

LAMPIRAN A
DATA PENGAMATAN

A.1 Hasil Pengamatan

Tabel 1. Karakteristik Awal Singkong

No	Karakteristik	Pengamatan (%)
1	Kadar Air	63,535
2	Kadar Protein	1,074

Tabel 2. Perubahan temperatur hingga mencapai *set point*

Waktu (menit)	Perubahan Temperatur (°C)
0	30,9
10	31,2
20	31,3
30	31,7
40	32
50	32,5
54	33

Tabel 3. Data Pengamatan Selama Proses Fermentasi

No	Temperatur Set Point (°C)	Waktu Fermentasi (Jam)	pH	Perubahan Temperatur (°C)
1	30	0	7,15	30,2
		2	6,87	32,7
		4	6,71	33,0
		6	4,73	32,8
		8	4,45	32,7
		24	4,42	30,5
		26	4,40	32,6
		28	4,35	32,5
		30	4,31	32,3
		32	4,23	32,2
2	33	48	4,10	30,1
		0	8,60	28,8
		2	6,81	36,1
		4	6,25	35,9
		6	4,75	34,8
		8	4,74	34,6
		24	4,73	35,6
		26	4,73	34,9
		28	4,67	34,1
		30	4,66	33,4
32	4,65	35,1		
48	4,63	33,7		

A.2 Hasil Analisa

Tabel 4. Hasil Analisa Kualitas Produk Tepung Mocaf

Sampel	Kadar Protein (%)	Kadar Air (%)
A1	6,712	12,5
A2	8,562	15
B1	8,871	12
B2	7,266	15

Keterangan :

1 = waktu fermentasi 24 jam; 2 = waktu fermentasi 48 jam.

A= temperatur 30°C; B= temperatur 33°C.

LAMPIRAN B PERHITUNGAN

B.1 Desain Proses

- Sistem operasi dari fermentor : *Batch*.
- Fungsi :
Tempat terjadinya fermentasi singkong yang telah berbentuk *chips*, air dan *nutrient* berupa starter Bakteri Asam Laktat.
- Dimensi alat :
Bejana berbahan HDPE berbentuk silinder dengan tutup atas berbentuk *standard dished*.
- Tangki dilengkapi dengan : *tubular heater* dan *perforated tray*.
Alat fermentor mocaf dibuat dengan spesifikasi ukuran yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Ukuran dan Keterangan Tangki Fermentor

Keterangan	Satuan	Ukuran
Tinggi Tangki	cm	45,33
Diameter Tangki	cm	30,22
Tinggi Tutup	cm	7,33
Volume Tutup	dm ³	2,1183
Volume Tangki	dm ³	32,5
Volume Cairan	dm ³	26

Kondisi operasi :

Kapasitas = 10 kg/ 24 jam = 0,416 kg/jam

Tekanan = 1 atm

Temperatur = 33°C

pH = 3-8

ρ bahan masuk = 1150 kg/m³

Waktu Tinggal = 24 jam x 2 + 24 jam = 72 jam

Reaksi yang terjadi :



- Volume desain fermentor :

$$0,416 \text{ kg/jam} \times \frac{1}{1150 \text{ kg/m}^3} \times 72 \text{ jam} = 0,026 \text{ m}^3 = 26 \text{ dm}^3$$

Ditetapkan larutan hanya mengisi 80% dari volume tangki

$$\text{Volume Tangki} = \frac{26 \text{ dm}^3}{0,8} = 32,5 \text{ dm}^3$$

Berdasarkan hasil optimasi, volume *design* fermentor sebesar 32,5 dm³.

Adapun rasio H/D yang digunakan adalah 1,5. Dengan diketahuinya besar volume tangki maka dapat dihitung pula besarnya nilai D dan H dengan menggunakan perbandingan rasio yang digunakan.

- Dimensi Tangki Fermentor :

$$H/D = 1,5$$

$$V_R = \frac{1}{4} \pi D^2 H \quad (\text{Brownell and Young, hal.41})$$

$$V_R = \frac{1}{4} \pi D^2 \times 1,5D$$

$$V_R = \frac{1,5}{4} \pi D^3$$

$$D = \left(\frac{4 \times V_R}{1,5 \pi} \right)^{1/3} = \left(\frac{4 \times 32,5 \text{ liter}}{1,5 \times 3,14} \right)^{1/3} = 3,022 \text{ dm} = 30,22 \text{ cm}$$

$$H = 1,5D = 1,5 \times 30,22 \text{ cm} = 45,33 \text{ cm}$$

- Tinggi Tutup Dish :

$$R_c = D - 6'' = (30,22 \text{ cm} \times 0,3937) - 6'' = 11,89'' - 6'' = 5,89'' = 14,96 \text{ cm}$$

(Hesse, hal.69)

$$h = R_c - \sqrt{\frac{R_c^2 - D^2}{4}} \quad (\text{Hesse, hal.92})$$

$$h = 14,96 \text{ cm} - \sqrt{\frac{14,96^2 - 30,22^2}{4}}$$

$$h = 14,96 \text{ cm} - 7,63 \text{ cm} = 7,33 \text{ cm}$$

- Volume Tutup Dish :

$$V = 1,05 \times h^2 \times (3 \times R_c - h) \quad (\text{Hesse, hal.92})$$

$$V = 1,05 \times 7,33^2 \times (3 \times 14,96 - 7,33)$$

$$V = 2118,39 \text{ cm}^3 = 2,1183 \text{ dm}^3$$

B.2 Perhitungan Perpindahan Panas

Perhitungan *heat transfer rate* menggunakan asumsi bahwa media yang dipakai adalah air. Karena pada proses fermentasi, umpan sebagian besar mengandung air.

- Kapasitas tangki (V) = 30 dm³
- Volume maksimum reaktor = 32,5 dm³
- Temperatur ruang (T1) = 28°C = 301 K
- Temperatur *set point* (T2) = 33°C = 306 K
- Perbedaan temperatur (ΔT) = 5°C = 278 K
- Dimensi *heating element*
 - Panjang = 40 cm
 - Diameter = 11,5 cm
 - Luas permukaan : $A_1 = \pi r^2$
 $A_1 = 3,14 \times 5,75^2 = 103,81 \text{ cm}^2$
- Dimensi reaktor
 - Tinggi = 45,33 cm
 - Diameter = 30,22 cm
 - Luas permukaan umpan :
 $A_2 = 2\pi r^2 + 2\pi r t$
 $A_2 = 2 \times 3,14 \times 15,11^2 + 2 \times 3,14 \times 15,11 \times 45,33$
 $A_2 = 5735,19 \text{ cm}^2$
- Selisih Luas Permukaan (L)
 $L = A_2 - A_1 = 5735,19 \text{ cm}^2 - 103,81 \text{ cm}^2 = 5631,38 \text{ cm}^2$
- Massa air pada saat suhu rata-rata 30,5°C :
$$\rho = \frac{m}{v}$$
$$997 \text{ kg/m}^3 = \frac{m}{0,026 \text{ m}^3}$$
$$m = 25,922 \text{ kg}$$
- Menghitung nilai Q (kalor)
Diketahui : Cp air pada saat T= 30,5°C adalah 4,1868 kJ/kg.K (Kern, hal.804)
 $q = m \times C_p \times \Delta T$ (Mc.Cabe, 1993)
 $q = 25,922 \text{ kg} \times 4,1868 \text{ kJ/kg.K} \times 278 \text{ K} = 30171,4 \text{ kJ}$

- Menghitung Laju Perpindahan Panas

$$Q = \frac{q}{L} = \frac{30171,4 \text{ kJ}}{5631,38 \text{ cm}^2} = 5,3577 \text{ kJ/cm}^2$$

- Menghitung *heat transfer coefficient*

$$h = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{5,3577 \text{ kJ/cm}^2}{278 \text{ K}} = 0,0192 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{K}$$

- Menghitung Jumlah Daya yang dibutuhkan

$$P = h \times A_2 \times \Delta T$$

$$P = 0,0192 \text{ kJ/cm}^2 \cdot \text{K} \times 5735,19 \text{ cm}^2 \times 278 \text{ K}$$

$$P = 30612,15 \text{ kJ} = 354,3 \text{ W}$$

B.3 Perhitungan Kadar Air

Rumus Menghitung Kadar Air yaitu :

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100 \quad (\text{Sumber : SNI 7622-2011})$$

Keterangan :

W0 = Berat Cawan Kosong (gr)

W1 = Berat Cawan + Sampel Sebelum Pengeringan(gr)

W2 = Berat Cawan + Sampel Setelah Pengeringan(gr)

a. Kadar Air Singkong Awal

- $\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \right) \times 100$

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{51,7 \text{ gr} - 49,71 \text{ gr}}{51,7 \text{ gr} - 48,9 \text{ gr}} \right) \times 100$$

$$\text{Kadar air (\%)} = 71,07 \%$$

- $\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{50,9 \text{ gr} - 49,78 \text{ gr}}{50,9 \text{ gr} - 48,9 \text{ gr}} \right) \times 100$

$$\text{Kadar air (\%)} = 56 \%$$

- Rata-rata = 63,535 %

b. Kadar Air Tepung Mocaf

1. Suhu Fermentasi 30° C dengan Waktu Fermentasi 24 jam

- Kadar air (%) = $\left(\frac{W_1-W_2}{W_1-W_0}\right) X100$
 Kadar air (%) = $\left(\frac{21,7\text{ gr}-21,4\text{ gr}}{21,7\text{ gr}-19,7\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 15 %
- Kadar air (%) = $\left(\frac{27,6\text{ gr}-27,4\text{ gr}}{27,6\text{ gr}-25,6\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 10%
- Rata-rata = 12,5 %

2. Suhu Fermentasi 30° C dengan Waktu Fermentasi 48 jam

- Kadar air (%) = $\left(\frac{W_1-W_2}{W_1-W_0}\right) X100$
 Kadar air (%) = $\left(\frac{21,7\text{ gr}-21,4\text{ gr}}{21,7\text{ gr}-19,7\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 15 %
- Kadar air (%) = $\left(\frac{27,58\text{ gr}-27,40\text{ gr}}{27,58\text{ gr}-25,60\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 9,09 %
- Rata-rata = 12 %

3. Suhu Fermentasi 33° C dengan Waktu Fermentasi 24 jam

- Kadar air (%) = $\left(\frac{W_1-W_2}{W_1-W_0}\right) X100$
 Kadar air (%) = $\left(\frac{77,7\text{ gr}-77,4\text{ gr}}{77,7\text{ gr}-75,7\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 15 %
- Kadar air (%) = $\left(\frac{79,3\text{ gr}-79\text{ gr}}{79,3\text{ gr}-77,3\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 15 %
- Rata-rata = 15 %

4. Suhu Fermentasi 33° C dengan Waktu Fermentasi 48 jam

- Kadar air (%) = $\left(\frac{W_1-W_2}{W_1-W_0}\right) X100$
 Kadar air (%) = $\left(\frac{53,7\text{ gr}-53,4\text{ gr}}{53,7\text{ gr}-51,7\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 15 %
- Kadar air (%) = $\left(\frac{50,8\text{ gr}-50,5\text{ gr}}{50,8\text{ gr}-48,8\text{ gr}}\right) X100$
 Kadar air (%) = 15 %
- Rata-rata = 15 %

B.4 Perhitungan Kadar Protein

Rumus menghitung kadar protein yaitu :

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{[(V1-V2) \times N \times 14,008 \times 6,25]}{W} \times 100 \quad (\text{Sumber : SNI 3751-2009})$$

Keterangan:

V1= volume HCl untuk titrasi contoh (ml),

V2= volume HCl untuk titrasi blanko (ml),

N = normalitas larutan HCl,

W = bobot contoh (mg),

14,008 adalah bobot atom nitrogen,

6,25 adalah faktor protein untuk tepung.

a. Kadar Protein Singkong Awal

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{[(28,4 \text{ ml} - 10 \text{ ml}) \times 0,02 \text{ N} \times 14,008 \times 6,25]}{3000 \text{ mg}} \times 100$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = 1,074\%$$

b. Kadar Protein Tepung Mocaf

1. Suhu Fermentasi 30 °C dengan Waktu Fermentasi 24 jam

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{[(125 \text{ ml} - 10 \text{ ml}) \times 0,02 \text{ N} \times 14,008 \times 6,25]}{3000 \text{ mg}} \times 100$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = 6,712\%$$

2. Suhu Fermentasi 30 °C dengan Waktu Fermentasi 48 jam

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{[(156,7 \text{ ml} - 10 \text{ ml}) \times 0,02 \text{ N} \times 14,008 \times 6,25]}{3000 \text{ mg}} \times 100$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = 8,562\%$$

3. Suhu Fermentasi 33 °C dengan Waktu Fermentasi 24 jam

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{[(162 \text{ ml} - 10 \text{ ml}) \times 0,02 \text{ N} \times 14,008 \times 6,25]}{3000 \text{ mg}} \times 100$$

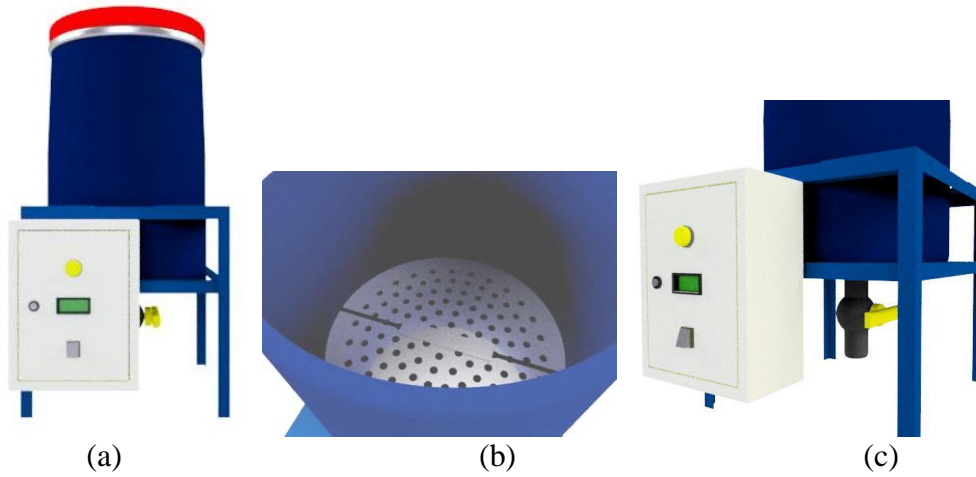
$$\text{Kadar protein (\%)} = 8,871\%$$

4. Suhu Fermentasi 33 °C dengan Waktu Fermentasi 48 jam

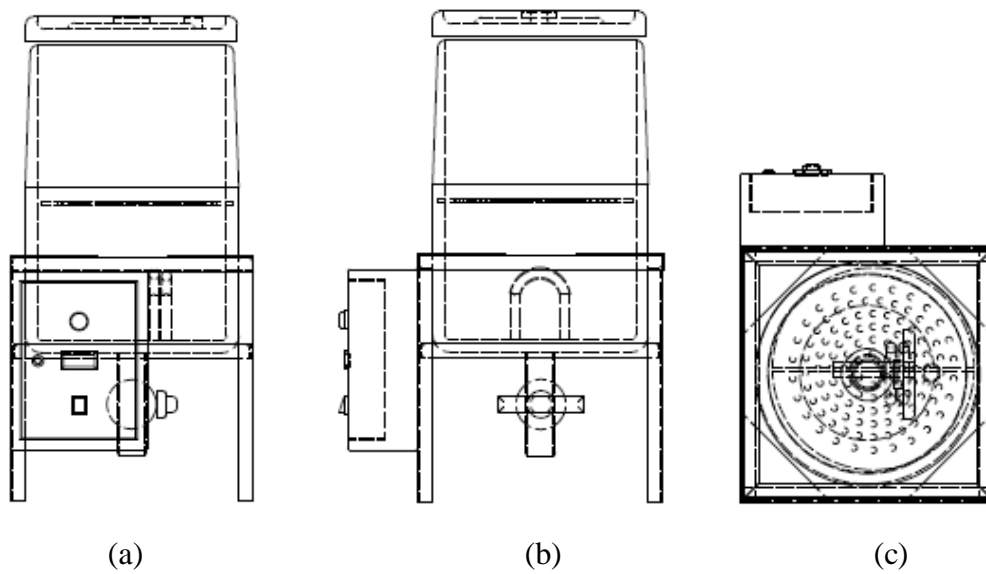
$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{[(134,5 \text{ ml} - 10 \text{ ml}) \times 0,02 \text{ N} \times 14,008 \times 6,25]}{3000 \text{ mg}} \times 100$$

$$\text{Kadar protein (\%)} = 7,266\%$$

LAMPIRAN C DOKUMENTASI



Gambar 1. Desain Fermentor Mocaf 3D (a) Tampak Bagian Depan, (b) Tampak Bagian Dalam dan (c) Tampak Bagian Bawah



Gambar 2. Desain Fermentor Mocaf 2D (a) Tampak Bagian Depan, (b) Tampak Bagian Samping dan (c) Tampak Bagian Atas

C.1 Persiapan Bahan Baku



Gambar 3. Pengupasan kulit singkong



Gambar 4. Perajangan singkong menjadi bentuk *chips*



Gambar 5. Penimbangan singkong

C.2 Fermentasi



Gambar 6. Proses fermentasi Bahan Baku (Singkong, Starter BAL dan Air) dalam Fermentor *Mocaf*



Gambar 7. Pengecekan pH dan Temperatur Selama Fermentasi



Gambar 8. Penirisan dan penimbangan *chips* Setelah Fermentasi

C.3 Pengeringan



Gambar 9. Pengeringan *chips* hasil fermentasi dengan *rotary dryer*



Gambar 10. *Chips* hasil pengeringan

C.4 Penggilingan



Gambar 11. Penggilingan *chips* hasil pengeringan dengan *discmill*



Gambar 12. Tepung mocaf hasil penggilingan

C.5 Pengayakan (*Screening*)



Gambar 13. Pengayakan tepung dengan *vibrating screener*



Gambar 14. *Screener* yang digunakan (ukuran 60, 80, 100 *mesh*)



(a)

(b)

Gambar 15. (a) Hasil pengayakan tepung mocaf, (b) *Undersize* dan *oversize*

C.6 Uji Kadar Air



(a)



(b)



(c)

Gambar 16. Uji Kadar Air (a) Penimbangan, (b) Pemanasan dalam Oven, (c) Penyerapan panas dalam Desikator

C.7 Uji Kadar Protein



Gambar 17. Uji Kadar Protein dengan metode Kjedhal

