

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	v
PRAKATA	vi
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR LAMBANG	xxi
BAB I. PENGANTAR	1
I.1. Permasalahan, Keaslian dan Kedalaman, Manfaat	1
I.2. Tujuan	7
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
II.1. Tinjauan Pustaka	9
II.1.1. Kelapa Sawit	9
II.1.1. Lignoselulosa	11
II.1.2. Hidrolisis Lignoselulosa	17
II.1.3. Enzim Selulase	22
II.1.4. Solid State Fermentation (SSF)	25
II.2. Landasan Teori	27
II.2.1. <i>Pretreatment</i>	27



II.2.2. Analisis Kinetika	35
II.2.3. Kinetika Reaksi Semi Kontinyu	41
II.2.4. Mencari Parameter yang Berpengaruh	45
II.3. Hipotesis	46
BAB III. METODOLOGI	47
III.1. Bahan dan Alat	47
III. 2. Perlakuan Awal Substrat	48
III. 3. Kultur <i>A. niger</i>	49
III. 4. Hidrolisis Batch	49
III. 5. Hidrolisis pada Bioreaktor Semi-kontinyu	50
III. 5. 1. Pengaruh Aerasi	51
III. 5. 2. Pengaruh Ukuran Butir	51
III. 6. Analisis	52
III.6.1. Analisis Massa Substrat	52
III.6.2. Analisis Biomassa <i>A. niger</i>	52
III.6.3. Analisis Gula Pereduksi	53
III.6.4. Analisis X-ray Diffraction (X-RD)	54
BAB IV. HASIL DAN DISKUSI	55
IV.1. Analisis Bahan Baku	56
IV. 2. Analisis Jamur	56
IV. 3. <i>Pretreatment</i>	57
IV. 4. Konsentrasi Gula Pereduksi	60
IV. 5. Pengaruh Aerasi	63



IV. 6. Pengaruh Kadar Air	66
IV. 7. Analisis Kinetika	68
IV. 8. Pengukuran pH	70
IV. 9. Pengaruh Penghalusan TKKS pada Konsentrasi Selulosa dan Konsentrasi Gula yang Dihasilkan	72
IV. 10. Analisis X-RD	74
IV. 11. Bioreaktor	76
IV. 12. Mencari Persamaan Empiris untuk Memprediksi Kadar Gula Maksimum	82
IV. 13. Rancangan Hidrolisis dengan Proses Pemisahan Simultan	96
BAB V. KESIMPULAN	101
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Beberapa penelitian terdahulu	5
Tabel 2. Produsen minyak kelapa sawit terbesar dunia	10
Tabel 3. Persentase komposisi massa berbagai macam biomassa (Howard et al., 2003, Zainudin et al., 2012, Couto and Sanroman, 2005)	16
Tabel 4. Berbagai metode <i>pretreatment</i> untuk lignoselulosa sebelum dihidrolisis (Kumar et al., 2009)	30
Tabel 5. Bahan-bahan penelitian	47
Tabel 6. Kebutuhan alat untuk penelitian	48
Tabel 7. Komposisi TKKS tanpa diolah	56
Tabel 8. Perubahan komposisi TKKS setelah <i>pretreatment</i>	57
Tabel 9. Pertumbuhan jamur pada TKKS setelah <i>pretreatment</i>	60
Tabel 10. Nilai μ_{max} dan K untuk hidrolisis dan konsumsi gula	70
Tabel 11. Persentase selulosa pada TKKS halus yang sudah di- <i>pretreatment</i>	73
Tabel 12. Hasil perhitungan μ_{max} dan K	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tandan kosong kelapa sawit sedang dijemur.	9
Gambar 2. Alur pemanfaatan komponen biomassa tanaman (Howard et al., 2003)	11
Gambar 3. Struktur selulosa (Andersen, 2007)	12
Gambar 4 Ilustrasi struktur mikrofibril selulosa (Kumar and Murthy, 2013).	13
Gambar 5. Xylan, komponen hemiselulosa terbesar yang ditemukan di hardwood (Khan, 2010)	14
Gambar 6. Mekanisme degradasi selulosa menjadi glukosa	23
Gambar 7. Efek dari <i>pretreatment</i> biomassa <i>pretreatment</i> biomassa	28
Gambar 8. Skema bioreaktor packed bed.	41
Gambar 9. Elemen volume setebal Δz .	42
Gambar 10. Skema bioreaktor	50
Gambar 11. Rangkaian alat untuk mengetahui pengaruh aerasi.	51
Gambar 12. Sistem reduksi-oksidasi pada analisis dengan metode DNS.	54
Gambar 13. Uji morfologis <i>Aspergillus niger</i> .	56
Gambar 14. Penampakan TKKS setelah di- <i>pretreatment</i> dalam berbagai kondisi	58
Gambar 15. Perbandingan serabut (a) sebelum dan (b) sesudah <i>pretreatment</i> pada suhu 90 oC NaOH 10%.	59
Gambar 16. Konsentrasi gula dari <i>pretreatment</i> pada suhu rendah dan berbagai konsentrasi NaOH	61
Gambar 17. Produksi gula dari hidrolisis TKKS dengan suhu tinggi dan berbagai konsentrasi NaOH.	62



Gambar 18. Pengaruh aerasi pada produksi gula	63
Gambar 19. Pengaruh aerasi pada produksi gula (a) dan pertumbuhan jamur (b).	65
Gambar 20. Pengaruh kadar air pada produksi gula.	66
Gambar 21. Plot hasil perhitungan vs data untuk hidrolisis TKKS dengan <i>pretreatment</i> 170 oC dan 0,5% NaOH.	69
Gambar 22. Plot hasil perhitungan vs data untuk hidrolisis TKKS dengan <i>pretreatment</i> 170 oC dan 1% NaOH.	69
Gambar 23. Perubahan pH terhadap waktu.	71
Gambar 24. Konsentrasi gula dari hidrolisis TKKS berukuran halus.	73
Gambar 25. Analisis X-RD untuk 3 sampel TKKS dengan kondisi <i>pretreatment</i> a: tanpa <i>pretreatment</i> , b: suhu 170 oC dan NaOH 1%, c: dihaluskan sampai 80 mesh dan direndam air panas.	74
Gambar 26. Konsentrasi gula dari hidrolisis menggunakan bioreaktor.	77
Gambar 27. Konsentrasi protein dari hidrolisis menggunakan bioreaktor.	77
Gambar 28. Profil substrat pada tiap tray.	78
Gambar 29. Profil konsentrasi gula pada tiap tray.	79
Gambar 30. Profil pertumbuhan jamur pada tiap tray	80
Gambar 31. Profil konsentrasi oksigen pada tiap tray.	81
Gambar 32. Perhitungan konsentrasi gula pada variasi μ_{maxC}/μ_{maxH}	84
Gambar 33. Perhitungan produksi gula pada berbagai variasi KC	85
Gambar 34. Perhitungan produksi gula pada variasi KC = 1-6.	86
Gambar 35. Perhitungan produksi gula pada variasi KC = 7-10.	86
Gambar 36. Perhitungan produksi gula pada berbagai variasi KH/CS0	87



Gambar 37. $\log KH/CS_0$ versus $\log C_p/(CS_0.YP/S)$	89
Gambar 38. $\log KC/(CS_0.YP/S)$ versus $\log (C_{pmax}/CS_0.YP/S)$ pada kisaran $KC/(CS_0.YP/S) = 0,73 - 4,4$	90
Gambar 39. $\log KC/(CS_0.YP/S)$ versus $\log (C_{pmax}/CS_0.YP/S)$ pada kisaran $KC/(CS_0.YP/S) = 5,1 - 7,3$	91
Gambar 40. $\log \mu_{maxC}/\mu_{maxH}$ versus $\log Y$.	92
Gambar 41. $\log \mu_{maxC}/\mu_{maxH}$ versus $\log Y$ pada zona 1.	93
Gambar 42. $\log \mu_{maxC}/\mu_{maxH}$ versus $\log Y$ pada zona 2.	94
Gambar 43. Rancangan proses hidrolisis dengan bioreaktor dan filter.	97

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Kandungan Selulosa dan Lignin dengan metode Chesson (Datta, 1981)	L-1
Lampiran 2. Prosedur pengukuran gula pereduksi dengan metode DNS	L-3
Lampiran 3. Analisis Protein Metode Lowry	L-4
Lampiran 4. Kurva standar gula	L-5
Lampiran 5. Kurva standar protein	L-6
Lampiran 6. Menghitung besar μ_{\max} dan Km	L-7
Lampiran 7. Bioreaktor semi kontinyu, variasi waktu dan posisi	L-13
Lampiran 8. Perhitungan Mencari Parameter Berpengaruh	L-21
Lampiran 9. Analisis GC untuk sampel asam sitrat	L-29
Lampiran 10. Analisis X-RD untuk sampel TKKS	L-35