

**OPTIMASI KONSENTRASI RAGI (*Saccharomyces cerevisiae*),
LAMA FERMENTASI, DAN SUHU FERMENTASI PADA
TAPAI SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

ALFIA QATHRINNADA WIDJAYA
20.302.0110



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2024**

**OPTIMASI KONSENTRASI RAGI (*Saccharomyces cerevisiae*),
LAMA FERMENTASI, DAN SUHU FERMENTASI PADA
TAPAI SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

Alfia Qathrinnada Widiyana
20.302.0110

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

(Prof. Dr. Ir. Wisnu Cahyadi, M.Si.)

**OPTIMASI KONSENTRASI RAGI (*Saccharomyces cerevisiae*),
LAMA FERMENTAS, DAN SUHU FERMENTASI PADA
TAPAI SORGUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

**Alfia Qathrinnada Widjaya
20.302.0110**

Menyetujui,

Koordinator Tugas Akhir

(Dr. Yellianty, S.Si., M.Si.)

ABSTRAK

OPTIMASI KONSENTRASI RAGI (*Saccharomyces cerevisiae*), LAMA FERMENTASI, DAN SUHU FERMENTASI PADA TAPAI SORGUM (*Sorghum bicolor L. Moench*)

Oleh:

**ALFIA QATHRINNADA WIDJAYA
203020110
(Program Studi Teknologi Pangan)**

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi penggunaan sorgum dalam produksi tapai, produk pangan fermentasi tradisional, dengan melakukan optimasi konsentrasi ragi, waktu fermentasi, dan suhu fermentasi untuk menghasilkan proses optimum dari Tapai Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) menggunakan Design-Expert 13 metode *Response Surface Box-Behnken Design* berdasarkan sifat kimia, fisik dan organoleptik. Penelitian yang dilakukan terdiri dari dua tahap yaitu penelitian pendahuluan (analisis bahan baku) dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan yaitu melakukan analisis kadar pati dan gula reduksi dari bahan baku beras sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) serta menghitung jumlah sel. Penelitian utama menentukan proses optimum dari Tapai Sorgum menggunakan program Design Expert 13 *Response Surface Box-Behnken Design* dengan menganalisis setiap kombinasi proses yang direkomendasikan. Analisis yang dilakukan yaitu pengujian kadar alkohol dengan metode destilasi dan pengujian organoleptik dengan mutu hedonik pada atribut rasa manis, aroma khas tapai, dan tekstur lembut.

Hasil penelitian berdasarkan prediksi Design Expert 13 menghasilkan 12 kombinasi proses dimana didapatkan proses optimum dengan nilai *desirability* 0,997. Proses optimum dengan kombinasi proses konsentrasi ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebesar 1,25%, lama fermentasi 72 jam, dan suhu fermentasi 35°C dimana memiliki kadar alkohol sebesar 1,85778%, skor mutu hedonik atribut rasa manis 3,85, skor mutu hedonik atribut aroma khas tapai 4,77, dan skor mutu hedonik atribut tekstur lembut 4,69. Hasil penelitian lanjutan uji kadar pati pada Tapai Sorgum proses optimum sebesar 13,72% dan kadar gula reduksi 5,51%.

Kata Kunci: Fermentasi, Tapai, Sorgum, Design Expert.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF YEAST CONCENTRATION (*Saccharomyces cerevisiae*), FERMENTATION TIME, AND TEMPERATURE IN TAPAI SORGHUM (*Sorghum bicolor* L. Moench)

By:

ALFIA QATHRINNADA WIDJAYA

203020110

(Departement of Food Technology)

*This study aims to explore the use of sorghum in the production of tapai, a traditional fermented food product, by optimizing yeast concentration, fermentation time, and temperature to produce the optimum process of Tapai Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) using Design-Expert 13 Response Surface Box-Behnken Design method based on chemical, physical, and organoleptic properties. The research consist on preliminary research (raw material analysis) and main research. The preliminary research was to analyze the starch and reducing sugar content of sorghum rice (*Sorghum bicolor* L. Moench) and to calculate the number of cells yeast used. The main research determined the optimum process of Tapai Sorghum using the Design Expert 13 Response Surface Box-Behnken Design program by analyzing each sample process combination, continued with analyzing alcohol content using distillation method and organoleptic response with hedonic quality on the attributes of sweetness, distinctive aroma of tapai, and softness.*

The results of the study based on Design Expert 13 predictions produced 12 process combinations where the optimum process was obtained with desirability value of 0.997. The optimum process with combination of yeast concentration of 1.25%, fermentation time of 72 hours, and fermentation temperature of 35°C and has an alcohol content of 1.85778%, hedonic quality score of the sweetness attribute of 3.85, a hedonic quality score of the distinctive aroma of tapai attribute of 4.77, and hedonic quality score of the softness attribute of 4.69. The results of further research on the starch content test in the optimum process of Sorghum Tapai were 13.72% and a reducing sugar content of 5.51%.

Keywords: Fermentation, Tapai, Sorghum, Design Expert.

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Fakultas dan Universitas, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi ke pustakaan 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 di tulis dalam bahasa Indonesia sebagai berikut:

Widjaya, A.Q. (2024): Optimasi Konsentrasi Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), Lama Fermentasi, dan Suhu Fermentasi Pada Tapai Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*). Tugas Akhir Program Sarjana, Universitas Pasundan.

dan dalam bahasa inggris sebagai berikut:

Widjaya, A.Q. (2024): Optimization of Yeast Concentration (*Saccharomyces cerevisiae*), Fermentation Time, and Temperature in Tapai Sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*). Bachelor's Thesis, Universitas Pasundan.

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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.3. Maksud dan Tujuan	6
1.4. Manfaat Penelitian	6
1.5. Kerangka Pemikiran	6
1.6. Hipotesis Penelitian	10
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian	10
II. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1. Sorgum	Error! Bookmark not defined.
2.1.1. Manfaat Sorgum	Error! Bookmark not defined.
2.1.2. Karakteristik Sorgum dan Penggunaannya	Error! Bookmark not defined.
2.2. Ragi	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Jenis-Jenis Ragi	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Ragi Fermentasi Alkohol	Error! Bookmark not defined.
2.3. Tapai	Error! Bookmark not defined.

2.3.1.	Manfaat Tapai	Error! Bookmark not defined.
2.3.2.	Proses Pembuatan Tapai	Error! Bookmark not defined.
2.4.	Design Expert	Error! Bookmark not defined.
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.	Bahan dan Alat	Error! Bookmark not defined.
3.1.1.	Bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.2.	Alat.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.	Metode Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1.	Penelitian Pendahuluan	Error! Bookmark not defined.
3.2.2.	Penelitian Utama	Error! Bookmark not defined.
3.3.	Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1.	Prosedur Penelitian Utama.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.2.	Diagram Alir Proses Pengolahan Tapai Sorgum ..	Error! Bookmark not defined.
	not defined.	
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1.	Penelitian Pendahuluan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.	Kadar Pati dan Gula Reduksi Beras Sorgum (<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>)	Error! Bookmark not defined.
4.1.2.	Jumlah Sel Ragi (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	Error! Bookmark not defined.
	defined.	
4.2.	Penelitian Utama	Error! Bookmark not defined.
4.2.1.	Kadar Alkohol.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2.	Uji Organoleptik.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.	Verifikasi Proses Optimum	Error! Bookmark not defined.
4.4.	Uji Lanjutan.....	Error! Bookmark not defined.
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran	Error! Bookmark not defined.
	DAFTAR PUSTAKA	75
	LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Biji Sorgum (Puspitasari, 2022).....	Error! Bookmark not defined.
2. Ragi Tapai (Raida, 2023)	Error! Bookmark not defined.
3. Kurva Petumbuhan Mikroorganisme (Jurtshuk, 1996)....	Error! Bookmark not defined.
4. Reaksi Fermentasi Alkohol	Error! Bookmark not defined.
5. Reaksi Fermentasi Aerobik	Error! Bookmark not defined.
6. Input Data pada Lamans Box-Behnken Design dalam Design Expert 13 .	Error! Bookmark not defined.
7. Input Rancangan Respon Pada Laman Box-Behnken Design dalam Design Expert 13	Error! Bookmark not defined.
8. Total Run Didapatkan	Error! Bookmark not defined.
9. Diagram Alir Proses Pengolahan Tapai Sorgum	Error! Bookmark not defined.
10. Grafik Kenormalan Persebaran Data Hasil Analisis Kadar Alkohol	Error! Bookmark not defined.
11. Grafik 3D Contour Antara Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi Terhadap Respon Kadar Alkohol.....	Error! Bookmark not defined.
12. Grafik 3D Contour Antara Lama Fermentasi dan Suhu Fermentasi Terhadap Respon Kadar Alkohol.....	Error! Bookmark not defined.
13. Reaksi Degradasi Pati	Error! Bookmark not defined.
14. Reaksi Degradasi Glukosa Menjadi Etanol	Error! Bookmark not defined.
15. Grafik Kenormalan Persebaran Data Hasil Pengujian Mutu Hedonik Atribut Rasa Manis.....	Error! Bookmark not defined.
16. Grafik 3D Contour Antara Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi pada Respon Mutu Hedonik Atribut Rasa Manis	Error! Bookmark not defined.

17. Grafik 3D Contour Antara Lama Fermentasi dan Suhu Fermentasi pada Respon Mutu Hedonik Atribut Rasa Manis**Error! Bookmark not defined.**
18. Reaksi Pembentukan Asetoin dari Piruvat (Jia, 2017)... **Error! Bookmark not defined.**
19. Reaksi Pembentukan Asetaldehida dari Piruvat (Rasheed, et al. 2018) .. **Error! Bookmark not defined.**
20. Grafik Kenormalan Persebaran Data Hasil Pengujian Mutu Hedonik Atribut Aroma Khas Tapai**Error! Bookmark not defined.**
21. Grafik 3D Contour Antara Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi pada Respon Mutu Hedonik Atribut Aroma Khas Tapai**Error! Bookmark not defined.**
22. Grafik 3D Contour Antara Lama Fermentasi dan Suhu Fermentasi pada Respon Mutu Hedonik Atribut Aroma Khas Tapai**Error! Bookmark not defined.**
23. Reaksi Pembentukan Isobutanol dari Piruvat (Wess, 2014) .**Error! Bookmark not defined.**
24. Reaksi Pembentukan Isoamil Alkohol dari Piruvat (Yuan et al, 2016)... **Error! Bookmark not defined.**
25. Grafik Kenormalan Persebaran Data Hasil Pengujian Mutu Hedonik Atribut Tekstur Lembut**Error! Bookmark not defined.**
26. Grafik 3D Contour Antara Konsentrasi Ragi dan Lama Fermentasi pada Respon Mutu Hedonik Atribut Tekstur Lembut**Error! Bookmark not defined.**
27. Grafik 3D Contour Antara Lama Fermentasi dan Suhu Fermentasi pada Respon Mutu Hedonik Atribut Tekstur Lembut**Error! Bookmark not defined.**
28. Grafik Desirability Tapai Sorgum.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Importance Level	Error! Bookmark not defined.
2. Skala Mutu Hedonik dan Skala Numerik Atribut Aroma Khas Tapai.....	Error! Bookmark not defined.
3. Skala Mutu Hedonik dan Skala Numerik Atribut Rasa Manis	Error! Bookmark not defined.
4. Skala Mutu Hedonik dan Skala Numerik Atribut Tekstur (Handfeel)	Error! Bookmark not defined.
6. Hasil Analisis Kadar Alkohol Tapai Sorgum.....	Error! Bookmark not defined.
7. Hasil Analisis Varians Design Expert 13 Kadar Alkohol	Error! Bookmark not defined.
8. Hasil Pengujian Mutu Hedonik Atribut Rasa Manis	Error! Bookmark not defined.
9. Hasil Analisis Varians Design Expert 13 Mutu Hedonik Atribut Rasa Manis	Error! Bookmark not defined.
10. Hasil Pengujian Mutu Hedonik Atribut Aroma Khas Tapai.	Error! Bookmark not defined.
11. Hasil Analisis Varians Design Expert 13 Mutu Hedonik Atribut Aroma Khas Tapai.....	Error! Bookmark not defined.
12. Hasil Pengujian Mutu Hedonik Atribut Tekstur Lembut	Error! Bookmark not defined.
13. Hasil Analisis Varians Design Expert 13 Mutu Hedonik Atribut Tekstur Lembut	Error! Bookmark not defined.
14. Penentuan Goal dan Importance	Error! Bookmark not defined.
15. Proses Optimum Tapai Sorgum	Error! Bookmark not defined.
16. Hasil Verifikasi Proses Optimum	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Prosedur Analisis Kadar Karbohidrat Metode Luff-Schoorl (Sudarmadji, 1996)	Error! Bookmark not defined.
2. Prosedur Analisis Kadar Alkohol (AOAC, 2005).....	Error! Bookmark not defined.
3. Contoh Formulir Uji Organoleptik Penelitian Utama.....	Error! Bookmark not defined.
4. Perhitungan Analisis Kadar Gula Reduksi dan Kadar Pati Beras Sorgum Metode Luff-Schoorl.....	Error! Bookmark not defined.
5. Penentuan Sel Hidup dan Sel Mati Ragi Metode Counting Chamber	Error! Bookmark not defined.
6. Perhitungan Penentuan Kadar Alkohol Tapai Sorgum Metode Destilasi..	Error! Bookmark not defined.
7. Skor Hasil Pengujian Organoleptik Mutu Hedonik Tapai Sorgum Atribut Rasa Manis.....	Error! Bookmark not defined.
8. Skor Hasil Pengujian Organoleptik Mutu Hedonik Tapai Sorgum Atribut Aroma Khas Tapai	Error! Bookmark not defined.
9. Skor Hasil Pengujian Organoleptik Mutu Hedonik Tapai Sorgum Atribut Tekstur Lembut	Error! Bookmark not defined.
10. Dokumentasi Proses Fermentasi dan Analisis Respon ..	Error! Bookmark not defined.

I. PENDAHULUAN

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

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia memiliki sumber pangan lokal yang melimpah dan beragam hayati dengan potensi pengembangan yang besar. Berbagai inisiatif telah dilakukan untuk mendukung rencana ketahanan pangan nasional untuk memaksimalkan produksi dan konsumsi sumber pangan lokal selain sumber karbohidrat beras dan gandum yang menjadi prioritas pemerintah, khususnya di bidang diversifikasi. Diversifikasi pangan terjadi dengan memperhatikan sumber daya lokal melalui perbaikan teknik pengolahan dan produk pangan, serta dengan meningkatkan kesadaran masyarakat untuk mengonsumsi pangan beragam gizi seimbang (Papunas, 2013). Ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap bahan pangan tertentu dapat melemahkan ketahanan pangan bangsa, terbukti dari data Kementerian Perdagangan Republik Indonesia dengan masih tingginya impor pangan, termasuk impor bahan baku nabati, yang meningkat sebesar 57,84% pada tahun 2023 hingga 2024.

Sorgum merupakan sereal komoditas Indonesia yang belum banyak mendapat perhatian oleh keseluruhan masyarakat luas, karena pemanfaatan sorgum masih relatif rendah, padahal sorgum tersendiri memiliki nilai gizi yang baik.

Tanaman sorgum termasuk ke dalam serealia dengan nilai gizi yang tinggi. Kandungan protein dalam sorgum tergolong cukup tinggi dibandingkan dengan serealia lain, yaitu berkisar di antara 6-18% (Sejake, 2022), juga mengandung beberapa zat gizi seperti vitamin B1, zat besi, kalsium, fosfor, karbohidrat, dan serat yang tinggi. Meskipun kaya akan manfaat nutrisi, komoditas sorgum masih kurang banyak dimanfaatkan dengan baik, bahkan di Indonesia tersendiri, produk berbasis sorgum masih tergolong sangat rendah, bahkan secara umum, sorgum belum tersedia di pasaran. Adanya perluasan ladang sorgum oleh pemerintah memiliki tujuan untuk mengatasi hal tersebut, akan tetapi hingga kini belum menunjukkan hasil yang memuaskan.

Berdasarkan Badan Statistik Nasional, data yang ditunjukkan pada tahun 2016 – 2018, jumlah produksi sorgum kian bertambah dari 921 ton ke 1.021,24 ton, sedangkan menurut Prabawa (2023), peningkatan konsumsi sorgum sebagai bahan pangan tergolong sangat kurang yang disebabkan oleh faktor sosial, budaya, psikologis, dimana sorgum dianggap sebagai sumber bahan pangan inferior (*inferior food*). Di samping itu, petani yang beralih menanam sorgum belum mampu memanfaatkan komoditas dengan baik dan tidak dibeli oleh pemerintah, berujung harus membuang panen sorgum berlebih atau dijadikan pakan ternak. Menurut Diaguna (2022), petani melakukan pemanenan secara tradisional tanpa memperhatikan kondisi cuaca sehingga mengganggu proses pengeringan dan banyak benih yang dipanen tidak memenuhi standar kadar air untuk memperpanjang waktu simpan. Selain itu, meskipun petani hanya memanfaatkan biji sorgum yang dipanen untuk menanak nasi, namun masih belum ada peluang

untuk mengolah sorgum menjadi makanan berbahan dasar sorgum, dan limbah produksi sorgum masih belum dimanfaatkan dan dibuang begitu saja.

Menurut Sutrisno (2022), meskipun rata-rata laju pertumbuhan produksi pangan nasional bernilai negatif, namun laju pertumbuhan penduduk selalu positif, hal ini menunjukkan bahwa permintaan pangan akan terus meningkat, terlebih lagi kurangnya pemanfaatan hayati lokal dapat meningkatkan jumlah impor dan ketergantungan pangan. Untuk menangani hal tersebut, diperlukan tindakan masyarakat bersama dengan pemerintah dalam upaya menangani kerawanan pangan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan diversifikasi pangan guna meningkatkan nilai tambah (baik nilai guna dan nilai ekonomi) sebagai upaya pemanfaatan komoditas Indonesia sehingga dihasilkan pangan yang bervariasi.

Tapai adalah makanan tradisional Indonesia yang berasal dari pulau Jawa yang dibuat dengan fermentasi ragi *Saccharomyces cerevisiae* yang bersifat anaerob fakultatif pada bahan yang telah dikukus. Bahan baku biasa untuk tapai adalah singkong atau beras ketan dengan rasa netral atau tidak pahit; produk tapai di negara lain biasanya menggunakan singkong yang pahit dan diproses dengan cara yang berbeda. Menurut Islami (2018), aroma tapai yang wangi dan tidak terlalu menyengat menunjukkan tinggi atau rendahnya kadar alkohol yang dihasilkan dari fermentasi. Tapai biasanya memiliki cita rasa asam dan sedikit manis serta bertekstur lunak dan berair, memiliki pH sekitar 4 – 5 dan kandungan alkohol sekitar 3 – 5% serta fermentasinya dilakukan selama satu sampai dengan tiga malam.

Ragi *Saccharomyces cerevicae* dapat memproduksi enzim α -amilase dan glukamilase (Cripwell, 2019), kedua enzim ini ditujukan mendegradasi karbohidrat kompleks suatu bahan, yaitu pati, menjadi gula sederhana dengan aroma serta cita rasa yang khas. Kadar pati sorgum sendiri berkisar di antara angka 56 – 73% dengan rata- rata 69,5% (Fardhyanti, 2017). Pati sorgum terdiri atas amilosa (20-30%) dan amilopektin (70-80%), bergantung pada genetik dan lingkungan. Tapai di pasaran yang kerap dicampurkan ke dalam bahan makanan maupun minuman relatif lebih berair, terlalu asam, maupun terlalu manis, hal ini diperkirakan akibat penggunaan ragi yang terlalu banyak serta waktu fermentasi terlalu lama (Sahratullah, 2017).

Aktivitas fermentasi yang diakibatkan terlalu banyaknya ragi memicu fase eksponensial melaju lebih cepat dalam mengubah karbohidrat kompleks, yaitu pati, menjadi gula sederhana dan gas oksigen. Keadaan fermentasi dilakukan secara anaerob menyebabkan gas tersebut terperangkap kemudian terakumulasi tergantung ke dalam berapa lama tapai difermentasi. Dalam keadaan terpapar oksigen, maka akan reaksi antara glukosa serta gas oksigen menghasilkan gas karbondioksida serta air, hal inilah yang menyebabkan tapai akan lebih berair. Terlebih, kadar pati sorgum yang relatif lebih tinggi akan berpengaruh pula terhadap konsentrasi ragi dibutuhkan serta lama fermentasi sehingga dapat menghasilkan produk akhir tapai dengan karakteristik yang baik dan disukai oleh masyarakat lokal pada umumnya.

Mendukung pernyataan sebelumnya, seiring berkembangnya waktu permintaan akan pangan kian meningkat, sedangkan ketersediaan pangan di

Indonesia belum siap untuk memenuhi tingginya permintaan, hal ini tentu menyebabkan adanya ketergantungan akan impor. Diversifikasi pangan sebagai upaya mencegah ancaman ketahanan pangan dapat dilakukan melalui pangan tradisional Indonesia salah satunya ialah tapai. Tapai yang biasa berbahan dasar singkong, ketan, pisang, dan lain sebagainya dapat dibuat menggunakan sorgum. Ragi *Saccharomyces cerevisiae* dapat mendegradasi karbohidrat kompleks (dalam hal ini ialah pati) menjadi alkohol, dimana kadar pati sorgum berada di rata-rata 69,5% menjadikan sorgum cocok untuk digunakan sebagai alternatif bahan baku pembuatan tapai. Penggunaan sorgum sebagai bahan baku tapai pun mampu meningkatkan nilai sosial dengan memperkenalkan pada masyarakat luas akan eksistensi dari sorgum yang belum banyak diketahui serta banyaknya manfaat sorgum sebagai pangan komoditas Indonesia.

Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk memanfaatkan sorgum sebagai bahan baku dalam pembuatan produk tapai sorgum. Penggunaan komoditas sorgum ini dapat dimanfaatkan dalam memperkenalkan serta menambah baik inovasi dan referensi dalam bidang teknologi pangan. Keragaman sumber hayati yang dimiliki oleh Indonesia pun dapat membangun ketahanan pangan dengan meningkatkan diversifikasi pangan. Peneliti tertarik untuk meneliti mengenai Pengaruh Konsentrasi Ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench).

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka identifikasi masalah yang didapatkan ialah:

Bagaimana konsentrasi ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), lama fermentasi, dan suhu fermentasi yang optimum untuk tapai sorgum?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), lama fermentasi, dan suhu fermentasi yang optimal pada karakteristik tapai berbasis sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), lama fermentasi, dan suhu fermentasi optimal sehingga menghasilkan produk tapai berbasis sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) dengan karakteristik terbaik.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan komoditas lokal sorgum menjadi produk tapai sorgum.
2. Diversifikasi produk pangan tradisional berbasis sorgum.
3. Sarana referensi dan informasi pemanfaatan dan pengolahan berbasis sorgum menjadi tapai sorgum.

1.5. Kerangka Pemikiran

Tapai umumnya dibuat dari singkong dan beras ketan. Tergantung ke dalam varietasnya, kadar karbohidrat singkong berada di angka 23,14% - 31,28% (Peprah, *et al.* 2020) dengan kandungan patinya sebesar 71,9% - 82,2% yang terdiri dari amilosa 17% dan 83% amilopektin (Gomes, *et al.* 2005 dan Promthong, *et al.* 2005). Malik, *et al.* (2022), menyatakan beras ketan mengandung karbohidrat

sebesar 37,3% dengan Winarno (1991) menyatakan kadar amilosa beras ketan hitam sebesar 1-2%, sedangkan amilopektin sebesar 98- 99%.

Hal ini berhubungan dengan kadar karbohidrat yang terkandung dalam sorgum terbanyak yaitu pati, diteliti oleh Mohammed (2011) dan Palavecino (2016) bahwa kandungan karbohidrat sorgum sebesar 74,68% dan 83,45% dengan kandungan serat sebesar 1,71% serta kadar pati sebesar 55,6% dan 75,2%. Kandungan nutrisi dalam sorgum ini menjadikan sorgum sebagai bahan baku ideal dalam pembuatan pangan olahan fungsional, akan tetapi Khalid, dkk. (2022) menyebutkan bahwa sorgum memiliki tingkat kelayakan pati yang paling rendah di antara serealialia karena adanya interaksi yang erat antara protein, tanin, dan pati. Sehingga diperlukan pengurangan kadar tanin terlebih dahulu dan menyederhanaan pati terkandung menjadi komponen yang lebih sederhana. Pati sorgum terdiri atas amilosa (20-30%) dan amilopektin (70-80%), bergantung pada genetik dan lingkungan (Fardhyanti, 2017).

Gultom (2017) menyatakan bahwa komponen karbohidrat kompleks pati ketan dihidrolisis oleh enzim amilase yang dihasilkan oleh mikroorganisme amilolitik. Hasil akhir fermentasi adalah air, alkohol, dan komponen rasa lainnya. Oleh karena itu, *Saccharomyces cerevisiae* dapat dimanfaatkan untuk fermentasi tapai sorgum.

Tapai biasanya memiliki karakteristik cita rasa asam dan sedikit manis serta bertekstur lunak dan berair, memiliki pH sekitar 4 – 5 dan kandungan alkohol sekitar 3 – 5% serta fermentasinya dilakukan selama satu sampai dengan tiga malam. Tapai sebagai makanan tradisional Indonesia dibuat dengan fermentasi ragi

Saccharomyces cerevisiae yang bersifat anaerob fakultatif pada bahan yang telah dikukus sebelumnya. *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan enzim amilase yang ikut serta dalam menghidrolisis pati menjadi komponen yang lebih sederhana. Selain itu, *Saccharomyces cerevisiae* juga memiliki sekelompok enzim lain yaitu enzim *zymase* sebagai komponen yang memfermentasi senyawa gula seperti glukosa menjadi etanol dan karbon dioksida. (Devindo, 2021).

Faktor yang mempengaruhi pembuatan tapai yaitu ragi (jenis dan konsentrasi), lama fermentasi, suhu dan oksigen (Islami, 2019). Jumlah ragi yang diberikan dapat mempengaruhi karena ragi yang terlalu banyak akan membuat tapai sangat lunak. Suhu pertumbuhan optimum untuk *Saccharomyces cerevisiae* adalah 28 – 33°C; hasil etanol dan produktivitas proses fermentasi sangat bergantung pada kinerja pertumbuhan ragi pada suhu yang digunakan, dan jumlah ragi awal yang digunakan dapat disesuaikan. (Lip, 2020)

Penggunaan konsentrasi ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) pada sampel tapai beras ketan dalam jurnal penelitian Kanino (2019) memiliki konsentrasi ragi 0,3%; 0,5%; 0,8%; 1,0%; dan 1,2% dengan hasil yang menyatakan terlalu banyaknya penggunaan ragi akan berakhir dalam pengurangan gula sederhana yang dihasilkan selama proses fermentasi akibat gula akan diubah menjadi alkohol. Suasana anaerobik juga dapat membantu mikroba amilolitik fermentasi, menjaga tapai steril, dan mengurangi produksi gas karbondioksida dan air berlebih, yang menyebabkan tekstur tapai menjadi terlalu lunak. Adapun penggunaan pisang kapok sebagai bahan baku pembuatan tapai menggunakan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dengan konsentrasi sebesar 2%; 4%; dan 6% dalam penelitian Yosriah

(2013) dimana penggunaan ragi yang berbeda akan mempengaruhi hasil akhir tapai, baik dari segi warna, aroma, tekstur, rasa, maupun tingkat kesukaan. Tapai pisang kepok dengan menggunakan ragi 2% memiliki tingkat kesukaan paling tinggi dibandingkan dengan tapai lainnya.

Lama fermentasi pun ikut berpengaruh yang dibuktikan oleh Hasanah (2012) bahwa adanya pengaruh lama fermentasi terhadap kadar etanol tapai singkong, dimana kadar etanol tapai singkong berturut-turut sebesar 0,844%; 2,182%; 4,904%; 6,334%; dan 11,811%. Lama fermentasi berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) pada kadar etanol tapai singkong di antara lama fermentasi lainnya, dimana dalam selang waktu 1 – 7 hari kadar etanol dalam tapai terus meningkat, sedangkan setelahnya kadar etanol dalam tapai menurun. Hal ini dikarenakan pada hari ke 7 ragi *Saccharomyces cerevisiae* memasuki fase stasioner, dimana fase ini jumlah mikroorganisme yang hidup sebanding dengan jumlah mikroorganisme yang mati. Dengan demikian semakin berkurang jumlah nutrisi *Saccharomyces cerevisiae* dan substrat, sehingga *Saccharomyces cerevisiae* akan semakin menurun dan tidak mampu memproduksi alkohol.

Pada jurnal penelitian Sahratullah (2017) dengan sampel tapai beras ketan dan singkong paling disukai panelis ialah tapai dengan konsentrasi ragi 1,5% dan lama fermentasi 3 hari sebesar 2,06, dimana semakin banyak penggunaan ragi, maka tapai yang dihasilkan akan lebih berair, lunak, masam, dan aroma khas tapai lebih kuat sehingga penerimaan secara organoleptik turut menjadi pertimbangan. Narendranath dan Power (2005) menyebutkan bahwa secara umum, *Saccharomyces cerevisiae* sebagai organisme asidofilik tumbuh lebih baik dalam

kondisi asam dengan kisaran pH optimal dapat bervariasi dari pH 4 hingga 6, tergantung pada suhu, keberadaan oksigen, dan jenis ragi. Guyot, dkk. (2021) ikut mengemukakan nilai pH optimal berada di antara 2,50 dan 8,50. Dalam fermentasi tapai tersendiri, nilai pH berkisar antara 3,3 hingga 3,85 untuk tapai ketan dan 4,0 hingga 4,6 untuk tapai singkong. Serta pada hasil percobaan fermentasi tapai sorgum selama 48 dan 72 jam berada di angka pH 4-5. King (1993) pun menyatakan kondisi Aw untuk *Saccharomyces cerevisiae* berada di angka 0,93 – 0,97.

1.6. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, diduga, bahwa proses yang optimum untuk pembuatan Tapai Sorgum (*Sorghum bicolor L. Moench*) akan didapatkan dengan menggunakan program Design Expert metode *Response Surface Box-Behnken Design*.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Kampus IV Universitas Pasundan, Jalan Dr. Setiabudi No. 193 Bandung, dimulai pada bulan Juli 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A., Shehzad, A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., dan Amjid, M. R. (2012). **Yeast, Its Types and Role in Fermentation During Break Making Process.** *Pakistan Journal of Food Science*, Vol. 22 (3): 171-179.
- Alsaleem, Turki; Alsaleem, Taghreed; Al-Dhelaan, Reham; Allaheeb, Ghaida; Alkhidhr, Mohammed; Bintlalh, Abdulaziz; dan Alowaifeer, Abdullah. (2022). **Evaluation of Ethanol Formation in Fruit Juices During Refrigerated Storage Time and Its Halal Status.** *International Journal of Halal Research*, Vol. 4(1): 19-28.
- Amadi, P. U; & Ifeanchi, M. O. (2016). **Impact of Changes in Fermentation Time, Volume of Yeast, and Mass of Plantain Pseudo-Stem Substrate on The Simultaneous Saccharification and Fermentation Potentials of African Land Snail Digestive Juice and Yeast.** *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 14(2), 289–297.
- Andrzejewski, B., Eggleston, G., & Powell, R. (2013). **Development of a Sweet Sorghum Juice Clarification Method in the Manufacture of Industrial Feedstocks for Value Added Fermentation Products.** *Journal of Industrial Crops and Products*, 44: 77-87.
- AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical Chemists (18th ed.).** AOAC, Inc.
- Aryani, Nurul Fitrah., Khatimah, Khusnul., Tajuddin, Faiqatun Nisah., Khairunnisa, Aliyah Ikmal, Magfira, Nur., & Aminuddin, Nurfadillah Wahyuni. (2022). **Budidaya Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench (L.) Moench).** Makassar: Universitas Negeri Makassar.
- Azmi, A. S., Ngoh, G. C., Mel, M., & Hasan, M. (2010). **Ragi Tapai and *Saccharomyces cerevisiae* as Potential Coculture in Viscous Fermentation Medium for Ethanol Production.** *African Journal of Biotechnology*, Vol. 9(42): 7122–7127
- Azzahra, U; Yohana; Julita, Wuri; Achyar, Afifatul. (2022) **Pengaruh Lama Fermentasi Dalam Pembuatan Tape Singkong (*Manihot utilissima*).** *Prosiding SEMNAS BIO 2022 UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*. ISSN: 2809-8447
- Chiang, Y. W; Chye, F. Y; dan Mohd Ismail, A. (2006). **Microbial Diversity and Proximate Composition of Tapai, A Sabah's Fermented Beverage.** *Malaysian Journal of Microbiology*, Vol 2(1): 1-6..

- Cripwell RA, Rose SH, Viljoen-Bloom M, & van Zyl WH. (2019). **Improved Raw Starch Amylase Production by *Saccharomyces cerevisiae* Using Codon Optimisation Strategies.** *FEMS Yeast Res Vol. 19 (2).*
- Dede, E. G., Komang, A. N., Darmayanti. (2018). **Pengaruh Waktu Penambahan *Lactobacillus rhamnosus* SKG 34 terhadap Karakteristik Tape Ketan Probiotik Selama Penyimpanan.** *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno, Vol. 3(1): 269-275*
- Devindo; Zulfa, C. S.; Attika, C.; Handayani, D.; Fevria, R. (2021). **Pengaruh Lama Fermentasi Dalam Pembuatan Tape.** *Prosiding SEMNAS BIO 2021, Vol 1: 600-607*
- Diaguna, Ridwan. dkk. (2022). **Pembelajaran Partisipatif Secara Daring bagi Petani Sorgum di Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur.** *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat, Vol 8 (1): 113-119.*
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan Republik Indonesia. (1992). **Daftar Komposisi Bahan Makanan.** Jakarta: Bhatara.
- Fajar, Kurniatul. (2020). **Produksi dan Pemasaran Stik Tapai Singkong (*Manihot utilissima*) Laporan Akhir Proyek Usaha Mandiri.** Diploma thesis. Politeknik Negeri Jember.
- Fardhyanti, Dewi Selvia., Putri, Rr. Dewi Artanti., Setiawan, Aji., & Anggraini, Puji Diah. (2017). **Sintesis *Edible Film* Dari Pati Sorgum Dengan Penambahan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) Sebagai Biopolimer.** Skripsi. Universitas Negeri Semarang.
- Fardiaz, Srikandi. (1992). **Mikrobriologi Pangan.** Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fredriksson, H; J. Tallving; J. Rosén; dan P. Åman. (2004). **Fermentation Reduces Free Asparagine in Dough and Acrylamide Content in Bread'. Cereal Chemistry.** *Cereal Chemistry, Vol 81(5): 650-653.*
- Gaspersz, Vincent. (2006). **Metode Perancangan Percobaan.** Bandung: CV. Armico.
- Gomes E., Souza S.R., Grandi R.P., Silva R.D. (2005) **Production of Thermostable Glucoamylase by Newly Isolated *Aspergillus flavus* A1.1 and *Thermomyces lanuginosus* A13.37.** *Braz J Microbiol, 36: 75 – 82.*
- Gultom, G. M. (2017). **Komposisi Mikroorganisme dan Kimia Tape Singkong dan Tape Ketan Yang Diproduksi di Daerah Bogor.** Skripsi. Institut Pertanian Bogor.

- Guyot S, Pottier L, Bertheau L, Dumont J, Dorelle Hondjuila Miokono E, Dupont S, Ragon M, Denimal E, Marin A, Hallsworth JE, Beney L, Gervais P. (2021). **Increased Xerotolerance of *Saccharomyces cerevisiae* During an Osmotic Pressure Ramp Over Several Generations.** *Microb Biotechnol*, 14(4): 1445-1461. doi: 10.1111/1751-7915.13789.
- Hasanah, H., A. Akyunul Jannah., & Fasya, G. (2012). **Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Tapai Singkong (*Manihot utilissima* Pohl).** *Jurnal Kimia*, Vol. 2 (1): 68 – 79.
- Islami, Rohani. (2018). **Pembuatan Ragi Tapai dan Tapai.** *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Agrokompleks*, Vol. 1 (2): 56 – 63.
- Jia, X; Liu, Y; & Han, Y. (2017). **A Thermophilic Cell-free Cascade Enzymatic Reaction for Acetoin Synthesis From Pyruvate.** *Sci Rep* 7, 4333. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04684-8>
- Jurtshuk, Peter. (1996). **Bacterial Metabolism.** *National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine.*
- Kanino, Dino. (2019). **Pengaruh Konsentrasi Ragi Pada Pembuatan Tapai Ketan.** *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Agrokompleks*, Vol. 1 (2): 64–74.
- Khalid, W., dkk. (2022). **Nutrients and Bioactive Compounds of *Sorghum bicolor* L. Moench L. Used to Prepare Functional Foods: A Review on The Efficacy Against Different Chronic Disorders.** *International Journal of Food Properties*, Vol. 25(1): 1045–1062.
- King, V.A.-E. (1993). **Studies on the Control of the Growth of *Saccharomyces cerevisiae* by Using Response Surface Methodology to Achieve Effective Preservation at High Water Activities.** *International Journal of Food Science & Technology*, 28: 519-529. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb01301.x>
- Li, D; Yutong Cui; Xinying Wu; Jiyong Li; Fuhai Min; Tianrui Zhao; Jianming Zhang; Jiliang Zhang. (2024) **Graduate Student Literature Review: Network of Flavor Compounds Formation and Influence Factors in Yogurt.** *Journal of Dairy Science*, ISSN 0022-0302. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24875>.
- Lip K. Y. F., García-Ríos E, Costa C. E., Guillamón J. M., Domingues L, Teixeira J, & van Gulik W. M. (2020). **Selection and Subsequent Physiological Characterization of Industrial *Saccharomyces cerevisiae* Strains During Continuous Growth at Sub- And- Supra Optimal Temperatures.** *Biotechnol Rep (Amst)*, 26:e00462.

- Mohamed, Hajaratul Najwa; & Yusof, Nur Amirah Iffah. (2021). **Identification of Volatile Flavor Compounds in Fermented Glutinous Rice (Tapai) Using Gas Chromatography**. *2370(1):060014-*. doi: 10.1063/5.0062351
- Mohammed, N. A., Ahmed, I. A. M., Babiker, E. E. (2011). **Nutritional Evaluation of Sorghum Flour (*Sorghum bicolor L. Moench L. Moench*) during Processing of Injera**. *World Academy of Science, Engineering and Technology Vol. 51: 58-62*.
- Myers, R. H., & Montgomery, D. C. (1995). **Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments**. New York: John Wiley & Sons.
- Nahak, B. R., Aliah, A. I., & Karim, S. F. (2021). **Analisis Kadar Alkohol pada Minuman Beralkohol Tradisional (Arak) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis**. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 3(4), 448–454.
- Narendranath, N. V., & Power, R. (2005). **Relationship Between pH and Medium Dissolved Solids in Terms of Growth and Metabolism of *Lactobacilli* and *Saccharomyces cerevisiae* During Ethanol Production**. *Applied and environmental microbiology*, 71(5), 2239–2243. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.5.2239-2243.2005>
- National Center for Biotechnology Information (2024). **PubChem Compound Summary for CID 6560, Isobutanol**. Retrieved October 16, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isobutanol>.
- National Center for Biotechnology Information (2024). **PubChem Compound Summary for CID 31260, Isoamyl alcohol**. Retrieved October 16, 2024 from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isoamyl-alcohol>.
- Palavecino, P. M., Penci, M. C., Calderón-Domínguez, G. & Ribotta, P. D. (2016). **Chemical Composition and Physical Properties of Sorghum Flour Prepared from Different Sorghum Hybrids Grown in Argentina**. *Starch-Stärke*. Vol. 68(11–12): 1055–1064
- Papez, Petra; dan Ubric, Tomaz. (2022). **Simple Two-Dimensional Models of Alcohols**. *Physical Review E*, 105(5-1): 054608.
- Papunas M.E., G.S.S. Djarkasi, & J.S.C. Moningka. (2013). **Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Flakes Berbahan Baku Tepung Jagung (*Zea mays L*), Tepung Pisang Groho (*Musa acuminata sp.*) dan Tepung Kacang Hijau (*Phaseolus radiates*)**. Program Sudi Ilmu dan Teknologi Pangan Unsrat.
- Prabawa, S., Zoelnanda, A., Anam, C., & Samanhudi. (2023). **Evaluasi Kualitas Sensoris dan Fisikokimia Mi Basah Sorgum (*Sorghum bicolor L.***

- Moench L. Moench) Sebagai Pangan Fungsional.** *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. 16(1), 13-28.
- Promthong S., Kanto U., Tirawattanawanich C., Tongyai S., Isariyodom S., Markvichitr K. (2005). **Comparison of Nutrient Compositions and Carbohydrate Fractions of Corn, Cassava Chip and Cassava Pellet Ingredients.** *Animals*; pp. 211 – 220. *Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference, Thailand.*
- Puspitasari, N. (2022). Wow, Ini Dia 5 Fakta Tentang Sorgum, Pengganti Gandum. URBANBOGOR.COM.
- Raida, S. (2023). Cara Membuat dan Menyimpan Ragi Tape Agar Tahan Lama dan Tak Cepat Rusak Hingga 1 Tahun. Brilio.net. <https://www.briliofood.net/foodpedia/cara-membuat-dan-menyimpan-ragi-tape-agar-tahan-lama-dan-tak-cepat-rusak-hingga-1-tahun-2303177.html>
- Rana, Gayatri K. (2014). **Sorgum untuk Pangan dan Bioenergi.** *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Vol 36(2).
- Rasheed, Sultana & Bashir, Khurram & Kim, Jong-Myong & Ando, Marina & Tanaka, Maho & Seki, Motoaki. (2018). **The Modulation of Acetic Acid Pathway Genes in Arabidopsis Improves Survival Under Drought Stress.** *Scientific Reports*, 8. 10.1038/s41598-018-26103-2.
- Sablayrolles, J. M., & Ball, C. B. (1995). **Fermentation Kinetics and the Production of Volatiles During Alcoholic Fermentation.** *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 53(2), 72–78.
- Sahratullah, Jekti, Dwi Soelistya Dyah., & Zulkifli, Lalu. (2017). **Pengaruh Konsentrasi Ragi Dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Air, Glukosadan Organoleptik Pada Tapai Singkong.** *Jurnal Biologi Tropis*, Vol. 1 (17): 43 – 52.
- Salminen, S. & A. V. Wright. (1998). **Lactic Acid Bacteria.** New York: Marcell Dekker Inc.
- Sejake, Thulo., Shargie, Nemera., Figlan, Sandiswa., Mofokeng, Alina., & Tsilo, Toi John. (2022). **Phenotypic Variation of Sorghum Accessions for Grain Yield and Quality Traits.** *Agronomy*, 12, 3089.
- Suarni. (2012). **Potensi Sorgum sebagai Bahan Pangan Fungsional.** *IPTEK Tanaman Pangan Vol. 7 (1): 58 – 66.*
- Sudarmadji, D., B. Haryono, & Suhardi. (1996). *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian.* Yogyakarta: Liberty.

- Suharto, Y., Apriliani, E. D., Kharismadewi, I., Sasetiono, J. E., dan Azizah, S. A. (2021). **Pemanfaatan Modul Pengembangan Olahan Tapai Sebagai Upaya Meningkatkan Potensi Desa Bendo Kecamatan Gondang Kabupaten Tulungagung.** *Jurnal Graha Pengabdian*, Vol. 3 (2): 109 – 116.
- Sutrisno, Asep D., Cahyadi, Wisnu., Taufik, Yusman., & Sumartini. (2022). **Ketahanan Pangan.** Bandung: Manggu Makmur Tanjung Lestari.
- Visser, W; W A Scheffers; W H Batenburg-van der Vegte; dan J P van Dijken. (1990). **Oxygen Requirements of Yeasts.** *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 56(12): 3785-3792.
- Wahyudi, Syarief, R., Widowati, S., Nurtama, B. (2012). **Optimasi Formula Produk Ekstrusi Snack Makaroni Dari Tepung Sukun (*Artocarpus altilis*) Dengan Metode Desain Campuran (*Mixture Design*).** Tugas Akhir Program Sarjana. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wess, J., Brinek, M. & Boles, E. (2019). **Improving Isobutanol Production with the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* by Successively Blocking Competing Metabolic Pathways As Well As Ethanol and Glycerol Formation.** *Biotechnol Biofuels* 12, 173. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1486-8>
- Winarno, F. G. (1991). **Kimia Pangan dan Gizi.** Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Wyman, C. E. (2004). **“Ethanol Fuel” from Encyclopedia of Energy.** Amsterdam: Elsevier Inc.
- Xiao, Zijun & Lu, Jian. (2014). **Generation of Acetoin and Its Derivatives in Foods.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62. 10.1021/jf5013902.
- Xu, Yue., Yamei, Jin., Jiajia, Su., Na, Yang., Xueming, Xu., Zhengyu, Jin., Bo, Cui., Fengfeng, Wu. (2021). **Changes in the Nutritional Value, Flavor, and Antioxidant Activity of Brown Glutinous Rice During Fermentation.** *Food Bioscience*, 43:101273-. doi: 10.1016/J.FBIO.2021.101273
- Yuan, J., Chen, X., Mishra, P., & Ching, C.-B. (2016). **Metabolically Engineered *Saccharomyces cerevisiae* for Enhanced Isoamyl Alcohol Production.** *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol. 101(1): 465–474.
- Zubair, A. (2016). **Sorgum: Tanaman Multi Manfaat.** Bandung: Unpad Press.