

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Persetujuan	iii
Halaman Pernyataan	iv
Daftar Publikasi	v
Prakata	vi
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Lampiran	xvi
Intisari	xviii
Abstract	xix
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang dan Permasalahan	1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.2.1. Tujuan Umum	4
1.2.2. Tujuan Khusus	4
1.2.3. Manfaat Penelitian	4
1.3. Kebaruan Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Ubi Kayu dan Potensinya Sebagai Bahan Pembuatan Sirup Glukosa	6
1.1.1. Tanaman ubi kayu	6
1.1.2. <i>Slurry</i> ubi kayu sebagai bahan dasar pembuatan sirup glukosa	9
2.2. Senyawa sianogenik dalam ubi kayu	12
1.2.1. Linamarin	13
1.2.2. Hidrolisis linamarin	15
1.2.3. Residu sianida dalam makanan olahan dari ubi kayu	17
2.3. Linamarase	19
2.3.1. Sumber-sumber linamarase	19
2.3.2. Kondisi optimum aktivitas linamarase	21
2.3.3. Lokasi linamarin dan linamarase di dalam sel	24
2.4. Penurunan kandungan sianida dalam ubi kayu	25
2.4.1. Penurunan kandungan sianida selama proses pengolahan ubi kayu	26
2.4.2. Penurunan kandungan sianida secara enzimatis	28
2.4.2.1. Penambahan linamarase eksogen	29

2.4.2.2.	Penambahan enzim pendegradasi dinding sel	30
2.5.	Enzim pendegradasi dinding sel	32
2.5.1.	Dinding sel tanaman	32
2.5.2.	Peran selulase dalam mendegradasi dinding sel tanaman	35
2.5.3.	Pengaruh degradasi dinding sel terhadap penurunan sianida dan ekstraksi pati dalam ubi kayu	38
2.6.	Dasar teori	41
2.7.	Hipotesis Penelitian	43
III. METODE PENELITIAN		
3.1.	Bahan dan Alat	46
3.2.	Tempat Penelitian	47
3.3.	Pelaksanaan Penelitian	47
3.3.1.	Tahap I: Ekstraksi dan optimasi aktivitas linamarase dari daun muda ubi kayu	50
3.3.1.1.	Preparasi substrat	51
3.3.1.2.	Preparasi enzim	51
3.3.1.3.	Optimasi aktivitas linamarase dari daun muda ubi kayu pada berbagai pH dan suhu	52
3.3.1.4.	Stabilitas linamarase dari daun muda ubi kayu pada berbagai suhu	53
3.3.2.	Tahap II: Hidrolisis linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu	53
3.3.2.1.	Pengujian karakteristik kimia <i>slurry</i> ubi kayu	54
3.3.2.2.	Proses hidrolisis linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu	55
3.3.3.	Tahap III: Hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase	56
3.3.3.1.	Degradasi dinding sel ubi kayu	57
3.3.3.2.	Proses hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase	58
3.3.4.	Tahap IV: Hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan kombinasi penambahan linamarase dan selulase	58
3.3.4.1.	Pengaruh kombinasi penambahan linamarase dan selulase dalam <i>slurry</i> ubi kayu terhadap hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati	60

3.3.4.2.	Penguapan HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu setelah penambahan linamarase dan selulase	60
3.4.	Cara Analisis	
3.4.1.	Analisis kadar linamarin	61
3.4.2.	Analisis kadar HCN	62
3.4.3.	Pengujian aktivitas linamarase	63
3.4.4.	Analisis kadar gula reduksi	64
3.4.5.	Analisis kadar pati	65
3.4.6.	Pengujian aktivitas selulase	65
3.4.7.	Pengamatan mikroskopik	66
3.4.8.	Pengujian jenis-jenis monosakarida dalam <i>slurry</i> ubi kayu	67
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1.	Ekstraksi dan optimasi aktivitas linamarase dari daun muda ubi kayu	68
4.1.1.	Ekstraksi linamarase dari daun muda ubi kayu	68
4.1.2.	Optimasi aktivitas linamarase dari daun muda ubi kayu pada berbagai pH dan suhu	69
4.1.3.	Stabilitas linamarase dari daun muda ubi kayu pada berbagai suhu	72
4.2.	Hidrolisis linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu	74
4.2.1.	Sifat kimia dan mikroskopik <i>slurry</i> ubi kayu	74
4.2.2.	Pengaruh penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu terhadap hidrolisis linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu	79
4.3.	Hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase	84
4.3.1.	Pengaruh penambahan selulase dalam <i>slurry</i> ubi kayu terhadap degradasi dinding sel ubi kayu	85
4.3.2.	Pengaruh penambahan selulase terhadap hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu	94
4.4.	Hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan kombinasi penambahan linamarase dan selulase	98
4.4.1.	Pengaruh kombinasi penambahan linamarase dan selulase terhadap hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu	98
4.4.2.	Total HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu setelah perlakuan enzimatik dan penguapan HCN	102
4.5.	Diskusi umum	103

V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	109
5.2. Saran	110
RINGKASAN	111
SUMMARY	121
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN	136

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Suhu dan pH optimum linamarase yang diekstrak dari beberapa sumber	22
Tabel 2.2. Penurunan sianida dalam ubi kayu selama proses pengolahan	27
Tabel 2.3. Matriks keterkaitan permasalahan, tujuan, dasar teori, hipotesis, dan pendekatan	44
Tabel 4.1. Komponen kimia dalam <i>slurry</i> dan cairan <i>slurry</i> ubi kayu	75
Tabel 4.2. Konsentrasi beberapa monosakarida dalam <i>slurry</i> ubi kayu tanpa dan dengan penambahan selulase	88

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Skema potongan melintang ubi kayu	8
Gambar 2.2. Struktur linamarin dan lotaustralin	14
Gambar 2.3. Skema degradasi linamarin	16
Gambar 2.4. Model sintesis linamarin dan produksi sianida pada daun ubi kayu	25
Gambar 2.5. Model sederhana susunan dinding sel primer pada tanaman	33
Gambar 2.6. Ilustrasi hipotesis degradasi selulosa	34
Gambar 2.7. Skema degradasi selulosa oleh selulase kompleks	36
Gambar 2.8. Foto SEM granula pati dalam ampas ubi kayu pada limbah pembuatan pati	39
Gambar 2.9. Mekanisme aktivitas enzim selulolitik dan hemiselulolitik dalam meningkatkan ekstraksi pati	40
Gambar 3.1. Garis besar penelitian penurunan kadar sianida pada <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dan selulase	49
Gambar 3.2. Bagan alir ekstraksi dan optimasi aktivitas linamarase dari daun muda ubi kayu	50
Gambar 3.3. Bagan alir hidrolisis linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu	54
Gambar 3.4. Bagan alir hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase	57
Gambar 3.5. Bagan alir hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu dan selulase	59
Gambar 4.1. Aktivitas <i>crude</i> linamarase pada berbagai pH	69
Gambar 4.2. Aktivitas <i>crude</i> linamarase pada berbagai suhu	71
Gambar 4.3. Stabilitas <i>crude</i> linamarase pada berbagai suhu	73
Gambar 4.4. Foto mikroskopik granula pati ubi kayu dalam <i>slurry</i> ubi kayu	77
Gambar 4.5. Kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu pada beberapa konsentrasi	80
Gambar 4.6. Kadar gula reduksi dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase pada beberapa konsentrasi	86
Gambar 4.7. Kromatogram jenis-jenis monosakarida dalam <i>slurry</i> ubi kayu tanpa dan dengan penambahan selulase	88
Gambar 4.8. Foto mikroskopik <i>slurry</i> ubi kayu tanpa dan dengan penambahan selulase	91

Gambar 4.9.	Foto SEM sel ubi kayu dalam <i>slurry</i> ubi kayu tanpa dan dengan penambahan selulase	93
Gambar 4.10.	Kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase pada beberapa konsentrasi	94
Gambar 4.11.	Kadar pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase pada beberapa konsentrasi	96
Gambar 4.13.	Kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan variasi cara penambahan linamarase dan selulase	99
Gambar 4.14.	Kadar pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan variasi cara penambahan linamarase dan selulase	101
Gambar 4.15.	Total HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu setelah peng-uapan HCN pada suhu 30°C dan 50°C	102
Gambar 4.16.	Kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan dengan penambahan linamarase dan selulase	104
Gambar 4.17.	Ilustrasi skematik peningkatan hidrolisis linama-rin dan ekstraksi pati dengan penambahan linamarase dan selulase dalam <i>slurry</i> ubi kayu	107

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data tahap I: Ekstraksi dan optimasi aktivitas linamarase dari daun muda ubi kayu	
1.1. Kurva standar KCN	135
1.2. Ekstraksi linamarin dari daun muda ubi kayu	136
1.3. Analisis kadar linamarin menggunakan <i>picrate paper kit</i>	137
1.4. Ekstraksi linamarase dari daun muda ubi kayu	138
1.5. Aktivitas linamarase endogen dalam ubi kayu varietas Pandemir	140
1.6. Aktivitas <i>crude</i> linamarase pada berbagai pH	140
1.7. Aktivitas <i>crude</i> linamarase pada berbagai suhu	140
1.8. Stabilitas <i>crude</i> linamarase pada berbagai suhu	141
Lampiran 2. Data tahap II: Hidrolisis linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu	
2.1. Kadar HCN umbi ubi kayu varietas Ketan, Meni, dan Pandemir	143
1.2. pH <i>slurry</i> ubi kayu	143
1.3. Data pengukuran kadar air <i>slurry</i> ubi kayu	143
1.4. Kurva standar glukosa	144
1.5. Data kadar pati dalam <i>slurry</i> dan cairan <i>slurry</i> ubi kayu	144
1.6. Data kadar gula reduksi dalam <i>slurry</i> dan cairan <i>slurry</i> ubi kayu	145
1.7. Data kadar linamarin dalam <i>slurry</i> ubi kayu	146
1.8. Data kadar HCN dalam cairan <i>slurry</i> ubi kayu	147
1.9. Perhitungan konsentrasi linamarase eksogen yang ditambahkan dalam <i>slurry</i> ubi kayu	148
1.10. Data kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan linamarase pada beberapa konsentrasi	148
Lampiran 3. Data tahap III: Hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase	
1.1. Pengujian aktivitas selulase pada Celluclast [®]	151
1.2. Perhitungan konsentrasi selulase yang ditambahkan dalam <i>slurry</i> ubi kayu	152
1.3. Data kadar gula reduksi dalam <i>slurry</i> ubi kayu yang ditambah selulase pada beberapa konsentrasi	153
1.4. Kromatogram pengujian jenis-jenis monosakarida dalam <i>slurry</i> ubi kayu yang ditambah selulase	154
1.5. Foto mikroskopik pengamatan struktur sel ubi kayu dalam <i>slurry</i> ubi kayu yang ditambah selulase	158
1.6. Data kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase pada beberapa konsentrasi	159
1.7. Data kadar pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan penambahan selulase pada beberapa konsentrasi	161

Lampiran 4. Data tahap IV: Hidrolisis linamarin dan ekstraksi pati dalam *slurry* ubi kayu dengan penambahan linamarase dari daun muda ubi kayu dan selulase

- | | |
|---|-----|
| 4.1. Data kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan variasi cara penambahan linamarase dan selulase | 163 |
| 4.2. Data kadar pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu dengan variasi cara penambah-an linamarase dan selulase | 164 |
| 4.3. Data kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu setelah penguapan pada suhu 30°C dan 50°C | 165 |

Lampiran 5. Hasil analisis statistik

- | | |
|---|-----|
| 5.1. Pengaruh penambahan beberapa konsentrasi linamarase terhadap kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu | 167 |
| 5.2. Pengaruh penambahan beberapa konsentrasi selulase terhadap kadar gula reduksi dalam <i>slurry</i> ubi kayu | 172 |
| 5.3. Pengaruh penambahan beberapa konsentrasi selulase terhadap kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu | 176 |
| 5.4. Pengaruh penambahan beberapa konsentrasi selulase terhadap kadar pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu | 180 |
| 5.5. Pengaruh cara penambahan linamarase dan selulase terhadap kadar HCN dalam <i>slurry</i> ubi kayu | 184 |
| 5.6. Pengaruh cara penambahan linamarase dan selulase terhadap kadar pati dalam <i>slurry</i> ubi kayu | 187 |
| 5.7. Pengaruh suhu penguapan (30°C dan 50°C) terhadap kadar HCN dalam cairan <i>slurry</i> ubi kayu setelah perlakuan enzimatik | 190 |
| 5.8. Pengaruh suhu penguapan (30°C dan 50°C) terhadap kadar HCN dalam ampas <i>slurry</i> ubi kayu setelah perlakuan enzimatik | 192 |