103 198603 1 003

Chairul, ST., MT.
NIP. 19711114 199803 1 001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

Prof. Dr. H. Usman M. Tang, MS
NIP. 19640501 198903 1 011

RINGKASAN

Reject pulp merupakan limbah padat dari industri *Pulp and Paper*. *Reject pulp* adalah sisa potongan kayu yang tidak sempurna dimasak pada tangki digester pabrik *pulp* karena adanya mata kayu (*knot*) dan ukurannya tidak memenuhi standar *pulp*. Komposisi *reject pulp* terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, dan ekstraktif. Selulosa dan hemiselulosa *reject pulp* dapat dikonversi menjadi bioetanol. Teknik konversi *reject pulp* menjadi bioetanol dilakukan dengan metode Sakarifikasi dan ko-fermentasi serentak (SKFS). SKFS merupakan modifikasi dari sakarifikasi dan fermentasi serentak (SFS) dimana SKFS dihubungkan pada fermentasi gula pentosa (xilosa) dan gula heksosa (glukosa) menjadi bioetanol menggunakan dua atau lebih agen fermentasi sementara proses sakarifikasinya merupakan reaksi hidrolisis enzimatik.

Pada penelitian ini *reject pulp* yang digunakan berasal dari PT.RAPP berlokasi di Pengkalan Kerinci Kabupaten Palalawan Propinsi Riau. *Reject pulp* dicuci dengan air kemudian dikeringkan dan dihaluskan menjadi ukuran 40-60 *mesh* selanjutnya ditentukan komposisinya. Kemudian *reject pulp* dikonversi menjadi bioetanol melalui proses Sakarifikasi dan ko-fermentasi serentak (SKFS). Tahap hidrolisis menggunakan kombinasi enzim selulase, enzim xilanase, dan enzim selubiose. Tahap fermentasi menggunakan kombinasi khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Pichia stipitis*. *Saccharomyces cerevisiae* dan *Pichia stipitis* segar dari stok pembiakan masing-masing diinokulasi dalam medium inokulasi (glukosa, 10 g^l⁻¹; yeast extract, 1 g^l⁻¹; KH₂PO₄, 0,1 g^l⁻¹; MgSO₄.7H₂O, 0,1 g^l⁻¹; dan (NH₄)₂SO₄, 0,1 g^l⁻¹). Sebelum diinokulasi, medium disterilisasi uap dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit, kemudian didinginkan. Setelah dingin khamir dimasukkan ke dalam medium lalu *dishaker* selama 24 jam. Kemudian konsentrasi sel khamir dalam satuan *optical density* (OD) dianalisis menggunakan Spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. *Reject pulp* sebanyak 0,5 gram kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml, lalu ditambahkan nutrien medium, Na-sitrat buffer (0,1 M) (pH = 4; 4,5; 5; 5,5 dan 6) dan aquades hingga total volume media fermentasi 27,5 mL. Kemudian disterilisasi uap dengan menggunakan *autoclave* selama 15 menit. Setelah dingin kemudian ditambahkan enzim masing-masing 0,05 gram selulase, 0,05 gram xilanase dan inokulum khamir masing-masing 7,5 ml inokulum *Saccharomyces cerevisiae* dan 7,5 ml inokulum *Pichia stipitis*. Campuran media SKFS *dishaker* sesuai variabel waktu (6, 12, 24, 48, 72 dan 96 jam). Hasil proses SKSF kemudian dipisahkan dengan menggunakan *sentifuge tube* sehingga diperoleh cairan bersih. Cairan bersih yang diperoleh kemudian dianalisa dengan menggunakan Gas Kromatografi (Shimadzu GC-14B, Kolom Poli (Shimadzu GC-14B, Kolom Poli Etilen Glikol Adipat (PEG-20).

Komposisi *reject pulp* hasil analisa adalah selulosa 84,91%, hemiselulosa 10,60 %, lignin 3,2% dan ekstraktif 1,287%. Konsentrasi inokulum *S.cerevisiae* dengan OD 0,21 dan inokulum *P.stipitis* dengan OD 0,24. Produksi etanol melalui proses SKFS tertinggi adalah pada jam ke-48. Pada pH 4,5 yaitu sebesar 12,410 g/L, kemudian pH 5 sebesar 12,360 g/L, pH 4 sebesar 10,600 g/L, pH 6 sebesar 8,940 g/L dan terendah pH 5,5 sebesar 8,830 g/L. Hal ini terjadi pada semua variasi pada penelitian ini, sehingga dapat dikatakan bahwa waktu fermentasi optimum adalah 48 jam. Konversi *reject pulp* yang diperoleh pada pH 4 antara 13,860 %-58,300%, kemudian pH 4,5 antara 15,015%-68,255%, pH 5 antara 15,345 %-67,980%, pH 5,5 antara 13,649%-50,435% dan pH 6 antara 16,610%-49,335%. Dilihat secara keseluruhan, konversi tertinggi terjadi pada jam ke-48 yaitu pada pH 4,5

sebesar 68,255 %, pH 5 sebesar 67,980 %, pH 4 sebesar 58,300 %, pH 6 sebesar 49,115 % dan pH 5,5 sebesar 48,565 %.

PRAKATA

Alhamdulillah serta Puji syukur kepada Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian dengan judul **Pengembangan Produksi Bioetanol Dari Reject Pulp Pabrik Pulp & Paper Dengan Proses Sakarifikasi & Ko-Fermentasi Serentak** dapat selesai dengan baik meskipun masih ada target yang belum tercapai.

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DP2M DIKTI) yang telah membiayai penelitian melalui skim penelitian Hibah Kompetitif Strategis Nasional. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung semoga Allah SWT membalasnya dengan kebaikan.

Kami berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Desember 2011

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	<i>halaman</i>
Halaman Muka.....	i
Halaman Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Prakata	v
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biomassa <i>Reject Pulp</i>	5
2.2 Lignoselulosa	6
2.2.1 Selulosa	7
2.2.2 Hemiselulosa	8
2.2.3 Lignin.....	8
2.3 Enzim pendegradasi lignoselulosa.....	9
2.4 Etanol	11
2.5 Bioreaktor.....	15
2.6 Hidrolisis Enzimatik	16
2.7 Fermentasi Menggunakan <i>Yeast</i>	17
2.8 Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Serentak (SKFS)	19
2.9 Gas Chromatography (GC)	20
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	22
3.1 Tujuan Penelitian.....	22
3.2 Manfaat Penelitian.....	22
BAB IV METODE PENELITIAN	26
4.2 Kegiatan Tahun I (2010).....	26
4.1.1 Waktu dan Tempat.....	26
4.1.2 Bahan dan Alat	26
4.1.3 Variabel Penelitian.....	28
4.1.4 Prosedur Penelitian	29

4.3	Kegiatan Tahun II (2011).....	34
4.2.1	Bahan dan Alat	34
4.2.2	Variabel Penelitian	34
4.2.3	Prosedur Penelitian	36
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
5.1	Analisa Komposisi <i>Reject Pulp</i>	40
5.2	Analisa <i>Yeast</i> Inokulum	41
5.3	Hasil Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak	41
5.3.1.	Hasil Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (2 Enzim Selulase dan Xylanase) Skala Laboratorium	42
5.3.2.	Hasil Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak (3 Enzim Selulase, Xylanase dan Selubiose) Skala Laboratorium ..	47
5.3.3.	Hasil Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Skala 5 Liter	50
5.4	Perbandingan Hasil SFS dan SKFS	53
5.5	Hasil Analisa Komposisi <i>Reject Pulp</i>	55
5.6	Hasil Analisa Proses Inokulasi <i>Yeast</i>	55
5.7	Hasil Analisa Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak	56
5.8	Konversi <i>Reject Pulp</i> menjadi Bioetanol	62
5.9	Perbandingan Konsentrasi Bioetanol dalam Penelitian ini dengan Penelitian sebelumnya	64
5.10	Hasil Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak Skala 10 Liter	66
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran.....	69
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	<i>halaman</i>
Tabel 2.1 Contoh Biomassa dan Komposisi Kimianya	5
Tabel 2.2 Komposisi Kimia <i>Reject Pulp</i>	6
Tabel 2.3 Sifat-sifat fisik etanol	12
Tabel 2.4 Kemampuan <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Pichia stipitis</i> dalam Memfermentasi Gula	18
Tabel 5.1 Komposisi <i>Reject Pulp</i>	39
Tabel 5.2 Nilai OD <i>Yeast</i> Inokulum	40
Tabel 5.3 Hasil Proses SKFS (2 Enzim Selulase dan Xylanase) Skala Laboratorium	41
Tabel 5.4 Tabulasi Hasil Perhitungan Konversi <i>Reject Pulp</i> Menjadi Bioetanol Melalui Proses SKSF (2 enzim selulase dan xylanase) skala Laboratorium	44
Tabel 5.5 Hasil Tertinggi Pada Proses SFS dan SKFS	45
Tabel 5.6 Hasil Proses SKFS (3 Enzim Selulase, Xylanase dan selubiose) Skala Laboratorium	46
Tabel 5.7 Tabulasi Hasil Perhitungan Konversi <i>Reject Pulp</i> Menjadi Bioetanol Melalui Proses SKSF (3 enzim selulase, xylanase dan selubiose) skala Laboratorium	48
Tabel 5.8 Perbandingan Konsentrasi Hasil Proses SKFS	49
Tabel 5.9 Konsentrasi Etanol Hasil Proses SKFS Skala 5 Liter	50
Tabel 5.10 Hasil Konversi <i>Reject Pulp</i> Menjadi Bioetanol dengan Proses SKFS	51
Tabel 5.11 Perbandingan Konsentrasi Etanol dengan Proses SFS dan SKFS	52
Tabel 5.12 Komposisi <i>Reject Pulp</i>	54
Tabel 5.13 Konsentrasi Bioetanol Hasil Proses SSF dengan Massa <i>Reject Pulp</i> dan enzim Selulase	56
Tabel 5.14 Konsentrasi Bioetanol Hasil Proses SSF dengan Massa <i>Reject</i> <i>Pulp</i> dan enzim Selulase dan xylanase	56

Tabel. 5.15	Konsentrasi Bioetanol Hasil Proses SSF dengan Massa <i>Reject Pulp</i> dan enzim Selulase, xylanase dan selubiose.....	56
Tabel 5.16	Hasil Konversi <i>Reject Pulp</i> Menjadi Bioetanol dengan Proses SSF dengan enzim selulase	61
Tabel 5.17	Hasil Konversi <i>Reject Pulp</i> Menjadi Bioetanol dengan Proses SSF dengan enzim selulase dan xylanase	62
Tabel 5.18	Hasil Konversi <i>Reject Pulp</i> Menjadi Bioetanol dengan Proses SSF dengan enzim selulase dan xylanase	62
Tabel 5.19	Perbandingan Konsentrasi Bioetanol pada Proses Fermentasi, SSF dan SSKF	64
Tabel 5.20	Konsentrasi Etanol Hasil Proses SKFS Skala 10 Liter	66

DAFTAR GAMBAR/ILUSTRASI

	<i>halaman</i>
Gambar 2.1 Struktur Selulosa [Bierman, 1996]	7
Gambar 2.2 Monomer Gula Hemiselulosa [Bierman 1996]	8
Gambar 2.3 Struktur Lignin [Bierman. 1996]	9
Gambar 2.4 Metabolisme <i>S.cerevisiae</i> pada Proses Fermentasi glukosa dan xylosa menjadi etanol dan asam asetat	14
Gambar 2.4 Proses Sakarifikasi dan Ko-Fermentasi Seretak (SKSF)	19
Gambar 4.1 Skema Peralatan Penelitian	26
Gambar 4.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian	30
Gambar 4.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian	35
Gambar 4.4 Pemiakan <i>Yeast</i>	36
Gambar 4.5 Pembuatan Inokulum <i>Yeast</i>	37
Gambar 4.6 Skematik Peralatan Penelitian	38
Gambar 5.1 Hasil Etanol Melalui Proses SKSF dengan Variasi pH 2 Enzim (Selulase dan Xylanase) Skala Laboratorium	42
Gambar 5.2 Pembentukan Etanol dan Asam Asetat dalam Fermentasi	43
Gambar 5.3 Hasil Etanol pada Proses SKFS dengan Variasi pH	47
Gambar 5.4 Hasil Etanol pada Proses SKFS skala 5 L dengan Variasi Enzim	50
Gambar 5.5 Hasil Bioetanol pada Proses SSF dengan Variasi Massa <i>Reject</i> <i>Pulp</i> dan enzim Selulase	57
Gambar 5.6 Hasil Bioetanol pada Proses SSF dengan Variasi Massa <i>Reject</i> <i>Pulp</i> dan enzim Selulase dan xylanase	57
Gambar 5.7 Hasil Bioetanol pada Proses SSF dengan Variasi Massa <i>Reject</i> <i>Pulp</i> dan enzim Selulase, xylanase dan selubiose	58
Gambar 5.8 Hasil bioetanol pada Proses SKFS dengan Variasi Enzim menggunakan biofermentor 10 L	67