

**PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN KONSENTRASI
INOKULUM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA
DAN ORGANOLEPTIK TEMPE BERBASIS AMPAS
SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Pasundan**

Oleh :

**KAMILIYA NAILAH ZAIN
NPM: 223020004**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

ABSTRAK

PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN KONSENTRASI INOKULUM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN ORGANOLEPTIK TEMPE BERBASIS AMPAS SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)

Oleh:

Kamiliya Nailah Zain

NPM: 223020004

(Program Studi Teknologi Pangan)

Ampas kacang sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) merupakan limbah dari hasil samping pembuatan susu nabati yang masih mengandung protein, serat, serta asam lemak esensial sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku tempe. Pemanfaatan ampas tersebut dapat meningkatkan nilai tambah limbah sekaligus mendukung diversifikasi pangan berbasis sumber daya lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu fermentasi, konsentrasi inokulum, serta interaksi keduanya terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe ampas sacha inchi, serta menentukan perlakuan terbaik menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo. Penelitian menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split Plot Design) berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dilakukan 3 kali ulangan dengan waktu fermentasi (24, 48, dan 72 jam) sebagai petak utama dan konsentrasi inokulum (0,1%; 0,3%; dan 0,5%) sebagai anak petak. Parameter yang diamati meliputi kadar air, kadar protein, kadar serat kasar, pH, serta uji mutu hedonik yang mencakup atribut warna, aroma, dan tekstur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu fermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar air, serat kasar, protein, pH, warna, aroma, dan kekompakan. Konsentrasi inokulum berpengaruh nyata terhadap kadar air, serat kasar, protein, pH, dan tekstur. Interaksi antara waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum berpengaruh nyata terhadap kadar protein dan pH. Nilai rata-rata yang diperoleh kadar air berkisar 54,06-58,43%, kadar serat kasar 6,05-8,88%, kadar protein 6,84-9,12%, dan nilai pH 5,27-6,86. Nilai mutu hedonik warna berkisar 3,46-4,79, aroma 3,42-4,21, dan tekstur 3,38-5,07. Berdasarkan metode indeks efektivitas De Garmo, perlakuan terbaik diperoleh pada perlakuan a3b2 (72 jam dengan konsentrasi inokulum 0,3%) dengan nilai sebesar 0,719. Kemudian dilakukan analisis asam lemak menggunakan metode *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID) yang menunjukkan kandungan omega-3 sebesar 10,587%, omega-6 sebesar 10,948%, dan omega-9 sebesar 2,519% dalam 100g sampel.

Kata Kunci: Ampas Kacang Sacha Inchi, tempe, fermentasi, konsentrasi inokulum, karakteristik fisikokimia, organoleptik.

ABSTRACT

THE EFFECT OF FERMENTATION TIME AND INOCULUM CONCENTRATION ON THE PHYSICOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS OF TEMPEH MADE FROM SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) PRESS RESIDUE

By:

Kamiliya Nailah Zain

NPM: 223020004

(Department of Food Technology)

*Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) pulp is a byproduct of plant-based milk production that still contains protein, fiber, and essential fatty acids, making it a potential raw material for tempeh production. Utilizing this pulp can increase the value of the waste while supporting food diversification based on local resources. This study aimed to determine the effects of fermentation time, inoculum concentration, and their interaction on the physicochemical and organoleptic characteristics of sacha inchi pulp tempeh, as well as to identify the best treatment using the De Garmo effectiveness index method. A Split Plot Design based on a Randomized Block Design (RBD) was employed with three replications; fermentation time (24, 48, and 72 hours) served as the main plot, and inoculum concentration (0.1%, 0.3%, and 0.5%) served as the subplot. Observed parameters included moisture content, protein content, crude fiber content, pH, and hedonic quality attributes (color, aroma, and texture). The results showed that fermentation time significantly affected moisture, crude fiber, and protein contents, as well as pH, color, aroma, and compactness. Inoculum concentration significantly influenced moisture, crude fiber, and protein contents, pH, and texture. The interaction between fermentation time and inoculum concentration had a significant effect on protein content and pH. The mean values obtained ranged from 54.06–58.43% for moisture content, 6.05–8.88% for crude fiber content, 6.84–9.12% for protein content, and 5.27–6.86 for pH. Hedonic quality scores ranged from 3,46–4,79 for color, 3,42–4,21 for aroma, and 3,38–5,07 for texture. Based on De Garmo's effectiveness index method, the best result was obtained with treatment a3b2 (72 hours with an inoculum concentration of 0.3%), yielding a value of 0.719. Subsequent fatty acid analysis using Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID) revealed contents of 10.587% for omega-3, 10.948% for omega-6, and 2.519% for omega-9 in a 100g sample.*

Keywords: *Sacha Inchi press cake, tempeh, fermentation, inoculum concentration, physicochemical characteristics, organoleptic properties.*

**PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN KONSENTRASI
INOKULUM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA
DAN ORGANOLEPTIK TEMPE BERBASIS AMPAS
SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :
Kamiliya Nailah Zain

22.302.0004

Menyetujui :
Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P.

**PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN KONSENTRASI
INOKULUM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA
DAN ORGANOLEPTIK TEMPE BERBASIS AMPAS
SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)**

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Kamiliya Nailah Zain

22.302.0004

Menyetujui :

Koordinator Tugas Akhir
Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknik
Universitas Pasundan



Rizal Maulana Ghaffar, S. T., M. T.

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hal cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Zain, K. N. (2026). Pengaruh Waktu Fermentasi Dan Konsentrasi Inokulum Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Tempe Berbasis Ampas Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*). Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

Dan dalam Bahasa Inggris sebagai berikut:

Zain, K. N. (2026). *The Effect Of Fermentation Time And Inoculum Concentration On The Physicochemical And Organoleptic Characteristics Of Tempeh Made From Sacha Inchi (Plukenetia Volubilis L.) Press Residue*. Bachelor's Thesis, Pasundan University.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh tugas akhir haruslah seizin Dekan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan Rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir dengan judul **“PENGARUH WAKTU FERMENTASI DAN KONSENTRASI INOKULUM TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN ORGANOLEPTIK TEMPE BERBASIS AMPAS SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis L.*)”** Ini dapat terselesaikan. Tidak lupa shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada nabi kita Nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam hingga akhir jaman nanti, Aamiin Ya Rabbal 'Alaamiin.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mensyukuri laporan ini dapat terselesaikan dengan baik berkat bantuan serta dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis Suriya dan Risa, serta kakak penulis Kania yang telah mendukung serta memberikan kasih sayang dengan segenap hati dan memberikan doa terbaik bagi penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Yusman Taufik, M.P. selaku Dosen Pembimbing, atas ilmu, perhatian, bimbingan, arahan, serta kesabaran dalam membimbing penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Tantan Widiantera, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I, atas masukan serta kritikan yang membangun.

4. Dr. Istiyati Inayah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji II, atas masukan serta kritikan yang membangun.
5. Jaka Rukmana, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
6. Rizal Maulana Ghaffar, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
7. Kepada teman seperjuangan “Sachi” (Siska, Dhara, Deastri, Lovita, dan Nindya) yang membersamai penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
8. Kepada Raissa R, Irma F, Zahra P, Diandra K, dan Nazwa N yang senantiasa menemani, dan menyisihkan waktunya untuk penulis.
9. Sahabat sejak SMP Citra, Salsya, dan Zahretya, serta sahabat sejak SMA “FREAKITIWWW” (Livia, Nindia, Keysha, Alya, dan Nafisa) yang sudah penulis anggap sebagai keluarga
10. Rekan perjuangan asisten mikrobiologi pangan dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas segala dukungan yang diberikan.

Semoga Allah SWT. membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dengan balasan yang lebih baik. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima kritik serta saran sebagai bahan perbaikan dan penyempurnaan di masa yang akan datang. Penulis berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan semua pihak.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Kerangka Pemikiran.....	6
1.6. Hipotesis Penelitian.....	11
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian.....	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
2.1 Tempe Gembus.....	12
2.2 Kacang Sacha Inchi.....	15
2.3 Fermentasi	19
2.4 Ragi Tempe	21
2.5 Rancangan Petak Terbagi	23
2.6 Metode Indeks Efektivitas (De Garmo)	25
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Bahan dan Alat	27
3.1.1 Bahan	27
3.1.2 Alat.....	27
3.2 Metode Penelitian.....	28
3.2.1 Penelitian Pendahuluan	28
3.2.2. Penelitian Utama	28
3.2.3 Rancangan Perlakuan.....	29

3.2.4 Rancangan Percobaan	29
3.2.5 Rancangan Analisis	32
3.2.6 Rancangan Respon	34
3.2.7 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)	34
3.3 Prosedur Penelitian.....	35
3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan	39
4.1.1 Kadar Air.....	39
4.1.2 Kadar Protein	40
4.1.3 Kadar Serat Kasar	40
4.1.4 Nilai pH.....	41
4.1.5 Asam Lemak Omega.....	42
4.2 Hasil Penelitian Utama.....	43
4.2.1 Analisis Kimia.....	43
4.2.1.1 Analisis Kadar Air.....	43
4.2.1.2 Analisis Kadar Protein	46
4.2.1.3 Analisis Kadar Serat Kasar	50
4.2.1.4 Nilai pH	53
4.2.2 Uji Organoleptik	56
4.2.2.1 Atribut Warna.....	56
4.2.2.2 Atribut Aroma	57
4.2.2.3 Atribut Tekstur	60
4.2.3 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)	62
4.2.4 Analisis Asam Lemak Omega.....	67
V. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Kandungan Gizi Tempe Gembus P3G	14
Tabel 2.	Kandungan Gizi Kacang Sacha Inchi.....	17
Tabel 3.	Model Eksperimental Interaksi Pola Faktorial (3x3) dalam Rancangan Petak Terbagi (RPT) dengan 3 Kali Ulangan	30
Tabel 4.	Layout Percobaan dalam Rancangan Petak Terbagi (RPT)	32
Tabel 5.	Daftar Analisis Sidik Ragam Rancangan Petak Terbagi	32
Tabel 6.	Jadwal Pelaksanaan Penelitian	38
Tabel 7.	Kadar Air (%) Ampas Sacha Inchi	39
Tabel 8.	Kadar Protein (%) Ampas Sacha Inchi.....	40
Tabel 9.	Kadar Serat Kasar (%) Ampas Sacha Inchi.....	41
Tabel 10.	Nilai pH Ampas Sacha Inchi	41
Tabel 11.	Asam Lemak Omega (3, 6, 9)	42
Tabel 12.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Air (%)	43
Tabel 13.	Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Air (%).....	44
Tabel 14.	Dua Arah Untuk Pengaruh Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Inokulum Terhadap Kadar Protein (%)	47
Tabel 15.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Serat Kasar (%).....	50
Tabel 16.	Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B)	51
Tabel 17.	Dua Arah Untuk Waku Fermentasi dan Konsentrasi Inokulum Terhadap Nilai pH	53
Tabel 18.	Hasil Analisis Kandungan Asam Lemak Omega	56
Tabel 19.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Warna	58
Tabel 20.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma.....	60
Tabel 21.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur	60
Tabel 22.	Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur	63
Tabel 23.	Bobot Variabel, Bobot Normal, dan Arah Normalitas	64
Tabel 24.	Data Rata-Rata Atribut Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter.....	65
Tabel 25.	Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter.....	65
Tabel 26.	Hasil Analisis Kandungan Asam Lemak Omega	68

Tabel 27.	Formulasi Tempe ampas sachinchi.....	87
Tabel 28.	Kebutuhan Sampel Analisis	87
Tabel 29.	Kebutuhan Biaya Bahan baku Penelitian	88
Tabel 30.	Kebutuhan Biaya Analisis Penelitian	88
Tabel 31.	Data Analisis Kadar Air (%) Tempe Sachinchi	94
Tabel 32.	Data Hasil Analisis Kadar Air (%) Tempe Ampas Sachinchi	97
Tabel 33.	Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap...	98
Tabel 34.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Air (%)	98
Tabel 35.	Uji Lanjut LSD Faktor Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Air (%) Tempe Ampas Sachinchi	99
Tabel 36.	Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Air (%) Tempe Ampas Sachinchi	99
Tabel 37.	Data Hasil Analisis Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	100
Tabel 38.	Data Hasil Analisis Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	103
Tabel 39.	Uji Lanjut LSD A1 Sama dengan B Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	104
Tabel 40.	Uji Lanjut LSD A2 Sama dengan B Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	104
Tabel 41.	Uji Lanjut LSD A3 Sama dengan B Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	105
Tabel 42.	Uji Lanjut LSD B1 Sama dengan A Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	106
Tabel 43.	Uji Lanjut LSD B2 Sama dengan A Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	106
Tabel 44.	Uji Lanjut LSD B3 Sama dengan A Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi	106
Tabel 45.	Dua Arah Untuk Kadar Protein (%) Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	107
Tabel 46.	Data Hasil Analisis Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sachinchi.....	108
Tabel 47.	Data Hasil Analisis Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sachinchi.....	111
Tabel 48.	Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap...	112
Tabel 49.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sachinchi	112
Tabel 50.	Uji Lanjut LSD Faktor Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sachinchi	123
Tabel 51.	Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap.....	123

Tabel 52.	Data Hasil Analisis Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	114
Tabel 53.	Data Hasil Analisis Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	117
Tabel 54.	Uji Lanjut LSD A1 Sama dengan B Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	118
Tabel 55.	Uji Lanjut LSD A2 Sama dengan B Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	118
Tabel 56.	Uji Lanjut LSD A3 Sama dengan B Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	118
Tabel 57.	Uji Lanjut LSD B1 Sama dengan A Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	119
Tabel 58.	Uji Lanjut LSD B2 Sama dengan A Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	120
Tabel 59.	Uji Lanjut LSD B3 Sama dengan A Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi	120
Tabel 60.	Dua Arah Untuk Nilai pH Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi ..	120
Tabel 61.	Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Warna Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi	121
Tabel 62.	Data Hasil Analisis Atribut Warna Tempe Ampas Sacha Inchi	124
Tabel 63.	Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Warna Tempe Ampas Sacha Inchi	125
Tabel 64.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Warna Tempe Ampas Sacha Inchi	125
Tabel 65.	Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi	126
Tabel 66.	Data Hasil Analisis Atribut Aroma Tempe Ampas Sacha Inchi	129
Tabel 67.	Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Aroma Tempe Ampas Sacha Inchi	130
Tabel 68.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Aroma Tempe Ampas Sacha Inchi	130
Tabel 69.	Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi	131
Tabel 70.	Data Hasil Analisis Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi ...	133
Tabel 71.	Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi	134
Tabel 72.	Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi	135
Tabel 73.	Uji Lanjut LSD Faktor Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi	136
Tabel 74.	Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi	136

Tabel 75.	Nilai Tertinggi dan Nilai Terendah Dari Rata-Rata Per Perlakuan	137
Tabel 76.	Bobot Variabel, Bobot Normal, Dan Arah Normalitas Pada Masing-Masing Parameter	137
Tabel 77.	Hasil Perhitungan Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Perlakuan.....	138
Tabel 78.	Perhitungan Nilai Hasil Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Perlakuan.....	139
Tabel 79.	Ranking Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo.....	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Tempe Gembus	13
Gambar 2.	Kacang Sacha Inchi	16
Gambar 3.	Kapang <i>Rhizopus oligosporus</i>	22
Gambar 4.	Diagram Alir Prosedur Penelitian	37
Gambar 5.	Grafik Skor Total Penentuan Perlakuan Terbaik Pada Masing-Masing Perlakuan	66
Gambar 6.	Nilai pH Ampas Sacha Inchi	90
Gambar 7.	Tempe Ampas Sacha Inchi Selama 24 Jam Dengan Variasi Konsentrasi	144
Gambar 8.	Tempe Ampas Sacha Inchi Selama 48 Jam Dengan Variasi Konsentrasi	144
Gambar 9.	Tempe Ampas Sacha Inchi Selama 72 Jam Dengan Variasi Konsentrasi	144
Gambar 10.	Miselium Pada Tempe Ampas Sacha Inchi Sebelum Terbentuk Spora	145
Gambar 11.	Miselium Pada Tempe Ampas Sacha Inchi Setelah Terbentuk Spora	145

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Perhitungan Rancangan Percobaan Penelitian	80
Lampiran 2.	Analisis Kadar Air	80
Lampiran 3.	Analisis Kadar Protein.....	81
Lampiran 4.	Analisis Kadar Serat Kasar.....	82
Lampiran 5.	Analisis pH	83
Lampiran 6.	Analisis Asam Lemak Omega-3, Omega-6, Omega-9	83
Lampiran 7.	Formulir Uji Organoleptik.....	84
Lampiran 8.	Formulasi Tempe ampas sachinchi	87
Lampiran 9.	Kebutuhan Sampel Analisis.....	87
Lampiran 10.	Rincian Anggaran Biaya Penelitian.....	88
Lampiran 11.	Perhitungan Analisis Kadar Air Pada Ampas Sachinchi	88
Lampiran 12.	Perhitungan Analisis Kadar Protein Pada Ampas Sachinchi.	89
Lampiran 13.	Perhitungan Analisis Kadar Serta Kasar Pada Ampas Sachinchi.....	90
Lampiran 14.	Nilai pH Pada Ampas Sachinchi.....	90
Lampiran 15.	Sertifikat Hasil Analisis Asam Lemak Omega Pada Ampas Sachinchi Metode Gas Chromatography-Flame Ionization Detector (GC-FID)	91
Lampiran 16.	Hasil Perhitungan Uji Kadar Air Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	94
Lampiran 17.	Hasil Perhitungan Uji Kadar Protein Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	100
Lampiran 18.	Hasil Perhitungan Uji Kadar Serat Kasar Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	108
Lampiran 19.	Hasil Perhitungan Nilai pH Terhadap Tempe Ampas Sachinchi.....	114
Lampiran 20.	Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Warna Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	121
Lampiran 21.	Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	126
Lampiran 22.	Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur Terhadap Tempe Ampas Sachinchi	131
Lampiran 23.	Perhitungan Penentuan Perlakuan Terbaik (Metode Indeks Efektivitas De Garmo).....	137
Lampiran 24.	Sertifikat Hasil Analisis Asam Lemak Omega Pada Tempe Ampas Sachinchi Metode <i>Gas Chromatography-Flame Ionization Detector</i> (GC-FID).....	141

Lampiran 25. Tempe Ampas Sacha Inchi	144
Lampiran 26. Misselium Pada Tempe Perbesaran 400x	145
Lampiran 27. Dokumentasi Penelitian.....	146

I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan mengenai: (1.1) Latar Belakang, (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis Penelitian, dan (1.7) Waktu dan Tempat Penelitian.

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan keberagaman sumber daya hayati, khususnya pada komoditas pangan lokal dan produk olahannya. Keanekaragaman tersebut memberikan peluang besar dalam pengembangan pangan berbasis sumber daya lokal yang bernilai gizi tinggi. Diantara produk pangan hayati tradisional yang paling banyak dikonsumsi di Indonesia, tempe dan tahu menjadi komoditas yang paling banyak dikonsumsi, dengan tingkat konsumsi masing-masing mencapai sekitar 50% dan 40% (PDSIP, 2013).

Selama ini, kacang kedelai digunakan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan tempe. Namun, ketergantungan terhadap kacang kedelai impor pada tahun 2020-2024 yang berkisar antara 95,90% hingga 97,66% mendorong perlunya diversifikasi sumber protein nabati alternatif yang berpotensi dikembangkan menjadi produk pangan fermentasi (Wahyuningsih, 2025). Maka dari itu, diperlukan upaya diversifikasi sumber protein nabati alternatif yang tidak hanya tersedia secara lokal, tetapi juga memiliki nilai gizi yang sebanding dengan kedelai serta berpotensi diolah menjadi produk fermentasi.

Salah satu bahan yang memiliki potensi besar dan belum banyak dikembangkan adalah kacang sacha inchi (*Plukenetia volubilis L.*) yang merupakan tanaman penghasil biji kaya protein dan asam lemak esensial, khususnya Omega-3

dan Omega-6. Kacang sachinchi merupakan sejenis kacang-kacangan yang berasal dari hutan tropis Amazon dan mulai banyak dibudidayakan di Indonesia. Kacang yang dijuluki kacang sejuta manfaat ini memiliki komposisi asam lemak yang unik, dengan kandungan signifikan asam lemak tak jenuh (sekitar 85% tak jenuh ganda). Komposisinya mencakup sekitar 34% asam linoleat (omega 6) dan 51% asam linolenat (omega 3) (Kasim, et al., 2025).

Tempe merupakan pangan tradisional Indonesia yang dihasilkan dari proses fermentasi oleh kapang *Rhizopus sp.* dengan membentuk hifa, yaitu benang putih yang menyelimuti permukaan kacang dan membentuk jalinan miselium sehingga membentuk struktur yang kompak dan tekstur yang padat. (Made, Tutik, Sri, Sri, & Nadya, 2013). Tempe gembus merupakan salah satu upaya pemanfaatan limbah pangan melalui konsep “*By-Product Utilization*” untuk pengurangan limbah (*Food Waste*). Meskipun kandungan proteinnya relatif lebih rendah, namun kandungan serat kasar pada tempe gembus memiliki nilai yang cukup tinggi sekitar 30,4% (Amaro, Ariyana, Rahayu, Handayani, & Nazaruddin, 2023).

Sejalan dengan konsep tersebut, ampas kacang sachinchi yang dihasilkan dari proses pembuatan susu nabati memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku tempe. Penggunaan bahan baku ampas kacang sachinchi dapat menghasilkan karakteristik fisikokimia dan organoleptik yang berbeda dibandingkan dengan tempe berbasis kedelai. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan komposisi nutrisi, khususnya protein, lemak, dan serat yang menyebabkan diperlukannya penyesuaian dalam proses pengolahan terutama pada

parameter fermentasi untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang optimal dan dapat diterima konsumen (Afifah, et al., 2025).

Dalam pembuatan tempe berbasis ampas, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memperbaiki karakteristik produk adalah dengan penambahan tepung tapioka. Penambahan tepung tapioka dalam pembuatan tempe gembus dapat berperan dalam perbaikan tekstur, pembentukan struktur, serta warna putih bersih pada tempe. Tepung tapioka tergolong polisakarida yang mengandung karbohidrat dalam bentuk pati dengan kandungan amilopektin dan amilosa yang cukup tinggi sehingga berpengaruh pada pertumbuhan kapang *Rhizopus sp.* Hal tersebut dikarenakan dalam keadaan aerob, kapang *Rhizopus sp.* banyak menghasilkan enzim amilase ekstraselular untuk memecah pati pada tepung menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu maltose dan glukosa, sehingga dapat digunakan sebagai nutrisi tambahan bagi kapang (Ratnajunita, Nazaruddin, & Amaro, 2024).

Konsentrasi ragi dan waktu fermentasi merupakan dua faktor yang mempengaruhi produksi tempe. Kedua faktor tersebut memiliki hubungan yang erat, dimana semakin tinggi konsentrasi ragi dan waktu fermentasi, maka semakin tinggi nilai kadar serat kasar, yang berbanding terbalik dengan kadar protein yang semakin menurun (Moulia, Ahmad, & Afifah, 2024). Waktu fermentasi serta komposisi ragi juga berkaitan dengan umur simpan produk akibat adanya aktivitas enzimatik kapang yang terus berlangsung, sehingga menjadi titik kritis dalam menentukan hasil yang optimal (Purwanto & Weliana, 2018).

Hingga saat ini, informasi ilmiah mengenai pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi ragi terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe ampas

kacang sachinchi masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan meninjau faktor-faktor tersebut untuk menentukan kondisi optimal yang dapat diterima konsumen.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah yang didapat yaitu:

1. Bagaimana pengaruh waktu fermentasi terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe berbasis ampas kacang sachinchi?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi inokulum terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe berbasis ampas kacang sachinchi?
3. Bagaimana pengaruh interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe ampas sachinchi?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh perbandingan waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe berbasis ampas kacang sachinchi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mempelajari pengaruh perbandingan waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum, serta interaksi keduanya terhadap karakteristik fisikokimia dan Organoleptik tempe berbasis ampas kacang sachinchi.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

Manfaat bagi akademisi:

1. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi pangan, khususnya terkait pemanfaatan bahan baku alternatif dan proses fermentasi produk tempe berbasis ampas kacang sachinchi
2. Dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan optimasi konsentrasi inokulum dan waktu fermentasi terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik pada produk pangan fermentasi
3. Dapat memperkaya kajian akademik mengenai penerapan *by product utilization* dalam pengolahan pangan, sehingga mendukung pengembangan inovasi berbasis berkelanjutan.

Manfaat bagi industri:

1. Memberikan informasi teknis terkait pemanfaatan ampas kacang sachinchi sebagai bahan baku alternatif dalam produksi tempe, sehingga dapat meningkatkan nilai tambah dari limbah industri pangan
2. Menjadi dasar dalam penentuan kondisi proses yang optimal untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang optimal dan dapat diterima konsumen
3. Mendukung penerapan konsep industri berkelanjutan melalui pengurangan limbah produksi serta pengembangan produk inovatif yang memiliki potensi komersial.

1.5. Kerangka Pemikiran

Tempe merupakan salah satu produk pangan fermentasi yang dihasilkan melalui aktivitas mikroba kapang *Rhizopus sp.* terhadap substrat yang kaya akan protein. Selama proses fermentasi terjadi serangkaian reaksi biokimia berupa hidrolisis komponen makronutrien seperti protein, lemak, dan karbohidrat oleh enzim yang dihasilkan kapang sehingga menghasilkan karakteristik fisikokimia dan sifat Organoleptik produk akhir (Moulia, Ahmad, & Afifah, 2024). Lebih lanjut, fermentasi diketahui memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas nutrisi pangan melalui penurunan senyawa anti nutrisi, peningkatan pencernaan protein, serta reduksi potensi alergen. Selain itu, proses fermentasi juga mampu meningkatkan kandungan senyawa bioaktif seperti antioksidan dan senyawa fenolik yang berkontribusi dalam penurunan risiko penyakit degeneratif (Saktiono, et al., 2023). Dengan demikian, fermentasi tidak hanya berfungsi sebagai metode pengolahan, tetapi juga sebagai proses peningkatan nilai fungsional pangan.

Menurut Saktiono et al.(2023) secara umum, bahan baku pembuatan tempe yaitu kedelai kuning (*Glycine max L.*). Namun, keterbatasan produksi kedelai lokal serta ukurannya yang relatif lebih kecil menyebabkan tingginya ketergantungan terhadap kedelai impor. Kondisi ini menunjukkan urgensi dalam pengembangan bahan baku alternatif yang tidak hanya tersedia secara lokal, tetapi juga memiliki kandungan nutrisi yang kompetitif.

Salah satu alternatif yang berpotensi yaitu kacang sacha inchi, khususnya dalam bentuk ampas yang dihasilkan dari proses pembuatan susu nabati. Ampas kacang sacha inchi masih mengandung komponen nutrisi yang cukup tinggi, seperti

protein dan lemak yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai substrat fermentasi. Namun, hingga saat ini pemanfaatan ampas sachinchi masih sangat terbatas dan cenderung belum dioptimalkan, sehingga berpotensi menjadi limbah yang tidak termanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan ampas kacang sachinchi ini tidak hanya berorientasi pada diversifikasi bahan baku dan meningkatkan nilai tambah, tetapi juga merupakan bagian dari strategi pengurangan limbah pangan melalui pendekatan *by product utilization*.

Konsep pemanfaatan hasil samping ini telah lama diterapkan pada ampas tahu yang merupakan residu dari proses produksi tahu. Ampas tahu masih mengandung protein dalam jumlah yang cukup signifikan karena tidak seluruh komponen tereksraksi selama proses pengolahan (Rahayu, Pambayun, Santoso, Nuraida, & Ardiansyah, 2015). Dengan proporsi limbah ampas tahu yang dihasilkan mencapai 25-35% dari total produksi, sehingga nilai gizi yang masih terkandung pada ampas tahu membuat bahan ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan tempe gembus. Secara komposisi, tempe gembus merupakan salah satu produk fermentasi dengan kandungan gizi protein 5%, lemak 2%, karbohidrat 11%, dan abu 1% pada kadar air 81% (Murdiati, Sardjono, & Amaliah, 2016). Meskipun nilai proteinnya relatif lebih rendah dibandingkan dengan tempe kedelai, namun tempe gembus memiliki kandungan seratnya yang tinggi memberikan keunggulan tersendiri.

Pemanfaatan ampas tahu sebagai bahan pangan di Indonesia masih sangat minim. Selama ini, ampas tahu dianggap sebagai limbah dari industri pembuatan tahu, yang jika tidak ditangani dengan baik dapat mencemari lingkungan.

Pemanfaatan ampas tahu yang masih rendah tersebut dikarenakan serat kasar yang tinggi dan pencernaan yang rendah sehingga lebih banyak digunakan sebagai tambahan pakan ternak (Hidayat, 2008). Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai guna dan pencernaan bahan ini adalah melalui proses fermentasi. Prinsip yang sama juga dapat diterapkan pada ampas kacang sachinchi yang memiliki kandungan nutrisi yang masih cukup tinggi. Oleh karena itu, dilakukan upaya "*By-Product Utilization*" dengan merubah ampas kacang sachinchi menjadi tempe gembus yang tinggi serat.

Meskipun demikian, penggunaan bahan baku alternatif seperti ampas kacang sachinchi memerlukan perhatian khusus terhadap parameter proses fermentasi, karena perbedaan komposisi kimia bahan baku dapat mempengaruhi hasil akhir produk. Penelitian oleh Tahir, Bait, & Mutsyahidan (2025) pada pembuatan tempe kacang sachinchi terdapat 4 taraf yaitu penggunaan ragi 0,9%, 1,2%, 1,5%, dan 1,8% dengan lama fermentasi 24 jam. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ragi pada pembuatan tempe kacang sachinchi cenderung menurunkan nilai pH, kadar air, kadar protein, dan kadar lemak. Selain itu, dari aspek organoleptik pada uji organoleptik menunjukkan kualitas yang lebih rendah dibandingkan dengan tempe kedelai, terutama pada atribut aroma, rasa, dan tekstur. Hal ini mengindikasikan bahwa optimasi konsentrasi ragi menjadi salah satu faktor kunci dalam pengembangan produk tempe berbasis bahan alternatif.

Disisi lain, penelitian oleh Afifah, et al. (2025) pada pembuatan tempe kacang sachinchi dengan membandingkan lama fermentasi selama 0 jam, 24 jam,

48 jam, dan 72 jam, serta penggunaan ragi sebanyak 0,5%. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa lama fermentasi juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik produk. Peningkatan waktu fermentasi cenderung menurunkan kadar air dan meningkatkan kadar protein, meskipun perubahan pada parameter lain seperti kadar abu, lemak, dan karbohidrat menunjukkan pola yang tidak konsisten. Perbedaan hasil antar penelitian ini menunjukkan adanya kompleksitas interaksi antara faktor proses dan komposisi bahan baku, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk memperoleh kondisi fermentasi yang optimal.

Temuan serupa juga dilaporkan pada penelitian berbasis ampas tahu. Menurut penelitian Hidayat (2008) pada pembuatan ampas tahu terfermentasi dengan 4 taraf yaitu P0 (ampas tahu tanpa ragi sebagai kontrol), P1 (ampas tahu dengan ragi tempe 0,2%), P2 (ampas tahu dengan ragi tempe 0,3%), dan P3 (ampas tahu dengan ragi tempe 0,4%) serta pemeraman selama 48 jam. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ragi pada fermentasi ampas tahu cenderung menurunkan kandungan serat kasar, bahan organik, protein, dan lemak.

Sementara menurut Supratiwi, et al. (2023) pada pembuatan tempe ampas dengan 4 taraf yaitu lama fermentasi 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan 4 hari. Hasil penelitian menyatakan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka kadar air cenderung meningkat, sedangkan kadar protein menurun. Selain itu dari aspek sensorid pada hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa produk dengan lama fermentasi selama 2 hari menunjukkan tingkat penerimaan terbaik oleh panelis. Variasi hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh konsentrasi inokulum dan waktu

fermentasi tidak bersifat linier, melainkan dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara aktivitas mikroba, komposisi substrat, serta kondisi lingkungan selama fermentasi.

Berdasarkan uraian tersebut, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada satu proses secara terpisah, sehingga belum mampu menjelaskan secara komprehensif interaksi antar faktor yang terjadi selama fermentasi. Sedangkan dalam sistem fermentasi, interaksi antara waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum sangat menentukan dinamika pertumbuhan mikroba, aktivitas enzimatik, serta perubahan komposisi nutrisi bahan. Ketidaktepatan mengenai interaksi ini berpotensi menyebabkan ketidaktepatan dalam penentuan kondisi proses yang optimal, sehingga produk yang dihasilkan belum mencapai kualitas yang diharapkan baik dari segi nutrisi maupun Organoleptik.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan ampas kacang sachinchi sebagai bahan baku tempe gembus merupakan inovasi yang menjanjikan, namun masih memerlukan kajian mendalam terkait optimasi proses fermentasi. Perbedaan karakteristik bahan baku dibandingkan kedelai menyebabkan perlunya penyesuaian terhadap parameter proses, khususnya konsentrasi inokulum dan waktu fermentasi, agar dapat menghasilkan produk dengan kualitas fisikokimia dan Organoleptik yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan guna mengkaji secara sistematis pengaruh kedua faktor tersebut secara interaksi dalam menentukan mutu tempe gembus berbasis ampas kacang sachinchi.

Metode Rancangan Petak Terbagi (RPT) dilakukan terhadap 2 faktor dengan faktor pertama memiliki 3 taraf dan faktor kedua memiliki 3 taraf sehingga didapat hasil 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan dan 27 satuan percobaan. Data yang didapatkan kemudian diolah dan apabila analisis yang dilakukan terdapat pengaruh antara rata-rata dari masing masing perlakuan ($F_{hitung} > F_{tabel}$), maka harus dilakukan uji menggunakan uji beda nyata terkecil atau least significant difference (LSD) yang bertujuan untuk menentukan perlakuan mana yang berbeda nyata setelah analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh perlakuan (Gesperz, 1995).

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran dan latar belakang diatas, diduga bahwa waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum serta interaksi kedua faktor tersebut mempengaruhi sifat fisikokimia dan organoleptik tempe ampas sacha inchi.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Waktu penelitian ini dimulai pada bulan Juni 2026 hingga selesai dengan tempat penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudhi No. 193, Bandung, Jawa Barat. Serta dilaksanakan di PT. Saraswanti Indo Genetech, Jl. Rasamala Jl. Ring Road Taman Yasmin No.20, RT.02/RW.03, Curugmekar, Kec. Bogor Bar., Kota Bogor, Jawa Barat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan mengenai: (2.1) Tempe Gembus, (2.2) Kacang Sacha Inchi, (2.3) Fermentasi Tempe, (2.4) Ragi Tempe, (2.5) Rancangan Petak Terbagi, dan (2.6) Metode Indeks Efektivitas De Garmo.

2.1 Tempe Gembus

Tempe merupakan makanan tradisional Indonesia yang mendunia, dibuat pertama kali oleh masyarakat di daerah Jawa Tengah dan diperkirakan muncul pada tahun 1700-an. Tempe banyak dikenal sebagai makanan fermentasi yang berasal dari bahan dasar kedelai (*Glycine max*). Fermentasi kedelai pada pembuatan tempe membutuhkan peran kapang khususnya *Rhizopus spp.* seperti *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus oligosporus*. Keberadaan kapang tersebut diperlihatkan melalui miselium berwarna putih (kumpulan hifa) yang mampu memproduksi beberapa enzim seperti enzim protease, lipase, dan amilase. Tempe mengandung berbagai zat gizi esensial dan senyawa bioaktif yang bermanfaat untuk kesehatan tubuh baik bagi pencernaan, peredaran darah, dan pernapasan (Kristiadi & Lunggani, 2022).

Tempe gembus merupakan salah satu produk makanan fermentasi asli Indonesia yang diperoleh dari proses fermentasi ampas tahu dengan jamur *Rhizopus spp.* Tempe gembus dibuat dari produk limbah pembuatan tahu, yaitu ampas tahu yang umumnya digunakan sebagai pakan ternak. Namun, proses fermentasi pada ampas tahu dengan *Rhizopus spp.* menjadi tempe gembus memiliki kandungan zat gizi yang masih layak untuk dikonsumsi. Tempe gembus memiliki kandungan gizi seperti lemak tidak jenuh, karbohidrat, dan protein. Selain itu tempe gembus juga mengandung senyawa isoflavon yang bersifat bioaktif, peptide yang memiliki

aktifitas antioksidan, kandungan serat yang tinggi, serta *Bacillus pumillus* 2.g (AB968524) sebagai enzim fibrinolitik (Isnawati, Wijaningsih, & Tursilowati, 2021).



(Sumber: Nasution, 2025)
Gambar 1. Tempe Gembus

Secara komposisi, ampas tahu memiliki kandungan air yang cukup tinggi, yaitu sekitar 80-85%, serta kandungan protein berkisar 20-25% dalam basis kering. Selain itu, ampas tahu juga mengandung serat pangan dalam jumlah relatif tinggi yang berasal dari dinding sel kedelai yang tidak larut (Astuti, Meliala, Dalais, & Walhqvist, 2000). Dampak dari tingginya kandungan air pada tempe gembus yaitu umur simpannya yang relatif pendek karena lebih rentan terhadap pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, sehingga mempercepat proses kerusakan.

Dari segi nilai gizi, tempe gembus memiliki kandungan protein yang lebih rendah dibandingkan tempe kedelai, namun tetap memiliki potensi sebagai sumber protein alternatif, terutama bagi masyarakat dengan keterbatasan bahan pangan yang lebih mahal. Selain itu, proses fermentasi dapat meningkatkan pencernaan protein dan menurunkan kandungan senyawa anti-nutrisi, sehingga meningkatkan kualitas gizi secara keseluruhan (Astawan, 2008).

Tabel 1. Kandungan Gizi Tempe Gembus P3G

No	Kandungan Gizi	Jumlah
1.	Air (g)	81,9
2.	Energi (kal)	73
3.	Protein (g)	5,7
4.	Lemak (g)	1,3
5.	Karbohidrat (g)	10,3
6.	Serat (g)	4,2
7.	Abu (g)	0,8
8.	Kalsium (mg)	204
9.	Fosfor (mg)	80
10.	Besi (mg)	1,5
11.	Karoten Total (mcg)	22
12.	Thiamin (mg)	0,09
13.	Riboflavin (mg)	0,10
14.	Niasin (mg)	0,9

(sumber: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2026)

Karakteristik tempe gembus berbeda secara signifikan dibandingkan dengan tempe kedelai. Tempe gembus memiliki tekstur yang lebih lunak dan kurang kompak, warna yang cenderung lebih pucat, serta aroma yang lebih ringan. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan komposisi substrat sehingga mempengaruhi kemampuan kapang dalam membentuk jaringan miselium yang kuat. Dalam konteks pengembangan produk untuk meningkatkan kualitas tempe gembus,

umumnya dilakukan pendekatan dengan penambahan bahan lain sebagai campuran seperti tepung tapioka atau tepung beras untuk memperbaiki tekstur serta mempengaruhi aktivitas mikroorganisme selama proses fermentasi (Handoyo & Morita, 2006).

Hingga saat ini, penelitian mengenai tempe gembus sebagian besar masih berfokus pada optimasi proses menggunakan ampas tahu sebagai substrat utama. Kajian mengenai penggunaan bahan baku alternatif, khususnya ampas dari sumber non-kedelai, masih sangat terbatas. Selain itu, beberapa penelitian pun hanya mengevaluasi satu variabel proses secara terpisah, tanpa mempertimbangkan interaksi antar faktor-faktor penting seperti konsentrasi inokulum dan waktu fermentasi

2.2 Kacang Sacha Inchi

Kacang Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*), yang dikenal juga sebagai kacang inca atau kacang gunung merupakan tanaman yang berasal dari Kawasan Amazon, tepatnya dari wilayah Andes di Amerika Selatan. Secara botani, tanaman ini termasuk dalam keluarga kacang-kacangan dengan famili *Euphorbiaceae* dan genus *Plukenetia*. Tanaman ini pertama kali tumbuh di Peru dan telah dimanfaatkan oleh masyarakat setempat lebih dari 3000 tahun sebagai makanan dan obat tradisional (Apriana, et al., 2025).



(Sumber: Sethuraman, et al., 2020)
Gambar 2. Kacang Sacha Inchi

Klasifikasi Kacang Sacha Inchi adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i> (Tumbuhan)
Sub Kingdom	: <i>Tracheobionta</i> (Tumbuhan Berpembuluh)
Super Divisi	: <i>Spermatophyta</i> (Menghasilkan Biji)
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i> (Tumbuhan Berbunga)
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i> (Dikotil)
Sub Kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Malpighiales</i>
Famili	: <i>Euphorbiaceae</i>
Genus	: <i>Plukenetia</i>
Spesies	: <i>Plukenetia volubilis</i> Linneo.

Tanaman ini mulai dikenal secara luas sebagai sumber pangan fungsional karena kandungan nutrisinya yang tinggi, terutama pada kandungan lipid dan protein. Dalam beberapa tahun terakhir, kacang sachu inchi mulai dibudidayakan di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia, sebagai bagian dari upaya diversifikasi sumber pangan nabati dan pengembangan komoditas bernilai ekonomi tinggi.

Kacang Sacha Inchi juga dapat dijadikan bahan baku yang dianggap penting dan potendi sebagai aplikasi di sekor industri makanan dan farmasi. Namun, keterbatasan informasi mengenai potensi dari kacang sach a inchi menjadikan tanaman kacang sach a inchi masih kurang dimanfaatkan dengan integrasi ke dalam sistem produksi dan sistem yang berkelanjutan (Andayani, et al., 2023).

Secara komposisi kacang sach a inchi mengandung 35-60% minyak termasuk asam linoleat dan asam linolenat yang tinggi sehingga memiliki potensi besar untuk diaplikasikan dalam industri makanan. Asam linolenat (α -3) dan asam linoleat (α -6) masing-masing mencapai 45% dan 35% dari total dari total asam lemak, dan asam lemak lainnya seperti oleat, palmitat, dan stearat juga terdapat dalam proporsi yang lebih kecil. Kandungan protein pada kacang sach a inchi (27%) pun mirip dengan kacang kedelai, biji bunga matahari, dan juga biji kapas. Profil asam amino kacang sach a inchi meliputi fenilalanin + tirosin (79 mg/g), leusin (64 mg/g), tirosin (55 mg/g), isoleusin (50 mg/g), lisin (43 mg/g), treonin (43 mg/g), dan valin (40 mg/g), dimana kandungan tersebut sebanding bahkan dalam beberapa hal lebih baik dibandingkan dengan yang lainnya (Gutiérrez, Rosada, & Jiménez, 2011).

Tabel 2. Kandungan Gizi Kacang Sacha Inchi

Nutrisi	Jumlah
Kadar Air (g/100g)	3,30-8,32
Lemak (g/100g)	33,4-54,70
Protein (g/100g)	24,20-33,0

Nutrisi	Jumlah
Serat Total (g/100g)	6,59-13,86
Karbohidrat (g/100g)	6,00-30,90
Abu (g/100g)	2,70-6,46
Kalsium (mg/100g)	126,30±0,69
Fosfor (mg/100g)	519,70±2,77
Sodium (mg/100g)	0,30±0,00
Kalium (mg/100g)	489,30±10,7
Magnesium (mg/100g)	344,20±2,1
Tembaga (mg/100g)	0,80±0,0
Besi (mg/100g)	4,20±0,0
Mangan (mg/100g)	1,00±0,0
Seng (mg/100g)	4,10±0,4

(Sumber: Rodzi & Lee (2022))

Proses pembuatan susu kacang sachinchi, menghasilkan limbah berupa ampas yang memiliki kandungan nutrisi yang cukup tinggi, yang berkontribusi pada nilai gizi tinggi dari produk yang dihasilkan, termasuk ampas susu. Pemanfaatan ampas ini menjadi sangat penting dalam konteks pengurangan limbah dan optimisasi sumber daya. Pemanfaatan ampas susu kacang sachinchi dapat mengurangi limbah dari industri susu, mengubah limbah menjadi produk bernilai tambah yang dapat meningkatkan efisiensi ekonomi dalam produksi susu sachinchi dan memperkaya keragaman pangan fungsional di Indonesia (Budjang, Bait, & Engelen, 2025).

Hasil samping berupa ampas tersebut dapat dijadikan tepung kacang sacha inchi yang memiliki kandungan senyawa berharga seperti asam lemak, asam amino, polifenol, polisakarida, serat makanan, dan asam organik. Selain itu ampas tersebut mengandung sejumlah besar senyawa bioaktif, seperti protein, karbohidrat, mineral, dan lipid yang konsentrasinya bervariasi. Lipid merupakan komponen paling melimpah pada kacang sacha inchi, setelah dilakukan ekstraksi sekitar 5-25% lipid masih tertinggal dalam ampasnya, tergantung pada efisiensi metode ekstraksi yang diterapkan. Profil lemak yang unik ini membuat ampas kacang sacha inchi atau tepung ampas kacang sacha inchi cocok untuk memperkaya makanan dengan asam lemak esensial, dibandingkan dengan bungkil kedelai karena lebih kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (Almadaniah, 2025).

2.3 Fermentasi

Fermentasi adalah salah satu bioteknologi tertua untuk produksi produk makanan dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti umur simpan yang lebih lama dan sifat organoleptik yang baik. Makanan yang telah difermentasi biasanya meningkatkan stabilitas mikroba dan keamanannya serta beberapa dapat disimpan bahkan dalam suhu ruang. Selain itu, ada beberapa contoh proses fermentasi yang menghasilkan peningkatan nilai gizi atau daya cerna dari bahan baku makanan. Proses fermentasi makanan juga menghasilkan produk dengan daya tarik rasa yang lebih tinggi bagi konsumen (Rahayu, et al., 2024)

Menurut Rahayu, et al. (2024) dari Sudut pandang biokimia, fermentasi merupakan suatu mekanisme metabolisme untuk memperoleh energi yang berasal dari senyawa organik tanpa melibatkan agen oksidasi eksogen. Fermentasi

memiliki peran yang berbeda dalam pengolahan makanan. Peran utama fermentasi adalah:

1. Pengawetan makanan dengan menghasilkan metabolit sekunder meliputi asam asetat, asam laktat, asam propionat, asam format, etanol, karbon dioksida, diasetil, reutrin, bakteriosin, dan lainnya, serta seringkali dikombinasikan dengan penurunan aktivitas air (dengan pengeringan atau penggunaan garam).
2. Meningkatkan keamanan pangan melalui penghambatan patogen atau penghilangan senyawa beracun
3. Meningkatkan nilai gizi
4. Meningkatkan kualitas organoleptik makanan

Fermentasi terdiri dari 2 jenis, yaitu *Submerged Fermentation* dan *Solid-State Fermentation*. Perbedaan kedua jenis fermentasi ini dapat dilihat pada presentase kadar air substrat yang digunakan. *Submerged Fermentation* merupakan proses fermentasi yang menggunakan substrat cair atau di dalam media cair, sedangkan *Solid-State Fermentation* merupakan proses fermentasi pada substrat padat yang tidak menggunakan media cair. Pada jenis *Solid-State Fermentation*, mikroorganisme yang diinokulasikan akan mengalami pertumbuhan di dalam substrat dengan menggunakan nutrisi yang ada, serta variasi mikroorganisme dapat mempengaruhi suhu dan lama waktu fermentasi (Christo & Sutedja, 2024).

Proses *Solid-State Fermentation* bergantung pada jenis mikroorganisme, suhu optimum mikroorganisme, dan jenis substrat yang digunakan. Suhu yang digunakan akan sesuai dengan suhu optimum masing-masing spesies

mikroorganisme, namun lama waktu fermentasi setiap jenis substrat akan berbeda-beda. Beberapa faktor penyebab lama waktu fermentasi, antara lain jumlah substrat yang digunakan, jumlah inokulum yang ditambahkan, dan komposisi dari substrat yang digunakan. Penambahan inokulum yang semakin banyak, maka semakin cepat proses fermentasi berlangsung. Komposisi dari substrat yang berbeda dapat membuat lama waktu fermentasi berbeda-beda pula, seperti adanya serat kompleks pada substrat, kadar air yang sesuai dengan pertumbuhan mikroorganisme, dan struktur substrat (Christo & Sutedja, 2024).

2.4 Ragi Tempe

Ragi tempe memiliki peran yang sangat penting, karena faktor utama yang menunjang keberhasilan dalam pembuatan tempe adalah optimalnya kadar ragi pada tempe tersebut. Untuk menghasilkan kadar ragi yang optimal, perlu diperhatikan jumlah ragi dengan substrat, waktu fermentasi, dan suhu ruangan untuk menghasilkan tempe yang berkualitas baik serta layak dikonsumsi. Secara umum tempe terbuat dari kacang kedelai yang difermentasikan dengan berbagai jenis kapang *Rhizopus*, seperti *Rhizopus oligosporus*, *R. Oryzae*, *R. stolonifera*, dan *R. arrhizus* (Ardiani, A'yun, & Nazua, 2024).

Rhizopus oligosporus atau *Rhizopus microspore* var. *Oligosporus* dapat tumbuh pada suhu 12-42°C, dengan suhu optimal 32-35°C. *Rhizopus oligosporus* merupakan spesies kapang yang sering ditambahkan ke dalam proses pembuatan tempe dengan menghasilkan miselium dan dapat memproduksi berbagai jenis enzim seperti β -glukosidase, glukamilase, lipase, α -amilase, dan protease. Enzim yang paling tinggi dihasilkan oleh *Rhizopus oligosporus* dalam pembuatan tempe

jika dibandingkan dengan kapang lainnya adalah enzim protease dan lipase, sehingga paling ideal dalam memecah protein dan lemak menjadi asam amino dan asam lemak. Aktivitas β -glukosidase lebih tinggi pada kapang *Rhizopus oligosporus* jika dibandingkan dengan *Rhizopus oryzae* sehingga kekuatan isoflavon glukosida (isoflavon terikat) menjadi isoflavon aglikon (isoflavon bebas) (Sari R. K., 2023).



(Sumber: Duniaji, Wisaniyasa, Puspawati, & H, 2019)

Gambar 3. Kapang *Rhizopus oligosporus*

Fermentasi tempe menggunakan *Rhizopus oligosporus* berlangsung lebih cepat dikarenakan aktivitas protease yang lebih cepat, sehingga pertumbuhannya menjadi lebih cepat dibandingkan dengan spesies kapang lainnya. Selain itu, fermentasi menggunakan kapang *Rhizopus oligosporus* mampu menghasilkan vitamin B kompleks (piridoksin, riboflavin, dan folat) yang lebih tinggi dan beberapa senyawa lainnya seperti β -karoten atau provitamin A (Sari R. K., 2023). Menurut Kovac & Raspor (1997), jamur yang memiliki banyak filamen banyak digunakan dalam produksi makanan karena mampu meningkatkan rasa makanan, nilai gizi, dan memperlambat proses pembusukan.

2.5 Rancangan Petak Terbagi

Suatu penelitian kadangkala perlu dilakukan suatu atau serangkaian Tindakan coba-coba (penelitian eksperimen) dan kadangkala hanya perlu survey dan pengumpulan data saja. Serangkaian Tindakan tersebut yang dilakukan terhadap suatu atau sekumpulan obyek yang pengaruhnya akan diselidiki disebut percobaan. Percobaan merupakan serangkaian kegiatan dimana setiap tahap dalam rangkaian benar-benar terdefiniskan untuk menentukan jawaban tentang permasalahan yang diteliti melalui pengujian hipotesis. Pola penerapan tindakan-tindakan dalam suatu percobaan pada kondisi/lingkungan tertentu yang kemudian menjadi dasar penataan dan metode analisis statistik terhadap data hasilnya disebut sebagai rancangan percobaan (Hanafiah K. A., 1991).

Rancangan Petak Terbagi atau dikenal juga dengan Rancangan Petak Terpisah/RPT (*Split Plot Design*) merupakan rancangan perlakuan dari dua jenis percobaan dengan kondisi yang sama ataupun berbeda. Rancangan petak terbagi menggunakan dua faktor di mana kedua faktor tersebut ditempatkan di petak utama dan anak petak. Apabila pengaruh utama salah satu faktor diharapkan lebih besar dan lebih mudah dilihat maka faktor tersebut dapat ditempatkan sebagai petak utama dan faktor lain sebagai anak petak (Gomez & Gomez, 1984).

Petak satuan percobaan yang ukurannya lebih besar dan di dalamnya terdapat anak-anak petak dinamakan dengan petak utama (*main plot*). Sedangkan petak satuan percobaan yang ukurannya lebih kecil dan ditempatkan secara acak dinamakan anak petak (*sub plot*) (Hanafiah D. I., 2014). Rancangan petak terbagi ini dapat berupa rancangan acak lengkap (RAL), rancangan acak kelompok (RAK), ataupun rancangan bujur sangkar latin (RBSL). Asas dasarnya adalah petak utama

(*main plot*) yang pada petak ini diterapkan taraf-taraf dari suatu faktor, dan petak utama ini dibagi-bagi menjadi anak petak (*sub plot*) tempat dikarenakan taraf-taraf dari faktor lainnya. Sehingga petak utama menjadi kelompok bagi perlakuan anak petak (Kusriningrum, 2008).

Rancangan petak terbagi (RPT) pada dasarnya digunakan bagi percobaan-percobaan yang dimaksudkan untuk menyelidiki pengaruh-pengaruh utama dan interaksi dengan derajat ketelitian yang tidak sama. Dalam hal ini, pengaruh utama salah satu faktor dan interaksinya dianggap lebih penting untuk diteliti daripada pengaruh utama faktor lainnya (Hanafiah D. I., 2014). Hanafiah K. A (1991) menyebutkan tiga kondisi pemakaian rancangan petak terbagi sebagai berikut:

1. Menurut Derajat Kepentingan Faktor-Faktor Penelitian

Jika faktor B lebih dipentingkan daripada faktor A, maka faktor B ditempatkan sebagai faktor perlakuan petak-petak bagian (*sub plot*) dan faktor A ditempatkan sebagai faktor perlakuan pada petak-petak utama (*main plot*).

Pada kondisi ini, derajat kepentingan dicirikan oleh jumlah perlakuan dari masing-masing faktor, yaitu faktor yang lebih penting mempunyai n perlakuan yang lebih besar daripada m perlakuan faktor yang kurang penting, atau boleh ada tidaknya control (tanpa perlakuan), faktor yang tidak berkontrol menunjukkan faktor yang lebih penting untuk diteliti lebih rinci daripada yang terkontrol.

2. Menurut Derajat Kemudahan Penerapan Perlakuan

Jika faktor B lebih mudah diterapkan terhadap petak-petak atau obyek penelitian daripada faktor A, maka faktor B ditempatkan sebagai faktor perlakuan

bagi petak-petak bagian (*sub plot*) dan faktor A ditempatkan sebagai faktor perlakuan bagi petak-petak utama (*main plot*).

Pada kondisi ini, jumlah faktor B dapat saja lebih sedikit atau sama dengan jumlah perlakuan faktor A, Jadi pada kondisi ini, jumlah faktor dapat tidak menunjukkan derajat kepentingan faktor faktor penelitian. Faktor-faktor penelitian yang gampang diperlakukan terhadap petak-petak atau obyek penelitian adalah faktor-faktor berupa pemberian sesuatu (faktor pemberian). Faktor-faktor penelitian yang tidak gampang atau tidak praktis untuk diperlakukan terhadap petak-petak atau obyek penelitian adalah faktor yang berupa penerapan sesuatu (faktor penerapan).

3. Kombinasi 1 dan 2

Kombinasi perlakuan 1 dan 2 merupakan dasar pertimbangan yang sebaik-baiknya bagi pemakaian rancangan petak terbagi.

2.6 Metode Indeks Efektivitas (De Garmo)

Metode indeks efektivitas (De Garmo) merupakan salah satu metode pengambilan keputusan yang digunakan untuk memilih alternatif terbaik berdasarkan beberapa kriteria yang telah ditentukan. Umumnya dalam pangan digunakan untuk penentuan perlakuan terbaik pada analisis kimia dan organoleptik. Hasil dari metode ini yaitu perlakuan yang memiliki nilai tertinggi dapat dinyatakan sebagai perlakuan terbaik, dan umumnya dapat dilanjutkan dengan analisis lainnya (Alzidan & Swasono, 2023).

Metode ini dilakukan dengan menentukan bobot nilai pada masing-masing parameter uji dengan angka relatif 0-1 yang bergantung pada tingkat kepentingan parameter uji masing-masing yang hasilnya diperoleh sebagai akibat dari

perlakuan. Semakin tinggi tingkat kepentingannya, maka semakin tinggi nilai bobot variabelnya. Setelah bobot ditentukan, maka nilai efektivitas perlakuan pada masing-masing parameter uji akan dihitung. Selanjutnya dilakukan penjumlahan nilai dari semua parameter uji per perlakuan dan dibuat perankingan untuk mengetahui jumlah nilai tertinggi hingga terendah (Kartika, et al., 2025).

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan mengenai: (3.1) Bahan dan Alat, (3.2) Metode Penelitian, (3.3) Prosedur Penelitian, dan (3.4) Jadwal Penelitian.

3.1 Bahan dan Alat

3.1.1 Bahan

Bahan yang digunakan untuk objek penelitian ini yaitu ampas dari kacang sachinchi yang didapat dari PT Sumber Rizki Rahardja Desa Cibokor Kabupaten Cianjur, ragi tempe (raprimaTM), dan tepung tapioka (*Rose Brand*TM).

Bahan yang digunakan untuk analisis penelitian ini yaitu aquadest, H₂SO₄ 0,255N (MerckTM), NaOH 0,313 N (MerckTM), K₂SO₄ 10% (MerckTM), etanol 96% (MerckTM), C₂O₂O₄ (MerckTM), indikator phenopthalien (MerckTM), NaOH 0,1 N, NaOH 30%, HCl 0,1 N (MerckTM), Na₂SO₄ (MerckTM), HgO (MerckTM), Se, batu didih, H₂SO₄ pekat (MerckTM), granula zinc, Na₂SO₃ 5% (MerckTM), methanol, pereaksi BF₃-metanol, n-heksana, dan natrium sulfat anhidrat

3.1.2 Alat

Alat yang digunakan pada proses pembuatan tempe ampas sachinchi yaitu baskom, kain tahu, panci, timbangan digital, plastik PP (*Polipropilane*), spatula, tatakan jaring, inkubator dan jarum.

Alat yang digunakan pada proses analisis yaitu neraca analitik (OHAUSTM PX224), cawan porselen, tang krus (ROFA), eksikator (Schoot Duran), oven, erlenmeyer 250 mL pyrexTM, erlenmeyer 750 mL pyrexTM, corong, kertas saring, pH meter, kawat kasa, kaki tiga, bunsen, corong, buret pyrexTM, penyangga buret, labu kjedahl, labu takar 100 mL iwakiTM, pipet seukuran pyrexTM, pipet berukuran

pyrex™, botol timbang, kertas lakmus, alat destilasi, dan *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID).

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang akan dilakukan yaitu analisis kadar air, protein, serat kasar, omega-3, omega-6, omega-9, serta pH pada ampas kacang Sacha Inchi hasil pembuatan susu mengikuti metode (AOAC, 2005). Diawali dengan proses pengukusan ampas kacang sach inchi hasil pembuatan susu dengan suhu 95-100°C selama 45 menit. Kemudian dilakukan penyangraian dengan suhu 100-120°C selama 5 menit. Kemudian *tempering* pada suhu ruang (25-27 °C) selama 10-15 menit hingga hangat kuku atau suhu ruang sebelum dilakukan proses analisis. Setelah itu sampel ampas kacang sach inchi dilakukan analisis kadar air, protein, serat kasar, omega-3, omega-6, omega-9, serta pH mengikuti metode (AOAC, 2005).

3.2.2. Penelitian Utama

Penelitian utama yang akan dilakukan yaitu pembuatan tempe ampas sach inchi dengan 3 konsentrasi ragi (0,1%, 0,3%, dan 0,5%) serta 3 waktu fermentasi yang berbeda (24 jam, 48 jam, dan 72 jam) untuk mengetahui perbandingan terhadap karakteristik kimia dan organoleptik. Pada respon kimia pengujian terdiri dari analisis kadar air, kadar protein, serat, dan pH, serta dilakukan uji organoleptik dengan metode uji mutu hedonik. Kemudian pada sampel tempe terbaik dari hasil perhitungan uji de garmo akan dilakukan uji omega-3, omega-6, dan omega-9.

3.2.3 Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan pada penelitian ini disusun menggunakan susunan Petak terbagi (*split plot*). Faktor waktu fermentasi ditempatkan sebagai petak utama (*main plot*), sedangkan konsentrasi inokulum ditempatkan sebagai anak petak (*sub plot*).

Petak utama : Faktor waktu fermentasi (A) yang terdiri dari 3 taraf yaitu:

a1 = 24 jam

a2 = 48 jam

a3 = 72 jam

Anak petak : Faktor konsentrasi inokulum (B) yang terdiri dari 3 taraf yaitu:

b1 = 0,1%

b2 = 0,3%

b3 = 0,5%

3.2.4 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) dengan dasar Rancangan Acak Kelompok (RAK) sebagai berikut.

$$Y_{ijk} = u + K_k + A_i + \delta_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan (respon) pada kelompok ke-K yang memperoleh taraf ke-I dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B.

u = Nilai rata-rata sesungguhnya.

K_k = Pengaruh aditif dari kelompok ke-K

- A_i = Pengaruh aditif dari kelompok ke-K
 δ_{ik} = Pengaruh galat yang muncul pada taraf ke-I dari faktor A dalam kelompok ke-K, sering disebut galat petak utama (galat a).
 B_j = Pengaruh aditif dari taraf ke-j faktor B.
 β_j = Pengaruh perlakuan taraf ke-j faktor konsentrasi ozon.
 $(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara taraf ke-i faktor waktu fermentasi dan taraf ke-j faktor konsentrasi inokulum.
 $(AB)_{ij}$ = Pengaruh interaksi antara taraf ke-I faktor A dan taraf ke-j faktor B
 ϵ_{ijk} = Pengaruh galat pada kelompok ke-k yang memperoleh taraf ke-I faktor A dan taraf ke-j faktor B, sering diebut sebagai galat anak petak (galat b).

Tabel 3. Model Eksperimental Interaksi Pola Faktorial (3x3) dalam Rancangan Petak Terbagi (RPT) dengan 3 Kali Ulangan

Waktu Fermentasi (A) Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) Anak Petak		
		0,1%	0,3%	0,5%
24 Jam (a1)	1	a1b1	a1b2	a1b3
	2	a1b1	a1b2	a1b3
	3	a1b1	a1b2	a1b3
Sub Total		$\sum a1b1$	$\sum a1b2$	$\sum a1b3$
Rata-Rata				

Waktu Fermentasi (A) Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) Anak Petak		
		0,1%	0,3%	0,5%
48 Jam (a ₂)	1	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃
	2	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃
	3	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃
Sub Total		$\sum a_2b_1$	$\sum a_2b_2$	$\sum a_2b_3$
Rata-Rata				
72 Jam (a ₃)	1	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃
	2	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃
	3	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃
Sub Total		$\sum a_3b_1$	$\sum a_3b_2$	$\sum a_3b_3$
Rata-Rata				
Total		$\sum a_1b_1 + \sum a_2b_1 + \sum a_3b_1$	$\sum a_1b_2 + \sum a_2b_2 + \sum a_3b_2$	$\sum a_1b_3 + \sum a_2b_3 + \sum a_3b_3$
Rata-Rata				
Kelompok		1	2	3
Total				

(Sumber : Gesperz, 1995 yang dimodifikasi)

Rancangan percobaan dilakukan dengan tiga kali ulangan sehingga diperoleh 27 plot percobaan (anak petak). Penelitian ini menggunakan 2 faktor, yaitu waktu fermentasi (a) sebagai petak utama (*main plot*) dan konsentrasi inokulum (b) sebagai anak petak (*sub plot*). Berdasarkan rancangan di atas dapat

disusun denah tata letak (*layout*) percobaan split plot 3x3 dengan 3 kali ulangan sebagai berikut.

Tabel 4. Layout Percobaan dalam Rancangan Petak Terbagi (RPT)

Kelompok Ulangan I

a1		
b1	b3	b2

a2		
b2	b3	b1

a3		
b2	b1	b3

Kelompok Ulangan II

a1		
b3	b1	b2

a2		
b1	b3	b2

a3		
b2	b1	b3

Kelompok Ulangan III

a1		
b1	b3	b2

a2		
b3	b2	b1

a3		
b1	b2	b3

3.2.5 Rancangan Analisis

Berdasarkan rancangan percobaan maka dapat dibuat analisis variansi (ANOVA) untuk mendapatkan kesimpulan mengenai pengaruh perlakuan seperti pada tabel berikut:

Tabel 5. Daftar Analisis Sidik Ragam Rancangan Petak Terbagi

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
PETAK UTAMA (MAIN PLOT)				
Kelompok	r-1	JK(K)	JKK/(r-1)	-
Faktor A (Waktu Fermentasi)	a-1	JK(A)	JK(A)/(a-1)	KT(A)/KT (Galat a)

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F hitung
PETAK UTAMA (MAIN PLOT)				
Galat a (Galat Waktu Fermentasi)	$(a-1)(r-1)$	JKG(a)	$JK(\text{Galat a})/(a-1)(r-1)$	-
ANAK PETAK (SUB PLOT)				
Faktor B (Konsentrasi Inokulum)	b-1	JK(B)	$JK(B)/(b-1)$	$KT(B)/KT(\text{Galat b})$
Interaksi (AB)	$(a-1)(b-1)$	JK(AB)	$JK(AB)/(a-1)(b-1)$	$KT(AB)/KT(\text{Galat b})$
Galat b (Galat Konsentrasi Inokulum)	$a(r-1)(b-1)$	JKG(b)	$JK(\text{Galat b})/a(r-1)(b-1)$	-
Total	abr-1	JKT	-	-

(Sumber: Gesperz, 1995 yang dimodifikasi)

Selanjutnya ditemukan hipotesis yang diterima, yaitu:

1. Jika $F_{hitung} \leq F_{tabel}$ pada taraf 5% atau $Sig (P\text{-Value}) > 0,05$ maka tidak ada pengaruh nyata antara setiap perlakuan, artinya perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap karakteristik fisikokimia dan Organoleptik tempe ampas sacha inchi, maka hipotesis ditolak.
2. Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$ pada taraf 5% atau $Sig (P\text{-Value}) < 0,05$ maka terdapat pengaruh nyata dari setiap perlakuan, artinya perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia dan Organoleptik tempe ampas sacha inchi yang dihasilkan sehingga perlu dilakukan analisis lanjut LSD untuk melihat perbedaan antara perlakuan dari masing-masing perlakuan pada taraf 5%.

3.2.6 Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada penelitian tempe ampas sachinchi terdiri dari respon kimia dan organoleptik.

3.2.6.1 Respon Kimia

Analisis respon kimia terhadap produk tempe ampas sachinchi yaitu analisis kadar air (Gravimetri), kadar protein (Kjedahl), kadar serat kasar, pH, omega-3, omega-6, dan omega-9 (AOAC, 2005).

3.2.6.2 Respon Organoleptik

Analisis respon organoleptik terhadap produk tempe ampas sachinchi yaitu uji mutu hedonik. Tujuan uji ini yaitu untuk menyatakan kesan baik atau buruk panelis terhadap tempe ampas sachinchi yang dilakukan oleh 30 orang panelis (Garnida, 2020).

3.2.7 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

Menurut Kartika, et al. (2025) Penentuan perlakuan Terbaik dilakukan dengan menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo untuk menentukan alternatif terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Metode ini dilakukan dengan menentukan bobot nilai (0-1) dan arah normalitas (tinggi atau rendah) dari masing-masing perlakuan. Kemudian nilai efektivitas akan dihitung berdasarkan bobot dan arah normalitas yang telah ditentukan. Langkah terakhir adalah menghitung nilai hasil dari masing-masing perlakuan yang kemudian dijumlahkan dan dibuat perankingan. Dimana perlakuan yang memiliki nilai tertinggi dapat dinyatakan sebagai perlakuan terbaik dan dapat dilanjutkan untuk analisis lanjutan. Berikut rumus yang digunakan pada metode indeks efektivitas:

Bobot Normal:

$$BN = \frac{BV}{\sum BV}$$

Nilai Efektivitas (Arah Normalitas Rendah):

$$NE = \frac{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Perlakuan}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}$$

Nilai Efektivitas (Arah Normalitas Tinggi):

$$NE = \frac{\text{Nilai Perlakuan} - \text{Nilai Terendah}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}$$

Nilai Hasil:

$$\text{Nilai Hasil} = \text{Bobot Nilai} \times \text{Nilai Efektivitas}$$

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan, meliputi:

1. Pengukusan

Perebusan ampas kacang sachinchi dengan suhu 95-100°C selama 45 menit dilakukan untuk mengurangi adanya mikroba liar atau kontaminasi dari proses sebelumnya, mengurangi bau langu, serta membuka pori-pori ampas agar lebih mudah bagi miselium untuk menyebar

2. Penyangraian

Penyangraian ampas kacang sachinchi dengan suhu 100-120°C selama 5 menit dilakukan untuk mengurangi kadar air sebelum dilakukan pemberian inokulum agar sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan kapang.

3. *Tempering*

Tempering dilakukan pada suhu ruang (25-27°C) selama 10-15 menit untuk menurunkan suhu sebelum dilakukan proses inokulasi.

4. Inokulasi

Ampas kacang sachinchi dilakukan proses penginokulasian dengan perbandingan konsentrasi ragi tempe dan tepung tapioka sebesar 1:2 dengan variasi konsentrasi inokulum yaitu 0,1% (a1), 0,3% (a2), dan 0,5% (a3).

5. Pembungkusan

Ampas kacang sachinchi yang telah diinokulasi, kemudian masing masing dimasukkan kedalam kemasan plastik PP (*polipropilane*) yang telah dilubangi.

6. Fermentasi

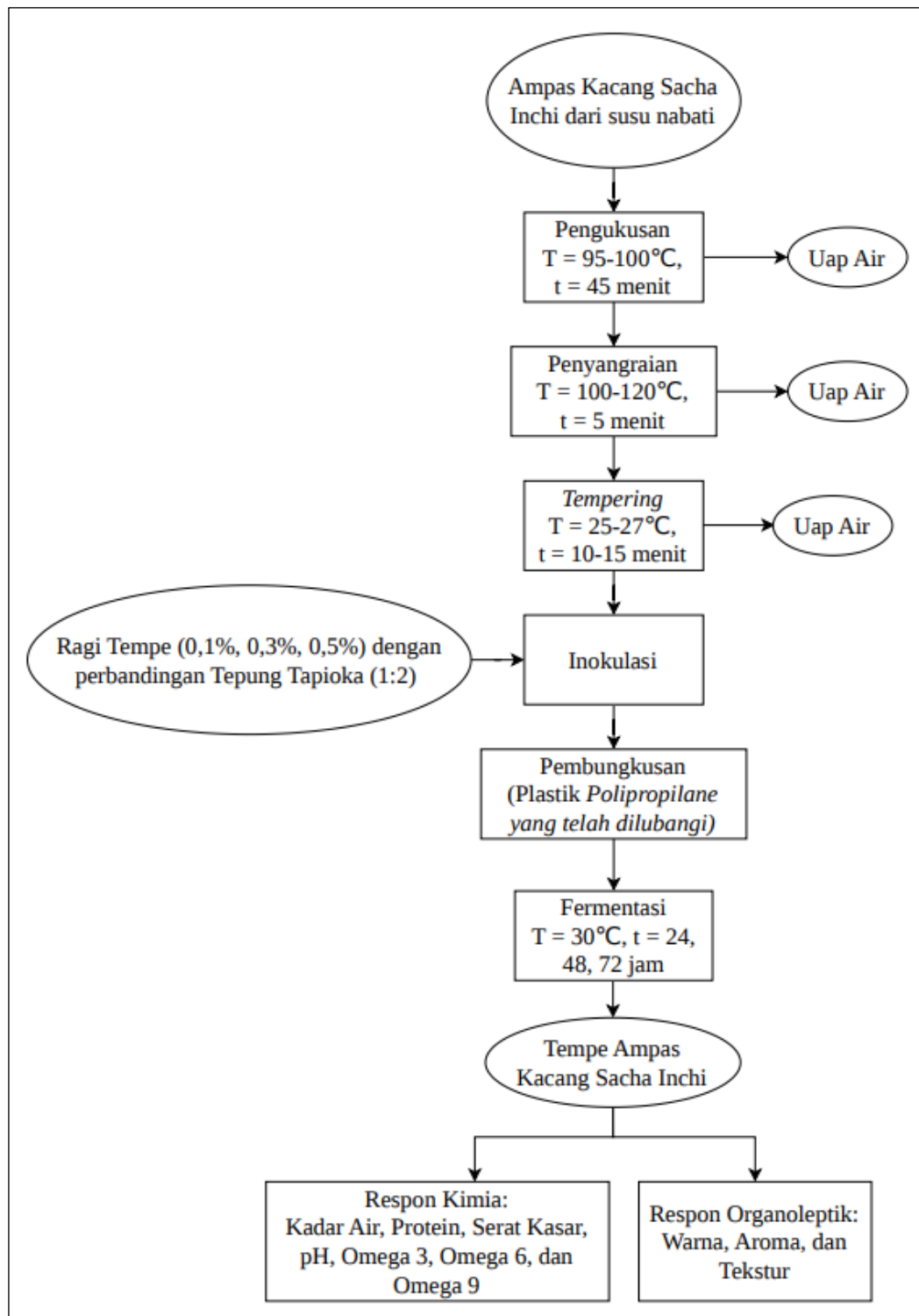
Dilakukan proses fermentasi dengan berbagai variasi waktu yaitu 24 jam (b1), 48 jam (b2), dan 72 jam (b3) dengan suhu 30°C.

7. Analisis Kimia

Masing-masing sampel tempe ampas sachinchi dilakukan pengujian analisis kimia.

8. Analisis Organoleptik

Masing-masing sampel tempe ampas sachinchi dilakukan pengujian analisis organoleptik.



Gambar 4. Diagram Alir Prosedur Penelitian (Isdiana (2023) serta Ratnajunita, Nazaruddin, & Amaro (2024) yang telah dimodifikasi)

3.4 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 6. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	2026							
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu
1.	Penentuan Topik dan Judul Penelitian								
2.	Penulisan Proposal Usulan Penelitian								
3.	Proses Bimbingan								
4.	Seminar Usulan Penelitian								
5.	Pelaksanaan Penelitian								
6.	Pengolahan Data Hasil Penelitian dan Penyusunan Tugas Akhir								
7.	Proses Bimbingan								
8.	Sidang Tugas Akhir								

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan mengenai: (4.1) Hasil Penelitian Pendahuluan, (4.2) Hasil Penelitian Utama, dan (4.3) Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

4.1 Hasil Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kadar air, protein, serat kasar, omega-3, omega-6, omega-9, dan pH pada ampas kacang sachinchi hasil pembuatan susu yang akan digunakan pada pembuatan tempe ampas sachinchi. Hasil penelitian pendahuluan dijadikan sebagai dasar kandungan pada substrat untuk pembuatan tempe ampas sachinchi.

4.1.1 Kadar Air

Analisis kadar air menggunakan metode gravimetri dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terdapat pada ampas kacang sachinchi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe ampas sachinchi.

Tabel 7. Kadar Air (%) Ampas Sachinchi

Sampel	Kadar Air (%)
Ampas Kacang Sachinchi	59,12

Data hasil perhitungan analisis bahan baku berdasarkan lampiran 11 didapat bahwa ampas kacang sachinchi mengandung kadar air sebesar 59,12%. Hasil tersebut sesuai dengan teori Gandjar & Slamet (1972) bahwa untuk memperoleh tempe gembus yang baik, ampas tahu (ampas kedelai) perlu diperas hingga kadar airnya tidak melebihi 85%. Hal tersebut menunjukkan bahwa ampas kacang sachinchi sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan tempe

ampas karena memiliki kadar air yang optimum yang dibutuhkan Kapang *Rhizopus sp.*.

4.1.2 Kadar Protein

Analisis kadar protein menggunakan metode kjedahl dilakukan untuk mengetahui kadar protein yang terdapat pada ampas kacang sachinchi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe ampas sachinchi.

Tabel 8. Kadar Protein (%) Ampas Sachinchi

Sampel	Kadar Protein (%)
Ampas Kacang Sachinchi	8,92

Data hasil perhitungan analisis bahan baku berdasarkan lampiran 12 didapat bahwa ampas kacang sachinchi mengandung kadar protein sebesar 8,92%. Hasil tersebut merupakan angka yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kadar protein pada ampas kedelai (Amaro, Ariyana, Rahayu, Handayani, & Nazaruddin, 2023). Walaupun kadar protein pada ampas kacang sachinchi menurun secara drastis dibandingkan dengan kadar protein pada kacangnya sekitar 24,20-33,30g, tetapi ampas kacang sachinchi masih memiliki potensi untuk diolah kembali menjadi pangan dengan nilai gizi (Rodzi & Lee, 2022).

4.1.3 Kadar Serat Kasar

Analisis kadar serat kasar menggunakan metode gravimetri dilakukan untuk mengetahui kadar serat kasar yang terdapat pada ampas kacang sachinchi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe ampas sachinchi.

Tabel 9. Kadar Serat Kasar (%) Ampas Sacha Inchi

Sampel	Kadar Serat Kasar (%)
Ampas Kacang Sacha Inchi	5,89

Data hasil perhitungan analisis bahan baku berdasarkan lampiran 13 didapat bahwa ampas kacang sachu inchi mengandung kadar serat kasar sebesar 5,89%. Menurut Amaro et al. (2023) dalam kegiatan pelatihan pembuatan ampas tahu menyatakan bahwa ampas tahu (kedelai) masih memiliki nilai gizi yang cukup tinggi, diantaranya mengandung serat kasar sebesar 4,1 gram per 100 gram bahan. Berdasarkan teori tersebut, ampas kacang sachu inchi memiliki kadar serat kasar sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan ampas tahu.

4.1.4 Nilai pH

Analisis nilai pH menggunakan pH meter dilakukan untuk mengetahui nilai pH yang terdapat pada ampas kacang sachu inchi yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan tempe ampas sachu inchi.

Tabel 10. Nilai pH Ampas Sacha Inchi

Sampel	Nilai pH
Ampas Kacang Sacha Inchi	6,62

Data hasil perhitungan analisis bahan baku dengan pH meter didapat bahwa ampas kacang sachu inchi memiliki nilai pH 6,62. Secara teori kapang memiliki pH optimum untuk tumbuh pada pH 5-7, walaupun masih dapat hidup pada pH 3-8,5. *Rhizopus oligosporus* ataupun *Rhizopus orizae* merupakan jamur atau kapang yang digunakan pada pembuatan tempe, sehingga memerlukan substrat dengan pH yang sesuai (Fardiaz, 1992). Sehingga ampas kacang sachu inchi dapat dijadikan sebagai

substrat dalam pembuatan tempe karena berada pada pH optimum pertumbuhan kapang.

4.1.5 Asam Lemak Omega

Analisis kandungan Omega-3, omega-6, dan omega-9 menggunakan kromatografi gas dengan detektor ionisasi nyala atau *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* untuk mengetahui kandungan omega-3, omega-6, dan omega-9 pada ampas kacang sachinchi.

Tabel 11. Asam Lemak Omega (3, 6, 9)

Parameter	Hasil (mg/100g)
Asam Lemak Omega 3	13087,05
Asam Lemak Omega 6	9275,85
Asam Lemak Omega 9	1816,3

Data hasil perhitungan analisis bahan baku dengan *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* didapat bahwa ampas kacang sachinchi memiliki kandungan asam lemak omega-3 sebesar 13087,05 mg/100g, omega-6 sebesar 9275,85 mg/100g, dan omega-9 sebesar 1.816,3 mg/100g. Secara teori asam lemak omega-3, omega-6, dan omega-9 pada ampas kacang sachinchi masih tergolong tinggi jika dibandingkan dengan yang ada pada kacangnya dengan omega-3 sebesar 12,8-47,04%, omega-6 sebesar 12,4-34,98%, dan omega-9 sebesar 3,5-4,7% (Rodzi & Lee, 2022). Hal tersebut dapat terjadi karena ampas kacang sachinchi yang digunakan merupakan hasil pembuatan susu seperti halnya okara dari kacang kedelai, biasanya ampas seperti itu masih mengandung kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan ampas hasil pengepresan minyak atau bungkil.

4.2 Hasil Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan pengamatan terkait pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap tempe ampas kacang sachinchi yang kemudian dilakukan analisis secara kimia meliputi kadar air, kadar protein, kadar serat, dan nilai pH. Serta secara organoleptik dengan atribut, warna, aroma, serta tekstur. Kemudian setelah didapat data dari analisis kimia dan organoleptik, dilakukan pengambilan sampel terbaik untuk dilakukan uji omega-3, omega-6, dan omega-9 menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo.

4.2.1 Analisis Kimia

4.2.1.1 Analisis Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter kimia yang digunakan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam suatu bahan yang nantinya akan mempengaruhi pertumbuhan kapang serta tempe yang dihasilkan. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A) dan perlakuan konsentrasi inokulum (B) berpengaruh terhadap kadar air tempe ampas sachinchi sehingga dilanjutkan pada uji LSD, akan tetapi interaksinya (AB) tidak berpengaruh pada kadar air tempe ampas sachinchi sehingga tidak dilanjutkan pada uji lanjut LSD.

Tabel 12. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Air (%)

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Air (%)	Taraf Nyata 5%
a3 (72 Jam)	54,55 ± 0,22	a
a2 (48 Jam)	56,00 ± 0,26	b
a1 (24 Jam)	57,81 ± 0,43	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD

Tabel 13. Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Air (%)

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Air (%)	Taraf Nyata 5%
b3 (0,5%)	55,62 $\pm$ 0,30	a
b2 (0,3%)	56,09 $\pm$ 0,38	b
b1 (0,1%)	56,64 $\pm$ 0,26	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Tabel 12 menunjukkan bahwa faktor waktu fermentasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air pada tempe ampas sachinchi, dimana pada perlakuan 72 jam secara nyata memiliki rata-rata kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan 24 jam. Berbeda dengan faktor konsentrasi inokulum pada tabel 13 yang menunjukkan perbedaan yang signifikan walaupun tidak terlalu jauh antar perlakuannya. Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, dapat diketahui bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi inokulum, maka kadar air akan semakin menurun. Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap kadar air. Dimana ketiga garis tersebut landai dan tidak menunjukkan perpotongan di sepanjang taraf konsentrasi inokulum, hal tersebut mendukung hasil ANAVA yang menyatakan bahwa interaksi antara faktor A dan faktor B tidak berpengaruh nyata karena tidak adanya perubahan arah seiring perubahan konsentrasi inokulum

Berdasarkan tabel 13 semakin tinggi konsentrasi inokulum yang digunakan, maka kadar air pada tempe ampas sachinchi semakin menurun. Hal tersebut disebabkan adanya perubahan metabolisme yang berlangsung selama proses

fermentasi, yang mengubah senyawa makromolekul menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selain itu peningkatan konsentrasi inokulum selama proses fermentasi pada tempe memicu pertumbuhan kapang yang lebih cepat. Aktivitas metabolisme kapang tersebut menghasilkan panas, sehingga suhu fermentasi dapat meningkat. Suhu yang tinggi menyebabkan laju penguapan air pada tempe melalui pori-pori kemasan semakin cepat (Budjang, Bait, & Engelen, 2025). Ketika semakin meningkatnya suhu, maka mikroorganisme akan bekerja lebih cepat sehingga akan memanfaatkan nutrisi dan air yang ada untuk digunakan pada proses perombakan senyawa kompleks menjadi lebih sederhana (Fauziah, Supriadin, & Junitasari, 2022).

Penurunan kadar air juga dapat disebabkan oleh penguapan air bebas karena memiliki mobilitas yang lebih tinggi, sehingga lebih mudah menguap. Adanya aktivitas enzimatis selama fermentasi yang dihasilkan kapang akan menghidrolisis karbohidrat, protein, dan komponen penyusun lainnya. Proses hidrolisis tersebut dapat mengurangi substrat dalam mengikat air, sehingga sebagian air yang semula terikat menjadi lebih mudah bergerak (Budjang, Bait, & Engelen, 2025).

Semakin lama waktu fermentasi berlangsung, maka pertumbuhan kapang *Rhizopus oligosporus* akan semakin berkembang, sehingga aktivitas enzimatis dan respirasi mikroba meningkat. Aktivitas tersebut memanfaatkan komponen organik sebagai sumber energi sekaligus menghasilkan panas metabolik yang dapat mempercepat penguapan air dari substrat. Selain itu, degradasi komponen penyusun selama fermentasi dapat menyebabkan perubahan struktur fisik substrat, sehingga kemampuan dalam mengikat air berkurang. Hal tersebut seringkali dijumpai pada

fermentasi okara, di mana proses fermentasi menyebabkan perubahan karakteristik fisikokimia bahan akibat biomassa kapang dan metaboliknya (Farniga, Pinsirodom, & Wattanachaisaereekul, 2026).

Teori tersebut didukung oleh karakteristik fermentasi padat (Solid-State Fermentation), yaitu fermentasi dengan kandungan air yang terbatas sehingga kehilangan air akibat evaporasi dan pertukaran uap air dengan lingkungan lebih mudah terjadi selama proses fermentasi. Adanya penguapan tersebut menyebabkan penurunan kadar air apabila fermentasi berlangsung lebih lama, bahkan pada beberapa sistem fermentasi padat diperlukan penambahan air untuk mempertahankan kelembapan optimum media (Christo & Sutedja, 2024).

4.2.1.2 Analisis Kadar Protein

Kadar protein yang dilakukan dengan metode kjedahl merupakan kadar protein protein yang dihitung melalui pengukuran total nitrogen organik, dengan prinsip bahwa semua protein mengandung nitrogen dalam jumlah yang relatif konstan. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANAVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A), konsentrasi inokulum (B), dan interaksinya (AB) berpengaruh terhadap kadar air, sehingga dilanjutkan pada uji lanjut LSD dan uji dua arah.

Tabel 14. Dua Arah Untuk Pengaruh Waktu Fermentasi dan Konsentrasi Inokulum Terhadap Kadar Protein (%)

Waktu Fermentasi (A)	Konsentrasi Inokulum (B) (%)					
	b1 (0,1%)		b2 (0,3%)		b3 (0,5%)	
a1 (24 jam)	9,022 ± 0,16	B	8,657 ± 0,09	C	8,256 ± 0,07	C
	c		b		a	
a2 (48 jam)	8,937 ± 0,04	B	8,497 ± 0,07	B	7,944 ± 0,02	B
	c		b		a	
a3 (72 jam)	8,581 ± 0,11	A	7,828 ± 0,08	A	6,839 ± 0,011	A
	c		b		a	

Keterangan: Setiap nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda menyatakan perbedaan nyata menurut uji LSD pada taraf nyata 5% (huruf kecil dibaca horizontal, sedangkan huruf besar dibaca vertikal).

Data pada tabel 14 menunjukkan bahwa faktor waktu fermentasi (A), konsentrasi inokulum (B) dan interaksi keduanya (AB) berpengaruh signifikan terhadap kadar protein tempe ampas sacha inchi. Berdasarkan uji lanjut tersebut, kadar protein cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi dan meningkatnya konsentrasi inokulum. Pada konsentrasi inokulum 0,3% terlihat bahwa kadar protein menurun secara nyata dari 8,657% pada fermentasi 24 jam hingga 7,828% pada fermentasi 72 jam. Pola yang sama juga terlihat pada konsentrasi inokulum 0,5%. Pada setiap waktu fermentasi, peningkatan konsentrasi inokulum dari 0,1% hingga 0,5% juga menghasilkan penurunan kadar protein yang berbeda nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar protein dipengaruhi oleh konsentrasi inokulum yang digunakan, sehingga kedua faktor bekerja secara sinergis dalam

menentukan kadar protein tempe ampas sacha inchi. Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap kadar protein.

Semakin lama waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi inokulum, maka kadar protein semakin menurun. Hal tersebut disebabkan selama proses fermentasi, mikroorganisme menghasilkan enzim protease yang berfungsi memecah protein menjadi pepton, peptida dan asam amino bebas, serta menghasilkan senyawa-senyawa seperti amonia (NH_3) dan nitrogen. Semakin banyak nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan kapang sehingga kadar protein akan semakin menurun (Tahir, Bait, & Mutsyahidan, 2025).

Hal ini didukung oleh Yulia et al. (2019) yang menjelaskan bahwa senyawa-senyawa kompleks protein dipecah oleh kapang aktif selama proses fermentasi. Enzim protease yang memiliki kemampuan untuk mengubah molekul protein kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Protein akan dipecah oleh enzim protease menjadi peptida dan seterusnya hingga akhirnya menjadi senyawa NH_3 atau NH_2 , yang akan hilang saat penguapan terjadi. Saat fermentasi berlangsung lebih dari 24 jam, proses pematangan terjadi, sehingga mengurangi jumlah enzim protease yang diproduksi ragi. Penurunan kadar protein juga diakibatkan adanya degradasi lanjut dari protein.

Ketika konsentrasi dinaikkan, maka kebutuhan akan nitrogen untuk mendukung pertumbuhan kapang pun ikut bertambah. Hal tersebut dikarenakan ragi membutuhkan nitrogen sebagai salah satu nutrisi penting untuk pertumbuhannya. Semakin tinggi konsentrasi, maka kadar protein terlarut akan

menurun (Budjang, Bait, & Engelen, 2025). Pendapat tersebut sejalan dengan pernyataan Hortalugung et al. (2016) bahwa semakin banyak ragi yang ditambahkan, semakin banyak pula kapang yang tumbuh. Akibatnya, kandungan protein tempe akan berkurang karena kapang *Rhizopus* menggunakan protein tersebut sebagai sumber energi. Selama proses fermentasi, kapang menghasilkan enzim protease yang menghidrolisis ikatan peptida pada protein serta senyawa peptida lainnya menjadi asam amino bebas.

Menurut Deliani (2008) penyebab terjadinya penurunan kadar protein akibat fermentasi adalah jamur *Rhizopus oligosporus* yang bersifat proteolitik yang berperan penting dalam pemutusan protein. Jamur akan mendegradasi protein selama fermentasi menjadi peptida dan seterusnya hingga menjadi NH_3 dan N_2 yang hilang melalui penguapan. Dengan demikian semakin lama fermentasi, maka semakin lama kesempatan jamur dalam mendegradasi protein, sehingga protein yang terdegradasi pun semakin banyak menyebabkan protein menurun. Hal tersebut dikarenakan semakin lama waktu fermentasi, karbohidrat tidak lagi mencukupi kebutuhan energi kapang, sehingga protein dan asam amino dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif melalui aktivitas proteolitik lanjut (Yulia, Hidayat, Amin, & Sholihati, 2019).

Penurunan kadar protein pun dapat terjadi karena ukuran substrat atau bahan yang digunakan. Semakin kecil ukuran bahan dapat memperluas permukaan sehingga enzim protease yang dihasilkan oleh kapang *Rhizopus oligosporus* lebih mudah mengakses dan menghidrolisis protein yang ada dalam bahan. Protein kompleks akan dipecah menjadi peptida dan asam amino, yang kemudian sebagian

hasil hidrolisis tersebut dimanfaatkan oleh kapang untuk pertumbuhan, pembentukan biomassa, dan aktivitas metabolisme. Akibatnya, semakin lama proses fermentasi maka jumlah protein yang tersisa dalam bahan dapat menurun sehingga kadar protein terukur menjadi lebih rendah (Fathiati, Basuki, & Yasa, 2025).

4.2.1.3 Analisis Kadar Serat Kasar

Serat kasar merupakan himpunan serat (residu selulosa dan lignin) yang tidak dapat dicerna oleh tubuh karena pada dasarnya manusia tidak mempunyai enzim selulase, tetapi serat kasar ini dapat berfungsi untuk mencegah dialaminya konstipasi dan mengencerkan zat-zat beracun. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANOVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A) dan perlakuan konsentrasi inokulum (B) berpengaruh terhadap kadar serat kasar tempe ampas sacha inchi sehingga dilanjutkan pada uji LSD, akan tetapi interaksinya (AB) tidak berpengaruh pada kadar serat kasar tempe ampas sacha inchi sehingga tidak dilanjutkan pada uji lanjut LSD.

Tabel 15. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Serat Kasar (%)

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Serat Kasar (%)	Taraf Nyata 5%
a1 (24 Jam)	6,44 ± 0,05	a
a2 (48 Jam)	7,46 ± 0,05	b
a3 (72 Jam)	8,46 ± 0,05	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Tabel 16. Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Pada Kadar Serat Kasar (%)

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Serat Kasar (%)	Taraf Nyata 5%
b1 (0,1%)	7,06 ± 0,05	a
b2 (0,3%)	7,44 ± 0,05	b
b3 (0,5%)	7,86 ± 0,04	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Data pada tabel 15 menunjukkan bahwa waktu fermentasi berpengaruh signifikan terhadap kadar serat kasar tempe ampas sacha inchi. Rata-rata kadar serat semakin meningkat dari 6,44% pada waktu fermentasi 24 jam (A1) hingga mencapai nilai terbesar 8,46% pada waktu fermentasi 72 jam (A3). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi yang diberikan, maka kadar serat kasar semakin meningkat. Kemudian data pada tabel 16 juga menunjukkan bahwa konsentrasi inokulum berpengaruh signifikan terhadap kadar serat kasar, dimana pada perlakuan konsentrasi inokulum 0,1% memiliki rata-rata kadar serat kasar sebesar 7,06% dan terus meningkat hingga 7,86% pada konsentrasi inokulum 0,5%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi inokulum, diikuti dengan adanya peningkatan kadar serat kasar. Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap kadar serat kasar.

Berdasarkan tabel 16 menunjukkan nilai serat kasar pada atempe ampas kacang sacha inchi dengan konsentrasi inokulum yang berbeda menunjukkan nilai

serat kasar meningkat. Hal tersebut disebabkan oleh pertumbuhan kapang *Rhizopus oligosporus* selama proses fermentasi, yang menghasilkan miselium yang semakin padat seiring berjalannya waktu. Peningkatan konsentrasi inokulum menyebabkan peningkatan jumlah miselia kapang *Rhizopus sp.* yang merupakan komponen utama penyusun serat kasar pada tempe (Budjang, Bait, & Engelen, 2025).

Temuan ini sesuai dengan penelitian Dewi et al. (2013) yang menunjukkan bahwa dinding sel jamur pada tempe sebagian besar terbuat dari polisakarida. Semakin banyak jamur yang tumbuh, maka semakin banyak pula kandungan serat dalam tempe. Penelitian oleh Kurniati et al. (2017) juga mendukung hasil tersebut, di mana proses fermentasi yang dilakukan oleh *Rhizopus* berperan dalam meningkatkan kadar serat kasar pada tempe. Peningkatan jumlah miselia dari *Rhizopus oligosporus* selama proses fermentasi berkontribusi terhadap peningkatan kadar serat kasar tersebut

Kasmidjo (1990) menyatakan bahwa akibat dari pengolahan kedelai menjadi tempe, kadar nitrogen dan kadar selulosa meningkat. Selama 0-50 jam fermentasi tempe, pertumbuhan *Rhizopus sp.* terus meningkat dengan menghasilkan miselia pada permukaan biji kedelai yang semakin lama semakin lebat sehingga membentuk massa tempe yang lebih kompak. Peningkatan jumlah miselia yang dibentuk oleh *Rhizopus sp.* selama proses fermentasi tempe mengindikasikan kenaikan serat kasar tempe. Miselia tersusun dari hifa yang mengandung protoplasma dan dilapisi dinding sel. Komponen dinding sel hida adalah selulosa dan kitin. Telah diketahui bahwa selulosa merupakan salah satu komponen penyusun serat kasar, oleh karena itu semakin lama fermentasi, maka

semakin banyak miselia yang terbentuk dari hifa, maka semakin banyak pula jumlah selulosa sehingga semakin tinggi kadar serat kasarnya.

4.2.1.4 Nilai pH

Nilai pH pada produk tempe memainkan peran penting dalam mengatur pertumbuhan mikroorganisme selama proses fermentasi. Terutama membantu mengendalikan pertumbuhan pathogen berbahaya dan organisme yang dapat merusak makanan. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANAVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A), konsentrasi inokulum (B), dan interaksinya (AB) berpengaruh terhadap kadar air, sehingga dilanjutkan pada uji lanjut LSD dan uji dua arah.

Tabel 17. Dua Arah Untuk Waku Fermentasi dan Konsentrasi Inokulum Terhadap Nilai pH

Waktu Fermentasi (A)	Konsentrasi Inokulum (B) (%)					
	b1 (0,1%)		b2 (0,3%)		b3 (0,5%)	
a1 (24 jam)	5,610 ± 0,04	A	5,740 ± 0,02	A	6,070 ± 0,03	A
	a		b		c	
a2 (48 jam)	5,767 ± 0,03	A	5,917 ± 0,03	A	6,263 ± 0,14	A
	a		b		c	
a3 (72 jam)	6,450 ± 0,17	B	6,713 ± 0,26	B	6,863 ± 0,25	B
	a		b		c	

Keterangan: Setiap nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda menyatakan perbedaan nyata menurut uji LSD pada taraf nyata 5% (huruf kecil dibaca horizontal, sedangkan huruf besar dibaca vertikal).

Data pada tabel 17 menunjukkan pada fermentasi selama 24 jam (A1) nilai pH meningkat terus menerus seiring bertambahnya konsentrasi inokulum, yaitu dari 5,610 pada konsentrasi inokulum 0,1% (B1) hingga 6,070 pada konsentrasi inokulum 0,5% (B3). Pola yang sama juga terlihat pada fermentasi selama 48 jam (A2) dan 72 jam (B3). Hasil uji lanjut juga menunjukkan bahwa berdasarkan konsentrasi inokulum pada fermentasi selama 24 jam dan 42 jam, keduanya tidak signifikan terhadap nilai pH. Namun, fermentasi selama 72 jam menunjukkan perlakuan yang signifikan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan waktu fermentasi hingga 72 jam memberikan kenaikan pH yang lebih nyata. Semakin tinggi konsentrasi inokulum yang digunakan, nilai pH cenderung meningkat pada setiap waktu fermentasi. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum dalam mempengaruhi nilai pH tempe ampas sacha inchi. Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap nilai pH.

Semakin lama waktu fermentasi dan semakin tinggi konsentrasi inokulum, maka nilai pH semakin meningkat. Namun, sebelum peningkatan tersebut, nilai pH mengalami penurunan terlebih dahulu pada waktu fermentasi 24 jam (A1) jika dibandingkan pada penelitian pendahuluan ampas kacang sacha inchi dengan nilai pH 6,62. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan aktivitas bakteri asam laktat (BAL) yang menghasilkan asam selama proses fermentasi, sekaligus berfungsi menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. Pertumbuhan bakteri asam laktat dan juga jamur *Rhizopus oligosporus* pada tempe menyebabkan produksi asam laktat selama fermentasi sehingga menyebabkan pH menjadi lebih

asam (Yarlina, Nabilah, Zaida, Nurhasanah, & Lani, 2024). Hal tersebut didukung oleh Tahir et al. (2025) yang menyatakan bahwa adanya aktivitas enzim protease yang dapat menguraikan protein menjadi lebih mudah larut dalam air, menyebabkan nitrogen terlarut meningkat dan pH dari produk pun menjadi lebih asam.

Berdasarkan pada grafik pada gambar 8, menunjukkan nilai pH yang meningkat seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi dari 24 jam hingga 72 jam. Nilai pH dapat meningkat karena proliferasi jamur yang mengeluarkan enzim protease selama fermentasi. Enzim protease yang dikeluarkan oleh jamur akan memecah protein sehingga pH meningkat. Selain itu, peningkatan nilai pH ini dapat dikaitkan dengan adanya produksi amonia selama proses fermentasi, yang dihasilkan dari metabolisme protein oleh jamur. Sintesis amonia tersebut berkontribusi dalam proses alkali pada fase fermentasi tempe, serta amonia juga menginduksi penuaan tempe (Yarlina, Nabilah, Zaida, Nurhasanah, & Lani, 2024).

Penelitian oleh Rahayu et al. (2019) juga mendukung hasil tersebut, bahwa pada fermentasi tempe kedelai dengan *Rhizopus oligosorus* hingga 160 jam terjadi kenaikan pH dari 5,0 menjadi 7,5. Peningkatan tersebut terjadi karena aktivitas protease yang dihasilkan selama fermentasi tempe sehingga menyebabkan degradasi protein semakin meningkat dan pH naik. Produk hasil degradasi protein dapat berupa peptida dan asam amino. Sebagian asam amino tersebut kemudian dimanfaatkan untuk pertumbuhan kapang, sedangkan sebagian lainnya mengalami deaminasi yang menghasilkan senyawa basa seperti amonia, sehingga menyebabkan kenaikan nilai pH.

4.2.2 Uji Organoleptik

4.2.2.1 Atribut Warna

Warna dari tempe merupakan salah satu atribut penting yang menunjukkan kualitas dari tempe yang dihasilkan. Tempe dikatakan memiliki mutu fisik jika sudah memenuhi ciri-ciri tertentu, salah satunya berwarna putih. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANAVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A) berpengaruh terhadap atribut warna tempe ampas sachet inchi sehingga dilanjutkan pada uji LSD, akan tetapi perlakuan konsentrasi inokulum (B) dan interaksi keduanya (AB) tidak berpengaruh pada atribut warna tempe ampas sachet inchi sehingga tidak dilanjutkan pada uji lanjut LSD.

Tabel 18. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Warna

Perlakuan	Rata-Rata Atribut Warna	Taraf Nyata 5%
a1 (24 Jam)	3,50 ± 0,05	a
a2 (48 Jam)	4,12 ± 0,07	a
a3 (72 Jam)	4,52 ± 0,08	b

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Berdasarkan tabel 19 didapat bahwa perlakuan waktu fermentasi (A) memberikan pengaruh signifikan terhadap mutu warna tempe ampas sachet inchi. Nilai rata-rata pada atribut warna menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi, yaitu 3,50 pada fermentasi 24 jam (a1) hingga 4,52 pada fermentasi 72 jam (a3). Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan 24 jam (a1) dan 48 jam (a2), keduanya tidak berbeda nyata, sedangkan pada perlakuan 72 jam (a3) berbeda nyata. Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap atribut warna.

Warna pada tempe dipengaruhi oleh warna miselium kapang yang berperan dalam proses fermentasi ampas susu kacang sachinchi. Spesies kapang yang terdapat dalam ragi pada pembuatan tempe yaitu *Rhizopus oligosporu*, yang memiliki warna bervariasi dari putih hingga abu-abu kekuningan (Budjang, Bait, & Engelen, 2025). Hal tersebut sejalan dengan pendapat Winanti et al. (2014) yang menyatakan bahwa pembentukan warna putih pada tempe sangat dipengaruhi oleh pembentukan miselium. Miselium yang tumbuh rapat menutupi kacang akan menyebabkan tempe terlihat putih bersih yang merupakan indikator warna tempe yang baik.

Berdasarkan uji mutu hedonik, terlihat bahwa semakin lama waktu fermentasi, tempe semakin berwarna putih. Peningkatan mutu warna pada fermentasi selama 72 jam diduga disebabkan oleh pertumbuhan miselium *Rhizopus* yang semakin berkembang sehingga penutupan permukaan bahan baku menjadi lebih baik dibandingkan fermentasi pada 24 jam dan 48 jam. Pertumbuhan miselium tersebut menyebabkan warna bahan baku mulai tertutupi sehingga menghasilkan warna yang lebih mendekati karakteristik tempe. Sebaliknya pada fermentasi 24 jam dan 48 jam, pertumbuhan miselium diduga belum berlangsung secara optimal sehingga sebagian warna asli bahan baku masih terlihat. Semakin banyak miselium yang terbentuk, maka permukaan tempe akan tampak semakin putih dan merata sehingga mutu warna menjadi lebih baik (Arsini, Handayani, & Amaro, 2023).

4.2.2.2 Atribut Aroma

Aroma merupakan bau dari suatu produk makanan yang merupakan respon ketika senyawa volatil dari suatu bahan makanan masuk ke rongga hidung dan

dirasakan oleh sistem olfaktori. Tempe dikatakan memiliki mutu fisik jika sudah memenuhi ciri-ciri tertentu, salah satunya beraroma khas tempe. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANAVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A) berpengaruh terhadap atribut warna tempe ampas sachinchi sehingga dilanjutkan pada uji LSD, akan tetapi perlakuan konsentrasi inokulum (B) dan interaksi keduanya (AB) tidak berpengaruh pada atribut warna tempe ampas sachinchi sehingga tidak dilanjutkan pada uji lanjut LSD.

Tabel 19. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma

Perlakuan	Rata-Rata Atribut Aroma	Taraf Nyata 5%
a3 (72 Jam)	$3,74 \pm 0,03$	a
a1 (24 Jam)	$3,46 \pm 0,03$	b
a2 (48 Jam)	$4,08 \pm 0,03$	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Berdasarkan tabel 20 didapat bahwa waktu fermentasi memberikan pengaruh nyata terhadap mutu aroma tempe ampas sachinchi. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berada pada kelompok yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa mutu aroma yang dihasilkan pada masing-masing waktu fermentasi berbeda nyata, dengan nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada fermentasi 48 jam (a2), diikuti fermentasi 72 jam (a3), dan nilai terendah pada fermentasi 24 jam (a1). Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap atribut aroma.

Bau atau aroma lembut seperti jamur yang dihasilkan oleh penguraian lemak, miselium, dan asam amino bebas adalah sumber bau tempe yang segar. Selama proses fermentasi, lemak dipecahkan menghasilkan bau tempe yang segar. Enzim lipogsiginesae yang ada dalam kacang memberikan bau khas. Sehingga bau langu berkurang saat terjadi proses fermentasi menjadi tempe. Namun, selama proses fermentasi yang lama, tempe dapat berbau lebih tajam karena adanya penurunan protein lembut yang menghasilkan bau amonia (Sari, Ainiyah, Marcellina, Sabrina, & A, 2024).

Teori tersebut diperkuat oleh pernyataan Yulia et al. (2019) yang menyatakan bahwa aroma tempe yang dihasilkan pada saat proses fermentasi terjadi karena adanya aktivitas enzim dari kapang yang dihasilkan oleh komponen 3-octatone dan 1-octen-3-ol. Komponen flavor tempe terdiri dari senyawa golongan ester, terpenoid, alkohol, aldehid, keton, furan, dan senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen. Jika proses fermentasi semakin lama, maka aroma lembut akan berubah menjadi tajam.

Pada lama fermentasi 24 jam sebenarnya belum terjadi proses fermentasi dengan baik oleh ragi yang menyebabkan aroma masih dominan bau kacang dan sedikit aroma dari inokulum yang mulai memecah komponen dalam bahan baku. Umumnya proses lama fermentasi yang ideal untuk proses pembuatan tempe pada lama fermentasi 36 jam hingga 48 jam, dimana tempe sudah dipenuhi miselium kapang yang menghasilkan aroma khas tempe segar dan beraroma sedikit manis (Aliyah, 2024). Hal ini dikuatkan oleh pernyataan Cempaka et al. (2020) bahwa tempe yang segar memiliki aroma khas tempe tanpa adanya amoniak. Sedangkan

pada lama fermentasi yang melebihi 48 jam, tempe sudah dalam keadaan beraroma sedikit asam dikarenakan proses fermentasi yang terlalu lama dan tempe dalam keadaan terlalu matang.

4.2.2.3 Atribut Tekstur

Tekstur tempe dikatakan memiliki mutu fisik jika sudah memenuhi ciri-ciri tertentu, salah satunya tempe memiliki tekstur yang kompak. Berdasarkan hasil perhitungan analisis (ANAVA) menunjukkan bahwa perlakuan waktu fermentasi (A) dan perlakuan konsentrasi inokulum (B) berpengaruh terhadap atribut tekstur tempe ampas sachet inchi sehingga dilanjutkan pada uji LSD, akan tetapi interaksinya (AB) tidak berpengaruh pada atribut tekstur tempe ampas sachet inchi sehingga tidak dilanjutkan pada uji lanjut LSD.

Tabel 20. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur

Perlakuan	Rata-Rata Atribut Tekstur	Taraf Nyata 5%
a1 (24 Jam)	$3,58 \pm 0,03$	a
a2 (48 Jam)	$4,38 \pm 0,03$	b
a3 (72 Jam)	$4,93 \pm 0,03$	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Tabel 21. Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur

Perlakuan	Rata-Rata Atribut Tekstur	Taraf Nyata 5%
b1 (0,1%)	$4,08 \pm 0,04$	a
b2 (0,3%)	$4,34 \pm 0,02$	b
b3 (0,5%)	$4,43 \pm 0,02$	c

Keterangan: Nilai yang ditandai dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Lanjut LSD.

Berdasarkan hasil uji pada tabel 21 didapat bahwa waktu fermentasi memberikan pengaruh nyata terhadap mutu tekstur tempe ampas sachet inchi. Nilai rata-rata mutu tekstur mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu, dengan nilai 3,58 pada fermentasi 24 jam (a1) hingga fermentasi 72 jam (a3) dengan nilai 4,93. Kemudian, pada tabel 22 didapat bahwa konsentrasi inokulum juga memberikan pengaruh nyata terhadap mutu tekstur tempe ampas sachet inchi. Nilai rata-rata mutu tekstur meningkat seiring bertambahnya konsentrasi inokulum, yaitu 4,08 pada konsentrasi 0,1% hingga 4,43 pada konsentrasi 0,5%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi dan semakin meningkat konsentrasi inokulum, keduanya berkontribusi terhadap perbaikan mutu tekstur pada tempe. Pola tersebut juga tergambar pada grafik interaksi waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap atribut tekstur.

Peningkatan mutu tekstur diduga terjadi karena pertumbuhan miselium yang semakin berkembang selama fermentasi sehingga mampu mengikat partikel-partikel bahan baku atau substrat menjadi massa yang lebih padat dan kompak. Seiring bertambahnya waktu fermentasi, miselium semakin banyak menyelimuti dan merekatkan substrat, sehingga tempe menjadi lebih utuh dan mendekati karakteristik tempe pada umumnya. Peningkatan konsentrasi inokulum juga mempengaruhi pertumbuhan miselium. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi inokulum yang lebih rendah, miselium akan berlangsung lebih lambat dan daya rekat antar partikel belum optimal. Pertumbuhan miselium yang lebih cepat dan merata meningkatkan kemampuan kapang dalam merekatkan partikel-partikel substrat sehingga lebih padat dan kompak (Mouliya, Ahmad, & Afifah, 2024).

Dalam jurnal Budjang et al. (2025), dinyatakan bahwa kekompakan pada tempe ampas sacha inchi disebabkan oleh kapang *Rhizopus sp.* dalam ragi yang membuat tempe menjadi lebih padat, karena miselium yang dihasilkan dapat meningkatkan kepadatan dan kekompakan yang lebih baik. Tekstur kekompakan tempe juga dipengaruhi oleh pertumbuhan miselium yang merata dan cepat, yang akan menutupi permukaan tempe dan memberikan tekstur yang kokoh. Hal tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan miselium yang optimal berkontribusi dalam kekompakan dan kekuatan tekstur tempe yang merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas produk akhir.

Hal ini dikuatkan dengan pernyataan Syahadi (2022) bahwa kekompakan pada tempe akan menjadikan produk tersebut lebih enak. Proses fermentasi tempe akan menghasilkan miselia, miselia akan memiliki warna putih dan selama proses fermentasi kedelai akan mengikat satu sama lainnya sehingga menjadi kompak. Miselium yang rapat serta kompak dan memiliki bau yang khas merupakan indikator tempe yang terfermentasi dengan baik. Kemudian Sarwono & Saragih (2005) menyatakan bahwa bentuk kompak pada tempe terlihat dari terikatnya miselium sehingga tempe akan berwarna putih dan jika diiris, keping kedelainya akan terlihat. Hal tersebut menandakan tempe terfermentasi dengan baik.

4.2.3 Penentuan Perlakuan Terbaik (Indeks Efektivitas De Garmo)

Penentuan perlakuan Terbaik pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode De Garmo dengan mempertimbangkan parameter fisikokimia serta sensoris pada tempe ampas sacha inchi yang telah dianalisis. Metode ini dilakukan dengan menentukan arah normalitas serta bobot variabel (BV) pada masing-masing parameter uji dengan angka relatif 0-1. Bobot normal (BN) akan bergantung pada

tingkat kepentingan parameter uji masing-masing yang hasilnya diperoleh dari akibat perlakuan. Setelah menentukan bobot normal masing-masing parameter uji, maka akan dihitung nilai efektivitas. Kemudian langkah terakhir dilakukan dengan menghitung nilai hasil dari masing-masing perlakuan parameter uji (Kartika, et al., 2025).

Tabel 22. Bobot Variabel, Bobot Normal, dan Arah Normalitas

Parameter	Arah Normalitas	Bobot Variabel	Bobot Normal
Kadar Serat Kasar	Tinggi	1,00	0,50
Kadar Protein	Tinggi	0,40	0,20
Kadar Air	Rendah	0,12	0,06
Nilai Ph	Rendah	0,12	0,06
Warna	Tinggi	0,12	0,06
Aroma	Tinggi	0,12	0,06
Tekstur	Tinggi	0,12	0,06
Total Bobot		2,00	1,00

Kadar serat kasar diberi bobot variabel tertinggi (1,00) karena pada substrat berbasis ampas, peningkatan serat kasar selama fermentasi merupakan indikator paling representatif terhadap pertumbuhan miselium. Kadar serat kasar juga merupakan karakteristik yang diunggulkan dari tempe berbasis ampas pada umumnya. Kemudian diikuti dengan kadar protein (0,40) karena merupakan parameter gizi utama produk pangan fungsional, namun kecenderungan penurunan menyebabkan kadar protein ini ditempatkan sebagai indikator mutu dan bukan indikator utama. Parameter kadar air, pH, serta ketiga atribut sensoris masing-

masing diberi bobot yang sama (0,12) karena kelima parameter ini ditempatkan sebagai indikator pelengkap terkait kelayakan mikrobiologis, fisik, serta penerimaan konsumen.

Tabel 23. Data Rata-Rata Atribut Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter

DATA RATA-RATA PER PERLAKUAN							
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur
a1b1	58,43	6,05	9,12	5,27	2,01	1,98	1,97
a1b2	57,80	6,42	8,96	5,40	1,99	2,00	2,05
a1b3	57,20	6,84	8,81	5,55	2,00	1,98	2,03
a2b1	56,41	7,09	8,94	5,77	2,12	2,10	2,16
a2b2	55,98	7,45	8,50	5,92	2,16	2,14	2,21
a2b3	55,61	7,85	7,94	6,26	2,17	2,17	2,27
a3b1	55,09	8,05	8,58	6,45	2,20	2,04	2,29
a3b2	54,50	8,45	7,83	6,71	2,30	2,08	2,34
a3b3	54,06	8,88	6,84	6,86	2,23	2,07	2,36
Nilai Tertinggi	58,43	8,88	9,12	6,86	2,30	2,17	2,36
Nilai Terendah	54,06	6,05	6,84	5,27	1,99	1,98	1,97

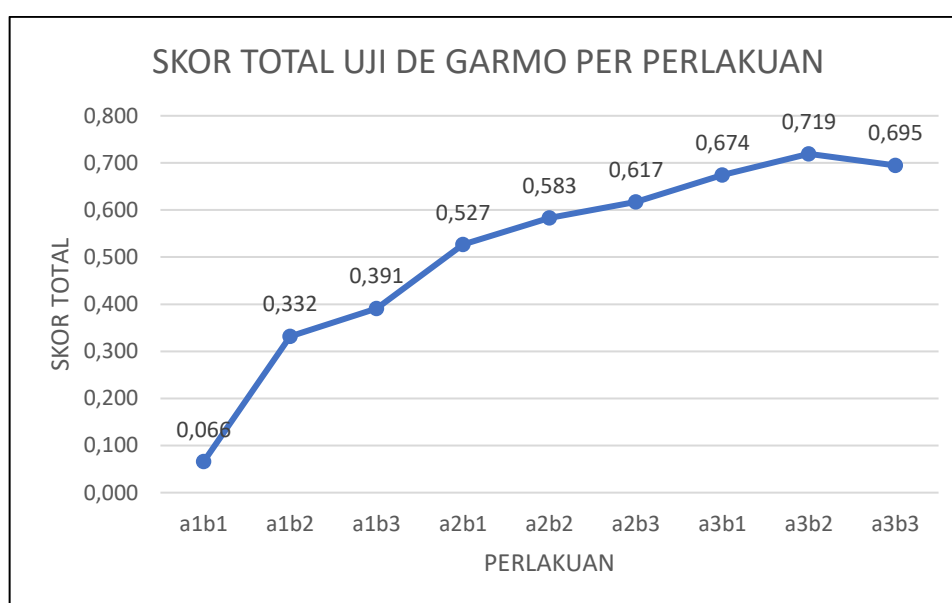
Tabel 24. Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter

NILAI EFEKTIVITAS (NE)							
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur
a1b1	0,000	0,000	1,000	1,000	0,093	0,004	0,000
a1b2	0,144	0,130	0,930	0,918	0,000	0,101	0,189
a1b3	0,280	0,279	0,864	0,828	0,053	0,000	0,143
a2b1	0,461	0,366	0,919	0,690	0,433	0,606	0,471
a2b2	0,560	0,494	0,727	0,595	0,558	0,850	0,619
a2b3	0,645	0,635	0,484	0,377	0,585	1,000	0,769
a3b1	0,764	0,707	0,763	0,260	0,689	0,287	0,801
a3b2	0,899	0,849	0,433	0,094	1,000	0,524	0,952
a3b3	1,000	1,000	0,000	0,000	0,780	0,467	1,000

Tabel 25. Nilai Hasil Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Parameter

Nilai Hasil (NH)								
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur	Skor Total
a1b1	0,000	0,000	0,200	0,060	0,006	0,000	0,000	0,266
a1b2	0,009	0,065	0,186	0,055	0,000	0,006	0,011	0,332
a1b3	0,017	0,140	0,173	0,050	0,003	0,000	0,009	0,391
a2b1	0,028	0,183	0,184	0,041	0,026	0,036	0,028	0,527
a2b2	0,034	0,247	0,145	0,036	0,034	0,051	0,037	0,583
a2b3	0,039	0,318	0,097	0,023	0,035	0,060	0,046	0,617

Nilai Hasil (NH)								
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur	Skor Total
a3b1	0,046	0,353	0,153	0,016	0,041	0,017	0,048	0,674
a3b2	0,054	0,424	0,087	0,006	0,060	0,031	0,057	0,719
a3b3	0,060	0,500	0,000	0,000	0,047	0,028	0,060	0,695



Gambar 5. Grafik Skor Total Penentuan Perlakuan Terbaik Pada Masing-Masing Perlakuan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode De Garmo, menunjukkan bahwa nilai hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan a3b2 (72 jam fermentasi dengan 0,3% konsentrasi inokulum) dengan skor total 0,719 sebagaimana terlihat pada grafik pada gambar 12. Meskipun perlakuan a3b2 menghasilkan parameter kadar protein dan aroma yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya, namun keunggulan pada parameter kadar serat kasar, kadar air, warna, tekstur, dan nilai pH memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap nilai efektivitas. Hal tersebut

mengindikasikan bahwa metode indeks efektivitas De Garmo mengambil keputusan untuk memilih alternatif terbaik tidak hanya berpatok pada satu parameter saja, melainkan setiap parameter mempengaruhi hasil akhir berdasarkan tingkat kepentingannya (Agustia, Salma, Hamidah, Dewi, & Sanayei, 2025).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Kartika et al. (2025) pada tempe biji nangka dan penelitian Agustia et al. (2025) pada bolen dengan substitusi tepung bayam yang menggunakan metode de garmo sebagai metode dalam menentukan formulasi terbaik berdasarkan parameter organoleptik yang mempengaruhi mutu produk secara keseluruhan. Kemudian di ranking berdasarkan nilai rata-rata pada masing-masing parameter. Ranking pertama merupakan variabel terpenting yang diperoleh dari hasil nilai tertinggi rata-rata parameter.

4.2.4 Analisis Asam Lemak Omega

Asam lemak omega merupakan kelompok asam lemak tak jenuh yang diklasifikasikan berdasarkan posisi ikatan rangkap pertama dari ujung metil pada rantai karbon. Kelompok asam lemak ini terdiri atas omega-3 (asam α -linolenat), omega-6 (asam linoleat), dan omega-9 (asam oleat). Berdasarkan hasil penentuan perlakuan terbaik menggunakan metode indeks efektivitas De Garmo pada lampiran 23, perlakuan a3b2 (waktu fermentasi 72 jam dan konsentrasi inokulum 0,3%) memperoleh nilai efektivitas tertinggi sehingga ditetapkan sebagai perlakuan terbaik. Berdasarkan pengujian tersebut, maka analisis kandungan asam lemak omega untuk menggambarkan karakteristik asam lemak omega pada tempe ampas sacha inchi dilakukan pada perlakuan a3b2.

Tabel 26. Hasil Analisis Kandungan Asam Lemak Omega

Parameter	Hasil (mg/100g)
Asam Lemak Omega-3	10587,95
Asam Lemak Omega-6	10948,4
Asam Lemak Omega-9	2519,6

Hasil analisis GC-FID menunjukkan bahwa fermentasi memengaruhi kandungan asam lemak pada tempe ampas sachinchi. Kandungan omega-3 (asam α -linolenat) menurun dari 13087,05 mg/100g menjadi 10587,95 mg/100g, sedangkan omega-6 (asam linoleat) meningkat dari 9275,85 mg/100g, dan omega-9 (asam oleat) meningkat dari 1826,30 mg/100g menjadi 2519,6 mg/100g. Apabila ditinjau berdasarkan kadar lemak total yang ada pada lampiran 24, perubahan yang terjadi yang terjadi relatif kecil, yaitu dari 26,06% menjadi 25,88% setelah terjadi fermentasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa fermentasi lebih berpengaruh terhadap profil atau distribusi asam lemak dibandingkan terhadap kadar lemak total bahan.

Selama fermentasi, *Rhizopus oligosporus* menghasilkan berbagai enzim hidrolitik, termasuk lipase yang berperan dalam metabolisme lipid sehingga dapat menyebabkan perubahan komposisi lipid selama fermentasi. Aktivitas lipase selama fermentasi menyebabkan trigliserida dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak bebas sehingga fraksi lipid menjadi lebih mudah dimetabolisme oleh kapang. Selain itu fermentasi berlangsung dalam kondisi aerob sehingga memungkinkan terjadinya oksidasi pada sebagian asam lemak tak jenuh. Oleh karena itu, perubahan kadar masing-masing asam lemak dapat dipengaruhi oleh kombinasi aktivitas

enzimatis, metabolisme kapang, dan stabilitas kimia setiap jenis asam lemak (Nout & Kiers, 2005; López-Fernández et al. 2020).

Tingginya kandungan lemak pada ampas kacang sachinchi berperan ganda terhadap pertumbuhan kapang selama fermentasi. Di satu sisi, lemak berfungsi sebagai sumber energi alternatif bagi kapang melalui aktivitas enzim lipase yang menghidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas, sehingga mendukung metabolisme dan pertumbuhan miselium oleh kapang. Namun, seiring bertambahnya waktu fermentasi, ketersediaan nutrisi pada substrat khususnya sumber karbon dan nitrogen yang lebih mudah dihidrolisis semakin menipis, sehingga pertumbuhan sel kapang mulai terhambat dan aktivitas enzim yang dihasilkan ikut menurun. Kondisi tersebut menyebabkan kandungan asam lemak tak jenuh terutama seperti omega-3 dapat mengalami penurunan progresif seiring lama fermentasi karena asam lemak tersebut dimanfaatkan sebagai substrat energi oleh kapang tanpa diimbangi laju sintesis lipid baru (Sahara, Yosi, & Sandi, 2017).

Penurunan kadar omega-3 pada penelitian ini diduga berkaitan dengan sifat kimia asam α -linolenat sebagai asam lemak tak jenuh ganda yang memiliki tiga ikatan rangkap. Semakin banyak jumlah ikatan rangkap, semakin tinggi reaktivitas suatu asam lemak terhadap oksigen. Akibatnya asam α -linolenat lebih mudah mengalami degradasi oksidatif dibandingkan asam linoleat maupun asam oleat selama fermentasi berlangsung (Shahidi, 2007; Harayama & Shimizu, 2020). Frankel (2012) menyatakan bahwa asam lemak dengan tingkat ketidakjenuhan yang lebih tinggi memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap oksidasi sehingga lebih mudah mengalami penurunan kadar selama proses pengolahan atau penyimpanan.

Sebaliknya, kadar omega-6 dan omega-9 menunjukkan peningkatan setelah fermentasi. Peningkatan tersebut tidak menunjukkan bahwa *Rhizopus sp.* mensintesis asam linoleat maupun asam oleat dalam jumlah yang besar, melainkan mencerminkan perubahan profil asam lemak yang terukur setelah fermentasi. Pada penelitian ini, analisis dilakukan menggunakan metode GC-FID yang diawali dengan proses transesterifikasi sehingga seluruh asam lemak dalam sampel dikonversi menjadi *fatty acid methyl esters* (FAME) untuk dianalisis. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh menggambarkan profil total asam lemak dalam sampel, dan bukan hanya asam lemak yang terbentuk selama fermentasi. Selain itu omega-6 dan omega-9 memiliki stabilitas oksidatif yang lebih tinggi dibandingkan omega-3 sehingga kehilangan akibat oksidasi relatif lebih kecil, dan kadar yang terukur cenderung terlihat lebih tinggi (Shahidi, 2007; Harayama & Shimizu, 2020).

Hasil penelitian ini juga berkaitan dengan karakteristik alami dari kacang sacha inchi yang kaya akan kandungan omega sebagai bahan baku fermentasi. Minyak kacang sacha inchi diketahui didominasi oleh asam α -linolenat sekitar 48,2%, diikuti dengan asam linoleat sekitar 34,1%, dan asam oleat sekitar 8,9% (Rodzi & Lee, 2022). Meskipun sampel yang digunakan merupakan ampas kacang sacha inchi hasil pembuatan susu, namun sebelum fermentasi profil asam lemaknya masih menunjukkan dominasi oleh asam α -linolenat, sehingga karakteristik lipid utamanya masih dipertahankan. Hal tersebut menunjukkan bahwa fermentasi dapat memodifikasi distribusi relatif asam lemak tanpa menghilangkan karakteristik dasar lipid sacha inchi sebagai bahan yang kaya akan asam lemak jenuh.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan mengenai: (5.1) Kesimpulan dan (4.2) Saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik tempe berbasis ampas sachinchi (*Plukenetia volubilis L.*) dapat disimpulkan:

1. Waktu Fermentasi berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter fisikokimia (kadar air, protein, serat kasar, nilai pH) dan organoleptik (atribut warna, aroma, tekstur) tempe ampas sachinchi.
2. Konsentrasi inokulum berpengaruh nyata terhadap kadar air, protein, serat kasar, nilai pH, serta atribut tekstur, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap atribut warna dan aroma.
3. Interaksi antara waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum hanya berpengaruh nyata terhadap kadar protein dan nilai pH, sedangkan pada kadar air, serat kasar, atribut warna, aroma, dan tekstur interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai umur simpan tempe ampas sachinchi, mengingat kadar air dan aktivitas enzimatis kapang yang terus berlangsung selama penyimpanan.
2. Perlu dilakukan penentuan formulasi terbaik menggunakan metode optimasi untuk mendapatkan waktu fermentasi dan konsentrasi inokulum yang optimal.

3. Perlu dilakukan penelitian mengenai nilai gizi dan daya cerna tempe ampas sacha inchi untuk memperkuat klaim potensi gizi produk sebagai pangan fungsional.
4. Perlu dilakukan penelitian mengenai optimasi penambahan tepung tapioka sebagai tambahan nutrisi bagi kapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, D. N., Salam, D. A., Nugraheni, F., Resti, N., Purwanti, R., Anjani, G., Rahmawati, I. S. (2025). **Analysis of the nutritional and fatty acid profile of sacha inchi tempe (Plukenetia volubilis L.) using different cooking methods.** *Frontiers*, 2.
- Agustia, F. C., Salma, R., Hamidah, S. A., Dewi, K. R., & Sanayei, S. (2025). **Total Phenolic Content and Hedonik Quality of Germinated Jack Bean Tempeh at Different Fermentation Times and Packaging Types.** *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 76-82.
- Aliyah, N. (2024). **Pembuatan Tempe Kacang Tunggak (Vigna unguiculanta) Dengan Variasi Lama Fermentasi Menggunakan Inokulum Tempe.** *Journal Of Comprehensive Science*, 69-70.
- Almadaniah, Y. B. (2025). **Pengaruh Perbandingan Tepung Ampas Kacang Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.) dan Kappa Karagenan Terhadap Mutu Fisik dan Kimia Mie Basah.** *Universitas Lampung*, 7-8.
- Alzidan, I. D., & Swasono, M. A. (2023). **Interaksi Lama Fermentasi dan waktu Roasting Terhadap Sifat Kimiawi Kopi Bubuk.** *Jurnal Sains dan Teknologi*, 869.
- Amaro, M., Ariyana, M. D., Rahayu, T. I., Handayani, B. R., & Nazaruddin. (2023). **Upaya Peningkatan Nilai Ekonomis Ampas Tahu Dengan Pelatihan Pembuatan Tempe Ampas Tahu.** *Jurnal Terpadu*, 159-160.
- Andayani, S. A., Wijaya, A. A., Prasetyo, T. F., Sukmasari, M. D., Umyati, S., Sofyan, H. N., Amalia, L. N. (2023). **Menggali Potensi Ekonomi Pengembangan Tanaman Sacha Inchi.** *Abdimas Galuh*, 1655-1656.
- AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist.** *AOAC International*.
- Apriana, N. R., Bialangi, N., Alio, L., Salimi, Y. K., Aman, L. O., & Kilo, A. K. (2025). **Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder dan Analisis Total Fenolik Ekstrak Metanol Daun Sacha Inchi (Plukenetia volubilis Linneo) yang Tumbuh di Gorontalo.** *Jurnal Pendidikan, Kimia, Fisika dan Biologi*, 194.
- Ardiani, I., A'yun, Q., & Nazua, K. S. (2024). **Variasi Spesies Rhizopus Yang Berperan Dalam Pembuatan Tempe Di Daerah Bekasi.** *JURNAL BIOLOGY SCIENCE & EDUCATION 2024*, 11.

- Arsini, A., Handayani, B. R., & Amaro, M. (2023). **Pengaruh Lama Pengeringan Dengan Ruang Penjemur Efek Rumah Kaca (ERK) Terhadap Mutu Tempe Ampas Tahu.** *EduFood*, 7-8.
- Astawan. (2008). **Sehat Dengan Tempe, Panduan Lengkap Menjaga Kesehatan Dengan Tempe.** Jakarta: PT. Dian Rakyat.
- Astuti, M., Meliala, A., Dalais, F. S., & Walhqvist, M. L. (2000). **Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia.** *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 322-325.
- Budjang, F., Bait, Y., & Engelen, A. (2025). **Karakteristik Fisikokimia, Mikrobiologi dan Organoleptik Oncom Ampas Susu Kacang Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) dengan Konsentrasi Ragi yang Berbeda.** *Jembura Journal of Food Technology*, 35.
- Cempaka, L., Widyana, M. A., & Astuti, R. M. (2020). **Karakteristik Sensori Dan Analisis Mikroba Tempe Segar Beraneka Rasa.** *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*.
- Christo, E. G., & Sutedja, A. M. (2024). **Solid-State Fermentation Dengan Variasi Mikroorganisme.** *ZIGMA*, 39-42.
- Deliani. (2008). **Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Protein, Lemak, Komposisi Asam Lemak, dan Asam Fitat pada Pembuatan Tempe.** *Universitas Sumatera Utara*.
- Dewi, L., S, P. H., & R, K. (2013). **Pengaruh Konsentrasi Inokulum Terhadap Kualitas Tempe Kedelai (Glycine Max (L.). Merr) Vsr.** *Grobongan*.
- Duniaji, A. S., Wisaniyasa, W., Puspawati, N. N., & H, N. M. (2019). **Isolation and Identification of Rhizopus oligosporus Local Isolate Derived from Several Inoculum Sources.** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 1095.
- Fadhilah, Fatmah, D., & Masrianih. (2018). **Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Kandungan Protein Olahan Tempe Biji Kamonji (Artocarpus camansi) dan Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran.** *Journal of Biology Science and Education*, 372-373.
- Fardiaz, S. (1992). **Mikrobiologi Pangan 1.** Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Farniga, A., Pinsirodom, P., & Wattanachaisaereekul, S. (2026). **Fungal Biotransformation of Okara Into Functional Food: Comparative Species-Dependent Metabolomic and Antioxidant Profiles.** *Current Research in Food Schience*, 4-8.

- Fathiati, B. R., Basuki, E., & Yasa, I. W. (2025). **Pengaruh Pemotongan dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Tempe Biji Asam (*Tamarindus indica*)**. *EduFood*, 75-78.
- Fauziah, A. P., Supriadin, A., & Junitasari, A. (2022). **Analisis Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Waktu Fermentasi Terhadap Nilai Gizi dan Aktivitas Antioksidan Tempe Kedelai Kombinasi Kacang Roay (*Phaseolus lunatus L.*)**. *Gunung Jati Conference Series*, 95.
- Frankel, E. N. (2012). *Lipid Oxidation (2nd ed.)*. Woodhead Publishing.
- Gandjar, I., & Slamet, D. S. (1972). **Tempe Gembus Hasil Fermentasi Ampas Tahu**. *Penelitian Gizi dan Makanan*, 76.
- Garnida, Y. (2020). *Uji Inderawi Dan Sensori Pada Industri Pangan*. Bandung: MANGGU MAKMUR TANJUNG LESTARI.
- Gesperz, V. (1995). **Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan**. TARSITO.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures For Agricultural Research 2nd Edition*. Singapore: John Wiley & Sons.
- Gutiérrez, L. F., Rosada, L. M., & Jiménez, Á. (2011). *Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) seeds and characteristics of their lipid fraction*. *GRASAS Y ACEITES*, 76.
- Hajoeningtjas, O. D. (2024). **Teknik Budidaya Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis Linneo*)**. *Teknik Budidaya Sacha Inchi*, 12.
- Hanafiah, D. I. (2014). **Rancangan Percobaan Teori & Aplikasi Edisi Ketiga**. Jakarta: Rajawali.
- Hanafiah, K. A. (1991). **Rancangan Percobaan Teori & Aplikasi Edisi Ketiga**. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- Handoyo, T., & Morita, N. (2006). *Structural And Functional Properties Of Fermented Soybean (Tempeh) By Using Rhizopus Oligosporus*. *International Journal of Food Properties*, 347-355.
- Harayama, T., & Shimizu, T. (2020). *Roles of Polyunsaturated Fatty Acids, From Meniators to Membranes*. *Journal of Lipid Research*.
- Hidayat, A. R. (2008). **Kandungan Nutrisi Ampas Tahu Yang Difermentasi Dengan Ragi Tempe**. *Universitas Hasanuddin*, 1-23.

- Hutalugung, T. Y., R, J. N., & M, N. (2016). **Pengaruh Perbandingan Kacang Hijau dan Biji Nangka Bergerminasi dengan Konsentrasi Larut Terhadap Mutu Tempe.** *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*.
- Isdiana, Y. (2023). **Kadar Protein Dan Karbohidrat Pada Tempe Gembus Di Desa Palanto Jaya Dan Pemanfaatannya Sebagai Media Pembelajarannya.** *Universitas Tadulako*, 26-27.
- Isnawati, M., Wijaningsih, W., & Tursilowati, S. (2021). **Tempe Gembus : Pengolahan Dan Potensi Gizi.** Semarang: Penerbit NEM.
- Kartika, T., Ningtias, D. A., Salma, F. S., Ulfuadah, R. A., Alhazazie, N., & Nurtiana, W. (2025). **Karakteristik Organoleptik dan Fisikokimia Bolen Dengan Substitusi Tepung Bayam (Amaranthus hybridus L.).** *Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 16.
- Kasim, N. M., Ischak, N. I., Salimi, Y. K., Bialangi, N., Aman, L. O., & Mohamad, E. (2025). **Uji Organoleptik & Karakteristik Fisikokimia Serta Aktivitas Antioksidan Produk Susu Berbasis Kacang Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.).** *Pentagon*, 113.
- Kasmidjo, R. B. (1990). **Tempe: Mikrobiologi dan Biokimia Pengolahan serta Pemanfaatannya.** *Universitas Gadjah Mada*.
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. (2026, Maret 12). **Data Komposisi Pangan Indonesia.** Retrieved from Panganku: <https://www.panganku.org/id-ID/view>
- Kovac, B., & Raspor, P. (1997). **The use of the Mold Rhizopus oligosporus in Food Production.** *Food Technology and Biotechnology*, 69-73.
- Kristiadi, O. H., & Lunggani, A. T. (2022). **Tempe Kacang Kedelai Sebagai Pangan Fermentasi Unggulan Khas Indonesia : Literature Review.** *Jurnal Andaliman : Jurnal Gizi Pangan*, 48.
- Kurniati, T., Nurlaila, L., & Iim. (2017). **Effect Of Inoculum Dosage Aspergillus Niger and Rhizopus oryzae Mixture with Fermentation Time Of Oil Seed Cake (Jatropha Curcas) To the Content Of Protein And Crude Fiber.** *Journal Of Physics*, 824.
- Kusriningrum. (2008). **Perancangan Percobaan Untuk Penelitian Bidang: Biologi, Pertanian, Peternakan, Perikanan, Kedokteran, Farmas, Kedokteran Hewan.** Surabaya: Pusat Penerbitan dan Percetakan UNAIR.

- López-Fernández, J., Benaiges, M. D., & Valero, F. (2020). *Rhizopus oryzae Lipase, a Promising Industrial Enzyme: Biochemical Characteristics, Production and Biotalytic Applications*. *Catalysts*, 1277.
- Made, A., Tutik, W., Sri, W., Sri, B. H., & Nadya, I. (2013). **Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Tempe yang Dihasilkan dari Berbagai Varietas Kedelai**. *PANGAN*, 242.
- Moulia, M. N., Ahmad, S. R., & Afifah, N. (2024). **Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Lama Waktu fermentasi terhadap Kadar Protein, Kadar Serat, dan Sensori Tempe Segar**. *TEKNOTAN*, 199-201.
- Murdiati, A., Sardjono, & Amaliah. (2016). **Perubahan Komposisi Kimia Tempe Gembus yang Dibuat dari Bahan Dasar Ampas Tahu Ditambah Bekatul**. *Jurnal Agritech*, 106-110.
- Nasution, Z. (2025). *Diversification of Tofu Waste Into Tempe Gembos and Tempe Ragi in Teluk Sentosa Village*. *Jurnal Center Indonesia*, 1132.
- Nout, M. J., & Kiers, J. L. (2005). *Tempe Fermentation, Innovation and Functionality: Update Into the Third Millenium*. *Journal of Applied Microbiology*, 789-805.
- PDSIP. (2013). **Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Kedelai**. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementrian Pertanian.
- Purwanto, Y. A., & Weliana. (2018). **Kualitas Tempe Kedelai pada Berbagai Suhu Penyimpanan**. *Journal of Agro-based Industry*, 106.
- Rahayu, N. A., Cahyanto, M. N., & Indrati, R. (2019). **Pola Perubahan Protein Koro Benguk (*Mucuna pruriens*) Selama Fermentasi Tempe Menggunakan Inokulum Raprima**. *Agritech*, 132.
- Rahayu, P. P., Irmayanti, Manurung, E. P., Kiptiyah, S. Y., Nurhayati, N., AR, N. H., Kamarudin, A. P. (2024). *Teknologi Fermentasi*. Padang: CV HEI PUBLISHING INDONESIA.
- Rahayu, W. P., Pambayun, R., Santoso, U., Nuraida, L., & Ardiansyah. (2015). **Tinjauan Ilmiah Teknologi Pengolahan Tempe Kedelai**. *Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesi (PATPI)*, 49.
- Ratnajunita, Nazaruddin, & Amaro, M. (2024). **Analisis Mutu Kimia, Mikrobiologi Dan Organoleptik Tempe Kedelai Dengan Penambahan Tepung Tapioka (*Manihot esculenta*)**. *EduFood*, 65-66.

- Rodzi, N. A., & Lee, L. K. (2022). ***Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.): Recent Insight on Phytochemistry, Pharmacology, Organoleptic, Safety, and Toxicity Perspectives***. *Heliyon*, 3.
- Sahara, E., Yosi, F., & Sandi, S. (2017). **Peningkatan Kandungan dan Pengkayaan Asam Lemak Tak Jenuh Bekatul melalui Fermentasi Menggunakan *Rhizopus oryzae***. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 5(1), 79–85
- Saktiono, S., Kusumaningrum, S. B., Susilaningrum, D. F., Widiyastuti, P. A., Lestari, W., Arifa, S. U., Oktaviani, R. P. (2023). **Analisis Vitamin C, Sifat Fisik, Dan Sifat Organoleptik Tempe Berbahan Dasar Kedelai Kuning (*Glycine max* L), Kedelai Hijau (EDAMAME) (*Glycine Max* (L) Merril), Kedelai Hitam (*Glycine soja* (L) Merrit)**. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi*, 114.
- Sari, R. K. (2023). **Pengaruh Penambahan Ragi Tempe Premium Terhadap Sifat Sensori Tempe**. *Universitas Lampung*, 15-16.
- Sari, W. P., Ainiyah, T. L., Marcellina, V., Sabrina, T. V., & A, L. D. (2024). **Pengaruh Mikroba Dalam Proses Fermentasi Pembuatan Tempe**. *Jurnal Ilmiah dan Karya Mahasiswa*, 90.
- Sarwono, B., & Saragih, Y. P. (2005). **Membuat Aneka Tahu**. *Depok*.
- Sethuraman, G., Nizar, N. M., Muhamad, F. N., Gregory, P. J., Jahanshiri, E., & Ali, S. A. (2020). ***Nutrition Composition of Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L.)***. *International Journal of Research and Scientific Innovation*, 271.
- Shahidi, F. (2007). ***Indicators for Evaluation of Lipid Oxidation and Off-Flavor Development in Food***. *Developments in Food Science*, 55-68.
- Supratiwi, E., Zulnazri, Hakim, L., Kurniawan, E., & Muhammad. (2023). **Pembuatan Tempe Berbahan Dasar Ampas Tahu Dengan Proses Fermentasi Dengan Menggunakan Ragi (*Rhizopus oryzae*)**. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 133-136.
- Syahadi, A., Suhartatik, N., & Widanti, Y. A. (2022). **Karakteristik Fisikokimia Tempe Ampas Tahu-Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L.)**. *JITIPARI*, 127-128.
- Tahir, S., Bait, Y., & Mutsyahidan, A. M. (2025). **Pengaruh Konsentrasi Ragi Pada Pembuatan Tempe Kacang Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)**. *Jambura Journal of Food Technology (JJFT)*, 87-94.
- Wahyuningsih, S. (2025). **Analisis Kinerja Perdagangan Kedelai**. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.

- Winanti, R., Bintari, S. H., & Mustikaningtyas, D. (2014). **Studi Observasi Higienitas Produk Tempe Berdasarkan Perbedaan Metode Inokulasi.** *Life Science*, 39-46.
- Yarlina, V. P., Nabilah, F., Zaida, Nurhasanah, S., & Lani, M. N. (2024). ***Optimal Fermentation Time for Jack Bream (Canavalia ensiformis) Tempeh: A Comprehensive Pattern Analysis of Chemical and Enzyme Changes.*** *Current Research in Nutrition and Food Science*, 1134.
- Yulia, R., Hidayat, A., Amin, A., & Sholihati, S. (2019). **Pengaruh Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Air, Kadar Protein dan Organoleptik pada Tempe dari Biji Melinjo (Gnetym gnemon L).** *Rona Teknik Pertanian*, 50-60.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rancangan Percobaan Penelitian

Penentuan jumlah ulangan penelitian digunakan rumus yang bersumber dari gasperz (1955) sebagai berikut:

t = Kombinasi perlakuan

r = Ulangan

Maka:

$$(t-1)(t-1) \geq 15$$

$$(9-1)(t-1) \geq 15$$

$$8(t-1) \geq 15$$

$$8t-7 \geq 15$$

$$8t \geq 22$$

$$r \geq 2,75 \sim 3 \text{ kali ulangan}$$

Maka dari itu, penelitian ini didapatkan 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan sehingga menghasilkan 27 satuan percobaan.

Lampiran 2. Analisis Kadar Air

Cawan dipanaskan di dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit. Cawan diangkat kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 5 menit dan dimasukkan dalam eksikator selama 10 menit. Kemudian ditimbang sehingga didapatkan bobot cawan kering konstan (W). Sebanyak 2 gram sampel dimasukkan ke dalam cawan yang sudah diketahui bobotnya kemudian ditimbang (W_1). Cawan berisi sampel tersebut dikeringkan pada oven bersuhu 105°C selama 2 jam dan didinginkan pada suhu ruang selama 5 menit, lalu masukkan kedalam eksikator selama 10 menit.

Cawan ditimbang dan diperoleh bobot tetap (W2). Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100\%$$

Keterangan

W1 = Bobot cawan kering konstan dan sampel awal (g)

W2 = Bobot cawan dan sampel kering konstan (g)

W = Bobot cawan kering konstan (g)

Lampiran 3. Analisis Kadar Protein

Timbang sampel sebanyak 2 gram dan garam kjeldahl sebanyak 5 gram, kemudian masukkan kedalam labu kjeldahl. Di ruang asam posisikan labu kjeldahl dengan kemiringan 45 dan tambahkan 25 mL H₂SO₄ pekat melalui dinding labu kjeldahl, lalu dilakukan proses destruksi. Kemudian dinginkan labu selama ± 20 menit. Tambahkan 50 mL aquadest dan homogenkan secara halus. Lalu pindahkan ke labu takar 100 mL dan tanda bataskan. Setelah homogen, pipet sebanyak 10 mL kedalam erlemeyer serta tambahkan 5 mL Na₂SO₃ 5%, 30 mL NaOH 30%, 50 mL aquadest, dan batu didih. Kemudian menggunakan erlemeyer yang lain masukkan 25 mL HCl 0,1 N dan dilakukan proses destilasi. Setiap beberapa saat, hasil destilat perlu dilakukan pengecekan kebasaannya hingga lakmus merah tetap merah, maka proses destilasi dihentikan. Beri indikator PP pada destilat dan lakukan proses titrasi menggunakan larutan baku NaOH 0,1 N hingga TAT merah muda.

$$\text{Kadar Nitrogen (\%)} = \frac{[V_b(L) - V_s(L)] \times N_{\text{NaOH}} \times FP \times BE_N}{W_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \text{Kadar Nitrogen (\%)} \times FK$$

Keterangan:

Vb = Volume titrasi blanko (L)

Vs = Volume titrasi sampel (L)

FP = Faktor pengenceran

W1 = Bobot sampel (g)

FK = Faktor konversi

Lampiran 4. Analisis Kadar Serat Kasar

Sampel sebanyak 2,5 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan 200 mL larutan H₂SO₄ 0,255 N dan dididihkan selama 30 menit. Larutan disaring dalam keadaan panas, kemudian endapan dicuci dengan aquadest panas sampai air cucian netral dan residu dipindahkan ke dalam erlenmeyer 750 mL. Sebanyak 200 mL larutan NaOH 0,313 N ditambahkan dan dididihkan kembali selama 30 menit. Selanjutnya disaring dalam keadaan panas dengan menggunakan corong buchner yang telah berisi kertas saring. Dalam keadaan masih terhisap dalam corong buchner, hasil saringan dicuci berturut-turut dengan menggunakan 15 mL K₂SO₄ 10 %, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan aquadest panas 50 mL dan yang terakhir digunakan etanol 96% sebanyak 15 mL. Setelah tercuci, kemudian kertas yang sudah agak kering diangkat dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C. Kemudian dinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang hingga diperoleh bobot konstan.

$$\text{Kadar Serat (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W_s} \times 100\%$$

Keterangan:

W1 = Berat kertas saring + residu (konstan) (g)

W_0 = Berat kertas saring konstan (g)

W_s = Berat sampel (g)

Lampiran 5. Analisis pH

pH meter dinyalakan dan dinetralkan selama 15-30 menit. Lalu distandarisasi dengan larutan buffer pH 4 dan pH 7. Elektroda pH meter kemudian dibilas dengan akuades lalu dikeringkan dengan kertas tisu. Sampel dapat diukur setelah pH meter dikalibrasi. pH meter dicelup pada sampel lalu dibiarkan sampai angka pH meter stabil. Nilai tertera pada layar monitor pH meter. Setelah dilakukan pengukuran, pH meter kemudian dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu.

Lampiran 6. Analisis Asam Lemak Omega-3, Omega-6, Omega-9

Analisis asam lemak omega-3, omega-6, dan omega-9 dilakukan di PT. Saraswati Indo Genetech (SIG), Bogor, menggunakan metode *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID) sesuai metode internal laboratorium 18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID).

Prinsip metode GC-FID yaitu dengan memisahkan senyawa asam lemak yang telah diubah menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) melalui proses esterifikasi sehingga mudah menguap dan dapat dipisahkan dalam kromatografi. Larutan standar FAME dibuat satu titik konsentrasi sebagai kalibrasi. Kemudian timbang sampel ke dalam vial ulir 20mL dan tambahkan akuabides untuk sampel padat. Selanjutnya tambahkan MTBE (*Methyl Tert-Butyl Ether*) untuk mengekstraksi asam lemak. Tambahkan larutan transesterifikasi natrium metoksida dalam methanol (NaOCH_3 -metanol) dalam suhu ruang untuk mengkonversi

trigliserida menjadi FAME. Selanjutnya tambahkan heksana untuk mengekstraksi FAME yang terbentuk ke fase organik. Kemudian dilakukan penambahan larutan netralisasi untuk mentralkan sisa basa (NaOCH_3). Selanjutnya dilakukan proses sentrifugasi untuk memisahkan fase rganik dari fase air berdasarkan perbedaan densitas. Fase organik (heksana+FAME) dipindahkan ke dalam vial 2 mL yang kemudian di injeksikan ke dalam sistem GC-FID.

Lampiran 7. Formulir Uji Organoleptik

FORMULIR UJI MUTU HEDONIK

Tanggal Pengujian :
 Nama Panelis :
 NRP Panelis :
 Sampel : Tempe Ampas Sacha Inchi
 Intruksi :

Berikan penilaian saudara dengan memberikan tanda (✓) terhadap atribut **WARNA** berdasarkan skala sebagai berikut:

1. Sangat tidak putih
2. Tidak putih
3. Agak tidak putih
4. Agak putih
5. Putih
6. Sangat putih

Atribut Warna

[illegible]

Lampiran 8. Formulasi Tempe ampas sachinchi

Tabel 27. Formulasi Tempe ampas sachinchi

Bahan	Perbandingan Waktu Fermentasi (A) dan Konsentrasi Inokulum (B)		
	b1 (0,1%)	b2 (0,3%)	b3 (0,5%)
Ampas Kacang Sachinchi	99,7%	99,1%	98,5%
Ragi Tempe	0,1%	0,3%	0,5%
Tepung Tapioka	0,2%	0,6%	1,0%
Total	100%	100%	100%

Lampiran 9. Kebutuhan Sampel Analisis

Tabel 28. Kebutuhan Sampel Analisis

No.	Analisis	Berat Sampel (g)	Banyak	Total (g)
1.	Uji Kadar Air	2	28	56
2.	Uji Kadar Protein	2	28	56
3.	Uji Kadar Serat Kasar	1	28	28
4.	Uji pH	2	28	56
5.	Uji Organoleptik	100	27	2.700
6.	Uji Asam lemak Omega	100	2	200
Total				3.096

Lampiran 10. Rincian Anggaran Biaya Penelitian

Tabel 29. Kebutuhan Biaya Bahan baku Penelitian

No.	Nama Bahan	Harga	Keterangan	Jumlah	Total
1.	Kacang Sacha Inchi	Rp80.000,00	Kg	3,5	Rp280.000,00
2.	Ragi Tempe Rapi	Rp20.000,00	Gram	500	Rp20.000,00
3.	Tepung Tapioka Rose Brand	Rp10.000,00	Gram	500	Rp10.000,00
Total					Rp310.000,00

Tabel 30. Kebutuhan Biaya Analisis Penelitian

No.	Analisis	Jumlah Sampel	Harga	Jumlah
1.	Uji Kadar Air	28	Rp3.000,00	Rp84.000,00
2.	Uji Kadar Protein	28	Rp55.000,00	Rp1.540.000,00
3.	Uji Kadar Serat Kasar	28	Rp20.000,00	Rp560.000,00
4.	Uji pH	28	Rp10.000,00	Rp280.000,00
5.	Uji Asam Lemak Omega (3, 6, 9)	2	Rp427.340,00	Rp854,700,00
Total				Rp3.318.700,00

Lampiran 11. Perhitungan Analisis Kadar Air Pada Ampas Sacha Inchi

Diketahui:

$$W1 = 26,290 \text{ g}$$

$$W2 = 25,113 \text{ g}$$

$$W = 24,299 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{26,290 \text{ g} - 25,113 \text{ g}}{26,290 \text{ g} - 24,229 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 59,12\%$$

Lampiran 12. Perhitungan Analisis Kadar Protein Pada Ampas Sacha Inchi

Diketahui:

$$V_b = 0,0258 \text{ L}$$

$$V_s = 0,0237 \text{ L}$$

$$FP = 10$$

$$W_1 = 2,006 \text{ g}$$

$$FK = 6,25$$

$$N \text{ NaOH} = 0,0973$$

$$BE \text{ N} = 14,008$$

$$\text{Kadar Nitrogen(\%)} = \frac{[V_b(\text{L}) - V_s(\text{L})] \times N \text{ NaOH} \times FP \times BE \text{ N}}{W_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar N(\%)} = \frac{[0,0258 \text{ L} - 0,0237 \text{ L}] \times 0,0973 \times 10 \times 14,008}{2,006 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Nitrogen(\%)} = 1,43\%$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \text{Kadar Nitrogen (\%)} \times FK$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = 1,43\% \times 6,25$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = 8,92\%$$

Lampiran 13. Perhitungan Analisis Kadar Serta Kasar Pada Ampas Sacha

Inchi

Diketahui:

$$W1 = 1,032 \text{ g}$$

$$W0 = 0,973 \text{ g}$$

$$Ws = 1,002 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Serat (\%)} = \frac{W1 - W0}{Ws} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Serat (\%)} = \frac{1,032 \text{ g} - 0,973 \text{ g}}{1,002 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Serat (\%)} = 5,89\%$$

Lampiran 14. Nilai pH Pada Ampas Sacha Inchi



Gambar 6. Nilai pH Ampas Sacha Inchi

Lampiran 15. Sertifikat Hasil Analisis Asam Lemak Omega Pada Ampas
Sacha Inchi Metode *Gas Chromatography-Flame Ionization*
***Detector* (GC-FID)**

No. 18-6-1.1/F-MU/SMM-SIG
Revisi: 4



REKAMAN PENGUJIAN GC

Parameter Uji : Asam Lemak
Tanggal Pengujian : 22/07/2026 19:23:30
Metode Acuan : IK Metode Uji Asam Lemak Jenuh & Tak Jenuh dengan GC No. 18-6-1/MU/SMM-SIG

SAMPLER	Sample Name:	607.R.644_a_Kacang			KONFIRMASI		
	Area	% Asam Lemak	% Asam Lemak dalam sampel	Asam Lemak	RT sampel	RT STD	Selisih
C 18:1 W9T		0.00%	0.0000%	(as.oleat/u9t)			
C 18:1 W9C	619.82	6.99%	1.8209%	(as.oleat/u9c)	12.119	12.130	0.011
C 18:2 W6T		0.00%	0.0000%	(as.linoleat/u6t)			
C 18:2 W6C	3137.10	35.36%	9.2159%	(as.linoleat/u6c)	12.774	12.768	0.006
C 18:3 W6	19.56	0.22%	0.0575%	(as.linolenat/u6)	13.283	13.176	0.107
C 18:3 W3	4438.08	50.03%	13.0378%	(as.linolenat/u3)	13.629	13.612	0.017
C 20:3 W6		0.00%	0.0000%	(as.elikosatrienoat)			
C 20:4 W6		0.00%	0.0000%	AA (as.arachidonat)			
C 20:3 W3		0.00%	0.0000%	(as.elikosatrienoat)			
C 20:5 W3		0.00%	0.0000%	EPA (as.elikosapentaenoat)			
C 22:1		0.00%	0.0000%	(as.erukat)			
C 22:6 W3	16.37	0.18%	0.0481%	DHA (as.dokosaheksaenoat)	21.827	21.777	0.050
Lain-lain		0.00%	0.0000%				
Total	8,870.86	100.00%	26.0600%				

Asam lemak	% Asam Lemak	% Asam lemak dalam sampel
omega 3	50.21%	13.0859%
omega 6	35.58%	9.2733%
omega 9	6.99%	1.8209%
Lain2	0.00%	0.0000%
Jumlah % Lemak	100.00%	26.0600%
% Lemak dlm Sampel	26.06%	26.06%

Kadar Lemak (%)

26.0600

Perhitungan :
Kadar Asam Lemak sampel (%) = (% Asam lemak) x (% Lemak Total) / (100%)

Paraf Supervisor,





REKAMAN PENGUJIAN GC

Parameter Uji : Asam Lemak
 Tanggal Pengujian : 22/07/2026 19:51:32
 Metode Acuan : IK Metode Uji Asam Lemak Jenuh & Tak Jenuh dengan GC No. 18-6-1/MU/SMM-SIG

SAMPel	Sample Name: 607.R.644_b_Kacang			KONFIRMASI		
	Area	% Asam Lemak	% Asam Lemak dalam sampel	Asam Lemak	RT sampel	RT STD
C 18:1 W9T		0.00%	0.0000%	(as.oleat/w9t)		
C 18:1 W9C	616.98	6.95%	1.8117%	(as.oleat/w9c)	12.125	12.130
C 18:2 W6T		0.00%	0.0000%	(as.linoleat/w6t)		
C 18:2 W6C	3140.03	35.38%	9.2206%	(as.linoleat/w6c)	12.779	12.768
C 18:3 W6	19.67	0.22%	0.0578%	(as.linolenat/w6)	13.285	13.176
C 18:3 W3	4440.44	50.04%	13.0392%	(as.linolenat/w3)	13.633	13.612
C 20:3 W6		0.00%	0.0000%	(as.elikosatrienoat)		
C 20:4 W6		0.00%	0.0000%	AA (as.arachidonat)		
C 20:3 W3		0.00%	0.0000%	(as.elikosatrienoat)		
C 20:5 W3		0.00%	0.0000%	EPA (as.elikosaapentaenoat)		
C 22:1		0.00%	0.0000%	(as.enikat)		
C 22:6 W3	16.66	0.19%	0.0489%	DHA (as.dokosaheksaenoat)	21.837	21.777
Lain-lain		0.00%	0.0000%			
Total	8,874.59	100.00%	26.0600%			

Asam lemak	% Asam Lemak	% Asam lemak dalam sampel
omega 3	50.22%	13.0882%
omega 6	35.60%	9.2784%
omega 9	6.95%	1.8117%
Lain2	0.00%	0.0000%
Jumlah % Lemak	100.00%	26.0600%
% Lemak dlm Sampel	26.06%	26.06%

Perhitungan :
 Kadar Asam Lemak sampel (%) = (% Asam lemak) x (% Lemak Total) / (100%)

Kadar Lemak (%) 26.0600

Paraf Supervisor,



28.1/F-PP Revisi 5

IV. Result / Hasil Uji

No	Parameter	Unit	Simplo	Duplo	Limit Of Detection	Method
1	Asam Lemak Omega 3	mg / 100 g	13085.9	13088.2	-	18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID)
2	Asam Lemak Omega 6	mg / 100 g	9273.3	9278.4	-	18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID)
3	Asam Lemak Omega 9	mg / 100 g	1820.9	1811.7	-	18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID)

Bogor, 24 Juli 2026
PT. Saraswanti Indo Genetech



Dwi Yulianto Laksono, S.Si
Laboratory Director



scan for original

SIG Laboratory (1st Location)
Graha SIG Jl. Rasamala No. 20 Taman
Yasmin Bogor 16113
Phone: +62 251 7532 348

SIG Laboratory (3rd Location)
Jl. Raya Cifor RT 03 RW 08
Bubulak Bogor 16115

SIG Laboratory (2nd Location)
Jl. Semeru B Ruko No.21
Menteng Bogor 16111

SIG Laboratory (4th Location)
Jl. Kanfer Raya Blok R No. 4 Pedalangan, Kec.
Banyumanik, Semarang, Jawa Tengah 50268,
Phone : +62 24 70040541

Result Of Analysis | Page 2 of 2

The results of these tests relate only to the sample(s) submitted.
This report shall not be reproduced except in full context,
without the written approval of PT. Saraswanti Indo Genetech

Lampiran 16. Hasil Perhitungan Uji Kadar Air Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Tabel 31. Data Analisis Kadar Air (%) Tempe Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	58,47	57,81	57,49	173,78	57,93
	2	58,27	57,24	56,64	172,16	57,39
	3	58,54	58,34	57,47	174,35	58,12
Jumlah		175,28	173,40	171,61	520,29	173,43
Rata-Rata		58,43	57,80	57,20	173,43	57,81
48 Jam (a2)	1	56,62	56,09	55,64	168,35	56,12
	2	55,92	55,82	55,54	167,28	55,76
	3	56,69	56,02	55,64	168,36	56,12
Jumlah		169,24	167,93	166,83	504,00	252,000
Rata-Rata		56,41	55,98	55,61	168,00	56,00
72 Jam (a3)	1	55,09	54,30	54,07	163,46	54,49
	2	55,04	54,32	53,87	163,24	54,41
	3	55,12	54,87	54,22	164,21	54,74
Jumlah		165,26	163,49	162,17	490,91	163,64
Rata-Rata		55,09	54,50	54,06	163,64	54,55
Jumlah Total		509,78	504,82	500,61	1515,2	505,07
Rata-Rata Total		56,64	56,09	55,62	168,35	56,12

Contoh Perhitungan:

Kadar Air Perlakuan a1b1 ulangan 1

Diketahui:

W1 = 25,184 g

W2 = 24,014 g

W = 23,183 g

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{25,184 \text{ g} - 24,014 \text{ g}}{25,184 \text{ g} - 23,183 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 58,47\%$$

Perhitungan ANAVA Analisis Kadar Air:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(1515,20)^2}{3 \times 3 \times 3}$$

$$FK = 85030,77926$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (58,47)^2 + (58,27)^2 + \dots + (54,22)^2 - 85030,77926$$

$$JKT = 54,52984$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{173,78^2 + 172,16^2 + \dots + 164,21^2}{3} - 85030,77926$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 49,19730615$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{...k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{505,59^2 + \dots + 506,93^2}{3 \times 3} - 85030,77926 = 0,824$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK(A) = \frac{\sum_i Y_i^2}{rb} - FK$$

$$JK(A) = \frac{520,29^2 + 504,00^2 + 490,91^2}{3 \times 3} - 85030,77926$$

$$= 47,902$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK(\text{Galat a}) = JK(\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK(\text{Galat a}) = 49,19730615 - 0,824 - 47,902$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,471$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK(B) = \frac{\sum_j Y_j^2}{ra} - FK$$

$$JK(B) = \frac{509,78^2 + 504,82^2 + 500,60^2}{3 \times 3} - 85030,77926$$

$$JK(B) = 4,464$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B)$$

$$JK(AB) = \frac{175,28^2 + 173,40^2 + \dots + 162,17^2}{3} - 85030,77926 - 47,902 - 4,464$$

$$JK(AB) = 0,363$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK(\text{Galat b}) = JKT - JK(\text{Petak Utama}) - JK(B) - JK(AB)$$

$$JK(\text{Galat b}) = 54,52984 - 49,19730615 - 4,464 - 0,363$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,50577$$

Tabel 32. Data Hasil Analisis Kadar Air (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,824	0,412	3,502	6,94	tn
Faktor A	2	47,902	23,951	203,46	6,94	*
Galat (A)	4	0,471	0,118			
Total	8	49,197	24,481			
Anak Petak						
Faktor B	2	4,464	2,232	35,303	4,46	*
Interaksi (AB)	4	0,363	0,091	1,435	3,84	tn
Galat (B)	8	0,50577	0,063			
Total	14	5,333	2,386			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANOVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A) dan konsentrasi inokulum (Faktor B) berpengaruh terhadap kadar air, sedangkan interaksinya (AB) tidak berpengaruh terhadap kadar air tempe sachal inchi. Sehingga faktor A dan faktor B diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD kadar air terhadap faktor A

$$t_{(0,05;4)} = 2,776$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat a)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,118}{3 \times 3}} = 0,162$$

$$\text{LSD} = S_y \times t_{(0,05;4)}$$

$$\text{LSD} = 0,162 \times 2,776 = 0,449$$

Tabel 33. Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Air (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,449	a3	163,638	-			a
	a2	167,999	4,361*	-		b
	a1	169,806	6,169*	1,807*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 34. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Air (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Air (%)	Taraf Nyata 5%
a3 (72 Jam)	54,55 ± 0,22	a
a2 (48 Jam)	56,00 ± 0,26	b
a1 (24 Jam)	57,81 ± 0,43	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Uji Lanjut LSD kadar air terhadap faktor B

$$t_{(0,05;8)} = 2,306$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat b)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,063}{3 \times 3}} = 0,119$$

$$LSD = S_y \times t_{(0,05; 8)}$$

$$LSD = 0,119 \times 2,306 = 0,273$$

Tabel 35. Uji Lanjut LSD Faktor Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Air (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,273	b3	497,674	-			a
	b2	501,075	3,401*	-		b
	b1	505,580	7,906*	4,506*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 36. Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Air (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata	Taraf Nyata 5%
b3 (0,5%)	55,62 ± 0,30	a
b2 (0,3%)	56,09 ± 0,38	b
b1 (0,1%)	56,64 ± 0,26	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan konsentrasi inokulum saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Lampiran 17. Hasil Perhitungan Uji Kadar Protein Terhadap Tempe Ampas

Sacha Inchi

Tabel 37. Data Hasil Analisis Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	9,24	9,03	8,89	27,17	9,06
	2	9,19	8,99	8,77	26,94	8,98
	3	8,94	8,86	8,77	26,57	8,86
Jumlah		27,37	26,89	26,43	80,68	26,89
Rata-Rata		9,12	8,96	8,81	26,89	8,96
48 Jam (a2)	1	8,98	8,56	7,96	25,50	8,50
	2	8,93	8,43	7,92	25,27	8,42
	3	8,90	8,51	7,96	25,36	8,45
Jumlah		26,81	25,49	23,83	76,14	38,07
Rata-Rata		8,94	8,50	7,94	25,38	8,46
72 Jam (a3)	1	8,68	7,91	6,94	23,53	7,84
	2	8,47	7,83	6,85	23,14	7,71
	3	8,59	7,75	6,73	23,07	7,69
Jumlah		25,74	23,48	20,52	69,74	23,25
Rata-Rata		8,58	7,83	6,84	23,25	7,75
Jumlah Total		79,92	75,86	70,78	226,56	75,52
Rata-Rata Total		8,88	8,43	7,86	25,17	8,38

Contoh Perhitungan:

Kadar Protein Perlakuan a1b1 ulangan 1

Diketahui:

Vb = 0,0258 L

Vs = 0,02363 L

FP = 10

W1 = 2,001 g

FK = 6,25

$$N \text{ NaOH} = 0,0973$$

$$BE \text{ N} = 14,008$$

$$\text{Kadar Nitrogen(\%)} = \frac{[Vb(L) - Vs(L)] \times N\text{NaOH} \times FP \times BE \text{ N}}{W1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar N(\%)} = \frac{[0,0258 \text{ L} - 0,02363 \text{ L}] \times 0,0973 \times 10 \times 14,008}{2,001 \text{ g}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Nitrogen(\%)} = 1,478\%$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \text{Kadar Nitrogen (\%)} \times FK$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = 1,478\% \times 6,25$$

$$\text{Kadar Protein (\%)} = 9,24\%$$

Perhitungan ANAVA Analisis Kadar Protein:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(226,56181)^2}{3 \times 3 \times 3}$$

$$FK = 1901,12053$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (9,24)^2 + (9,19)^2 + \dots + (6,73)^2 - 1901,12053$$

$$JKT = 13,07334$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{27,17^2 + 26,94^2 + \dots + 23,07^2}{3} - 1901,12053$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 6,821886243$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{...k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{76,20^2 + \dots + 75,00^2}{3 \times 3} - 1901,12053$$

$$JKK = 0,083$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK (A) = \frac{\sum_i Y_{i1}^2}{rb} - FK$$

$$JK (A) = \frac{80,68^2 + 76,14^2 + 69,74^2}{3 \times 3} - 1901,12053$$

$$= 6,712$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK (\text{Galat a}) = JK (\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK (\text{Galat a}) = 6,821886243 - 0,83 - 6,712$$

$$JK (\text{Galat a}) = 0,027$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK (B) = \frac{\sum_j Y_{j1}^2}{ra} - FK$$

$$JK (B) = \frac{79,92^2 + 75,86^2 + 70,78^2}{3 \times 3} - 1901,12053$$

$$JK (B) = 4,65829$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK (AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK (A) - JK (B)$$

$$JK (AB) = \frac{27,36^2 + 26,89^2 + \dots + 20,52^2}{3} - 1901,12053 - 6,712 - 4,65829$$

$$JK (AB) = 1,55339$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK (\text{Galat } b) = JKT - JK (\text{Petak Utama}) - JK (B) - JK (AB)$$

$$JK (\text{Galat } b) = 13,07334 - 6,821886243 - 4,65829 - 1,55339$$

$$JK (\text{Galat } b) = 0,0397$$

Tabel 38. Data Hasil Analisis Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,08324	0,042	6,231	6,94	tn
Faktor A	2	6,71193	3,356	502,42	6,94	*
Galat (A)	4	0,02672	0,007			
Total	8	6,82189	3,404			
Anak Petak						
Faktor B	2	4,65829	2,329	468,582	4,46	*
Interaksi (AB)	4	1,55339	0,388	78,129	3,84	*
Galat (B)	8	0,03976	0,005			
Total	14	6,251	2,722			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A), konsentrasi inokulum (Faktor B), dan interaksinya

(AB) berpengaruh terhadap kadar protein tempe sachinchi. Sehingga diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD Kadar Protein Terhadap Faktor AB (A Sama)

$$t_{(0,05;8)} = 2,306$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat b)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,005}{3}} = 0,0577$$

$$\text{LSD} = S_y \times t_{(0,05;8)}$$

$$\text{LSD} = 0,0577 \times 2,306 = 0,133$$

Tabel 39. Uji Lanjut LSD A1 Sama dengan B Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,133	a1b3	8,256	-			a
	a1b2	8,657	0,400*	-		b
	a1b1	9,022	0,766*	0,366*	-	c

Tabel 40. Uji Lanjut LSD A2 Sama dengan B Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sachinchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,133	a2b3	7,944	-			a
	a2b2	8,497	0,553*	-		b
	a2b1	8,937	0,993*	0,440*	-	c

Tabel 41. Uji Lanjut LSD A3 Sama dengan B Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,133	a3b1	8,581	-			a
	a2b1	8,937	0,356*	-		b
	a1b1	9,022	0,441*	0,085	-	b

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji LSD.

Uji Lanjut LSD Kadar Protein Terhadap Faktor AB (A Sama)

$$t_{student\ a\ (0,05;4)} = 2,776445105$$

$$t_{student\ b\ (0,05;8)} = 2,306004135$$

$$t' = \frac{(b-1)(KT\ Galat\ B)(t_b) + (KT\ Galat\ a)(t_a)}{(b-1)(KT\ Galat\ b) + (KT\ Galat\ a)}$$

$$t' = \frac{(3-1)(0,005)(2,306004135) + (0,007)(2,776445105)}{(3-1)(0,005) + (0,007)}$$

$$t' = 2,495066176$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2(b-1)KT(Galat\ b) + KT(Galat\ a)}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2(3-1)(0,005) + (0,007)}{3 \times 3}}$$

$$S_y = 0,060774431$$

$$LSD = S_y \times t'$$

$$LSD = 0,060774431 \times 2,495066176$$

$$LSD = 0,151636228$$

Tabel 42. Uji Lanjut LSD B1 Sama dengan A Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,152	a3b1	8,581	-			a
	a2b1	8,937	0,356*	-		b
	a1b1	9,022	0,441*	0,085 ^{tn}	-	b

Tabel 43. Uji Lanjut LSD B2 Sama dengan A Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,152	a3b2	7,828	-			a
	a2b2	8,497	0,669*	-		b
	a1b2	8,657	0,829*	0,159*	-	c

Tabel 44. Uji Lanjut LSD B3 Sama dengan A Beda Untuk Uji Kadar Protein (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,152	a3b3	6,839	-			a
	a2b3	7,944	1,105*	-		b
	a1b3	8,256	1,417*	0,312*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji LSD.

Tabel 45. Dua Arah Untuk Kadar Protein (%) Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A)	Konsentrasi Inokulum (B) (%)					
	b1 (0,1%)		b2 (0,3%)		b3 (0,5%)	
a1 (24 jam)	9,022 ± 0,16	B	8,657 ± 0,09	C	8,256 ± 0,07	C
	c		b		a	
a2 (48 jam)	8,937 ± 0,04	B	8,497 ± 0,07	B	7,944 ± 0,02	B
	c		b		a	
a3 (72 jam)	8,581 ± 0,11	A	7,828 ± 0,08	A	6,839 ± 0,11	A
	c		b		a	

Keterangan:

Setiap nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda menyatakan perbedaan nyata menurut uji LSD pada taraf 5% (huruf kecil dibaca horizontal, sedangkan huruf besar dibaca vertikal)

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%. Kemudian semakin tinggi konsentrasi inokulum pada konsentrasi 0,3% (b2) dan 0,5% (b3) memberikan pengaruh penurunan kadar protein yang nyata di setiap tingkat perlakuannya. Sedangkan pada konsentrasi 0,1% (b1) terjadi penurunan kadar protein yang nyata untuk a1 dan a2 terhadap a3.

Lampiran 18. Hasil Perhitungan Uji Kadar Serat Kasar Terhadap Tempe

Ampas Sacha Inchi

Tabel 46. Data Hasil Analisis Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	6,09	6,39	6,88	19,36	6,45
	2	5,99	6,48	6,79	19,26	6,42
	3	6,08	6,39	6,86	19,33	6,44
Jumlah		18,16	19,26	20,53	57,96	19,32
Rata-Rata		6,05	6,42	6,84	19,32	6,44
48 Jam (a2)	1	7,09	7,39	7,78	22,26	7,42
	2	7,09	7,48	7,88	22,45	7,48
	3	7,09	7,48	7,88	22,45	7,48
Jumlah		21,26	22,35	23,55	67,16	33,58
Rata-Rata		7,09	7,45	7,85	22,39	7,46
72 Jam (a3)	1	8,08	8,38	8,88	25,35	8,45
	2	7,98	8,49	8,88	25,35	8,45
	3	8,09	4,48	8,87	25,45	8,48
Jumlah		24,15	25,36	26,64	76,15	25,38
Rata-Rata		8,05	8,45	8,88	25,38	8,46
Jumlah Total		63,57	66,97	70,72	201,26	67,09
Rata-Rata Total		7,06	7,44	7,86	22,36	7,45

Contoh Perhitungan:

Kadar Serat Kasar Perlakuan a1b1 ulangan 1

Diketahui:

$$W1 = 1,042 \text{ g}$$

$$W0 = 0,981 \text{ g}$$

$$Ws = 1,001 \text{ g}$$

$$\text{Kadar Serat (\%)} = \frac{W1 - W0}{Ws} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Serat (\%)} = \frac{1,042 \text{ g} - 0,981 \text{ g}}{1,001 \text{ g}} \times 100\% = 6,09\%$$

Perhitungan ANAVA Analisis Kadar Serat Kasar:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{\dots}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(201,2619434)^2}{3 \times 3 \times 3}$$

$$FK = 1500,23592$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (6,09)^2 + (5,99)^2 + \dots + (8,87)^2 - 1500,23592$$

$$JKT = 21,26243$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{19,36^2 + 19,26^2 + \dots + 25,45^2}{3} - 1500,23592$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 18,39604636$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{\dots k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{66,96^2 + \dots + 67,23^2}{3 \times 3} - 1500,23592$$

$$JKK = 0,004$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK(A) = \frac{\sum_i Y_i^2}{rb} - FK$$

$$JK(A) = \frac{57,96^2 + 67,16^2 + 76,15^2}{3 \times 3} - 1500,23592$$

$$= 18,384$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK(\text{Galat a}) = JK(\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK(\text{Galat a}) = 18,39604636 - 0,004 - 18,384$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,008$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK(B) = \frac{\sum_j Y_j^2}{ra} - FK$$

$$JK(B) = \frac{63,57^2 + 66,97^2 + 70,72^2}{3 \times 3} - 1500,23592$$

$$JK(B) = 2,83058$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B)$$

$$JK(AB) = \frac{18,16^2 + 19,26^2 + \dots + 26,64^2}{3} - 1500,23592 - 18,384 - 2,83058$$

$$JK(AB) = 0,00382$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK(\text{Galat b}) = JKT - JK(\text{Petak Utama}) - JK(B) - JK(AB)$$

$$JK(\text{Galat b}) = 21,26243 - 18,39604636 - 2,83058 - 0,00382$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,0319$$

Tabel 47. Data Hasil Analisis Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,004	0,002	0,945	6,94	tn
Faktor A	2	18,384	9,192	4342,55	6,94	*
Galat (A)	4	0,008	0,002			
Total	8	18,396046	9,196			
Anak Petak						
Faktor B	2	2,83058	1,415	354,021	4,46	*
Interaksi (AB)	4	0,00382	0,001	0,239	3,84	tn
Galat (B)	8	0,03198	0,004			
Total	14	2,866	1,420			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A) dan konsentrasi inokulum (Faktor B) berpengaruh terhadap kadar serat kasar, sedangkan interaksinya (AB) tidak berpengaruh terhadap kadar serat kasar tempe ampas sacha inchi. Sehingga faktor A dan faktor B diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD Kadar Serat Kasar Terhadap Faktor A

$$t_{(0,05;4)} = 2,776$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat a)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,002}{3 \times 3}}$$

$$S_y = 0,0217$$

$$LSD = S_y \times t_{(0,05; 4)}$$

$$LSD = 0,0217 \times 2,776$$

$$LSD = 0,060$$

Tabel 48. Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,060	a1	21,421	-			a
	a2	22,386	0,965*	-		b
	a3	25,382	3,962*	2,997*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 49. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Serat Kasar (%)	Taraf Nyata 5%
a1 (24 Jam)	6,44 ± 0,05	a
a2 (48 Jam)	7,46 ± 0,05	b
a3 (72 Jam)	8,46 ± 0,05	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Uji Lanjut LSD Kadar Serat Kasar Terhadap Faktor B

$$t_{(0,05;8)} = 2,306$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat b)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,004}{3 \times 3}}$$

$$S_y = 0,030$$

$$\text{LSD} = S_y \times t_{(0,05;8)}$$

$$\text{LSD} = 0,030 \times 2,306$$

$$\text{LSD} = 0,069$$

Tabel 50. Uji Lanjut LSD Faktor Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,069	b1	65,689	-			a
	b2	69,048	3,359*	-		b
	b3	72,831	7,142*	3,783*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 51. Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Kadar Serat Kasar (%) Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata Kadar Serat Kasar (%)	Taraf Nyata 5%
b1 (0,1%)	7,06 ± 0,05	a
b2 (0,3%)	7,44 ± 0,05	b
b3 (0,5%)	7,86 ± 0,04	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan konsentrasi inokulum saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Lampiran 19. Hasil Perhitungan Nilai pH Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Tabel 52. Data Hasil Analisis Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	5,27	5,38	5,52	16,17	5,39
	2	5,31	5,42	5,58	16,31	5,44
	3	5,24	5,41	5,54	16,19	5,40
Jumlah		15,82	16,21	16,64	48,67	16,22
Rata-Rata		5,27	5,40	5,55	16,22	5,41
48 Jam (a2)	1	5,74	5,91	6,10	17,75	5,92
	2	5,80	5,95	6,37	18,12	6,04
	3	5,76	5,89	6,32	17,97	5,99
Jumlah		17,30	17,75	18,79	53,84	26,92
Rata-Rata		5,77	5,92	6,26	17,95	5,98
72 Jam (a3)	1	6,25	6,42	6,58	19,25	6,42
	2	6,57	6,91	7,03	20,51	6,84
	3	6,53	6,81	6,98	20,32	6,77
Jumlah		19,35	20,14	20,59	60,05	20,03
Rata-Rata		6,45	6,71	6,86	20,03	6,68
Jumlah Total		52,47	54,10	56,02	162,59	54,20
Rata-Rata Total		5,83	6,01	6,22	18,06	6,02

Perhitungan ANAVA Analisis Nilai pH:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(162,59)^2}{3 \times 3 \times 3}$$

$$FK = 979,09289$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (5,27)^2 + (5,31)^2 + \dots + (6,98)^2 - 979,09289$$

$$JKT = 8,38481$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{16,17^2 + 16,31^2 + \dots + 20,32^2}{3} - 979,09289$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 7,588407407$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{...k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{53,17^2 + \dots + 54,48^2}{3 \times 3} - 979,09289$$

$$JKK = 0,187$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK(A) = \frac{\sum_i Y_i^2}{rb} - FK$$

$$JK(A) = \frac{48,67^2 + 53,84^2 + 60,08^2}{3 \times 3} - 979,09289$$

$$JK(A) = 7,254$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK(\text{Galat a}) = JK(\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK(\text{Galat a}) = 7,588407407 - 0,187 - 7,254$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,147$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK(B) = \frac{\sum_j Y_j^2}{ra} - FK$$

$$JK(B) = \frac{52,47^2 + 54,10^2 + 56,02^2}{3 \times 3} - 979,09289$$

$$JK(B) = 0,7017$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B)$$

$$JK(AB) = \frac{15,82^2 + 16,21^2 + \dots + 20,59^2}{3} - 979,09289 - 7,254 - 0,7017$$

$$JK(AB) = 0,0625$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK(\text{Galat b}) = JKT - JK(\text{Petak Utama}) - JK(B) - JK(AB)$$

$$JK(\text{Galat b}) = 8,38481 - 7,588407407 - 0,7017 - 0,0625$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,0322$$

Tabel 53. Data Hasil Analisis Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,187	0,094	2,548	6,94	tn
Faktor A	2	7,254	3,627	98,62	6,94	*
Galat (A)	4	0,147	0,037			
Total	8	7,588	3,757			
Anak Petak						
Faktor B	2	0,7017	0,351	87,167	4,46	*
Interaksi (AB)	4	0,0625	0,016	3,882	3,84	*
Galat (B)	8	0,0322	0,004			
Total	14	0,796	0,370			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A), konsentrasi inokulum (Faktor B), dan interaksinya (AB) berpengaruh terhadap nilai pH tempe sachai inchi. Sehingga diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD Nilai pH Terhadap Faktor AB (A Sama)

$$t_{(0,05;8)} = 2,306$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat b)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,004}{3}}$$

$$S_y = 0,0516$$

$$LSD = Sy \times t_{(0,05 ; 8)}$$

$$LSD = 0,0516 \times 2,306$$

$$LSD = 0,119$$

Tabel 54. Uji Lanjut LSD A1 Sama dengan B Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,119	a1b1	5,610	-			a
	a1b2	5,740	0,130*	-		b
	a1b3	6,070	0,460*	0,330*	-	c

Tabel 55. Uji Lanjut LSD A2 Sama dengan B Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,119	a2b1	5,767	-			a
	a2b2	5,917	0,150*	-		b
	a2b3	6,263	0,497*	0,347*	-	c

Tabel 56. Uji Lanjut LSD A3 Sama dengan B Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,119	a3b1	6,450	-			a
	a3b2	6,713	0,263*	-		b
	a3b3	6,863	0,413*	0,150*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji LSD.

Uji Lanjut LSD Nilai pH Terhadap Faktor AB (A Sama)

$$t_{student\ a\ (0,05;4)} = 2,776445105$$

$$t_{student\ b\ (0,05;8)} = 2,306004135$$

$$t' = \frac{(b-1)(KT\ Galat\ B)(t_b) + (KT\ Galat\ a)(t_a)}{(b-1)(KT\ Galat\ b) + (KT\ Galat\ a)}$$

$$t' = \frac{(3-1)(0,004)(2,306004135) + (0,037)(2,776445105)}{(3-1)(0,004) + (0,037)}$$

$$t' = 2,691961634$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2(b-1)KT(Galat\ b) + KT(Galat\ a)}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2(3-1)(0,004) + (0,037)}{3 \times 3}}$$

$$S_y = 0,099806397$$

$$LSD = S_y \times t'$$

$$LSD = 0,099806397 \times 2,691961634$$

$$LSD = 0,268674991$$

Tabel 57. Uji Lanjut LSD B1 Sama dengan A Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,269	a1b1	5,610	-			a
	a2b1	5,767	0,157 ^{tn}	-		a
	a3b1	6,450	0,840*	0,683*	-	b

Tabel 58. Uji Lanjut LSD B2 Sama dengan A Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,269	a1b2	5,740	-			a
	a2b2	5,917	0,177 ^{tn}	-		a
	a3b2	6,713	0,973*	0,797*	-	b

Tabel 59. Uji Lanjut LSD B3 Sama dengan A Beda Untuk Uji Nilai pH Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,269	a1b3	6,070	-			a
	a2b3	6,263	0,193 ^{tn}	-		a
	a3b3	6,863	0,793*	0,600*	-	b

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Nilai yang ditandai dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji LSD.

Tabel 60. Dua Arah Untuk Nilai pH Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A)	Konsentrasi Inokulum (B) (%)					
	b1 (0,1%)		b2 (0,3%)		b3 (0,5%)	
a1 (24 jam)	5,610 ± 0,04	A	5,740 ± 0,02	A	6,070 ± 0,03	A
	a		b		c	
a2 (48 jam)	5,767 ± 0,03	A	5,917 ± 0,03	A	6,263 ± 0,14	A
	a		b		c	
a3 (72 jam)	6,450 ± 0,17	B	6,713 ± 0,26	B	6,863 ± 0,25	B
	a		b		c	

Keterangan:

Setiap nilai rata-rata yang diikuti huruf berbeda menyatakan perbedaan nyata menurut uji LSD pada taraf 5% (huruf kecil dibaca horizontal, sedangkan huruf besar dibaca vertikal)

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%. Kemudian semakin tinggi konsentrasi inokulum terjadi penurunan nilai pH yang nyata untuk a1 dan a2 terhadap a3 pada masing-masing konsentrasi.

Lampiran 20. Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Warna Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Tabel 61. Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Warna Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	2,09	2,00	2,00	6,09	2,03
	2	1,94	1,98	1,97	5,89	1,96
	3	2,01	1,98	2,03	6,02	2,01
Jumlah		6,04	5,96	6,01	18,00	6,00
Rata-Rata		2,01	1,99	2,00	6,00	2,00
48 Jam (a2)	1	2,07	2,09	2,10	6,26	2,09
	2	2,20	2,21	2,18	6,60	2,20
	3	2,09	2,17	2,22	6,48	2,16
Jumlah		6,36	6,48	6,50	19,34	9,67
Rata-Rata		2,12	2,16	2,17	6,45	2,15
72 Jam (a3)	1	2,13	2,25	2,10	6,48	2,16
	2	2,22	2,33	2,30	6,85	2,28
	3	2,25	2,30	2,29	6,85	2,28
Jumlah		6,60	6,89	6,68	20,17	6,72
Rata-Rata		2,20	2,30	2,23	6,73	2,24
Jumlah Total		19	19,33	19,19	57,5186	19,17
Rata-Rata Total		2,11	2,15	2,13	6,39	2,13

Perhitungan ANAVA Analisis Uji Mutu Hedonik Atribut Warna:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(57,5186)^2}{3 \times 3 \times 3}$$

$$FK = 122,53322$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (2,09)^2 + (1,94)^2 + \dots + (2,29)^2 - 122,53322$$

$$JKT = 0,36375$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{6,09^2 + 5,89^2 + \dots + 6,85^2}{3} - 122,53322$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 0,324694477$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{...k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{18,82^2 + \dots + 19,36^2}{3 \times 3} - 122,53322$$

$$JKK = 0,021$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK(A) = \frac{\sum_i Y_i^2}{rb} - FK$$

$$JK(A) = \frac{18,00^2 + 19,34^2 + 20,17^2}{3 \times 3} - 122,53322$$

$$JK(A) = 0,267$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK(\text{Galat a}) = JK(\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,324694477 - 0,021 - 0,267$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,037$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK(B) = \frac{\sum_j Y_j^2}{ra} - FK$$

$$JK(B) = \frac{19^2 + 19,33^2 + 19,19^2}{3 \times 3} - 122,53322$$

$$JK(B) = 0,006$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B)$$

$$JK(AB) = \frac{6,04^2 + 5,96^2 + \dots + 6,68^2}{3} - 122,53322 - 0,267 - 0,006$$

$$JK(AB) = 0,014$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK(\text{Galat b}) = JKT - JK(\text{Petak Utama}) - JK(B) - JK(AB)$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,36375 - 0,324694477 - 0,006 - 0,014$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,0190$$

Tabel 62. Data Hasil Analisis Atribut Warna Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,021	0,010	1,124	6,94	tn
Faktor A	2	0,267	0,134	14,55	6,94	*
Galat (A)	4	0,037	0,009			
Total	8	0,325	0,153			
Anak Petak						
Faktor B	2	0,006	0,003	1,221	4,46	tn
Interaksi (AB)	4	0,014	0,004	1,498	3,84	tn
Galat (B)	8	0,0190	0,002			
Total	14	0,039	0,009			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A), berpengaruh terhadap atribut warna tempe ampas sach a inchi, sedangkan konsentrasi inokulum (Faktor B) dan interaksinya (AB) tidak berpengaruh terhadap atribut warna tempe ampas sach a inchi. Sehingga faktor A diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD Atribut Warna Terhadap Faktor A

$$t_{(0,05;4)} = 2,776$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat a)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,037}{3}}$$

$$LSD = S_y \times t_{(0,05; 4)}$$

$$LSD = 0,0516 \times 2,306$$

$$LSD = 0,125$$

Tabel 63. Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Warna Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,125	a1	6,390	-			a
	a2	6,447	0,057 ^{tn}	-		a
	a3	6,725	0,336*	0,278*	-	b

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 64. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Warna Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata	Taraf Nyata 5%
a1 (24 Jam)	3,30 ± 0,05	a
a2 (48 Jam)	4,12 ± 0,07	a
a3 (72 Jam)	4,52 ± 0,08	b

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi waktu fermentasi terjadi peningkatab atribut warna yang nyata untuk a1 dan a2 terhadap a3.

**Lampiran 21. Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma Terhadap
Tempe Ampas Sacha Inchi**

Tabel 65. Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	2,00	2,00	1,98	5,97	1,99
	2	1,94	2,01	2,01	5,97	1,99
	3	2,00	1,99	1,95	5,95	1,98
Jumlah		5,95	6,00	5,94	17,89	5,96
Rata-Rata		1,98	2,00	1,98	5,96	1,99
48 Jam (a2)	1	2,07	2,13	2,16	6,36	2,12
	2	2,15	2,16	2,18	6,49	2,16
	3	2,07	2,13	2,17	6,37	2,13
Jumlah		6,29	6,43	6,51	19,23	9,61
Rata-Rata		2,10	2,14	2,17	6,41	2,14
72 Jam (a3)	1	2,07	2,10	2,11	6,27	2,09
	2	2,00	2,06	2,07	6,14	2,04
	3	2,03	2,09	2,03	6,15	2,05
Jumlah		6,10	6,24	6,21	18,56	6,19
Rata-Rata		2,03	2,08	2,07	6,19	2,06
Jumlah Total		18,34	18,67	18,66	55,67	18,56
Rata-Rata Total		2,04	2,07	2,07	6,18	2,06

Perhitungan ANAVA Analisis Uji Mutu Hedonik Atribut Aroma:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{\dots}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(55,67)^2}{3 \times 3 \times 3}$$

$$FK = 114,79429$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (2,00)^2 + (1,94)^2 + \dots + (2,03)^2 - 114,79429$$

$$JKT = 0,12821$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{5,97^2 + 5,97^2 + \dots + 6,15^2}{3} - 114,79429$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 0,107661193$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{\dots k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{18,60^2 + \dots + 18,47^2}{3 \times 3} - 114,79429$$

$$JKK = 0,001$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK(A) = \frac{\sum_i Y_i^2}{rb} - FK$$

$$JK(A) = \frac{17,89^2 + 19,23^2 + 18,56^2}{3 \times 3} - 114,79429$$

$$JK(A) = 0,100$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK(\text{Galat a}) = JK(\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,107661193 - 0,001 - 0,100$$

$$JK(\text{Galat a}) = 0,007$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK(B) = \frac{\sum_j Y_j^2}{ra} - FK$$

$$JK(B) = \frac{18,34^2 + 18,67^2 + 18,66^2}{3 \times 3} - 114,79429$$

$$JK(B) = 0,008$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B)$$

$$JK(AB) = \frac{5,95^2 + 6,00^2 + \dots + 6,21^2}{3} - 114,79429 - 0,100 - 0,008$$

$$JK(AB) = 0,005$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK(\text{Galat b}) = JKT - JK(\text{Petak Utama}) - JK(B) - JK(AB)$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,12821 - 0,107661193 - 0,008 - 0,005$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,008$$

Tabel 66. Data Hasil Analisis Atribut Aroma Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,001	0,001	0,392	6,94	tn
Faktor A	2	0,100	0,050	30,60	6,94	*
Galat (A)	4	0,007	0,002			
Total	8	0,108	0,052			
Anak Petak						
Faktor B	2	0,008	0,004	3,966	4,46	tn
Interaksi (AB)	4	0,005	0,001	1,165	3,84	tn
Galat (B)	8	0,008	0,001			
Total	14	0,021	0,006			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A), berpengaruh terhadap atribut aroma tempe ampas sachu inchi, sedangkan konsentrasi inokulum (Faktor B) dan interaksinya (AB) tidak berpengaruh terhadap atribut aroma tempe ampas sachu inchi. Sehingga faktor A diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD Atribut Aroma Terhadap Faktor A

$$t_{(0,05;4)} = 2,776$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat a)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,050}{3}}$$

$$S_y = 0,019$$

$$LSD = S_y \times t_{(0,05 ; 4)}$$

$$LSD = 0,0516 \times 2,306$$

$$LSD = 0,125$$

Tabel 67. Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Aroma Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,053	a3	6,186	-			a
	a1	6,281	0,095*	-		b
	a2	6,409	0,224*	0,128*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 68. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Aroma Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata	Taraf Nyata 5%
a3 (72 Jam)	3,74 ± 0,03	a
a1 (24 Jam)	3,46 ± 0,03	b
a2 (48 Jam)	4,08 ± 0,03	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Lampiran 22. Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur Terhadap

Tempe Ampas Sacha Inchi

Tabel 69. Hasil Perhitungan Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur Terhadap Tempe Ampas Sacha Inchi

Waktu Fermentasi (A) sebagai Petak Utama	Ulangan	Konsentrasi Inokulum (B) sebagai Anak Petak			Jumlah	Rata-Rata
		0,1% (b1)	0,3% (b2)	0,5% (b3)		
24 Jam (a1)	1	2,01	2,03	2,02	6,06	2,02
	2	1,97	2,07	2,03	6,07	2,02
	3	1,93	2,04	2,04	6,01	2,00
Jumlah		5,92	6,14	6,08	18,14	6,05
Rata-Rata		1,97	2,05	2,03	6,05	2,02
48 Jam (a2)	1	2,14	2,21	2,31	6,65	2,22
	2	2,15	2,24	2,27	6,66	2,22
	3	2,18	2,19	2,25	6,62	2,21
Jumlah		6,47	6,64	6,82	19,93	6,64
Rata-Rata		2,16	2,21	2,27	6,64	2,21
72 Jam (a3)	1	2,25	2,33	2,35	6,92	2,31
	2	2,28	2,35	2,37	7,00	2,33
	3	2,33	2,36	2,37	7,05	2,35
Jumlah		6,86	7,03	7,09	20,98	6,99
Rata-Rata		2,29	2,34	2,36	6,99	2,33
Jumlah Total		19,25	19,81	19,99	59,04	19,68
Rata-Rata Total		2,14	2,20	2,22	6,56	2,19

Perhitungan ANAVA Analisis Uji Mutu Hedonik Atribut Tekstur:

Diketahui:

$$a = 3, b = 3, r = 3$$

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$FK = \frac{(59,04)^2}{3 \times 3 \times 3} = 129,11975$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{i,j,k}^2 - FK$$

$$JKT = (2,01)^2 + (1,97)^2 + \dots + (2,37)^2 - 129,11975$$

$$JKT = 0,50789$$

3. Jumlah Kuadrat Petak Utama

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{\sum_{i,k} Y_{i,k}^2}{b} - FK$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = \frac{6,06^2 + 6,07^2 + \dots + 7,05^2}{3} - 129,11975$$

$$JK (\text{Petak Utama}) = 0,460447564$$

4. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{\sum_k Y_{...k}^2}{ab} - FK$$

$$JKK = \frac{19,64^2 + \dots + 19,68^2}{3 \times 3} - 129,11975$$

$$JKK = 0,0004$$

5. Jumlah Kuadrat Faktor A

$$JK (A) = \frac{\sum_i Y_i^2}{rb} - FK$$

$$JK (A) = \frac{18,14^2 + 19,93^2 + 20,98^2}{3 \times 3} - 129,11975$$

$$JK (A) = 0,457$$

6. Jumlah Kuadrat Galat Faktor A

$$JK (\text{Galat a}) = JK (\text{Petak Utama}) - JKK - JK(A)$$

$$JK (\text{Galat a}) = 0,460447564 - 0,0004 - 0,457$$

$$JK (\text{Galat a}) = 0,003$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B

$$JK(B) = \frac{\sum_j Y_j^2}{ra} - FK$$

$$JK(B) = \frac{19,28^2 + 19,81^2 + 19,99^2}{3 \times 3} - 129,11975$$

$$JK(B) = 0,034$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi A x B

$$JK(AB) = \frac{\sum_{i,j} Y_{ij}^2}{r} - FK - JK(A) - JK(B)$$

$$JK(AB) = \frac{5,95^2 + 6,00^2 + \dots + 6,21^2}{3} - 129,11975 - 0,457 - 0,034$$

$$JK(AB) = 0,005$$

9. Jumlah Kuadrat Galat Faktor B

$$JK(\text{Galat b}) = JKT - JK(\text{Petak Utama}) - JK(B) - JK(AB)$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,50789 - 0,460447564 - 0,034 - 0,005$$

$$JK(\text{Galat b}) = 0,008$$

Tabel 70. Data Hasil Analisis Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi

Sumber Keragaman (SK)	Derajat Bebas (DB)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Total (KT)	Fhitung	Ftabel 5%	Notasi
Petak Utama						
Kelompok (K)	2	0,0004	0,000	0,233	6,94	tn
Faktor A	2	0,457	0,228	266,45	6,94	*
Galat (A)	4	0,003	0,001			
Total	8	0,460	0,229			
Anak Petak						
Faktor B	2	0,034	0,017	16,398	4,46	*
Interaksi (AB)	4	0,005	0,001	1,202	3,84	tn
Galat (B)	8	0,008	0,001			
Total	14	0,047	0,019			

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Kesimpulan:

Berdasarkan tabel analisis variasi (ANAVA) dapat diketahui bahwa kondisi waktu fermentasi (Faktor A) dan konsentrasi inokulum (Faktor B) berpengaruh terhadap atribut tekstur tempe ampas sachet inchi, sedangkan interaksinya (AB) tidak berpengaruh terhadap atribut tekstur tempe ampas sachet inchi. Sehingga faktor A dan faktor B diperlakukan uji lanjut LSD.

Uji Lanjut LSD Atribut Tekstur terhadap faktor A

$$t_{(0,05;4)} = 2,776$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat a)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,001}{3 \times 3}}$$

$$S_y = 0,014$$

$$\text{LSD} = S_y \times t_{(0,05;4)}$$

$$\text{LSD} = 0,014 \times 2,776$$

$$\text{LSD} = 0,038$$

Tabel 71. Uji Lanjut LSD Faktor Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sachet Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,038	a1	6,446	-			a
	a2	6,643	0,197*	-		b
	a3	6,992	0,545*	0,349*	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 72. Pengaruh Waktu Fermentasi (Faktor A) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata	Taraf Nyata 5%
a1 (24 Jam)	$3,58 \pm 0,03$	a
a2 (48 Jam)	$4,38 \pm 0,03$	b
a3 (72 Jam)	$4,93 \pm 0,03$	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Uji Lanjut LSD Atribut Tekstur Terhadap Faktor B

$$t_{(0,05;8)} = 2,306$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \text{ KT (Galat b)}}{r \times b}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{2 \times 0,001}{3 \times 3}}$$

$$S_y = 0,015$$

$$\text{LSD} = S_y \times t_{(0,05;8)}$$

$$\text{LSD} = 0,015 \times 2,306$$

$$\text{LSD} = 0,035$$

Tabel 73. Uji Lanjut LSD Faktor Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi

LSD	Perlakuan	Rata Rata Perlakuan	Perlakuan			Notasi
			1	2	3	
0,035	b1	19,670	-			a
	b2	20,133	0,463	-		b
	b3	20,440	0,769	0,307	-	c

Keterangan:

* = Berpengaruh

tn = Tidak Berpengaruh

Tabel 74. Pengaruh Konsentrasi Inokulum (Faktor B) Terhadap Atribut Tekstur Tempe Ampas Sacha Inchi

Perlakuan	Rata-Rata	Taraf Nyata 5%
b1 (0,1%)	4,08 ± 0,04	a
b2 (0,3%)	4,34 ± 0,02	b
b3 (0,5%)	4,43 ± 0,02	c

Kesimpulan:

Berdasarkan hasil uji lanjut LSD, maka dapat disimpulkan bahwa masing-masing perlakuan waktu fermentasi saling berbeda nyata satu sama lain (notasi tidak ada yang sama) pada taraf 5%.

Lampiran 23. Perhitungan Penentuan Perlakuan Terbaik (Metode Indeks Efektivitas De Garmo)

Tabel 75. Nilai Tertinggi dan Nilai Terendah Dari Rata-Rata Per Perlakuan

Data Rata Rata Per Perlakuan							
Perlakuan	Air	Serat Kasar	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur
a1b1	58,43	6,05	9,12	5,27	2,01	1,98	1,97
a1b2	57,80	6,42	8,96	5,40	1,99	2,00	2,05
a1b3	57,20	6,84	8,81	5,55	2,00	1,98	2,03
a2b1	56,41	7,09	8,94	5,77	2,12	2,10	2,16
a2b2	55,98	7,45	8,50	5,92	2,16	2,14	2,21
a2b3	55,61	7,85	7,94	6,26	2,17	2,17	2,27
a3b1	55,09	8,05	8,58	6,45	2,20	2,04	2,29
a3b2	54,50	8,45	7,83	6,71	2,30	2,08	2,34
a3b3	54,06	8,88	6,84	6,86	2,23	2,07	2,36
Nilai Tertinggi	58,43	8,88	9,12	6,86	2,30	2,17	2,36
Nilai Terendah	54,06	6,05	6,84	5,27	1,99	1,98	1,97

Tabel 76. Bobot Variabel, Bobot Normal, Dan Arah Normalitas Pada Masing-Masing Parameter

Parameter	Arah Normalitas	Bobot Variabel	Bobot Normal
Kadar Serat Kasar	Tinggi	1,00	0,50
Kadar Protein	Tinggi	0,40	0,20
Kadar Air	Rendah	0,12	0,06
Nilai Ph	Rendah	0,12	0,06
Warna	Tinggi	0,12	0,06
Aroma	Tinggi	0,12	0,06
Tekstur	Tinggi	0,12	0,06
Total Bobot		2,00	1,00

Contoh Perhitungan:

Bobot Normal Parameter Air

$$\text{Bobot Normal} = \frac{BV}{\sum BV}$$

$$\text{Bobot Normal} = \frac{1,00}{2,00}$$

$$\text{Bobot Normal} = 0,50$$

Tabel 77. Hasil Perhitungan Nilai Efektivitas Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Perlakuan

NILAI EFEKTIVITAS (NE)							
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur
a1b1	0,000	0,000	1,000	1,000	0,093	0,004	0,000
a1b2	0,144	0,130	0,930	0,918	0,000	0,101	0,189
a1b3	0,280	0,279	0,864	0,828	0,053	0,000	0,143
a2b1	0,461	0,366	0,919	0,690	0,433	0,606	0,471
a2b2	0,560	0,494	0,727	0,595	0,558	0,850	0,619
a2b3	0,645	0,635	0,484	0,377	0,585	1,000	0,769
a3b1	0,764	0,707	0,763	0,260	0,689	0,287	0,801
a3b2	0,899	0,849	0,433	0,094	1,000	0,524	0,952
a3b3	1,000	1,000	0,000	0,000	0,780	0,467	1,000

Contoh Perhitungan:

Nilai Efektivitas Perlakuan a1b2 Pada Parameter Kadar Air (Arah Normalitas Rendah)

$$\text{Nilai Efektivitas} = \frac{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Perlakuan}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}$$

$$\text{Nilai Efektivitas} = \frac{58,43 - 57,80}{58,43 - 54,06}$$

$$\text{Nilai Efektivitas} = 0,144$$

Nilai Efektivitas Perlakuan a1b2 Pada Parameter Kadar Serat Kasar (Arah Normalitas Tinggi)

$$\text{Nilai Efektivitas} = \frac{\text{Nilai Perlakuan} - \text{Nilai Terendah}}{\text{Nilai Tertinggi} - \text{Nilai Terendah}}$$

$$\text{Nilai Efektivitas} = \frac{6,42 - 6,05}{8,88 - 6,05}$$

$$\text{Nilai Efektivitas} = 0,130$$

Tabel 78. Perhitungan Nilai Hasil Setiap Perlakuan Pada Masing-Masing Perlakuan

Nilai Hasil (NH)								
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur	Skor Total
a1b1	0,000	0,000	0,200	0,060	0,006	0,000	0,000	0,266
a1b2	0,009	0,065	0,186	0,055	0,000	0,006	0,011	0,332
a1b3	0,017	0,140	0,173	0,050	0,003	0,000	0,009	0,391
a2b1	0,028	0,183	0,184	0,041	0,026	0,036	0,028	0,527
a2b2	0,034	0,247	0,145	0,036	0,034	0,051	0,037	0,583

Nilai Hasil (NH)								
Perlakuan	Air	Serat	Protein	pH	Warna	Aroma	Tekstur	Skor Total
a2b3	0,039	0,318	0,097	0,023	0,035	0,060	0,046	0,617
a3b1	0,046	0,353	0,153	0,016	0,041	0,017	0,048	0,674
a3b2	0,054	0,424	0,087	0,006	0,060	0,031	0,057	0,719
a3b3	0,060	0,500	0,000	0,000	0,047	0,028	0,060	0,695

Contoh Perhitungan:

Perlakuan a1b1 Pada Parameter Kadar Protein

Nilai Hasil = Bobot Nilai $\times$ Nilai Efektivitas

Nilai Hasil = $0,20 \times 1,000$

Nilai Hasil = 0,200

Tabel 79. Ranking Perlakuan Terbaik Berdasarkan Metode Indeks Efektivitas De Garmo

Ranking Perlakuan		
Perlakuan	Skor Total	Peringkat
a1b1	0,266	9
a1b2	0,332	8
a1b3	0,391	7
a2b1	0,527	6
a2b2	0,583	5
a2b3	0,617	4
a3b1	0,674	3
a3b2	0,719	1
a3b3	0,695	2

Kesimpulan:

Berdasarkan metode Indeks Efektivitas De Garmo, perlakuan a3b2 memperoleh nilai hasil sebesar 0,719, sehingga terpilih sebagai perlakuan terbaik dan digunakan untuk analisis lanjutan yaitu analisis asam lemak omega.

Lampiran 24. Sertifikat Hasil Analisis Asam Lemak Omega Pada Tempe
Ampas Sacha Inchi Metode Gas Chromatography-Flame
Ionization Detector (GC-FID)

No. 18-6-1.1/F-MU/SMM-SIG
Revisi: 4



REKAMAN PENGUJIAN GC

Parameter Uji : Asam Lemak
Tanggal Pengujian : 22/07/2026 20:19:34
Metode Acuan : IK Metode Uji Asam Lemak Jenuh & Tak Jenuh dengan GC No. 18-6-1/MU/SMM-SIG

SAMPSEL	Sample Name:	607.R.645_a_Tempe			KONFIRMASI		
	Area	% Asam Lemak	% Asam Lemak dalam sampel	Asam Lemak	RT sampel	RT STD	Selisih
C 18:1 W9T		0.00%	0.0000%	(as.oleat/u9t)			
C 18:1 W9C	729.60	9.72%	2.5168%	(as.oleat/u9c)	12.120	12.130	0.010
C 18:2 W6T		0.00%	0.0000%	(as.linoat/u6t)			
C 18:2 W6C	3025.68	40.33%	10.4372%	(as.linoat/u6c)	12.774	12.768	0.006
C 18:3 W6	148.85	1.98%	0.5135%	(as.linoat/u6)	13.265	13.176	0.089
C 18:3 W3	3067.60	40.89%	10.5818%	(as.linoat/u3)	13.622	13.612	0.010
C 20:3 W6		0.00%	0.0000%	(as.elkatrienoat)			
C 20:4 W6		0.00%	0.0000%	AA (as.arachidonat)			
C 20:3 W3		0.00%	0.0000%	(as.elkatrienoat)			
C 20:5 W3		0.00%	0.0000%	EPA (as.elkosaapentaenoat)			
C 22:1		0.00%	0.0000%	(as.erukat)			
C 22:6 W3		0.00%	0.0000%	DHA (as.dokosaheksaenoat)			
Lain-lain		0.00%	0.0000%				
Total	7,502.48	100.00%	25.8800%				

Asam lemak	% Asam Lemak	% Asam lemak dalam sampel
omega 3	40.89%	10.5818%
omega 6	42.31%	10.9506%
omega 9	9.72%	2.5168%
Lain2	0.00%	0.0000%
Jumlah % Lemak	100.00%	25.8800%
% Lemak dim Sampel	25.88%	25.88%

Perhitungan :
Kadar Asam Lemak sampel (%) = (% Asam lemak) x (% Lemak Total) / (100%)

Kadar Lemak (%)

25.8800

Paraf Supervisor,




REKAMAN PENGUJIAN GC

Parameter Uji : Asam Lemak
 Tanggal Pengujian : 22/07/2026 20:47:37
 Metode Acuan : IK Metode Uji Asam Lemak Jenuh & Tak Jenuh dengan GC No. 18-6-1/MU/SMM-SIG

SAMPSEL	Sample Name:		607.R.645_b_Tempe		KONFIRMASI		
	Area	% Asam Lemak	% Asam Lemak dalam sampel	Asam Lemak	RT sampel	RT STD	Selisih
C 18:1 W9T		0.00%	0.0000%	(as.oleat/u9t)			
C 18:1 W9C	728.95	9.75%	2.5224%	(as.oleat/u9c)	12.118	12.130	0.012
C 18:2 W6T		0.00%	0.0000%	(as.linoleat/u6t)			
C 18:2 W6C	3017.75	40.35%	10.4424%	(as.linoleat/u6c)	12.772	12.768	0.004
C 18:3 W6	145.61	1.95%	0.5039%	(as.linolenat/u6)	13.263	13.176	0.087
C 18:3 W3	3061.60	40.94%	10.5941%	(as.linolenat/u3)	13.617	13.612	0.005
C 20:3 W6		0.00%	0.0000%	(as.eikosatrienoat)			
C 20:4 W6		0.00%	0.0000%	AA (as.arachidonat)			
C 20:3 W3		0.00%	0.0000%	(as.eikosatrienoat)			
C 20:5 W3		0.00%	0.0000%	EPA (as.eikosapentaenoat)			
C 22:1		0.00%	0.0000%	(as.enukat)			
C 22:6 W3		0.00%	0.0000%	DHA (as.dokosaheksaenoat)			
Lain-lain		0.00%	0.0000%				
Total	7.479.09	100.00%	25.8800%				

Asam lemak	% Asam Lemak	% Asam lemak dalam sampel
omega 3	40.94%	10.5941%
omega 6	42.30%	10.9462%
omega 9	9.75%	2.5224%
Lain2	0.00%	0.0000%
Jumlah % Lemak	100.00%	25.8800%
% Lemak dlm Sampel	25.88%	25.88%

Perhitungan :
 Kadar Asam Lemak sampel (%) = (% Asam lemak) x (% Lemak Total) / (100%)

Kadar Lemak (%) 25.8800

Paraf Supervisor,



28.1/F-PP Revisi 5

IV. Result / Hasil Uji

No	Parameter	Unit	Simplo	Duplo	Limit Of Detection	Method
1	Asam Lemak Omega 3	mg / 100 g	10581.8	10594.1	-	18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID)
2	Asam Lemak Omega 6	mg / 100 g	10950.6	10946.2	-	18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID)
3	Asam Lemak Omega 9	mg / 100 g	2516.8	2522.4	-	18-6-1/MU/SMM-SIG (GC-FID)

Bogor, 24 Juli 2026

PT. Saraswanti Indo Genetech



Dwi Yulianto Laksono, S.Si
Laboratory Director



scan for original

SIG Laboratory (1st Location)
Graha SIG Jl. Rasamala No. 20 Taman
Yasmin Bogor 16113
Phone. +62 251 7532 348

SIG Laboratory (3rd Location)
Jl. Raya Cifor RT 03 RW 08
Bubulak Bogor 16115

SIG Laboratory (2nd Location)
Jl. Semeru B Ruko No.21
Menteng Bogor 16111

SIG Laboratory (4th Location)
Jl. Kanfer Raya Blok R No. 4 Pedalangan, Kec.
Banyumanik, Semarang, Jawa Tengah 50268,
Phone : +62 24 70040541

Result Of Analysis | Page 2 of 2

The results of these tests relate only to the sample(s) submitted.
This report shall not be reproduced except in full context,
without the written approval of PT. Saraswanti Indo Genetech

Lampiran 25. Tempe Ampas Sacha Inchi



Gambar 7. Tempe Ampas Sacha Inchi Selama 24 Jam Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum

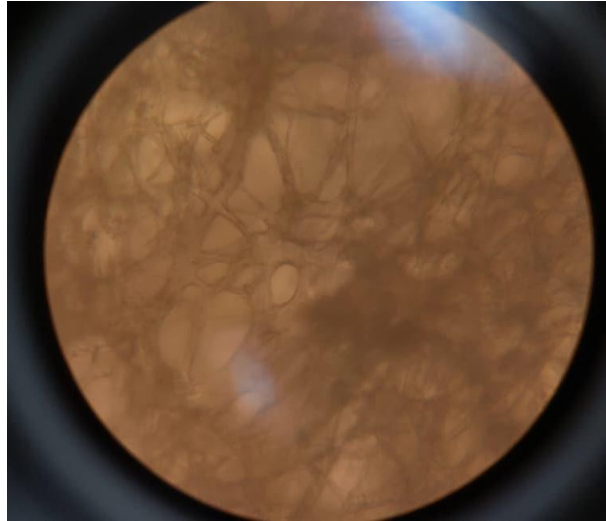


Gambar 8. Tempe Ampas Sacha Inchi Selama 48 Jam Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum

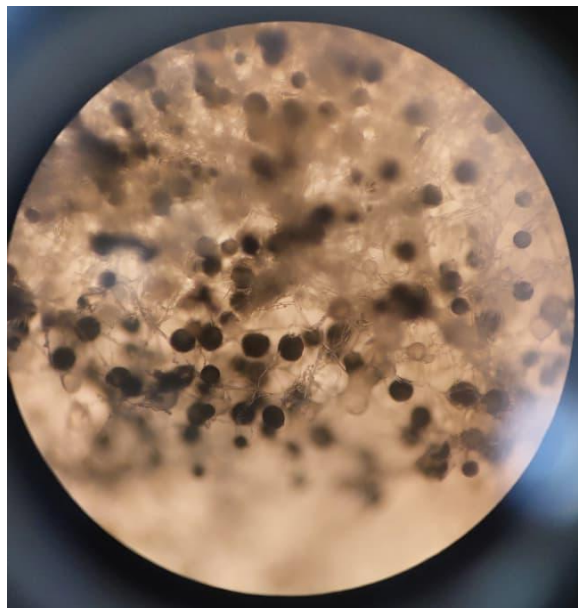


Gambar 9. Tempe Ampas Sacha Inchi Selama 72 Jam Dengan Variasi Konsentrasi Inokulum

Lampiran 26. Misselium Pada Tempe Perbesaran 400x



Gambar 10. Miselium Pada Tempe Ampas Sacha Inchi Sebelum Terbentuk Spora



Gambar 11. Miselium Pada Tempe Ampas Sacha Inchi Setelah Terbentuk Spora

Lampiran 27. Dokumentasi Penelitian

Penelitian Pendahuluan	
Analisis Kadar Air	 A photograph showing several petri dishes containing samples, likely for moisture analysis, placed on a hot plate or incubator. The samples appear to be small, light-colored granules.
Analisis Kadar Protein	 A photograph of an Erlenmeyer flask containing a pink liquid, likely a protein solution, placed on a white cloth on a laboratory bench. A red safety strip is visible on the left.
Analisis Kadar Serat Kasar	 A photograph of a filtration setup. A white funnel is placed over an Erlenmeyer flask, and a white cloth is used to filter a sample. The setup is on a laboratory bench with various items in the background.

Analisis Nilai pH	
Penelitian Utama	
Pembuatan Tempe Ampas Sacha Inchi	
Pengukusan	
Penyangraian	

<i>Trimming</i>	
Penginokulasian / Pemberian Ragi	
Pembungkusan	

Pemeraman / Proses
Fermentasi

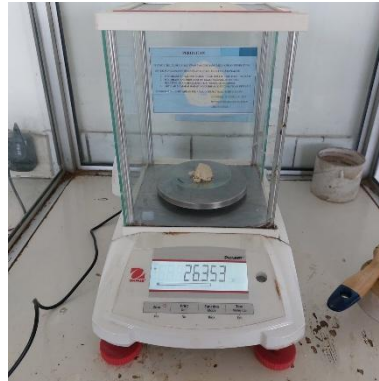


Analisis Kimia Tempe Ampas Sacha Inchi

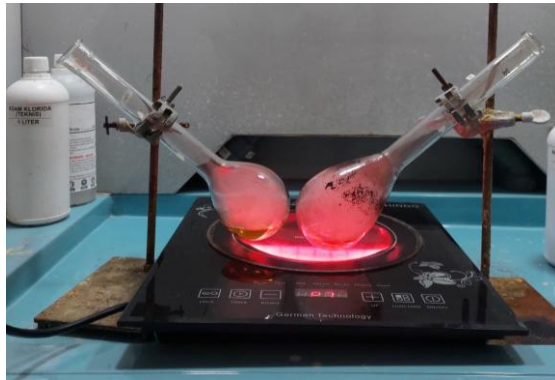
Analisis Kadar Air



Analisis Kadar Air



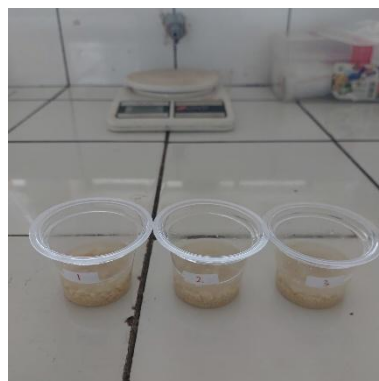
Analisis Kadar Protein



Analisis Kadar Serat
Kasar



Analisis Nilai pH



Analisis Nilai pH



Organoleptik

Uji Mutu Hedonik

