

**PENGARUH PENAMBAHAN *YEAST EXTRACT* PADA MEDIA AIR  
KELAPA TERHADAP PERTUMBUHAN CAMPURAN KHAMIR  
*Saccharomyces cerevisiae* DAN *Hanseniaspora opuntiae* SEBAGAI  
PENGEMBANG ADONAN ROTI**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**NUR AISYAH**

**NIM. 200602110039**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2024**

**PENGARUH PENAMBAHAN *YEAST EXTRACT* PADA MEDIA AIR  
KELAPA TERHADAP PERTUMBUHAN CAMPURAN KHAMIR  
*Saccharomyces cerevisiae* DAN *Hanseniaspora opuntiae* SEBAGAI  
PENGEMBANG ADONAN ROTI**

**SKRIPSI**

**Oleh:  
NUR AISYAH  
NIM. 200602110039**

**diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2024**

**PENGARUH PENAMBAHAN *YEAST EXTRACT* PADA MEDIA AIR  
KELAPA TERHADAP PERTUMBUHAN CAMPURAN KHAMIR  
*Saccharomyces cerevisiae* DAN *Hanseniaspora opuntiae* SEBAGAI  
PENGEMBANG ADONAN ROTI**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**NUR AISYAH**  
NIM. 200602110039

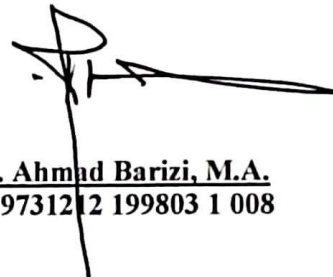
telah diperiksa dan disetujui untuk diuji  
tanggal 6 Juni 2024

**Pembimbing I**



Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si.  
NIP. 19650509 199903 2 002

**Pembimbing II**



Dr. H. Ahmad Barizi, M.A.  
NIP. 19731212 199803 1 008

Mengetahui,

Kepala Program Studi Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.  
NIP. 19741018 200312 2 002

**PENGARUH PENAMBAHAN *YEAST EXTRACT* PADA MEDIA AIR  
KELAPA TERHADAP PERTUMBUHAN CAMPURAN KHAMIR  
*Saccharomyces cerevisiae* DAN *Hanseniaspora opuntiae* SEBAGAI  
PENGEMBANG ADONAN ROTI**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**NUR AISYAH**  
NIM. 200602110039

telah dipertahankan  
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai salah satu  
persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si)  
Tanggal: 25 Juni 2024

<b>Ketua Penguji</b>	<b>: Ir. Liliek Harianie AR, M. P.</b>	(.....)
	NIP. 19620901 199803 2 001	
<b>Anggota Penguji I</b>	<b>: Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc.</b>	(.....)
	NIP. 19900428 20160801206	
<b>Anggota Penguji II</b>	<b>: Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si.</b>	(.....)
	NIP. 19650509 199903 2 002	
<b>Anggota Penguji III</b>	<b>: Dr. H. Ahmad Barizi, M.A.</b>	(.....)
	NIP. 19731212 199803 1 008	

Mengetahui,

**Kepala Program Studi Biologi**



**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P.**  
NIP. 19741018 200312 2 002

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Skripsi ini penulis persembahkan*

*Yang pertama, kepada orang tua penulis  
Bapak Muchamad Dahlan dan Ibu Kalimah*

*Yang kedua, adik-adik penulis  
Adik Muchamad Rizky Fanani dan Adik Muhammad Reza Pahlevi*

*Yang ketiga, saudara-saudara penulis  
Anugerah Dian Misriana (Tante), Aini Hikmatin (Sepupu), Fitri Nur Islami  
(Sepupu), Muhammad Abdilah Putra Heriyanto (Sepupu)*

*Yang keempat, diri penulis sendiri*

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Aisyah  
NIM : 200602110039  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan *Yeast Extract* pada Media Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae* Sebagai Pengembang Adonan Roti

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan, dan/atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan dan/atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 24 Juni 2024  
Yang membuat pernyataan,



Nur Aisyah  
NIM. 200602110039

## **PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI**

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar pustaka diperkenankan untuk dicatat, tapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizing penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

**Pengaruh Penambahan *Yeast Extract* Pada Media Air Kelapa terhadap  
Pertumbuhan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora  
opuntiae* Sebagai Pengembang Adonan Roti**

Nur Aisyah, Ulfah Utami, Ahmad Barizi

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

**ABSTRAK**

Khamir merupakan mikroorganisme uniseluler yang banyak digunakan dalam proses fermentasi produk pangan, salah satunya yaitu dalam pembuatan roti. Campuran khamir *S. cerevisiae* dan *H.opuntiae* terbukti mampu menghasilkan roti dengan kualitas baik. *S. cerevisiae* dan *H.opuntiae* pada penelitian sebelumnya berhasil diisolasi dari buah lokal dan berpotensi menjadi agen pengembang roti. Air kelapa pada beberapa penelitian telah digunakan sebagai media alternatif untuk pertumbuhan mikroorganisme. Pada penelitian ini media air kelapa akan ditambahkan *yeast extract* agar lebih mengoptimalkan pertumbuhan khamir pengembang roti. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui penambahan *yeast extract* yang optimal pada media air kelapa untuk pertumbuhan serta mengetahui kualitas roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yaitu penambahan *yeast extract* 0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, dan 3 g/L untuk mengetahui pertumbuhan paling optimal yang dilihat dari biomassa dan jumlah sel hidup, sedangkan untuk mengetahui kualitas roti terbaik yang dilihat dari volume, warna, rasa, aroma, dan tekstur. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa variasi penambahan *yeast extract* pada media air kelapa berpengaruh nyata terhadap biomassa khamir, dan tidak berpengaruh nyata pada jumlah sel hidup khamir. Biomassa tertinggi diperoleh dari perlakuan penambahan *yeast extract* 2 g/L yaitu sebesar 0.41 g/10 ml, sedangkan jumlah sel hidup tertinggi pada perlakuan penambahan *yeast extract* 3 g/L yaitu sebesar  $9.15 \times 10^7$  sel/ml. Kualitas roti terbaik berdasarkan volume adonan dan uji organoleptik yaitu roti dari campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* pada pertumbuhan penambahan *yeast extract* 3 g/L. Volume akhir adonan sebesar 380,19 cm<sup>3</sup>, sedangkan volume setelah dipanggang sebesar 391,2 cm<sup>3</sup>. Uji organoleptik memperoleh nilai tertinggi parameter warna, aroma, tekstur, dan rasa.

Kata kunci : Air kelapa, campuran khamir, fermentasi, *H.opuntiae*, kualitas roti, pertumbuhan, *S.cerevisiae*, *yeast extract*



**The Effect of Adding Yeast Extract to Coconut Water Media on the Growth of the Yeast Mixture *Saccharomyces cerevisiae* and *Hanseniaspora opuntiae* as a Baker Yeast**

Nur Aisyah, Ulfah Utami, Ahmad Barizi

Biology Study Program, Faculty of Science and Technology,  
State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang

**ABSTRACT**

Yeast is a unicellular microorganism that is widely used in the fermentation process of food products, one of which is in making bread. A mixture of *S.cerevisiae* and *H.opuntiae* yeasts has been proven to be able to produce good quality bread. In previous research, *S.cerevisiae* and *H. opuntiae* were successfully isolated from local fruit and have the potential to be bread raising agents. In several studies, coconut water has been used as an alternative medium for the growth of microorganisms. In this research, yeast extract will be added to the coconut water medium to further optimize the growth of bread baking yeast. The aim of this research is to determine the optimal addition of yeast extract to coconut water media for growth and to determine the quality of bread fermented by mixture of *S.cerevisiae* and *H.opuntiae*. This research is an experimental study with a Completely Randomized Design (CRD), namely the addition of yeast extract 0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, and 3 g/L to determine the most optimal growth in terms of biomass and number of living cells. Meanwhile, to find out the best quality of bread, look at the volume, color, taste, aroma and texture. The results of the ANOVA test showed that variations in the addition of yeast extract to the coconut water medium had a significant effect on yeast biomass, and had no significant effect on the number of live yeast cells. The highest biomass was obtained from the treatment with the addition of 2 g/L yeast extract, namely 0.41 g/10 ml, while the highest number of live cells was obtained from the treatment with the addition of 3 g/L yeast extract, namely  $9.15 \times 10^7$  cells/ml. The best quality of bread based on dough volume and organoleptic tests is bread made from a mixture of *S.cerevisiae* and *H.opuntiae* with the addition of 3 g/L of yeast extract. The final volume of the dough was 380.19 cm<sup>3</sup>, while the volume after baking was 391.2 cm<sup>3</sup>. Organoleptic tests obtained the highest values for color, aroma, texture and taste parameters.

*Keywords:* Bread quality, coconut water, fermentation, growth, *H.opuntiae*, *S.cerevisiae*, yeast extract, yeast mixture

تأثير إضافة مستخلص الخميرة إلى وسط ماء جوز الهند في نمو خليط الخميرة  
*Hanseniaspora opuntiae* و *Saccharomyces cerevisiae* كخميرة بيكر

نور عائشة، ألفة أوتامي، أحمد بارزي

برنامج دراسة الأحياء، كلية العلوم والتكنولوجيا،  
جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج

### الملخص البحث

الخميرة هي كائن حي دقيق وحيد الخلية يستخدم على نطاق واسع في عملية تخمير المنتجات الغذائية، ومن بينها صناعة الخبز. لقد ثبت أن خليط خمائر *S. cerevisiae* و *H. opuntiae* قادر على إنتاج خبز عالي الجودة. في الأبحاث السابقة، تم عزل *S. cerevisiae* و *H. opuntiae* بنجاح من الفاكهة المحلية ولديهما القدرة على أن تكونا عوامل لإنتاج الخبز. في عدة دراسات، تم استخدام ماء جوز الهند كوسيلة بديلة لنمو الكائنات الحية الدقيقة. في الأبحاث السابقة، سيتم إضافة مستخلص الخميرة إلى وسط ماء جوز الهند لتحسين نمو خميرة الخبز. الهدف من هذا البحث هو تحديد الإضافة الأمثل لمستخلص الخميرة إلى وسط ماء جوز الهند للنمو وتحديد نوعية الخبز المخمر بخليلط *S. cerevisiae* و *H. opuntiae*. هذا البحث عبارة عن دراسة تجريبية ذات التصميم العشوائي الكامل (CRD)، وهي إضافة مستخلص الخميرة 0 جم / لتر، 1 جم / لتر، 2 جم / لتر، و 3 جم / لتر لتحديد النمو الأمثل من حيث النمو. الكتلة الحيوية وعدد الخلايا الحية. وفي الوقت نفسه، لمعرفة أفضل جودة للخبز، انظر إلى الحجم واللون والطعم والرائحة والملمس. أظهرت نتائج اختبار ANOVA أن الاختلافات في إضافة مستخلص الخميرة إلى وسط ماء جوز الهند كان لها تأثير كبير على الكتلة الحيوية للخميرة، ولم يكن لها تأثير كبير على عدد خلايا الخميرة الحية. تم الحصول على أعلى كتلة حيوية من المعاملة بإضافة 2 جم / لتر مستخلص الخميرة أي 0.41 جم / 10 ملي، بينما تم الحصول على أكبر عدد من الخلايا الحية من المعاملة بإضافة 3 جم / لتر مستخلص الخميرة وهي  $9.15 \times 10^7$  خلية/ملي. أفضل نوعية من الخبز على أساس حجم العجين والاختبارات الحسية هو الخبز المصنوع من خليط من *S. cerevisiae* و *H. opuntiae* مع إضافة 3 جم / لتر من خلاصة الخميرة. وكان الحجم النهائي للعجينة 380.19 سنتيمترات مكعبه وحجمها بعد الخبز 391.2 سنتيمترات مكعبه. حصلت الاختبارات الحسية على أعلى القيم لمعايير اللون والرائحة والملمس والطعم.

الكلمات المفتاحية: جودة الخبز، ماء جوز الهند، التخمير، النمو، *S. cerevisiae*، *H. opuntiae*، مستخلص الخميرة، خليط

الخميرة

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabakatuh*

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT karena atas kasih sayang dan karunia-Nya, atas rahmat serta hidayah-Nya penulis mampu memenuhi dan menyelesaikan skripsi dengan judul “*Pengaruh Penambahan Yeast Extract pada Media Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Campuran Khamir Saccharomyces cerevisiae dan Hanseniaspora opuntiae Sebagai Pengembang Adonan Roti*”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad *Shalallaahu Alaihi Wassalaam* yang telah membawa umat manusia dari alam kebodohan ke alam yang berilmu pengetahuan.

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat untuk mengerjakan skripsi pada program S1 Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis hendak mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si dan Dr. H. Ahmad Barizi, M.A selaku pembimbing I dan II, yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Kiptiyah, M.Si selaku dosen wali, yang telah membimbing dan memberikan masukan serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi.
4. Ibu Ir.Lilik Harianie AR, M.P dan Ibu Prilya Dewi Fitriasari, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
5. Ibu Zulfa Chasanah, S.Kom selaku administrasi Program Studi Biologi yang telah membantu dalam kepengurusan berkas-berkas persyaratan skripsi.
6. Segenap Dosen Program Studi Biologi UIN Malang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Segenap Laboran Program Studi Biologi UIN Malang yang telah membantu dalam kegiatan penelitian.
8. Bapak Muchamad Dahlan, Ibu Kalimah, Adik Rizky Fanani, dan Adik Reza Pahlevi selaku keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan baik berupa doa dan materil.
9. Saudara-saudara penulis (Tante Anugerah, Fitri Nur Islami, Aini Hikmatin selaku sepupu, dan saudara lainnya) atas doa, bimbingan, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.

10. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Biologi, khususnya keluarga “Ligase” Biologi D 2020 dan BIOGENC 2020, atas semua doa, dukungan, semangat, serta kerjasamanya.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini telah ditulis secara cermat dan sebaik-baiknya. Namun, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih ada kekurangan, sehingga diharapkan ada saran dan kritik yang membangun.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabakatuh*

Malang, Juni 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vi
HALAMAN PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
المخلص البحث.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan.....	8
1.4 Manfaat.....	8
1.5 Batasan Masalah.....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>10</b>
2.1 Khamir.....	10
2.1.1 Deskripsi Khamir ( <i>Yeast</i> ).....	10
2.1.2 Pertumbuhan Khamir.....	12
2.2 Khamir pada Fermentasi Adonan Roti.....	17
2.3 <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	19
2.4 <i>Hanseniaspora opuntiae</i> .....	21
2.5 Campuran Khamir.....	22
2.6 Air Kelapa.....	23
2.7 <i>Yeast Extract</i> .....	25
2.8 Kulit Roti.....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian.....	31
3.2 Variabel Penelitian.....	32
3.2.1 Variabel bebas.....	32
3.2.2 Variabel terikat.....	33
3.2.3 Variabel kontrol.....	33
3.3 Waktu dan Tempat.....	33
3.4 Alat dan Bahan.....	33
3.4.1 Alat Penelitian.....	33
3.4.2 Bahan Penelitian.....	34

3.5	Prosedur.....	34
3.5.1	Sterilisasi Alat dan Bahan.....	34
3.5.2	Pembuatan Media.....	34
3.5.2.1	Pembuatan YMEA.....	34
3.5.2.2	Pembuatan YMB.....	35
3.5.2.3	Pembuatan YPG.....	35
3.5.3	Subkultur Isolat Khamir.....	35
3.5.4	Pembuatan <i>Co-Culture</i> .....	36
3.5.5	Penambahan <i>Yeast Extract</i> pada Media Air Kelapa.....	36
3.5.6	Pengujian terhadap Pertumbuhan Khamir.....	37
3.5.6.1	Penentuan Biomassa Khamir.....	37
3.5.6.2	Penentuan Jumlah Sel Hidup.....	38
3.5.7	Pembuatan Roti.....	38
3.5.8	Pengujian Kualitas Roti.....	39
3.5.8.1	Pengukuran Volume Pengembangan Roti.....	39
3.5.8.2	Uji Organoleptik.....	40
3.6	Analisis Data.....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>41</b>
4.1	Pengaruh Penambahan <i>Yeast Extract</i> Pada Media Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Campuran Khamir <i>Saccharomyces cerevisiae</i> dan <i>Hanseniaspora opuntiae</i> .....	41
4.1.1	Biomassa Khamir.....	41
4.1.2	Jumlah Sel Hidup Khamir.....	43
4.2	Kualitas Roti Hasil Fermentasi Campuran Khamir <i>S.cerevisiae</i> dan <i>H.opuntiae</i> .....	45
4.2.1	Volume Adonan Roti.....	45
4.2.2	Organoleptik Roti.....	52
4.2.2.1	Parameter Warna.....	56
4.2.2.2	Parameter Aroma.....	58
4.2.2.3	Parameter Tekstur.....	60
4.2.2.4	Parameter Rasa.....	62
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>66</b>
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi air kelapa.....	25
3.1 Desain RAL pengaruh penambahan <i>yeast extract</i> pada media air kelapa terhadap biomassa campuran khamir <i>S.cerevisae</i> dan <i>H.opuntiae</i> .....	31
3.2 Desain RAL pengaruh penambahan <i>yeast extract</i> pada media air kelapa terhadap jumlah sel hidup campuran khamir <i>S.cerevisae</i> dan <i>H.opuntiae</i> .....	32
3.3 Desain penelitian kualitas roti.....	32
4.1 Hasil uji pengaruh penambahan <i>yeast extract</i> pada media air kelapa terhadap biomassa khamir (g/10 ml).....	41
4.2 Hasil uji pengaruh penambahan <i>yeast extract</i> pada media air kelapa terhadap jumlah sel hidup (sel/ml).....	43
4.3 Hasil uji lanjut <i>Mann-Whitney</i> organoleptik roti perlakuan campuran khamir <i>S.cerevisae</i> dan <i>H.opuntiae</i> dengan pertumbuhan penambahan <i>yeast extract</i> pada media air kelapa.....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Bentuk sel khamir.....	11
2.2 Kurva pertumbuhan khamir.....	15
2.3 Reaksi fermentasi khamir roti.....	18
4.1 Volume pengembangan roti pada setiap perlakuan.....	48
4.2 Grafik pengembangan volume adonan roti selama 720 menit dengan campuran khamir <i>S.cerevisae</i> dan <i>H.opuntiae</i> pada setiap perlakuan.....	50
4.3 Volume roti setelah proses pemanggangan dari setiap perlakuan.....	51
4.4 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter warna.....	57
4.5 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter aroma.....	59
4.6 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter tekstur.....	61
4.7 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter rasa.....	64



## DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil biomassa khamir.....	77
2. Hasil jumlah sel hidup khamir.....	77
3. Hasil perhitungan volume adonan roti.....	78
4. Hasil perhitungan daya pengembangan adonan roti.....	79
5. Hasil perhitungan volume roti setelah dipanggang.....	80
6. Warna roti setelah dipanggang.....	80
7. Tekstur roti setelah dipanggang.....	81
8. Dokumentasi pengembangan adonan roti selama 12 jam.....	82
9. Hasil uji one way Anova biomassa khamir.....	85
10. Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) biomassa khamir.....	85
11. Hasil uji one way Anova jumlah sel hidup khamir.....	86
12. Hasil uji <i>Kruskal Wallis</i> .....	86
13. Hasil uji lanjut <i>Mann Whitney</i> .....	87

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Khamir merupakan uniseluler yang tergolong sebagai anggota Kingdom Fungi bersama kapang. Habitat khamir sangat luas, yakni bisa hidup di perairan, daratan, serta jaringan tumbuhan dan buah-buahan (Maicas, 2020). Khamir bersama mikroorganisme lainnya memberikan banyak manfaat dalam kehidupan manusia. Hal tersebut sesuai firman Allah pada QS. Ali Imran [3]: 191 yang berbunyi sebagai berikut.

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا  
مَا خَلَقْتَهُذَا بَطَلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: “(Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”. (QS. Ali Imran [3]: 191)

Ayat tersebut menjelaskan bahwa kita sebagai manusia diperintahkan untuk memikirkan semua ciptaan Allah yang berada di langit maupun di bumi (Chozin & Untoro, 2019). Semua yang diciptakan Allah merupakan sebuah anugerah bagi manusia, karenanya melalui ayat tersebut manusia diajak berpikir semua yang Allah ciptakan, sebab tidak satupun ciptaan-Nya yang sia-sia. Begitu pula khamir, satu di antara mikroorganisme yang Allah ciptakan yang memberi kemaslahatan untuk manusia. Manusia sering menggunakan khamir sebagai pelengkap bahan pembuatan produk makanan dan minuman.

Berbagai spesies khamir menyediakan sumber pangan bagi manusia. Kemampuan khamir yang paling dikenal yaitu untuk membantu dalam proses fermentasi. Produk pangan yang diperoleh melalui proses fermentasi dengan dibantu oleh khamir adalah roti (Roosheroe & Wahyudi, 2017). Roti menjadi makanan yang cukup terkenal di Indonesia (Andragogi *et al.*, 2018). Produk olahan ini telah menjadi makanan pokok oleh sebagian masyarakat Indonesia sehingga produksinya kian meningkat. Data Kementerian Pertanian Indonesia tahun 2021 mencatatkan bahwa konsumsi kelompok pangan roti-rotian dari tahun 2015 sebesar 1,25 kg/kap/tahun mengalami peningkatan 3,01 kg/kap/tahun di tahun 2020 (Badan Ketahanan Pangan, 2021).

Produksi roti dilakukan dengan fermentasi adonan oleh khamir atau ragi. Khamir dalam pembuatan roti berperan untuk mengembangkan adonan serta ikut serta memberi rasa dan aroma khas roti. Adonan yang mengembang diperoleh dari metabolisme khamir dengan memecah gula untuk membentuk gas karbondioksida serta alkohol (Sitepu, 2019). Hasil metabolisme tersebut mengakibatkan roti mengembang, bertekstur lembut, serta beraroma harum (Poutanen *et al.*, 2009).

Khamir pengembang roti paling dikenal adalah *Saccharomyces cerevisiae*, tetapi telah ditemukan isolat lain berkemampuan mengembangkan roti, dan diketahui sebagai khamir Non-*Saccharomyces*. Beberapa tahun terakhir, penelitian terhadap khamir Non-*Saccharomyces* telah banyak membuktikan bahwa adanya potensi untuk dijadikan sebagai ragi roti alternatif dalam fermentasi adonan (Aslankoochi *et al.*, 2016). Khamir Non-*Saccharomyces* dari penelitian Takaya *et al* (2019) yaitu *Hanseniaspora vineae*

berpotensi sebagai khamir pengembang roti, dimana ditunjukkan dengan karakteristik fermentasi terhadap adonan yang terbukti dapat mengembangkan adonan roti dan menghasilkan senyawa volatil yang khas.

Penelitian ini menggunakan khamir roti yang telah berhasil diisolasi dari buah local indonesia. Penelitian Noordiya (2023) menyatakan bahwa isolat khamir yang diisolasi dari nanas madu (*Ananas comosus* L.) dihasilkan khamir *Hanseniaspora opuntiae* strain EB2016-31. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* juga telah diisolasi dari daging buah salak pondoh (*Salacca edualis* Reinw.) (Sari, 2020) dan telah diidentifikasi oleh Zahroh (2022) yang menghasilkan spesies *Saccharomyces cerevisiae* strain XZFM13-1. Kedua isolat khamir tersebut terbukti berpotensi dalam fermentasi adonan roti dengan adanya uji biokimia dan uji pengembangan roti.

Khamir *Saccharomyces cerevisiae* strain XZFM13-1 hasil isolasi dari daging buah salak pondoh (*Salacca edualis* Reinw.) pada uji biokimia diketahui dapat melakukan fermentasi glukosa, fruktosa, galaktosa, dan sukrosa (Sari, 2020). *Saccharomyces cerevisiae* tidak dapat memfermentasi laktosa, karena tidak memiliki aktifitas  $\beta$ -galaktosidase (Okamoto *et al.*, 2019; Guimaraes *et al.*, 2008). Penelitian mengenai *S.cerevisiae* melaporkan bahwa metabolisme volatil yang dihasilkannya antara lain 1,1-dietoksietana, 1-propanol, isobutanol, 3-metilbutanol, 2-metilbutanol, 2-feniletanol, asetoin, etil asetat, dan etil laktat (Moreno-Garcia *et al.*, 2014).

Khamir *Hanseniaspora opuntiae* strain EB2016-31 diketahui menghasilkan aroma roti yang lebih harum dibandingkan dengan khamir komersial (fermipan). Hal ini dibuktikan dengan hasil uji hedonik pada

penelitian Az Zahro (2023) bahwa aroma dan rasa roti hasil fermentasi khamir ini banyak disukai oleh panelis dibanding roti dengan fermipan.

Upaya meningkatkan kualitas produk fermentasi roti salah satunya dapat menggunakan stater campuran khamir. Penggunaan strain *S.cerevisae* saja dapat membatasi rasa produk, sehingga dengan pencampuran khamir ini dapat memperkaya rasa pada roti (Takaya *et al.*, 2019). Kultur campuran antara ragi *non-Saccharomyces* dan *S.cerevisae* dapat mengubah jumlah senyawa volatil, sehingga berkontribusi terhadap diversifikasi dan peningkatan rasa serta aroma produk fermentasi (Liu *et al.*, 2019). Senyawa yang diproduksi oleh khamir *non-Saccharomyces* dalam kultur campuran lebih banyak seperti ester, alkohol, aldehida, dan asam amino melalui jalur Ehrlich (Tufariello *et al.*, 2021).

Penelitian ini menggunakan campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae*. Campuran khamir ini akan dipakai untuk fermentasi bersama dalam pembuatan roti. Peran dari kedua khamir ini adalah *S.cerevisae* sebagai khamir utama untuk mengembangkan adonan sedangkan *H.opuntiae* membantu produksi rasa dan aroma roti. Interaksi antar khamir dalam suatu media yaitu mendorong sintesis metabolit dalam produksi industri fermentasi. Penelitian Takaya *et al* (2021) mengenai penggunaan campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.vinae* mengungkapkan bahwa terjadi peningkatan senyawa volatil pada roti dengan campuran khamir, dimana kadar asetoin dan 2-feniletil asetat senyawa aroma bunga secara signifikan berbeda nyata terhadap roti dari perlakuan tunggal menggunakan *S.cerevisae* dengan perolehan nilai lebih tinggi.

Campuran khamir tersebut akan diperbanyak dalam media air kelapa. Air kelapa tergolong komponen yang mampu menggantikan media YPG (*Yeast*

*Extract Peptone Glucose*) dan telah dikenal dapat diaplikasikan dalam sebuah kultur mikroorganisme (Renato *et al.*, 2009). Air kelapa yang digunakan bertindak sebagai sumber karbon utama bagi khamir yang akan meningkatkan energi biosintesis sel khamir. Sumber karbon adalah dasar bagi khamir dalam melangsungkan kehidupan, yang pada regenerasi sel memacu produksi enzim khususnya saat fase eksponensial, yakni fase perbanyakkan sel meningkat disertai produksi metabolit khamir (Risky *et al.*, 2019).

Air kelapa dapat digunakan sebagai media alternatif karena kaya akan nutrisi yang cocok untuk pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme seperti khamir. Sel khamir dapat memanfaatkan nutrisi air kelapa untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan. Air kelapa kaya akan karbohidrat (glukosa, fruktosa, sukrosa, dan sorbitol), asam amino (arginin, alanin, tirosin, serin, dan asam amino lainnya), asam organik (asam malat, asam sitrat), mineral (Na, Ca, P, K, S, Mg, Fe, Cu), vitamin (vitamin C dan B), dan senyawa bioaktif (seperti  $\gamma$ -aminobutyrik) (Jiang *et al.*, 2023). Kandungan senyawa yang sesuai dengan kebutuhan mikroorganisme, sehingga digunakan air kelapa sebagai media pertumbuhan yang lebih ekonomis atau mengurangi biaya produksi (Mayaserli & Renowati, 2015).

Air kelapa menjadi media alternatif cukup sering digunakan di beberapa penelitian seperti Febriyanti (2018) menggunakan air kelapa sebagai media pertumbuhan *S.cerevisae* yang lebih optimal dibandingkan dengan media limbah cair tahu, yang ditinjau dari jumlah sel yang dihasilkan. Pertumbuhan khamir roti *H.opuntiae*, *C.akabenensis*, *C.tropicalis-1*, dan *C.tropicalis-2*, pada penelitian Putri (2021), yaitu menggunakan air kelapa konsentrasi 100% dengan

pertumbuhan khamir pada media standar YPG dihasilkan biomassa, kerapatan sel, viabilitas sel yang tidak berbeda nyata. Sedangkan pada penelitian Sa'adah (2018), pertumbuhan *S.cerevisiae* optimal pada air kelapa hijau muda dibandingkan jenis air kelapa hijau tua yang diperoleh nilai kerapatan sel tertinggi. Air kelapa muda menyimpan kadar gula maksimal 3 g/100 ml lebih tinggi dibanding kelapa tua. Beragam jenis gula seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, dan sorbitol pada air kelapa muda menjadikan rasa lebih manis serta mendukung pertumbuhan mikroorganisme (Kadarwati *et al.*, 2009). Demikian, pada penelitian ini digunakan air kelapa hijau muda untuk media pertumbuhan khamir.

Selain menggunakan media air kelapa, untuk lebih mengoptimalkan pertumbuhan khamir pada media air kelapa maka akan dilakukan penambahan *yeast extract* sebagai sumber nitrogen. Senyawa nitrogen menjadi makronutrien yang paling banyak diasimilasi oleh khamir setelah senyawa karbon (Roca-Mesa *et al.*, 2020). Kebutuhan nitrogen pada khamir bisa sekitar 100 mg/L sampai 400 mg/L, tergantung dari kandungan atau jenis gula pada media fermentasi (Buglass, 2010).

Air kelapa memiliki sumber nitrogen yang rendah, menurut Rosniawaty *et al* (2021) kandungan nitrogen air kelapa sebesar 0,018% sedangkan unsur karbon organik sebesar 4,52%. Nitrogen yang terkandung dalam *yeast extract* adalah sebesar 11,4% (Frecdke *et al.*, 2017). Sumber nitrogen dari *yeast extract* diperlukan untuk pertumbuhan, proses biosynthesis dan peningkatan aktifitas sel khamir dalam proses fermentasi. Apabila unsur nitrogen pada media

pertumbuhan khamir jumlahnya terbatas akan mengakibatkan pertumbuhannya terhambat (Broach, 2012).

*Yeast extract* merupakan sumber nitrogen yang banyak digunakan sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. *Yeast extract* memiliki biaya yang relatif murah sehingga dapat mengurangi biaya media kultur mikroorganisme (Tao *et al.*, 2023). Selain itu, baru-baru ini *yeast extract* berfungsi sebagai sumber nitrogen organik terbaik untuk pertumbuhan sel mikroorganisme. Hal ini dikarenakan ketika nitrogen anorganik yang digunakan, maka mikroorganisme memerlukan energi tambahan untuk melakukan sintesis asam amino (Awad *et al.*, 2019). Penelitian oleh Khan *et al* (2020) yang mengamati pertumbuhan *S. boulardii* dengan sumber nitrogen yang berbeda seperti *yeast extract*, pepton, urea,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan  $\text{Na}_2\text{NO}_3$ . Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pertumbuhan optimal yang diamati dari biomassa sel yaitu dengan penambahan *yeast extract* sebagai sumber nitrogen, hasil biomassa sebesar 12 g/L. Peningkatan hasil biomassa khamir *S. cerevisiae* dan *K. africana* yang optimal diperoleh dengan penambahan 2 g/L *yeast extract* menjadi sumber nitrogen dalam penelitian Diaz-Montano *et al* (2009) dibandingkan dengan penambahan sumber nitrogen amonium sulfat (1 g/L) dan diamonium fosfat (1 g/L).

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa dengan penambahan *yeast extract* dapat mengoptimalkan pertumbuhan mikroorganisme. Penelitian Pratama (2020) yang menambahkan 2 g/L *yeast extract* pada media air kelapa diperoleh viabilitas *S.cerevisiae* tertinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol 0 g/L dan perlakuan 4 g/L. Zikang *et al* (2015) meneliti pengaruh sumber nitrogen terhadap pertumbuhan *H.uvarum* CM 2, dihasilkan biomassa khamir



tertinggi pada penambahan *yeast extract* sebesar 1 g/L yang dibandingkan dengan amonium sulfat (2 g/L) dan urea (4 g/L), maka dari itu penelitian ini akan digunakan variasi konsentrasi *yeast extract* 0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, dan 3 g/L.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh penambahan *yeast extract* pada media air kelapa terhadap pertumbuhan campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae*?
2. Bagaimana kualitas roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* dengan penambahan *yeast extract* pada media air kelapa?

## 1.3 Tujuan

Tujuan penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui pengaruh penambahan *yeast extract* pada media air kelapa terhadap pertumbuhan campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae*.
2. Mengetahui kualitas roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* dengan penambahan *yeast extract* pada media air kelapa?

## 1.4 Manfaat

Manfaat penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian yang dilakukan dapat menambah informasi terkait perbaikan kualitas roti.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi di bidang industri fermentasi terkait pemanfaatan air kelapa sebagai media alternatif dengan penambahan *yeast extract* untuk mengoptimalkan pertumbuhan campuran khamir *Saccharomyces cerevisae* dan *Hanseniaspora opuntiae* sebagai pengembang roti.

3. Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan ke dalam industri, khususnya pada bidang industri makanan yang menggunakan ragi/khamir.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Isolat khamir *Saccharomyces cerevisiae* strain XZFM13-1 hasil isolasi dari buah salak (*Salacca edulis* Reinw.).
2. Isolat khamir *Hanseniaspora opuntiae* strain EB2016-31 hasil isolasi dari buah nanas madu (*Ananas comosus* L.).
3. Air kelapa yang digunakan adalah air kelapa hijau muda.
4. Penambahan *yeast extract* sebanyak 0 g/L, 1 g/L, 2 g/L, 3 g/L.
5. Kontrol positif pada uji pertumbuhan khamir yaitu menggunakan media YPG.
6. Kontrol positif pada uji kualitas roti yaitu menggunakan ragi komersial (fermipan) dan kontrol negatif tanpa menggunakan ragi.
7. Parameter yang diamati meliputi pertumbuhan sel khamir dan kualitas roti.
8. Parameter pengukuran pertumbuhan khamir berasal dari pengukuran biomassa dan jumlah sel hidup.
9. Parameter kualitas roti dinilai dari pengukuran volume pengembangan adonan dan organoleptik roti (rasa, aroma, tekstur, warna roti yang telah dipanggang).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Khamir (*Yeast*)

##### 2.1.1 Deskripsi Khamir (*Yeast*)

Khamir (*yeast*) adalah mikroorganisme bersel tunggal dalam Kingdom Fungi, yang didefinisikan sebagai jamur uniseluler (Garvey, 2022). Khamir mempunyai ukuran sel sangat kecil, sehingga untuk dapat melihat keberadaan sel khamir harus menggunakan mikroskop. Sel khamir berukuran tidak sama, panjangnya 5-20  $\mu\text{m}$  dengan lebar sel 1-10  $\mu\text{m}$  (Puspita *et al.*, 2020). Adanya mikroorganisme seperti khamir telah dijelaskan secara tersirat di dalam Al-Quran, sebagaimana yang ada pada QS. Yunus [10]: 61, yaitu:

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْءَانٍ وَلَا تَعْمَلُونَ مِنْ عَمَلٍ إِلَّا كُنَّا عَلَيْكُمْ شُهُودًا إِذْ تُفِيضُونَ فِيهِ وَمَا يَعْزُبُ عَنْ رَبِّكَ مِنْ مِثْقَالِ ذَرَّةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي السَّمَاءِ وَلَا أَصْغَرَ مِنْ ذَلِكَ وَلَا أَكْبَرَ إِلَّا فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦١﴾

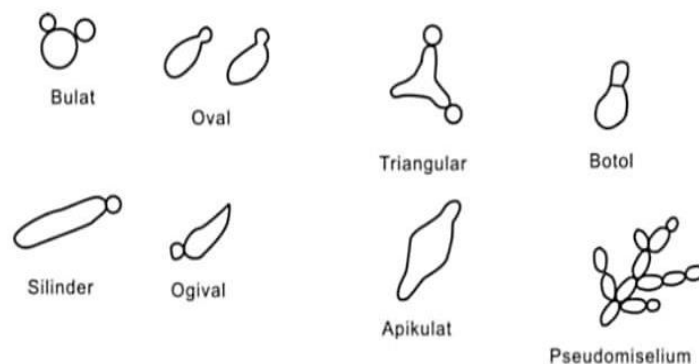
Artinya: “Kamu tidak berada dalam suatu keadaan dan tidak membaca suatu ayat dari Al Quran dan kamu tidak mengerjakan suatu pekerjaan, melainkan Kami menjadi saksi atasmu di waktu kamu melakukannya. Tidak luput dari pengetahuan Tuhanmu biarpun sebesar zarah (atom) di bumi ataupun di langit. Tidak ada yang lebih kecil dan tidak (pula) yang lebih besar dari itu, melainkan (semua tercatat) dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh)”. (QS. Yunus [10]: 61)

Ayat tersebut memberikan penjelasan bahwa adanya bentuk kehidupan berukuran sangat kecil yang merupakan hasil ciptaan Allah. Tafsir Kemenag RI (2015) menjelaskan bahwa kata “*zarah*” pada ayat tersebut bermakna “benda yang sangat kecil”. Jenis benda ini takkan pernah lepas dari pengawasan Allah, contohnya yaitu kehidupan mikroorganisme. Allah memberi tahu manusia

melalui ayat ini bahwa Allah Maha Pengatur dengan pengaturan terbaik terhadap semua makhluknya, termasuk kehidupan mikroorganisme.

Mikroorganisme merupakan jasad renik yang umumnya tersusun dari satu sel yang tidak terlihat oleh manusia secara langsung. Mikroorganisme yang terdiri atas satu sel contohnya adalah khamir. Kehidupan khamir juga telah diatur oleh Allah yaitu dengan menyediakan habitat atau tempat hidup yang sesuai agar bisa tumbuh dan berkembang biak. Khamir dapat berkembang biak apabila lingkungannya cocok (Purba *et al.*, 2021).

Morfologi khamir yaitu mempunyai ukuran sel yang kecil dan bentuk yang bervariasi. Secara umum, sel khamir memiliki tiga bentuk utama yaitu bulat (*spherical*), apikulat (*oblate*), dan memanjang (batang). Spesies khamir yang berbeda akan memiliki bentuk sel yang berbeda (Gambar 2.1) misalnya bulat, batang, lonjong, apikulat, dan sebagainya (Periadnadi *et al.*, 2018). Khamir berkembang biak dengan cara *budding* (pertunasan) dan pembentukan spora (askospora). Khamir merupakan organisme eukariotik yang mampu hidup pada perairan, daratan, udara serta bagian tumbuhan terutama pada buah-buahan (Maicas, 2020).



**Gambar 2.1 Bentuk sel khamir (Ferdiaz, 2014)**

Sifat khamir adalah aerobik fakultatif, yang mampu bertahan hidup baik di lingkungan aerobik maupun anaerobik (Robert *et al.*, 2023). Keadaan aerobik terjadi ketika adanya oksigen, maka khamir akan mengubah glukosa sebagai sumber karbon dan oksigen menjadi karbon dioksida dan air. Keadaan anaerobik terjadi saat tidak adanya oksigen, maka khamir melakukan mekanisme fermentasi dengan mengubah glukosa menjadi karbon dioksida dan alkohol. Khamir memperoleh banyak energi saat melakukan respirasi aerobik dibandingkan anaerobik. Jumlah energi bersih yang dihasilkan dari respirasi aerobik yaitu 36 ATP/glukosa sedangkan pada anaerobik sebesar 2 ATP/glukosa (Putra, 2023).

Khamir bersifat kemoorganotrof, yang berarti tidak membutuhkan sinar matahari untuk tumbuh melainkan memperoleh sumber energi dari senyawa organik. Biasanya khamir dapat tumbuh di lingkungan ber-pH rendah dan tinggi kadar gula. Kisaran pH optimal untuk pertumbuhan khamir dapat bervariasi dari pH 4 hingga 6 (Narendranath & Power, 2005). Umumnya, khamir menjadi mesofilik pada rentang suhu 28<sup>0</sup>C hingga 38<sup>0</sup>C. Satu di antara spesies khamir yang terkenal yaitu *Saccharomyces cerevisiae*, yang telah banyak digunakan pada industri fermentasi pangan manusia maupun pakan ternak (Sjofyan *et al.*, 2020).

### **2.1.2 Pertumbuhan Khamir**

Pertumbuhan merupakan perubahan pada jumlah sel yang diukur sebagai berat, volume, tinggi, dan bentuk kuantitatif lainnya. Pertumbuhan sebagai perubahan dari bentuk awal ke bentuk lain yang prosesnya tidak dapat terulang kembali, yang disebut *irreversible*. Pertumbuhan mikroorganisme diartikan

sebagai peningkatan jumlah sel atau total berat sel yang melebihi inokulum awal. Hasil dari peningkatan jumlah sel akan membentuk suatu pertumbuhan populasi mikroorganisme. Substrat yang mengandung nutrisi lengkap akan meningkatkan pertumbuhan sel dan ukuran sel yang membesar (Pusdik, 2018).

Organisme uniseluler seperti khamir mengalami pertumbuhan dengan peningkatan jumlah sel atau pertambahan jumlah individu. Pertumbuhan merupakan sifat dari mikroorganisme yang paling penting dalam fermentasi. Pertumbuhan mikroorganisme dapat dikuantifikasi oleh pertumbuhan populasi, yaitu dapat menghitung peningkatan pada jumlah sel dan massa sel secara keseluruhan (Walker & Stewart, 2016). Kultur khamir yang ditumbuhkan pada media akan mengalami pola pertumbuhan yang sama dengan mikroorganisme lainnya (O'Connor, 2021). Fase utama pertumbuhan mikroorganisme dalam medium di antaranya fase lag (adaptasi), fase log (eksponensial), fase stasioner dan fase kematian (Fathurrohim *et al.*, 2022).

Pola pertumbuhan mikroorganisme dapat diketahui dengan kurva pertumbuhan, yaitu tingkat pertumbuhan diukur setiap kurun waktu tertentu (Gambar 2.2) (Fathurrohim *et al.*, 2022). Pertumbuhan mikroorganisme dapat ditampilkan melalui grafik dari pertumbuhan eksponensial pada jumlah sel terhadap waktu. Kurva khas pertumbuhan mikroorganisme berbentuk sigmoid sehingga dapat dibedakan setiap fase-fase pertumbuhan (Fifendy, 2017).

Fase lag merupakan periode adaptasi yang terjadi segera sesudah inokulasi dalam medium pertumbuhan baru, dimana mikroorganisme melakukan penyesuaian terhadap lingkungannya kemudian jumlah sel bertambah sedikit demi sedikit. Fase ini bisa berkepanjangan atau terjadi sangat singkat. Jika

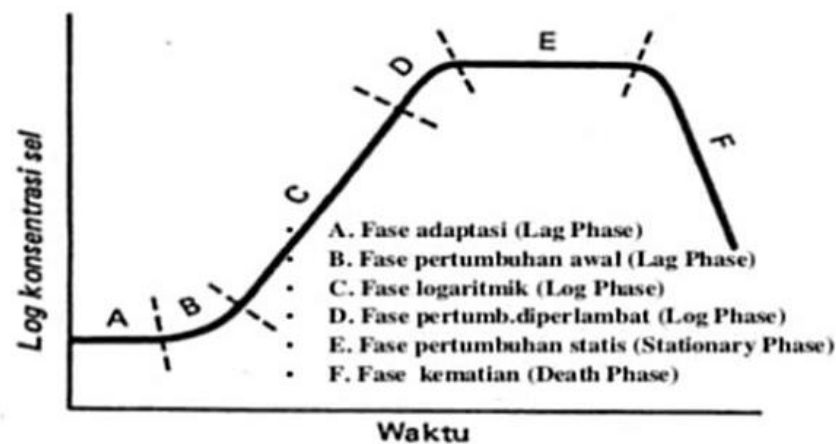
menggunakan kultur khamir pada kondisi fase log lalu diinokulasikan dalam medium yang komposisi serta kondisi serupa, maka khamir fase lag terjadi sangat singkat. Jika komposisi energi dan karbon pada media baru tidak sama dari media pertama, maka khamir beradaptasi dengan kondisi baru yang membutuhkan sintesis beberapa enzim, sedangkan pada media baru dengan kondisi yang sama tidak diperlukan sehingga tidak dibentuk (Fifendy, 2017).

Fase lag diikuti dengan fase log atau eksponensial yaitu terjadinya periode pertumbuhan yang berlangsung sangat cepat, dan fase pertumbuhan ini mencapai kecepatan pertumbuhan maksimum yang konstan. Semua sel dalam populasi mengalami pertumbuhan maksimum dan peningkatan biomassa sel. Akhir fase log merupakan waktu yang optimum untuk memanen biomassa sel. Mikroorganisme pada waktu tersebut mengalami puncak pertumbuhan dan kepadatan sel tertinggi sehingga didapatkan produk biomassa yang banyak. Selain itu, agar penumbuhan biakan cepat, maka mikroorganisme pada fase log sangat cocok sebagai inokulum (Fathurrohman *et al.*, 2022).

Setelah pertumbuhan eksponensial, kerapatan sel bertambah dan mendekati populasi maksimum, nutrisi dalam substrat pertumbuhannya semakin berkurang, laju pertumbuhan melambat, produk-produk metabolisme tertimbun dan sel memasuki fase diam (*stationer*). Dimulainya fase *stationer* jika pertumbuhan sel berhenti, sel pada kondisi tersuspensi dan pertumbuhan sel konstan. Jumlah sel pada fase diam tidak banyak berubah, karena laju pembelahan sel berbanding lurus dengan laju kematian sel. Umumnya, pada tujuan komersial proses fermentasi tidak dilanjutkan menjelang akhir fase log

atau sebelum masuk fase kematian. Massa mikroorganisme yang diperoleh pada fase *stationer* disebut hasil atau keuntungan (Fifendy, 2017).

Sel mampu bertahan pada fase stationer dengan waktu yang lama saat kondisi menguntungkan, sampai pada akhirnya memasuki fase kematian jika kondisi tidak membaik. Jumlah sel pada fase ini berkurang karena ketersediaan nutrisi dalam lingkungan maupun cadangan makanan mikroorganisme telah habis. Fase kematian ditandai dengan penurunan jumlah populasi mikroorganisme yang bersifat eksponensial (Meiyasa & Nurjannah, 2021).



**Gambar 2.2 Kurva pertumbuhan khamir (Fathurohim *et al.*, 2021)**

Khamir dapat tumbuh optimal dengan kondisi yang sesuai. Faktor pertumbuhan khamir dapat dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi, baik makronutrien maupun mikronutrien. Komposisi nutrisi pada media sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan metabolisme khamir (Walker & Stewart, 2016). Nutrisi pada media pertumbuhan akan digunakan untuk pertumbuhan sehingga terjadi peningkatan biomassa dan jumlah sel khamir. Nutrisi dasar pada pertumbuhan khamir adalah sumber karbon dan nitrogen. Sumber karbon utama pada khamir seperti glukosa, fruktosa, galaktosa, maltosa,



sukrosa (Soares, 2004). Nitrogen dibutuhkan untuk pembentukan protein (asam amino), sehingga mempercepat laju pertumbuhan sel khamir dalam keadaan aerob atau anaerob serta meningkatkan laju fermentasi produk (Diboune *et al.*, 2019).

Biomassa merupakan jumlah total mikroorganisme. Biomassa didapatkan dari proses pemanenan mikroorganisme. Biomassa khamir dapat diartikan sebagai akumulasi sel hasil dari pertumbuhan khamir. Pertumbuhan khamir dapat diamati melalui biomassa khamir yang didapatkan dengan memisahkan pelet dan membuang supernatan sehingga didapatkan berat basah pelet. Biomassa basah tidak melewati tahap pengeringan maupun penghilangan kadar air, sehingga mempunyai massa yang lebih besar. Biomassa khamir terdiri atas protein (35%-60% basis kering), karena mengandung semua asam amino esensial (Ganeva, 2020).

Jumlah sel juga menjadi salah satu parameter pertumbuhan khamir. Jumlah sel khamir berkaitan erat dengan produktivitas proses fermentasi produk. Jumlah sel khamir meliputi jumlah sel hidup serta jumlah mati. Pengukuran kuantitatif jumlah sel dalam populasi khamir dapat menggunakan *fluorescent cell counter* yang dinilai cepat dan akurat (Chadwick *et al.*, 2016). Metode ini dinilai lebih unggul dibandingkan metode *hemocytometer* konvensional yaitu akurasi pengukuran lebih tinggi, dimana *hemocytometer* manual hanya mendeteksi area seluas  $1 \text{ mm}^2$ , sedangkan pada *Countess II FL Cell Counter* memiliki luas area deteksi  $3,48 \text{ mm}^2$  (Takahashi, 2020). Kamera yang terpasang dapat menangkap gambar sel target dengan  $1920 \times 2560$  piksel. Viabilitas sel

khamir dapat ditentukan dengan mewarnai sel mati dengan pewarna *fluorescent* seperti PI (*Propodium iodide*) atau *tryptan blue* (Trinh & Lee, 2022).

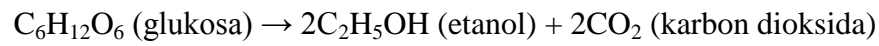
## 2.2 Khamir pada Fermentasi Adonan Roti

Khamir dikategorikan menjadi dua tipe, oksidatif dan fermentatif berdasarkan sifat metabolismenya (Fitriani & Krisnawati, 2022). Khamir oksidatif yaitu produk akhir berupa CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, metabolisme jenis ini disebut respirasi. Tipe fermentatif merupakan khamir fermentasi alkohol, yakni mensintesis gula (glukosa) menjadi gas CO<sub>2</sub> dan alkohol, misalnya pada produk roti-rotian (Charisma, 2019). Khamir fermentasi alkohol yang biasa digunakan pada pembuatan roti adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Onesiforus *et al.*, 2021). Fermentasi gula dalam adonan oleh aktivitas khamir akan menghasilkan CO<sub>2</sub> sehingga roti menjadi empuk serta alkohol yang terjadi akan hilang pada waktu pembakaran roti (Ariani, 2018).

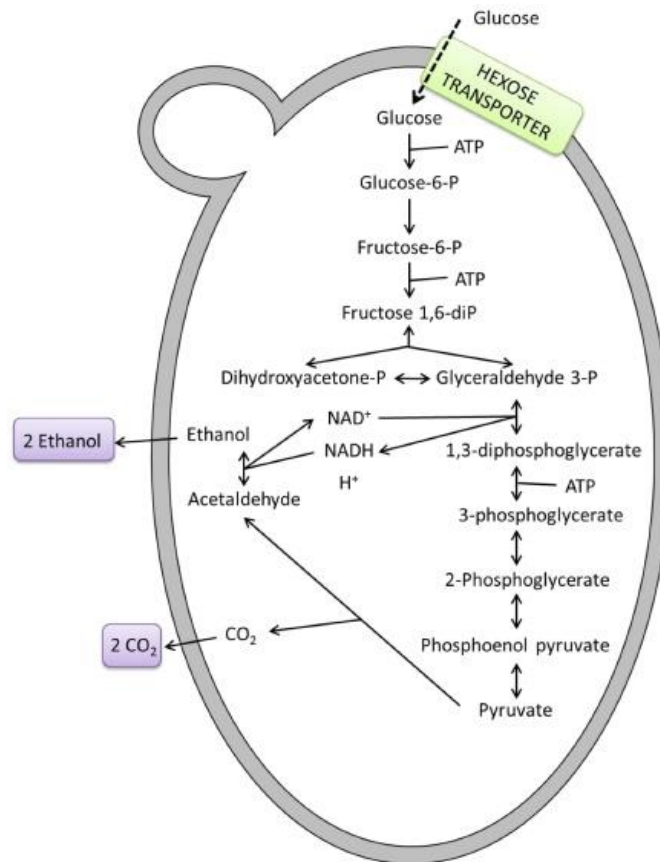
Khamir dapat memfermentasi gula dalam keadaan anaerobik, yaitu menghidrolisis gula melalui sistem enzim dengan akseptor elektron alternatif tanpa campur tangan oksigen. Fermentasi gula juga ditentukan oleh adanya sistem transport untuk gula melalui jalur glikolisis, dimana gula seperti sukrosa, fruktosa, dan glukosa diasimilasi untuk memproduksi etanol dan karbondioksida dari asam piruvat dekarboksilase. Enzim ini menyebabkan perubahan asam piruvat hasil glikolisis menjadi asetaldehida. Asetaldehida didapatkan dengan pelepasan CO<sub>2</sub> dari asam piruvat. kemudian akan direduksi oleh NADH menjadi etanol atau etil alkohol, sedangkan NAD yang ada dipakai kembali dalam glikolisis. Produk dari reaksi fermentasi yaitu satu molekul glukosa

terurai menjadi dua molekul etanol serta dua molekul gas karbon dioksida (Gambar 2.2) (Nurika *et al.*, 2022).

Adapun reaksi kimia dalam proses pembentukan etanol dari fermentasi gula yaitu sebagai berikut (Maicas, 2020).



Karakteristik khamir pada fermentasi adonan roti di antaranya kemampuan fermentasi tinggi, toleransi osmosis, toleransi suhu, toleransi etanol, tidak menghasilkan hidrogen sulfida, kemampuan flokulasi. Kemampuan fermentasi tinggi merupakan karakteristik utama dalam menghasilkan produk roti berkualitas baik dengan waktu yang singkat pada proses pembuatan roti (Putri, 2022).



**Gambar 2.3** Reaksi fermentasi khamir roti (Maicas, 2020)

### 2.3 *Saccharomyces cerevisiae*

*Saccharomyces cerevisiae* merupakan mikroorganisme golongan khamir. bersel tunggal, eukariotik, berbentuk bulat, dengan ukuran 5-10  $\mu\text{m}$ . Sifat *S.cerevisiae* adalah anaerobik fakultatif, yang dapat hidup pada kondisi aerobik maupun anaerobik, pertumbuhan optimal dengan suhu 30°C dan pH 4-5 (Sudiyani *et al.*, 2019). Spesies khamir ini paling umum digunakan sebagai ragi fermentasi dalam pembuatan tape, bir, dan roti. Hal ini dikarenakan *S.cerevisiae* adalah kelompok khamir yang dikenal karena sifat fermentasinya. Kelompok ini diketahui dapat memfermentasi berbagai jenis gula. *S.cerevisiae* memiliki kemampuan untuk menyerap berbagai macam gula, misalnya glukosa, fruktosa, manosa, galaktosa, sukrosa, maltosa, maltotriosa, dan rafinosa (Stewart, 2016).

*Saccharomyces cerevisiae* adalah mikroorganisme yang sering digunakan dalam proses fermentasi alkohol. Kemampuan fermentasi *S.cerevisiae* yaitu dapat mengubah gula menjadi etanol. *S.cerevisiae* dapat mengkonversi gula menjadi etanol karena menghasilkan dua enzim utama, yaitu enzim invertase dan enzim zimase. Enzim zimase berperan untuk biokatalis reaksi perubahan senyawa gula (glukosa dan fruktosa) menjadi alkohol dan CO<sub>2</sub>. Enzim invertase berperan pada pengubahan gula sukrosa ke bentuk *invert* (glukosa dan fruktosa) (Prodjosantoso *et al.*, 2023).

Produk pangan yang menggunakan *S.cerevisiae* sebagai mikroorganisme utama fermentasi salah satunya adalah roti. *S.cerevisiae* sebagai ragi yang berperan dalam pengembangan serta pembentukan aroma roti. Ragi merupakan *S.cerevisiae* aktif yang berkembang biak dengan cara mengonsumsi gula. Proses pengembangan volume adonan roti oleh *S.cerevisiae* disertai dengan

penambahan gula yang digunakan sebagai sumber energi. Gula tersebut diperoleh dari penambahan gula pada adonan atau tepung sebagai bahan utama dalam pembuatan roti. Hasil perombakan komponen gula oleh *S.cerevisae* menyebabkan peningkatan volume adonan roti perubahan tekstur berpori, serta produksi aroma harum ketika dipanggang (Ko, 2012).

Penggunaan *S.cerevisae* pada produksi makanan dan minuman fermentasi telah menjadi khamir yang banyak digunakan pada pembuatan roti, sebab kemampuan fermentasinya yang lebih baik dari khamir lainnya. Beberapa kelebihan *S.cerevisae* pada proses fermentasi di antaranya yaitu perbanyak diri yang cepat, toleransi alkohol tinggi, cepat beradaptasi dan stabil pada kondisi baru (Khazalina, 2020). *S.cerevisae* juga menjadi ragi utama untuk fermentasi terkontrol karena spesies ini menggabungkan beberapa karakteristik yang diinginkan, termasuk fermentasi pada media tinggi gula yang efisien dan lengkap, produksi rasa yang diinginkan, tidak adanya produksi toksin, serta toleransi dan produksi etanol yang tinggi (Aslankoochi *et al.*, 2016).

*S.cerevisae* terutama tumbuh pada bahan yang kaya akan gula. Mereka dapat ditemukan pada buah-buahan. Beberapa penelitian melakukan isolasi dan membuktikan keberadaan spesies khamir ini terdapat pada buah tersebut. Penelitian tersebut diantaranya Suciyana (2015) yang menemukan *S.cerevisae* pada isolasi buah nira sorgum manis, Odong *et al* (2021) yang mengisolasi *S.cerevisae* dari buah anggur, dan Sari (2021) *S.cerevisae* diisolasi dari salak pondoh.

#### 2.4 *Hanseniaspora opuntiae*

*Hanseniaspora opuntiae* merupakan khamir endofit *Non-Saccharomyces* yang dikenal sebagai khamir apikulat. *H.opuntiae* berukuran 3,0-16,0 x 1,5-5,0  $\mu\text{m}$ , apikulat, berbentuk bulat telur hingga memanjang (Cadez *et al.*, 2003). *H.opuntiae* merupakan kelompok dari genus *Hanseniaspora spp.* yang sebagian besar ditemukan pada buah anggur, namun umumnya juga diisolasi seperti dari sari apel dan pir, serta dari berbagai buah-buahan lainnya (Badura *et al.*, 2022). Anggota *Hanseniaspora* bukan merupakan fermentor yang baik dibanding kelompok *Saccharomyces*. Jenis ini mempunyai kemampuan fermentasi kurang baik, dan penelitian oleh Indriana (2021) menunjukkan bahwa *H.opuntiae* pada uji pengembangan volume roti membutuhkan waktu 19 untuk mendapat volume pengembangan adonan yang sama dengan khamir komersial (fermipan), sedangkan penelitian Az Zahroh (2023) menggunakan spesies yang sama menunjukkan presentase pengembangan adonan roti sebesar 240 %, lebih rendah dibanding kontrol positif (283%) dalam waktu fermentasi yang sama.

*Hanseniaspora opuntiae* diketahui dapat memfermentasi glukosa dan selobiosa, namun tidak dapat memfermentasikan galaktosa, sukrosa, laktosa, rafinosa atau trebalosa (Cadez *et al.*, 2003), juga maltosa dan maltoriosa (Bourbon-Melo *et al.*, 2021). Hal ini menyebabkan kelompok *Hanseniaspora* tidak dijadikan sebagai ragi utama dalam fermentasi, tetapi sebagai campuran khamir bersama *Saccharomyces cerevisiae*. *S.cerevisiae* akan membantunya untuk beradaptasi dengan memanfaatkan monosakarida yang dihidrolisis dari sukrosa. *Hanseniaspora* biasanya digunakan untuk meningkatkan kualitas aroma dan rasa produk fermentasi. Ragi apikulat pada genus *Hanseniaspora*

merupakan spesies utama yang ditemukan dalam buah anggur matang serta sebagai pelaku utama dalam fermentasi awal, penghasil enzim, dan senyawa volatile sehingga memperluas keanekaragaman warna serta rasa *wine* (Martin *et al.*, 2018).

*H. opuntiae* yang digunakan dapat menambah aroma bunga pada produk fermentasi. *H. opuntiae* juga menarik karena strain ini menghasilkan keasaman yang mudah menguap rendah dan ekspresi aroma bunga dan manis (Luan *et al.*, 2018), terutama dari feniletanol, 3-metil-butanol dan fenilasetaldehid, dan meningkatkan produksi ester asetat (Bourbon-Melo *et al.*, 2021). Ester dianggap sebagai senyawa aromatik yang penting dan dianggap sebagai sumber utama aroma buah. Mereka telah banyak digunakan untuk meningkatkan produksi ester, seperti 2-feniletil asetat dan isoamil asetat, yang secara sensorik dikenal sebagai deskriptor aroma bunga (Del Fresno *et al.*, 2022; Lopez *et al.*, 2014).

## **2.5 Campuran Khamir**

Campuran khamir adalah campuran populasi khamir yang lebih dari satu spesies. Campuran khamir akan membentuk suatu interaksi antar mikroba. Sekelompok mikroba saling berinteraksi dan bekerja sama sehingga mempunyai kelebihan dalam degradasi senyawa, dan hubungan ini dinamakan konsorsium mikroba. Konsorsium memiliki manfaat bagi mikroba yakni berpeluang besar dalam memperoleh sumber makanan sehingga mikroba tetap bisa hidup. Hal ini dikarenakan mikroba saling bersimbiosis, misalnya pada suatu media ada beberapa mikroba, mikroba saling mensekresikan koenzim atau eksoenzim yang dimanfaatkan untuk metabolisme, selain hal tersebut suatu

mikroba akan terbantu dalam menguraikan substrat yang sebelumnya telah terdegradasi mikroba lain (Septiningrum dan Hardiani, 2011).

Penelitian campuran khamir baru-baru ini dilakukan pada industri makanan serta minuman fermentasi seperti pada pembuatan wine dan roti. Khamir *Non-Saccharomyces* dalam kultur campuran berkontribusi memulai fermentasi dan berkembang selama jam-jam pertama, populasinya menurun dengan cepat karena adanya *Saccharomyces cerevisiae* yang menjadi spesies dominan hingga akhir fermentasi alkohol (Bordet *et al.*, 2020). Kontribusi lainnya dari khamir *Non-Saccharomyces* sebagai campuran seperti *Hanseniaspora* yang biasa ditemukan pada buah anggur termasuk *H.uvarum*, *H.vineae*, *H.guilliermondii* dan *H.opuntiae*, telah terbukti efektif dalam fermentasi bir, yaitu memberikan profil aroma yang lebih kompleks (Han *et al.*, 2022).

## **2.6 Air Kelapa**

Air kelapa adalah cairan yang diperoleh dari bagian buah yang dikenal dengan istilah endosperma cair (kernel). Secara tradisional digunakan sebagai suplemen pertumbuhan. Air kelapa dikategorikan sebagai produk alami yang mengandung beberapa komponen aktif biologis seperti karbohidrat, protein, air, energy, lemak, kolesterol, kalsium, vitamin, serta beberapa mineral. Satu kelapa bisa menghasilkan 250-300 ml atau setara 1 gelas. Banyaknya air kelapa dapat dipengaruhi oleh varietas, tingkat kematangan, kesegaran, dan ukuran kelapa (Kadarwati *et al.*, 2009).

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) berasal dari keluarga *Arecaceae* (keluarga palem) pohon buah-buahan yang penting di daerah tropis. Asal tanaman ini dari



wilayah Asia Tenggara (Malaysia, Indonesia, dan Filipina) serta beberapa kepulauan antara Samudera Hindia dan Pasifik, dari sana menyebar ke benua Amerika dan wilayah tropis lainnya di dunia (Lima *et al.*, 2015; Purseglove, 1972). Kelapa mempunyai banyak manfaat, karena semua bagiannya dapat diolah menjadi berbagai macam produk sehingga kelapa dikenal dengan istilah pohon kehidupan. Keberadaan kelapa sebagai salah satu tumbuhan yang diciptakan Allah SWT terdapat dalam Al-Qur'an pada QS. Asy-Syu'ara [26]: 7, yang berbunyi sebagai berikut.

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya: “Dan apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”. (QS. Asy-Syu'ara [26]: 7)

Tafsir Al-Qurthubi pada-QS. Asy-Syu'ara ayat 7 yaitu terdapat tiga kata penting yaitu kata *يَرَوْا* yang bermakna memperhatikan, *زَوْجٍ* yang bermakna tumbuh-tumbuhan dan *كَرِيمٍ* yang bermakna baik dan mulai. Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah memerintahkan manusia untuk mengamati berbagai macam tumbuhan yang telah Allah ciptakan di bumi. Makna tumbuhan baik yaitu tumbuhan memberi banyak manfaat bagi kehidupan. Allah SWT telah menumbuhkan berbagai jenis tumbuhan yang baik dan mulia, satu di antaranya adalah kelapa.

Air kelapa memiliki beberapa manfaat, salah satunya digunakan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme. Air kelapa dapat digunakan sebagai media alternatif karena kaya akan nutrisi yang sesuai untuk pertumbuhan mikroorganisme. Adapun kandungan nutrisi dalam air kelapa seperti yang

disajikan pada Tabel 2.1. Air kelapa mempunyai sejumlah nutrisi, termasuk gula. Jenis gula tersebut seperti sukrosa, fruktosa, glukosa, dan sorbitol (Kadarwati *et al.*, 2009). Gula digunakan sebagai sumber karbon utama pada metabolisme penghasil energi sel, sehingga menyebabkan sel mikroorganisme dapat bergerak dan berkembangbiak (Wulandari *et al.*, 2012; Murray, 2003).

**Tabel 2.1 Komposisi air kelapa muda**

Sumber air (dalam 100 gr)	Kelapa muda (%)
Kalori	17,0 kal
Protein	0,2 g
Lemak	1,0 g
Karbohidrat	3,8 g
Kalsium	15,0 mg
Fosfor	8,0 mg
Besi	0,2 mg
Aktivitas Vitamin A	0,0 IU
Asam askorbat	1,0 mf
Air	95,5 g

Sumber: Palungkun, 2004

### **2.7 Yeast Extract**

*Yeast extract* merupakan produk alami berbahan baku sel khamir yang telah melalui proses pemecahan sel. *Yeast extract* digunakan sebagai nutrisi yang banyak ditambahkan pada media kultur mikroorganisme, karena mengandung senyawa simulasi pertumbuhan (Mahazar *et al.*, 2017). Komponen yang terdapat di dalamnya adalah komponen larut air seperti protein, asam amino, dan peptida yang bermanfaat dalam pertumbuhan mikroorganisme (Ardiyanti & Guntoro, 2019).

Penggunaan *yeast extract* juga berperan penting dalam menghasilkan biomassa sebagai produk mikroorganisme. *Yeast extract* pada medium mikroorganisme berfungsi sebagai sumber nitrogen karena menjadi suplemen pelengkap dalam pertumbuhan mikroorganisme. Perannya pada suatu medium mempengaruhi pertumbuhan sel, karena dapat membantu mekanisme fisiologis seperti sintesis asam amino, asam nukleat, koenzim, dan lain-lain (Widiastoety & Kartikaningrum, 2003).

*Yeast extract* baru-baru ini berfungsi sebagai sumber nitrogen organik terbaik untuk pertumbuhan sel mikroorganisme. Penelitian oleh Khan *et al* (2020) yang mengamati pertumbuhan *S. boulardii* dengan sumber nitrogen yang berbeda seperti *yeast extract*, pepton, urea,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan  $\text{Na}_2\text{NO}_3$ . Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pertumbuhan optimal yang diamati dari biomassa sel yaitu dengan penambahan *yeast extract* sebagai sumber nitrogen, hasil biomassa sebesar 12 g/L. Awad *et al* (2019) menggunakan sumber nitrogen *yeast extract* yang ia tambahkan pada media khamir *C. oleaginosus* dan diperoleh hasil biomassa yang optimal. Hasil penelitian oleh Li *et al* (2017) juga mengungkapkan bahwa sumber nitrogen yang ideal dalam produksi etanol adalah *yeast extract* dibandingkan urea dan ammonium sulfat.

## **2.8 Kualitas Roti**

Roti merupakan produk fermentasi makanan dengan bahan utamanya tepung terigu. Roti menggunakan agen mikroba dalam mengembangkan, membentuk aroma, serta rasa khas roti, sehingga disebut sebagai produk fermentasi. Mikroba utama dalam pembuatan roti yaitu *Saccharomyces cerevisiae* yang mampu merombak gula yang selanjutnya membentuk gas

karbondioksida dan alkohol sebagai hasil dari metabolismenya. Adonan mengembang dikarenakan menahan banyaknya gas karbondioksida, selanjutnya peningkatan volume adonan menyebabkan tekstur roti empuk setelah dipanggang (Sitepu, 2019).

Bahan-bahan yang dibutuhkan selama pembuatan roti di antaranya tepung, ragi, mentega, garam, gula, dan air. Roti berbahan dasar tepung yang mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan mineral. Umumnya, tepung terigu protein tinggi digunakan sebagai bahan dasar roti, dikarenakan mempunyai komposisi gluten yang tinggi sehingga adonan roti mengembang. Ragi berperan sebagai pengembang dan pembentuk rasa serta aroma roti. Air digunakan untuk melarutkan bahan dan membantu pencampuran bahan. Gula berperan sebagai makanan khamir, selain itu sebagai penyempurna kualitas roti meliputi pembentukan kerak dan remah roti, pembentukan warna, rasa, dan aroma serta pematangan adonan. Penambahan garam pada adonan berfungsi mengontrol khamir, memperkuat gluten, memperbaiki tekstur roti, meningkatkan rasa, serta membantu pembentukan aroma roti. Lemak pada adonan berperan dalam peningkatan kualitas roti meliputi kelembaban, kelembutan, serta tekstur roti (Chavan & Chavan, 2011).

Kualitas roti dapat ditentukan dari aspek fisik, sensoris dan aspek gizi pada roti. Aspek fisik yaitu volume pengembangan, aspek sensori pada roti meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur serta aspek gizi adalah nutrisi yang terkandung dalam roti. Kualitas roti dapat dipengaruhi oleh bahan baku, formulasi bahan, dan metode pembuatan roti. Selama fermentasi, khamir akan membantu memecah komponen pada bahan roti dan terjadi perubahan sifat fisik

dan kimia roti. Adanya pemecahan komponen tersebut akan berpengaruh terhadap tekstur, aroma, dan rasa sehingga dihasilkan produk yang berbeda dengan produk awal dan gas yang dihasilkan oleh khamir akan terperangkap di dalam adonan untuk meningkatkan volumenya. Pengembangan volume adonan menghasilkan tekstur roti berpori sehingga tekstur roti menjadi empuk (Ariani, 2018).

Rasa remah roti terutama dipengaruhi oleh reaksi enzimatik selama fermentasi adonan, sedangkan rasa kerak roti lebih dipengaruhi oleh reaksi termal selama proses pemanggangan, seperti reaksi Maillard non-enzimatis dan karamelisasi gula. Selama dipanggang, adonan mentah diubah menjadi produk berwarna coklat yang sering disebut *crust*. Warna tersebut terbentuk karena adanya reaksi pencoklatan selama pemanggangan roti. Ada dua reaksi utama seperti reaksi *Maillard* serta reaksi karamelisasi, dimana keduanya merupakan reaksi pencoklatan non-enzimatis. Perbedaan utama yaitu cara senyawa kimia bereaksi satu sama lain di dalam makanan. Reaksi *Maillard* melibatkan interaksi dua senyawa yaitu gula dan asam amino dari protein, yang selanjutnya membentuk senyawa kompleks. Reaksi karamelisasi gula dapat terurai tanpa harus berinteraksi dengan protein, disertai dengan perubahan cita rasa dalam prosesnya. Reaksi karamelisasi bisa terjadi ketika gula mengalami pemanasan tanpa air, dan pemanasan dalam asam dan basa. Sebaliknya, reaksi *Maillard* membutuhkan air, dan persamaan kedua reaksi ini yaitu mengakibatkan perubahan terhadap warna produk menjadi coklat (Ridhani *et al.*, 2021).

Reaksi pencoklatan aktif karena dipicu oleh pemanasan suhu tinggi. Reaksi *Maillard* dimulai ketika kedua komponen, gula pereduksi dan asam

amino berinteraksi sebagai dampak dari pemanasan, sementara reaksi karamelisasi terjadi akibat pemanasan langsung gula sederhana, khususnya sukrosa. Reaksi *Maillard* dipengaruhi oleh suhu pemanggangan, proses pemanggangan roti membutuhkan suhu optimal berkisar 200<sup>0</sup>C-210<sup>0</sup>C dengan waktu 20-35 menit. Apabila terjadi peningkatan suhu yang lebih tinggi, reaksi *Maillard* digantikan oleh karamelisasi, yaitu proses pencoklatan gula sederhana. Pemanggangan dengan suhu yang terlalu tinggi memicu terjadinya reaksi *Maillard* hingga karamelisasi yang berkelanjutan sehingga aroma makanan berbau hangus atau gosong (Haryani *et al.*, 2017).

Secara khusus, metabolisme khamir memainkan peran penting dalam pengembangan profil aroma dan rasa roti. Selain etanol dan karbon dioksida, banyak senyawa perasa dengan berat molekul rendah seperti alkohol, aldehida, asam, ester, sulfida, dan senyawa karbonil dihasilkan oleh metabolisme ragi. Senyawa yang mudah menguap ini merupakan kontributor penting terhadap cita rasa makanan dan minuman fermentasi (Belz *et al.*, 2017).

Kualitas roti dari aspek gizi yaitu roti merupakan makanan bergizi tinggi. Jumlah nutrisi yang seimbang dan optimal pada roti sangat diperlukan untuk menjaga kesehatan manusia. Kandungan gizi pada roti terdiri dari makronutrien dan mikronutrien. Roti mengandung tiga makronutrien penting yaitu karbohidrat, protein, dan lipid (lemak). Kandungan karbohidrat lebih tinggi dibanding protein dan lemak (Alkurd *et al.*, 2020). Karbohidrat sebagai sumber energi, protein berupa asam amino, dan diperkaya dengan asam lemak yang bermanfaat untuk menjalankan fungsi di dalam tubuh. Mikronutrien yang umum pada roti adalah

vitamin B (B1, B2, B3, B6, B9), dan mineral (fosfor, kalsium, dan magnesium) sehingga memiliki nilai gizi yang tinggi (Rejeki & Prasetya, 2022).

Uji kualitas roti dapat dilakukan melalui uji organoleptik. Uji organoleptik merupakan pengujian terhadap produk makanan untuk mengukur seberapa besar daya penerimaan konsumen. Cara uji organoleptic adalah menggunakan indera manusia sebagai alat ukur. Indera yang diperlukan dalam penilaian produk makanan di antaranya indera penglihatan, indera peraba, indera penciuman, dan indera perasa (Gusnadi *et al*, 2021). Penilaian yang diberikan harus sesuai dengan apa yang diterima oleh alat indera sebagai sensor atau rangsangan. Penilaian oleh alat indera mengandalkan kemampuannya dalam mengenali, mendeteksi, membandingkan, membedakan, serta menilai produk yang disukai dan tidak disukai (Saleh, 2004).

**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Jenis dan Rancangan Penelitian**

Penelitian dilakukan sebagai penelitian eksperimental kuantitatif dan deskriptif. Ada dua tahapan penelitian. Tahap pertama yaitu pengujian pertumbuhan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae*, menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) sebanyak 5 ulangan yaitu menggunakan pengujian penambahan *yeast extract* (0 g/L, 1 g/L, 2 g/L dan 3 g/L). Parameter yang diamati yaitu biomassa khamir dan jumlah sel hidup. Tahap kedua yaitu pengujian kualitas roti, menggunakan rancangan penelitian non-parametrik. Parameter yang diamati yaitu volume adonan, uji organoleptik meliputi warna, aroma, tekstur, dan rasa.

**Tabel 3.1 Desain RAL pengaruh penambahan *yeast extract* pada media air kelapa terhadap biomassa campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae***

No.	Media	Perlakuan	Biomassa (g/ml)			
			U1	U2	U3	U4
1.	Air kelapa dan <i>yeast extract</i>	0 g/L Y.E (P1)	BP1	BP1	BP1	BP1
		1 g/L Y.E (P2)	BP2	BP2	BP2	BP2
		2 g/L Y.E (P3)	BP3	BP3	BP3	BP3
		3 g/L Y.E (P4)	BP4	BP4	BP4	BP4
2.	YPG	Kontrol Positif (P5)	BP5	BP5	BP5	BP5



**Tabel 3.2 Desain RAL pengaruh penambahan *yeast extract* pada media air kelapa terhadap jumlah sel hidup campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae***

No.	Media	Perlakuan	Jumlah sel hidup (sel/ml)			
			U1	U2	U3	U4
1.	Air kelapa dan <i>yeast extract</i>	0 g/L Y.E (P1)	CP1	CP1	CP1	CP1
		1 g/L Y.E (P2)	CP2	CP2	CP2	CP2
		2 g/L Y.E (P3)	CP3	CP3	CP3	CP3
		3 g/L Y.E (P4)	CP4	CP4	CP4	CP4
2.	YPG	Kontrol Positif (P5)	CP5	CP5	CP5	CP5

**Tabel 3.3 Desain penelitian kualitas roti**

Perlakuan	Organoleptik Roti			
	Warna	Tekstur	Aroma	Rasa
P1	WP1	TP1	AP1	RP1
P2	WP2	TP2	AP2	RP2
P3	WP3	TP3	AP3	RP3
P4	WP4	TP4	AP4	RP4
Fermipan (K+)	WK+	TK+	AK+	RK+
Tanpa ragi (K-)	WK-	TK-	AK-	RK-

### 3.2 Variabel Penelitian

#### 3.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas yang digunakan adalah konsentrasi penambahan *yeast extract* pada media air kelapa; isolat *S.cerevisiae* strain XZFM13-1 hasil dari isolasi salah pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) dan isolat khamir *H.opuntiae* strain EB2016-31 hasil dari isolasi nanas madu (*Ananas comosus* L.).

### **3.2.2 Variabel terikat**

Variabel terikat yaitu pertumbuhan khamir yang diamati dari biomassa dan jumlah sel hidup serta kualitas roti yang diamati dari volume dan organoleptik (warna, rasa, aroma, tekstur).

### **3.2.3 Variabel kontrol**

Variabel kontrol yaitu pertumbuhan khamir diantaranya yaitu suhu, dan oksigen, sedangkan kualitas roti yaitu lama fermentasi adonan.

## **3.3 Waktu dan Tempat**

Pelaksanaan penelitian pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2024 bertempat di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Fisiologi Hewan, dan Laboratorium Kultur Jaringan Hewan, Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

## **3.4 Alat dan Bahan**

### **3.4.1 Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan adalah *Laminar Air Flow* (LAF), *shaker incubator*, autoklaf, *centrifuge*, *countess II fl cell counter*, timbangan analitik, *hotplate*, *vortex*, oven, cawan petri, tabung *eppendorf* 15 ml, *breaker glass* 1L, erlenmeyer 250 ml, erlenmeyer 200 ml, rak tabung reaksi, gelas ukur 100 ml, mikropipet 20-200  $\mu$ l, mikropipet 100-1000  $\mu$ l, *stirrer*, bunsen, jarum ose, penggaris, *white tipe*, *yellow tipe*, *blue tipe*, gunting, angket kuesioner, kamera atau handphone.

### **3.4.2 Bahan Penelitian**

Bahan-bahan adalah isolat khamir dari penelitian terdahulu yaitu *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae*, air kelapa, akuades steril, alkohol 70%, *tryptan blue* 0.4%, media *Yeast Malt Extract Agar* (YMEA), media *Yeast Malt Broth* (YMB), media *Yeast Peptone Glucose Broth* (YPGB), *yeast extract*, *Sodium DL-Lactose*, kantong plastik, kertas label, *aluminium foil*, wrap, tisu, ragi fermipan, gula merek Gulaku, garam merek Refina, tepung terigu cakram merek Bogasari, margarin merek *Blue Band*, air.

### **3.5 Prosedur**

#### **3.5.1 Sterilisasi alat dan bahan**

Alat dan bahan dibersihkan dengan cara dicuci lalu dikeringkan. Persiapan sterilisasi yaitu alat dan bahan dibungkus dengan menggunakan kertas dan/atau plastik hingga dipastikan aman, kemudian dimasukkan *autoclave* dan diatur pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi (*per square inchi*), waktu *running* selama 15 menit.

#### **3.5.2 Pembuatan Media**

##### **3.5.2.1 Pembuatan Media *Yeast Malt Extract Agar* (YMEA)**

Pembuatan media YMEA mengacu buku Kurtzman dan Fell (1998), Media YMEA dibuat sebanyak 500ml dengan komposisi bahan 10 gram *microbial agar*, 5 gram glukosa, 2,5 gram pepton, 1,5 gram *yeast extract*, 1,5 gram *malt extract*, dan 500 ml akuades. Media kemudian dipanaskan pada *hotplate* sampai homogen. Media yang siap kemudian disterilisasi dengan *autoclave*. Ketika sudah steril dan hendak digunakan, media ditambahkan 60 µl

antibiotik *Sodium DL-Lactose* pada saat suhu media sekitar 50°C. Media kemudian dihomogenkan dengan cara digoyangan perlahan.

### **3.5.2.2 Pembuatan Media *Yeast Malt Glucose* (YMB)**

Media YMB dibuat sebanyak 500 ml dengan komposisi bahan 1,5 g/L *yeast extract*, 1,5 g/L ekstrak malt, 2,5 g/L pepton dan 5 g/L glukosa. Semua bahan dilarutkan kedalam 500 ml aquades pada erlenmeyer (Widiastutik & Alami, 2014). Media kemudian dipanaskan pada *hotplate* sampai homogen. Media yang siap kemudian disterilisasi dengan *autoclave*. Ketika sudah steril dan hendak digunakan, media ditambahkan 60 µl antibiotik *Sodium DL-Lactose* pada saat suhu media sekitar 50°C. Media kemudian dihomogenkan dengan cara digoyangan perlahan.

### **3.5.2.3 Pembuatan Media *Yeast Peptone Glucose* (YPG)**

Pembuatan media YPG mengacu penelitian Murad (2019). Media YPG dibuat sebanyak 500ml dengan komposisi bahan 1,5 gram *yeast extract*, 2,5 gram pepton, 10 gram glukosa dan 500 ml akuades. Media kemudian dipanaskan pada *hotplate* sampai homogen. Media yang siap kemudian disterilisasi dengan *autoclave*. Ketika sudah steril dan hendak digunakan, media ditambahkan 60 µl antibiotik *Sodium DL-Lactose* pada saat suhu media sekitar 50°C. Media kemudian dihomogenkan dengan cara digoyangan perlahan.

### **3.5.3 Subkultur Isolat Khamir**

Peremajaan isolat khamir berdasarkan Utami *et al* (2022) yang dilakukan secara aseptis dalam Laminar Air Flow (LAF), kemudian isolat khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* masing-masing diinokulasikan pada media YMEA

dengan cara, diambil sebanyak 1 ose isolat khamir dari stok di Laboratorium lalu digoreskan pada media YMEA menggunakan teknik *streak plate* (goresan). Khamir diinkubasi pada suhu 30°C selama 48 jam. Isolat khamir yang tumbuh masing-masing diperbanyak dengan cara, diambil 2 jarum ose dan diinokulasikan ke dalam 15 ml YMB di dalam erlemeyer untuk satu isolat dan satu kali ulangan. Kultur isolat kemudian dipipet 1 ml ke dalam 4 tabung reaksi yang berisi 9 ml media YMB untuk satu isolat khamir. Selanjutnya diinkubasi pada shaker dengan kecepatan 140 rpm suhu 30°C selama 24 jam (Zunaidah & Alami, 2014).

#### **3.5.4 Pembuatan *Co-culture* Khamir**

Kultur isolat khamir dari media YMB (*Yeast Malt Broth*) sebelum dilakukan campuran *co-culture*, dihitung biomasanya dan dihitung jumlah sel hidupnya. Perhitungan jumlah sel dengan menggunakan *Countess II FL Counter* sebanyak 10 µl kultur tiap spesies yang dicampurkan dengan 10 µl trypan blue hingga hasilnya memenuhi  $10^7$  sel/ml.

Penentuan jumlah viabilitas tersebut berdasarkan Xu *et al* (2022) untuk menyatukan kedua spesies dengan perbandingan 1:1 dalam media perlakuan. Selanjutnya masing-masing isolat tersebut diambil 1 ml dan diinokulasikan pada 60 ml media perlakuan sebagai starter campuran khamir.

#### **3.5.5 Penambahan *yeast extract* pada media air kelapa**

Penambahan *yeast extract* dilakukan pada 100 ml air kelapa. *Yeast extract* ditambahkan sebanyak 0 gram *yeast extract* sebagai P1, sedangkan untuk P2 ditambahkan sebanyak 0,1 gram *yeast extract*, P3 ditambahkan sebanyak 0,2

gram *yeast extract*, P4 ditambahkan sebanyak 0,3 gram *yeast extract* dan P5 sebagai perlakuan kontrol positif yaitu menggunakan media YPG. Masing-masing media kemudian dimasukkan ke tabung eppendorf sebanyak 9 ml untuk 4 kali ulangan.

Suspensi campuran khamir yang telah dibuat kemudian dipipet 1 ml ke dalam 20 tabung eppendorf yang telah diberi media perlakuan. Tabung eppendorf kemudian ditutup rapat dan diberi plastik wrap untuk menghindari kontaminasi. Selanjutnya dimasukkan dalam shaker inkubator selama 48 jam dengan suhu 30°C.

### **3.5.6 Pengujian terhadap Pertumbuhan Khamir**

#### **3.5.6.1 Penentuan Biomassa Sel Khamir**

Penentuan biomassa khamir dilakukan berdasarkan Utami *et al* (2022) yang dimodifikasi. Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu tabung eppendorf ditimbang untuk mengetahui berat awal tabung. Sampel khamir dari media perlakuan dilakukan pemisahan antara media dengan pelet khamir menggunakan *centrifuge* pada kecepatan 4.000 rpm selama 15 menit. Setelah 15 menit sentrifugasi supernatan dibuang untuk menyisakan pelet (Karki *et al.*, 2017). Semua data berat awal tabung eppendorf dan berat akhir ditabulasi untuk mengetahui biomassa khamir.

Penimbangan biomassa yang didapatkan dilakukan dengan rumus seperti berikut Hidayat *et al* (2018):

$$B = B2-B1$$

Keterangan:

B = Biomassa yang didapatkan (g/ml)

B2 = Eppendorf yang berisi biomassa (g)

B1 = Eppendorf kosong (g)

### 3.5.6.2 Penentuan Jumlah Sel Khamir

Penentuan jumlah sel khamir menggunakan *Countess II FL Cell Counter* dilakukan berdasarkan Chadwick *et al.* (2016) yang dimodifikasi. Sampel campuran khamir dari media YPG disiapkan dengan menambahkan 10  $\mu$ l suspensi sel khamir ke dalam 10  $\mu$ l pewarna *tryphan blue* 0,4%. Sampel kemudian dihomogenkan dengan teknik *reverse pipetting*. Selanjutnya, sampel dipindahkan ke dalam chamber dan didiamkan selama 30 detik, kemudian slide dimasukkan ke dalam *port slide*. *Countess II FL Cell Counter* akan menangkap gambar sementara dan menampilkan hasil berupa konsentrasi total, persentase dan konsentrasi sel hidup dan mati.

### 3.5.7 Pembuatan Roti

Pembuatan adonan roti berdasarkan Watanabe *et al.* (2016) yang dimodifikasi, terdiri dari 100 g tepung terigu, 7.5 g gula, 2 g fermipan, 1.4 g garam, 2 g susu skim, 7 g mentega, dan air 50 ml, pelet hasil campuran khamir.

Pelet khamir didapatkan dengan cara memisahkan antara supernatan dan pelet. Khamir hasil perbanyakan disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit sehingga terbentuk supernatan dan pelet. Supernatan kemudian dibuang, dan pelet hasil dari sentrifugasi ditimbang (Karki *et al.*, 2017).

Pelet khamir dilarutkan dengan sejumlah gula agar terjadi aktivasi. Khamir yang telah diaktivasi dicampur dengan adonan tepung dan diuleni hingga adonan kalis. Adonan roti selanjutnya dimasukkan ke toples berdiameter 8,5 cm dan diinkubasi pada suhu ruang. Diamati dan dicatat volume

pengembangan seluruh adonan hingga mengembang maksimal. Pengukuran adonan roti dilakukan setiap 30 menit selama 12 jam yang didiamkan pada suhu ruang (Kusmiyati *et al.*, 2021). Adonan kemudian dipanggang pada oven dengan suhu 180°C selama 20 menit (Karki *et al.*, 2017).

### 3.5.8 Pengujian Kualitas Roti

#### 3.5.8.1 Pengukuran Volume Adonan

Pengukuran volume dilakukan dengan sebelum dan sesudah dilakukan pemanggangan. Standar terbaik volume pengembangan roti yaitu dua kali lipat dari volume adonan awal (Fauzan, 2013). Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan adonan ke dalam suatu cetakan lalu diukur dengan penggaris (Utami *et al.*, 2022). Volume diperoleh melalui pengukuran panjang, lebar, dan tinggi pada adonan roti yang menggunakan rumus volume tabung. Rumus menghitung volume tabung menurut Satrianawati (2016) yaitu:

$$\text{Volume tabung} = \pi r^2 t$$

$$\pi = 3.14 \text{ atau } 22/7$$

$$r = \text{jari-jari lingkaran tabung}$$

$$t = \text{tinggi tabung}$$

Daya kembang pada roti diukur setiap 30 menit selama 360 menit (Pusuma *et al.*, 2018). Daya kembang pada roti dihitung menggunakan rumus berdasarkan Saepudin *et al* (2017) yaitu sebagai berikut.

$$\% \text{ Daya kembang} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100\%$$

$$V_0 = \text{Volume pada menit sebelumnya (cm}^3\text{)}$$

$$V_1 = \text{Volume pada menit yang dicari (cm}^3\text{)}$$



### 3.5.8.2 Uji organoleptik roti

Uji organoleptik dilakukan pengujian terhadap aroma, rasa, warna, dan tekstur roti. Uji organoleptik adalah penilaian menggunakan indera. Jenis uji organoleptik yang digunakan adalah uji kesukaan dan uji hedonik. Uji hedonik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat daya terima konsumen dengan menggunakan skala hedonik. Uji kesukaan dilakukan pada 30 orang panelis non-standar yaitu orang yang belum terlatih dalam melakukan penilaian dan pengujian organoleptik. Tingkat hedonik menggunakan skala numerik 1-5, sangat tidak suka (1), tidak suka (2), netral (3), suka (4), sangat suka (5) (Choiriyah & Dewi, 2020).

### 3.5.9 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data kuantitatif dan kualitatif. Data pertumbuhan khamir yaitu biomassa dan jumlah sel hidup dianalisis menggunakan uji Oneway Anova dan jika ada perbedaan nyata dilanjutkan uji lanjut Duncan, data disajikan dalam bentuk tabel. Data kualitas roti berupa volume pengembangan adonan roti dianalisis dengan program *Microsoft Excel* dan ditampilkan dalam bentuk grafik dengan analisis data secara deskriptif. Data uji organoleptik disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif. Data berupa hasil uji organoleptik dianalisis menggunakan uji Kruskal-Walis, jika terdapat perbedaan nyata maka dilakukan uji lanjut *Mann Whitney* dengan taraf signifikan 5%. Proses analisis pengolahan data dibantu dengan program *IBM SPSS Statistic 25*.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh Penambahan *Yeast Extract* terhadap Pertumbuhan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae*

##### 4.1.1 Biomassa khamir

Perlakuan penambahan *yeast extract* pada media air kelapa berpengaruh secara signifikan terhadap biomassa campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae* (Lampiran 9). Hasil perolehan biomassa khamir berkisar antara 0,1-0,4 g/10 ml (Tabel 4.1). Biomassa khamir paling besar terdapat pada perlakuan penambahan *yeast extract* 2 g/L dengan rerata 0,41 g/10 ml dan berbeda signifikan dengan perlakuan penambahan *yeast extract* 0 g/L, 3 g/L, dan perlakuan kontrol (Tabel 4.1). Adapun biomassa khamir paling rendah pada perlakuan penambahan *yeast extract* 3 g/L dengan rerata 0,11 g/10 ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* 2 g/L pada media air kelapa efektif dalam peningkatan biomassa campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae*.

**Tabel 4.1 Hasil uji pengaruh penambahan *yeast extract* pada media air kelapa terhadap biomassa khamir (g/10 ml)**

Perlakuan	Ulangan				Rerata (g/10 ml)
	I	II	III	IV	
P1	0,28	0,32	0,41	0,23	0,31 <sup>b</sup>
P2	0,34	0,26	0,40	0,35	0,34 <sup>bc</sup>
P3	0,38	0,34	0,57	0,37	0,41 <sup>c</sup>
P4	0,10	0,09	0,15	0,10	0,11 <sup>a</sup>
P5	0,26	0,01	0,29	0,26	0,26 <sup>b</sup>

Keterangan: Notasi serupa menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT. P1= air kelapa + 0 g/L Y.E; P2= air kelapa + 1 g/L Y.E; P3= air kelapa + 2 g/L Y.E; P4= air kelapa + 3 g/L Y.E; P5= YPG

Peningkatan jumlah *yeast extract* yang ditambahkan pada media air kelapa menyebabkan peningkatan biomassa khamir (Tabel 4.1). *Yeast extract* merupakan jenis nitrogen organik yang mudah dicerna oleh khamir sehingga tambahan asupan nitrogen dari *yeast extract* mengakibatkan peningkatan biomassa khamir. Setelah media ditambahkan *yeast extract* maka terjadi peningkatan biomassa, dikarenakan *yeast extract* yang ditambahkan pada media pertumbuhan maka terjadi peningkatan nitrogen alfa bebas sebagai nutrisi penting dalam mekanisme biosintesis (Utami *et al.*, 2017).

Penelitian ini memperoleh biomassa khamir yang optimal dengan penambahan *yeast extract* sebanyak 2 g/L. Namun demikian, perlakuan penambahan *yeast extract* sebanyak 3 g/L justru menurunkan biomassa khamir. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* sebanyak 3 g/L keatas pada media air kelapa dapat menurunkan biomassa khamir. Hal tersebut dikarenakan kadar nitrogen dari *yeast extract* yang berlebihan akan mengganggu kinerja enzim yang mendukung pertumbuhan khamir. Kelebihan nitrogen akan membatasi pertumbuhan mikroorganisme sehingga mengakibatkan produksi biomassa menurun (Zhang *et al.*, 2018).

Hasil perolehan biomassa khamir pada media air kelapa tanpa penambahan *yeast extract* setara dengan perolehan biomassa pada media YPG. Hal tersebut menunjukkan bahwa air kelapa berpotensi sebagai media alternatif pengganti YPG. Air kelapa menyimpan kadar gula maksimal 3,8 g/100 ml (Palungun, 2006). Tersedianya nutrisi berupa karbohidrat pada air kelapa mampu meningkatkan pertumbuhan khamir dari jumlah awal saat inokulasi (Putri, 2022).

#### 4.1.2 Jumlah sel hidup khamir

Perlakuan penambahan *yeast extract* pada media air kelapa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap jumlah sel hidup campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae* dengan diperoleh nilai signifikan  $0,257 > 0,05$  (Lampiran 11). Hasil perolehan jumlah sel hidup khamir pada penelitian ini berkisar antara 60-90 juta sel hidup (Tabel 4.2). Jumlah sel hidup tertinggi diperoleh pada perlakuan penambahan 3 g/L *yeast extract* dengan rerata  $9,15 \times 10^7$  sel/ml, sedangkan jumlah sel hidup terendah pada perlakuan penambahan 2 g/L *yeast extract* dengan rerata  $6,37 \times 10^7$  sel/ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan *yeast extract* pada media air kelapa kurang efektif dalam peningkatan jumlah sel hidup campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae*.

**Tabel 4.2 Hasil uji pengaruh penambahan *yeast extract* pada media air kelapa terhadap jumlah sel hidup (sel/ml)**

Perlakuan	Ulangan				Rerata (sel/ml)
	I	II	III	IV	
P1	$8,24 \times 10^7$	$8,86 \times 10^7$	$7,08 \times 10^7$	$5,80 \times 10^7$	$7,50 \times 10^{7a}$
P2	$9,20 \times 10^7$	$6,66 \times 10^7$	$9,10 \times 10^7$	$12,4 \times 10^7$	$8,95 \times 10^{7a}$
P3	$5,82 \times 10^7$	$5,95 \times 10^7$	$7,17 \times 10^7$	$6,53 \times 10^7$	$6,37 \times 10^{7a}$
P4	$2,66 \times 10^7$	$4,44 \times 10^7$	$11,9 \times 10^7$	$12,8 \times 10^7$	$9,15 \times 10^{7a}$
P5	$5,06 \times 10^7$	$7,76 \times 10^7$	$6,98 \times 10^7$	$7,01 \times 10^7$	$6,70 \times 10^{7a}$

Keterangan: Notasi sama menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata berdasarkan uji DMRT. P1= air kelapa + 0 g/L Y.E; P2= air kelapa + 1 g/L Y.E; P3= air kelapa + 2 g/L Y.E; P4= air kelapa + 3 g/L Y.E; P5= YPG

Hasil penelitian menunjukkan bahwa khamir dapat tumbuh dan hidup pada media perlakuan air kelapa yang ditambahkan *yeast extract*, walaupun tidak ada pengaruh yang signifikan pada variabel perlakuan terhadap jumlah sel hidup. Inokulasi awal yaitu  $10^7$  sel dengan perbandingan 1:1 dan diperoleh

kenaikan jumlah sel hidup pada setiap media perlakuan (Tabel 4.2). Perolehan jumlah sel hidup khamir pada air kelapa setara dan mampu melebihi jumlah sel hidup pada media YPG dengan jumlah sel tertinggi  $9,15 \times 10^7$ .

Hasil yang tidak signifikan dapat disebabkan oleh faktor jenis khamir yang digunakan. Penelitian ini menggunakan kultur campuran antara *S.cerevisae* dan *H.opuntiae*. Kondisi ini memungkinkan terjadinya persaingan nutrisi pada kedua khamir karena memiliki kebutuhan yang berbeda. Diketahui bahwa *S.cerevisae* mempunyai kemampuan penyerapan nutrisi lebih besar dibandingkan dengan kelompok Non-*Saccharomyces*, sehingga berpotensi untuk produksi beberapa metabolit yang dapat menghambat pertumbuhan kelompoknya. Kemampuan penyerapan nitrogen lebih tinggi *S.cerevisae* dibandingkan *H.uvarum*, yang ditunjukkan dengan *S.cerevisae* selama 48 jam dan *H.uvarum* selama 72 jam dengan komposisi nitrogen yang sama dalam media kultur (Bordet *et al.*, 2020).

Hasil perolehan jumlah sel hidup tersebut tidak berbanding lurus dengan perolehan biomassa khamir. Perlakuan penambahan *yeast extract* 3 g/L merupakan jumlah sel tertinggi dengan biomassa terendah dan perlakuan penambahan *yeast extract* 2 g/L merupakan jumlah sel terendah dengan biomassa tertinggi (Tabel 4.1). Biomassa merupakan total massa mikroorganisme yang terdiri dari jumlah sel mati dan jumlah sel hidup, sehingga jumlah sel berperan penting dalam akumulasi biomassa (Prayitno *et al.*, 2020). Hal tersebut menandakan bahwa penambahan *yeast extract* pada air kelapa yang optimal adalah sebesar 3 g/L. Jumlah sel hidup berkaitan dengan proses fermentasi (Akbar *et al.*, 2019), sehingga jumlah sel hidup khamir yang banyak

dapat mengoptimalkan proses fermentasi. Struyf *et al* (2017) menjelaskan bahwa semakin banyak jumlah sel hidup maka adonan roti semakin mengembang karena pembentukan CO<sub>2</sub> dari proses fermentasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* dapat hidup dan bereproduksi dengan melakukan pembelahan sel. Media perlakuan kaya akan unsur makro dan mikro yang dibutuhkan khamir, sehingga mampu menunjang pertumbuhan khamir. Air kelapa sebagai media pertumbuhan mengandung berbagai jenis gula, asam amino, mineral, dan vitamin (Jiang *et al.*, 2023), sedangkan *yeast extract* yang ditambahkan pada media khamir sebagai sumber nitrogen (Mahazar *et al.*, 2017).

## **4.2 Kualitas Roti Hasil Fermentasi Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae***

### **4.2.1 Volume adonan roti**

Volume adonan roti terbentuk selama proses fermentasi yang dilakukan oleh khamir. Khamir mampu merombak gula pada yang terkandung dalam bahan pembuatan roti seperti tepung terigu dan gula pasir. Hasil dari fermentasi tersebut terbentuk gas karbondioksida dan alkohol yang merupakan sebagai hasil dari metabolisme khamir. Pembentukan gas akan menghasilkan adonan roti yang mengembang, menjadi ringan, serta bertambah besar. Adonan mengembang dikarenakan gluten menahan banyaknya gas karbondioksida, selanjutnya peningkatan volume adonan disebabkan adanya rongga-rongga udara (Kusmiyati *et al.*, 2021).

Kualitas roti dapat ditentukan dari seberapa baik volume pengembangannya. Pengembangan volume adonan dengan volume awal berkaitan dengan kemampuan adonan untuk membentuk serta menyimpan CO<sub>2</sub>

selama fermentasi, yang disebut sebagai daya pengembangan roti (Yasa *et al.*, 2016). Pengukuran pengembangan adonan roti dapat dilakukan sebelum dan setelah proses pemanggangan, sedangkan daya pengembangan adonan merupakan kenaikan volume adonan dengan volume awal (Pusuma *et al.*, 2018).

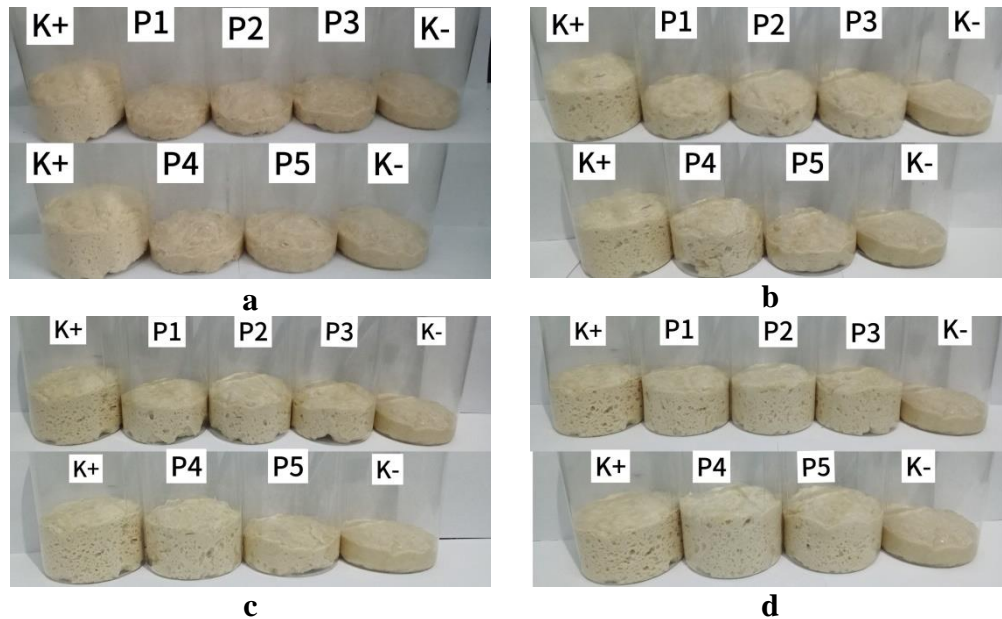
Khamir yang diperoleh dari hasil pertumbuhan pada media perlakuan kemudian diaplikasikan dalam pembuatan roti yang selanjutnya dilakukan pengukuran adonan roti. Hasil pengamatan pengembangan adonan roti oleh campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* disajikan dalam bentuk grafik (Gambar 4.2). Pengamatan dilakukan selama 720 menit atau 12 jam. Pengukuran volume adonan dilakukan setiap 30 menit. Volume awal adonan roti pada setiap perlakuan adalah sama sebesar  $113,5 \text{ cm}^3$ .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua adonan yang diberi ragi atau khamir mengalami kenaikan volume (Gambar 4.2). Kenaikan volume adonan roti pada kontrol positif pada 30 menit sebesar  $306,42 \text{ cm}^3$ . Adonan roti yang menggunakan campuran khamir membutuhkan waktu yang lebih lama untuk kenaikan volume pengembangan. Grafik 4.2 menunjukkan bahwa kenaikan volume adonan rata-rata terjadi pada menit ke-150. Kenaikan volume masing-masing perlakuan yaitu perlakuan P2 sebesar  $158,89 \text{ cm}^3$ , perlakuan P3 sebesar  $141,86 \text{ cm}^3$ , perlakuan P4 sebesar  $158,89 \text{ cm}^3$ , dan perlakuan P5 sebesar  $130,51 \text{ cm}^3$ . Namun, perlakuan P1 mengalami kenaikan volume adonan yang lebih lambat, adonan roti mulai mengembang pada menit ke-210 sebesar  $170,23 \text{ cm}^3$ . Selama inkubasi, adonan roti kontrol negatif tidak terjadi pengembangan, dikarenakan tidak adanya ragi atau bahan pengembang pada adonan kontrol negatif sehingga tidak terjadi fermentasi (Utami *et al.*, 2022).

Standar terbaik volume pengembangan roti yaitu dua kali lipat dari volume adonan awal (Fauzan, 2013). Setiap perlakuan pada penelitian ini telah memenuhi standar tersebut yang dicapai dengan kecepatan berbeda. Perlakuan kontrol positif merupakan adonan roti tercepat yang mencapai dua kali lipat volume pengembangan dari volume awal yaitu pada menit ke-30, kemudian diikuti perlakuan P4 pada menit ke-210, perlakuan P3 pada menit ke-300, perlakuan P2 pada menit ke-360, perlakuan P5 pada menit ke-390, dan perlakuan P1 pada menit ke-420 (Lampiran 3). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* berkemampuan mengembangkan adonan roti yang baik dengan pengembangan 2 kali lipat atau lebih dari ukuran awal.

Peningkatan volume adonan roti tertinggi pada perlakuan P4 yaitu penambahan *yeast extract* 3 g/L dengan volume akhir sebesar 380,19 cm<sup>3</sup>. Hasil ini lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan kontrol positif menggunakan ragi komersil. Masing-masing perlakuan memperoleh volume akhir yaitu perlakuan P1 sebesar 329,12 cm<sup>3</sup>, perlakuan P2 sebesar 346,14 cm<sup>3</sup>, perlakuan P3 sebesar 323,45 cm<sup>3</sup>. Perlakuan P5 sebesar 295,07 cm<sup>3</sup> (Gambar 4.1).





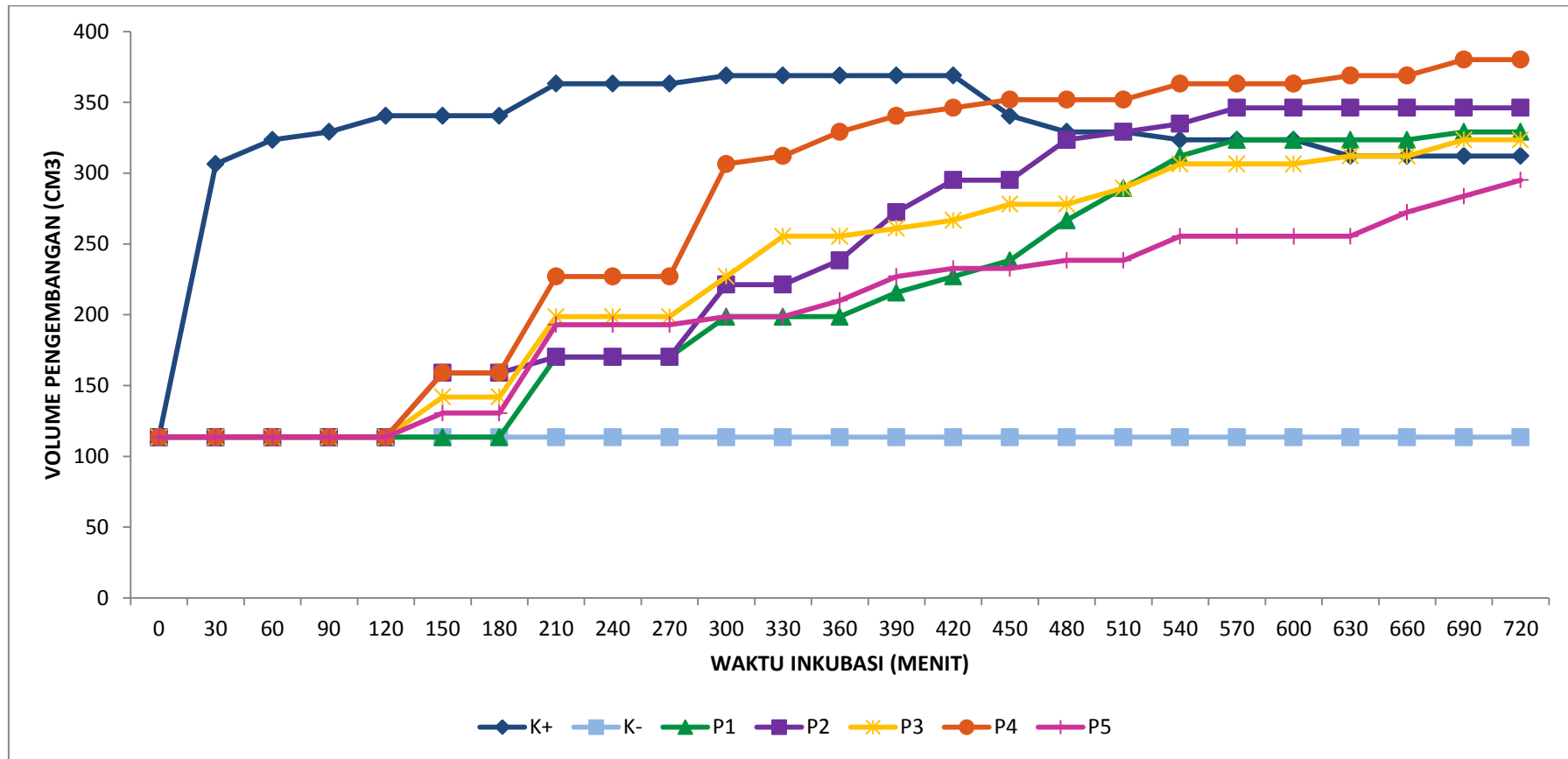
**Gambar 4.1** Volume pengembangan roti pada setiap perlakuan. (a) Perlakuan P1, P2, P3, P4, P5 pada 30 menit; (b) Perlakuan P1, P2, P3, P4, P5 pada 210 menit; (c) Perlakuan P1, P2, P3, P4, P5 pada 450 menit; (d) Perlakuan P1, P2, P3, P4, P5 pada 720 menit

Daya pengembangan adonan tertinggi pada setiap perlakuan terjadi pada menit ke-210 (Lampiran 4). Perlakuan P1 sebesar 49,98%, perlakuan P3 sebesar 40%, perlakuan P4 sebesar 42,85%, dan perlakuan P5 sebesar 47,83%. Perlakuan P2 dan kontrol positif masing masing memiliki daya pengembangan tertinggi pada menit ke-150 sebesar 39,99% dan menit ke-30 sebesar 169,97%. Daya pengembang adonan berkaitan dengan volume adonan dan menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam tingkat penerimaan konsumen. Hal ini dikarenakan adonan dengan daya pengembangan yang baik dapat menghasilkan roti dengan tekstur yang baik (Sari *et al.*, 2024)

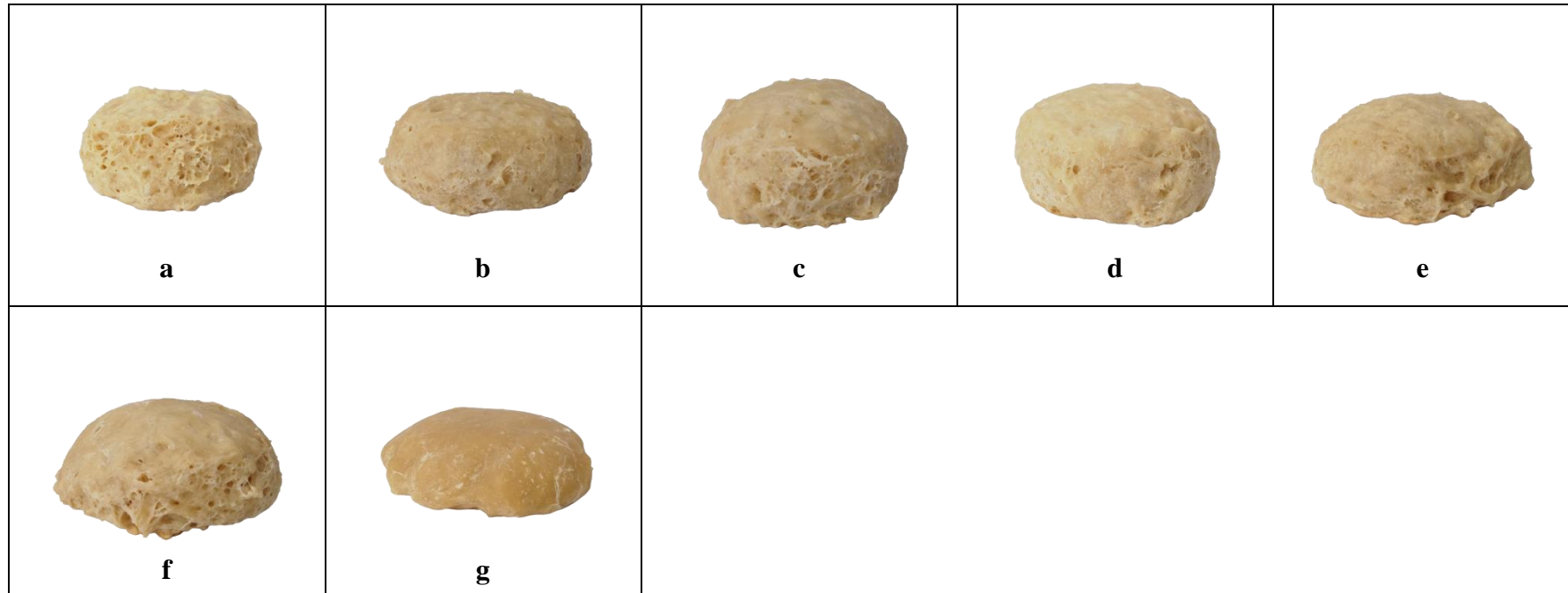
Grafik 4.2 menunjukkan penurunan volume adonan roti pada kontrol positif menggunakan ragi kormesil. Volume tertinggi diperoleh sebesar 368 cm<sup>3</sup> pada menit ke-300 yang dipertahankan hingga menit ke-420, selanjutnya mulai mengalami penurunan pada menit ke-450 dan dan kembali menurun pada menit ke-540 sehingga volume akhir sebesar 312,1 cm<sup>3</sup>. Hal tersebut dikarenakan

waktu fermentasi yang terlalu lama atau *overproofing* sehingga ragi mengalami penurunan viabilitas dan adonan roti mengempis (Faridah, 2015). Ragi komersial memiliki kemampuan fermentasi spontan yang tidak memerlukan waktu pengembangan adonan yang lama. Pembuatan roti menggunakan ragi komersial membutuhkan waktu 6-8 jam untuk mencapai volume adonan lebih dari dua kali ukuran semula (Ko, 2012).

Adonan roti yang telah melewati tahap *proofing* kemudian dilakukan pemanggangan. Perubahan terjadi setelah dilakukan pemanggangan. Warna roti menjadi coklat karena adanya reaksi *Maillard*, roti menjadi ringan dan bertekstur empuk, serta volume roti meningkat. Pusuma *et al* (2018) menjelaskan bahwa pemanggangan menyebabkan perubahan struktur pada roti sehingga densitas roti berkurang, kadar air berkurang, dan terjadi perubahan warna coklat pada *crumb* dan *crust* roti. Hasil roti setelah dilakukan pemanggangan ditampilkan pada Gambar 4.3. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa volume roti meningkat setelah proses pemanggangan, volume tertinggi pada perlakuan P4 sebesar  $391,2 \text{ cm}^3$ , sedangkan kontrol positif volume roti mengembang sebesar  $\text{cm}^3$ . Peningkatan volume terjadi karena enzim amilase teraktivasi. Adonan roti menjadi lebih cair karena perubahan pati ke bentuk dekstrin, serta volume mengembang ketika produksi gas karbondioksida meningkat. Suhu panas pemanggangan mengakibatkan adonan lebih mengembang, sebab gas  $\text{CO}_2$  yang terperangkap akan memuai (Basuki *et al.*, 2013)



Gambar 4.2 Grafik pengembangan volume adonan roti selama 720 menit dengan campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* pada setiap perlakuan



**Gambar 4.3 Volume roti setelah proses pemanggangan dari setiap perlakuan. (a) kontrol positif; (b) P1; (c) P2; (d) P3; (e) P4; (f) P5; (g) K- (Dokumentasi Pribadi)**

#### 4.2.2 Organoleptik roti

Uji organoleptik merupakan penilaian terhadap produk pangan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar penerimaan konsumen terhadap produk tersebut. Pengujian organoleptik terdiri dari parameter warna, aroma, tekstur, dan rasa (Saepudin *et al.*, 2017). Pengujian organoleptik melibatkan kemampuan penginderaan untuk menilai suatu produk (Surono *et al.*, 2017). Fungsi penting dari indera adalah sebagai alat ukur daya penerimaan terhadap produk. Indera seperti penglihatan, penciuman, perasa, dan peraba digunakan dalam pengujian organoleptik (Gusnadi *et al.*, 2021).

Tujuan uji organoleptik yaitu untuk mengetahui kualitas produk pangan apakah layak atau tidaknya untuk dikonsumsi. Produk pangan yang layak konsumsi yaitu produk yang aman dan bergizi. Manusia telah diperintah oleh Allah untuk makan makanan yang halal lagi baik dan bergizi. Hal ini sesuai dengan firman-Nya dalam QS. Al-Baqarah [2]: 168 yaitu membahas mengenai kualitas makanan, yang berbunyi sebagai berikut.

يَا أَيُّهَا النَّاسُ كُلُوا مِمَّا فِي الْأَرْضِ حَلَالًا طَيِّبًا وَلَا تَتَّبِعُوا خُطُوَاتِ الشَّيْطَانِ إِنَّهُ لَكُمْ  
عَدُوٌّ مُّبِينٌ ﴿١٦٨﴾

*Artinya: "Wahai manusia! Makanlah dari (makanan) yang halal dan baik yang terdapat di bumi, dan janganlah kamu mengikuti langkah-langkah setan". (QS. Al-Baqarah [2]: 168)*

Tafsir oleh Kementerian Agama RI, kata *halal* yang disertai dengan *lafaz tayyiba* yang disandarkan pada makan memiliki makna bahwa makanan yang dihalalkan Allah adalah makanan yang bermanfaat untuk tubuh, artinya tidak merusak tubuh, tidak menjijikkan, enak, tidak kadaluarsa, dan tidak bertentangan

dengan perintah Allah, sehingga kata *tayyiba* pada ayat ini menjadi sebuah alasan dihalalkannya makanan tersebut dan maksud dari kata halal pada ayat ini adalah dalam hal memperolehnya.

Campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* pada penelitian ini digunakan sebagai bahan dalam pembuatan roti. Kedua jenis khamir tersebut diperoleh dari hasil isolasi buah-buahan lokal, yang dilakukan pada penelitian sebelumnya dibuktikan berpotensi sebagai bahan pengembang roti. Hal ini menunjukkan bahwa Allah SWT telah menunjang kehidupan manusia dengan menyediakan berbagai macam tumbuhan di bumi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Adapun firman-Nya dalam QS. Al-Baqarah [2]: 29, yang berbunyi sebagai berikut.

هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا ثُمَّ أَسْتَوَىٰ إِلَى السَّمَاءِ فَسَوَّاهُنَّ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَهُوَ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٢٩﴾

Artinya: “Dialah (Allah) yang menciptakan segala yang ada di bumi untukmu, kemudian Dia menuju ke langit, lalu Dia menyempurnakannya menjadi tujuh langit. Dia Maha Mengetahui segala sesuatu.” (QS. Al-Baqarah [2]: 29)

Ayat ini menjelaskan tentang bukti-bukti kekuasaan Allah yang telah menciptakan langit dan bumi serta menyempurnakan ciptaan-Nya. Tafsir Shihab (2002) dalam kitab Al Misbah menjelaskan *lafadz* هُوَ الَّذِي خَلَقَ لَكُمْ مَا فِي الْأَرْضِ bermakna bahwa Allah menciptakan segala sesuatu di bumi untuk manusia. Segala ciptaan Allah merupakan suatu kenikmatan bagi manusia sehingga manusia dapat mengambil maslahatnya. Ciptaan-Nya berupa hewan, tumbuhan, mikroorganisme, dan lain-lain dapat digunakan sebagai bahan makanan untuk menunjang kebutuhan manusia.

Penelitian ini menggunakan metode hedonik dalam pengujian organoleptik roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae*. Metode hedonik merupakan pengujian organoleptik untuk mengetahui tingkat kesukaan maupun ketidaksukaan konsumen terhadap produk pangan (Sunaeni *et al.*, 2021). Hasil pengujian organoleptik roti yang terdiri dari parameter warna, aroma, tekstur, dan rasa tersaji pada tabel 4.3. Uji hedonik dianalisis menggunakan uji *Kruskal-Wallis* dan diperoleh hasil yang signifikan pada setiap parameter organoleptik roti (Lampiran 12). Analisis data dilanjutkan dengan uji *Mann Whitney* pada setiap perlakuan yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan terhadap organoleptik roti. Perbedaan yang signifikan antar perlakuan disimbolkan dengan notasi huruf yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Hasil uji lanjut *Mann-Whitney* organoleptik roti perlakuan campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* dengan pertumbuhan penambahan *yeast extract* pada media air kelapa**

Parameter	Nilai Mean Uji Hedonik						
	K+	K-	P1	P2	P3	P4	P5
<b>Warna</b>	3.40±0.132 <sup>b</sup>	2.93±0.172 <sup>a</sup>	3.27±0.143 <sup>ab</sup>	3.57±0.157 <sup>bc</sup>	3.43±0.124 <sup>b</sup>	3.80±0.139 <sup>c</sup>	3.63±0.122 <sup>bc</sup>
<b>Aroma</b>	2.10±0.154 <sup>a</sup>	2.70±0.16 <sup>b</sup>	3.47±0.133 <sup>cde</sup>	3.50±0.115 <sup>cde</sup>	3.67±0.121 <sup>de</sup>	4.23±0.694 <sup>ce</sup>	3.30±0.119 <sup>c</sup>
<b>Tekstur</b>	2.57±0.207 <sup>ab</sup>	2.00±0.127 <sup>a</sup>	2.87±0.178 <sup>b</sup>	3.37±0.169 <sup>c</sup>	3.30±0.119 <sup>bc</sup>	3.47±0.124 <sup>c</sup>	3.33±0.154 <sup>c</sup>
<b>Rasa</b>	1.63±0.122 <sup>a</sup>	2.33±0.168 <sup>b</sup>	3.57±0.124 <sup>de</sup>	3.60±0.123 <sup>de</sup>	3.60±0.123 <sup>de</sup>	3.83±0.136 <sup>e</sup>	3.33±0.161 <sup>cd</sup>

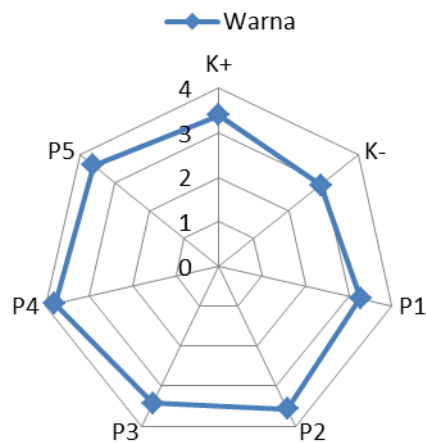
Keterangan: Notasi huruf serupa berarti tidak terdapat perbedaan nyata pada taraf uji *Mann-Whitney* signifikan 0,05. Nilai 1 = sangat tidak suka; 2 = tidak suka; 3 = cukup; 4 = suka; 5 = sangat suka



#### 4.2.2.1 Parameter Warna

Warna roti merupakan salah satu kriteria utama dalam penilaian organoleptik roti karena mampu menjadi daya tarik dari suatu produk pangan. Tarwendah (2017) menjelaskan bahwa warna dapat memberikan penilaian awal apakah produk tersebut akan diterima atau tidak. Warna coklat merupakan warna yang terbentuk pada roti setelah dilakukan pemanggangan. Warna pada roti terbentuk karena terjadi reaksi pencoklatan atau yang dikenal dengan reaksi *Maillard*. Suhu pemanggangan yang tinggi menyebabkan gula pereduksi dan asam amino dalam protein berinteraksi sehingga terbentuk warna coklat (Sitepu, 2019). Gugus karbonil pada gula pereduksi akan bereaksi dengan gugus amin dari asam amino bebas yang melewati berbagai tahapan yang pada akhirnya terbentuk pigmen coklat dari senyawa melanoidin (Nur & Wenny, 2019).

Hasil uji lanjut Mann-Whitney (Tabel 4.3) menunjukkan bahwa pada parameter warna terdapat perbedaan nyata antar perlakuan. Perbedaan terjadi pada beberapa perlakuan yang ditunjukkan dengan perbedaan notasi, diantaranya perlakuan P1 (ab) dengan perlakuan P4 (c), perlakuan P3 (b) dengan perlakuan P4 (c), perlakuan kontrol positif (b) dengan perlakuan P4 (c), serta perlakuan kontrol negatif (a) yang berbeda nyata dengan semua perlakuan. Hasil uji hedonik didapatkan nilai berkisar 2,93-3,8 yang menunjukkan respon panelis antara suka dan tidak suka. Nilai tertinggi pada perlakuan P4 dengan nilai 3,8 dan nilai terendah pada perlakuan kontrol negatif dengan nilai 2,93 (Tabel 4.3).



**Gambar 4.4 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter warna**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* dari perlakuan P4 paling disukai oleh panelis pada parameter warna. Hal tersebut ditunjukkan dengan garis paling condong keluar pada diagram laba-laba (Gambar 4.5). Roti dari perlakuan kontrol negatif merupakan roti yang paling tidak disukai pada parameter warna, berdasarkan uji *Mann-Whitney* roti kontrol negatif memiliki nilai yang berbeda nyata dengan semua perlakuan yang ditunjukkan dengan notasi yang berbeda (a).

Hasil roti setelah dilakukan pemanggangan menunjukkan bahwa roti kontrol negatif memiliki warna yang pucat dibanding perlakuan menggunakan khamir (Lampiran 6). Hal tersebut menyebabkan roti kontrol negatif memiliki nilai terendah menjadi roti paling tidak disukai pada parameter warna. Warna pucat pada roti dapat terjadi karena tidak menambahkan khamir ketika pembuatan roti. Khamir dapat mempengaruhi reaksi *Maillard* karena pembentukan pigmen coklat (melanoidisasi) cenderung dominan terhadap adonan yang ditambahkan khamir, sehingga penggunaan khamir pada adonan roti memiliki warna lebih coklat setelah dipanggang (Troadek *et al.*, 2022). Hal

ini juga diperkuat oleh Sitepu (2019) yang menyatakan bahwa reaksi pencoklatan didukung oleh peran khamir dalam menambah kadar gula sederhana karena terlibat dalam konversi pati menjadi gula sederhana.

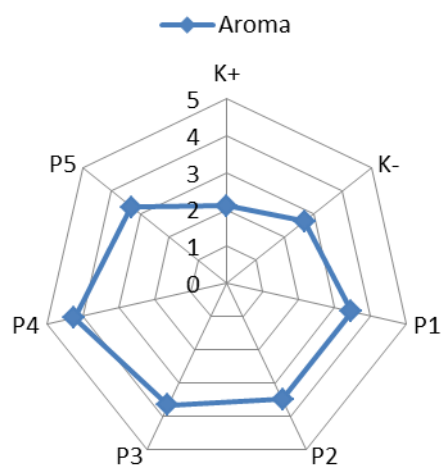
#### **4.2.2.2 Parameter Aroma**

Aroma makanan juga menjadi satu di antara indikator penting yang menentukan kualitas produk makanan. Aroma yang tidak menarik dapat mengurangi penilaian dan kenikmatan konsumsi konsumen terhadap produk. Secara umum, aroma yang khas dan tidak berbeda dengan aroma normal produk akan lebih disukai oleh konsumen (Ningsih *et al.*, 2019). Aroma dari makanan disebabkan oleh terbentuknya senyawa-senyawa yang mudah menguap (Lilir *et al.*, 2021). Aroma dilepaskan karena adanya senyawa yang mudah menguap atau dikenal sebagai senyawa volatil dan dapat dirasakan melalui indera penciuman (Jordy *et al.*, 2015).

Senyawa volatil roti terbentuk melalui proses pemanggangan. Terbentuknya senyawa volatil yaitu melibatkan peran khamir sebagai fermentor menghasilkan asam-asam organik, alkohol, yang dapat memberikan aroma khas roti (Hidayati *et al.*, 2016). Senyawa volatil roti sebagian besar berasal dari fermentasi (40%), reaksi Maillard (33%), dan oksidasi lipid (27%) (Tsanasidou *et al.*, 2021; Pico *et al.*, 2015). Penelitian telah menemukan bahwa senyawa volatil dari aroma roti terdiri dari asam, alkohol, aldehida, ester, keton, pirola, pirazin, serta furan, hidrokarbon, dan lakton, dimana senyawa pirazin adalah zat perasa yang penting, agar roti menghasilkan aroma kue (Li *et al.*, 2019).

Aroma roti sangat penting untuk dapat diterima oleh konsumen dikarenakan menjadi karakter yang pertama kali dirasakan oleh indera manusia

(Pico *et al.*, 2017). Aroma khas roti adalah aroma manis, berbau asam, dan berbau segar (Simbolon & Sumatupang, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan dengan dinotasikan huruf yang berbeda (Tabel 4.3). Semua perlakuan berbeda nyata terhadap kontrol positif dan kontrol negatif. Perlakuan beda nyata juga ditunjukkan oleh perlakuan kontrol positif (a) terhadap kontrol negatif (b), sedangkan perlakuan P3 (de) beda nyata terhadap perlakuan P5 (c). Hasil uji hedonik didapatkan nilai berkisar 2,10-4,23 yang menunjukkan respon panelis antara suka dan tidak suka. Nilai tertinggi pada perlakuan P4 dengan nilai 4,23 dan nilai terendah pada perlakuan K+ dengan nilai 2,10 (Tabel 4.3).



**Gambar 4.5 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter aroma**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* dari perlakuan P4 paling disukai oleh panelis pada parameter aroma. Hal tersebut ditunjukkan dengan garis paling condong keluar pada diagram laba-laba (Gambar 4.6). Semua roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisae* dan *H.opuntiae* memiliki nilai yang tinggi dibanding roti yang menggunakan ragi komersial. Hal ini dapat terjadi karena

roti tersebut memiliki aroma yang lebih disukai oleh panelis yaitu beraroma harum, manis, dan sedikit berbau asam. Roti dengan kontrol positif menghasilkan aroma yang tidak sedap yaitu aroma alkohol, aroma yang sangat asam, dan apek sehingga paling tidak disukai oleh panelis. Aroma ini dihasilkan karena kadar alkohol sebagai produk sampingan fermentasi sangat tinggi (Abioto, 2023).

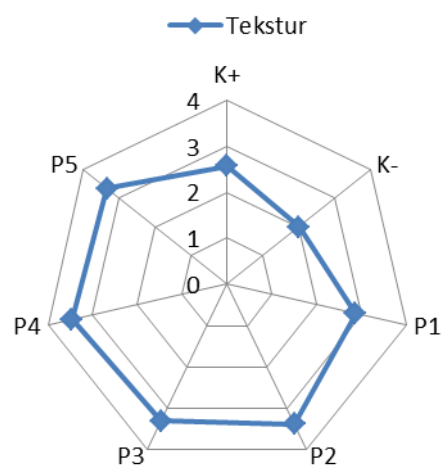
Aroma harum dari roti dihasilkan dari interaksi kedua khamir yang digunakan. Telah diketahui bahwa campuran khamir bermanfaat untuk meningkatkan kualitas roti seperti aroma roti dikarenakan terdapat hubungan simbiosis dan aktifitas metabolisme yang lebih besar (Zhu, 2014; Zhang *et al.*, 2018). Khamir *H.opuntiae* telah diteliti bahwa mampu meningkatkan aroma roti karena strain ini menghasilkan keasaman yang mudah menguap rendah dan ekspresi aroma bunga dan manis (Luan *et al.*, 2018), dan telah banyak digunakan untuk meningkatkan produksi ester, seperti 2-feniletil asetat dan isoamil asetat, yang secara sensorik dikenal sebagai deskriptor aroma bunga (Del Fresno *et al.*, 2022; Lopez *et al.*, 2014). Penelitian Takaya *et al* (2021) menggunakan khamir dari kelompok *Hanseniaspora* bersama dengan *S.cerevisiae* menghasilkan peningkatan senyawa volatil pada roti yaitu kadar asetoin dan 2-feniletil asetat senyawa aroma bunga secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan roti yang hanya menggunakan *S.cerevisiae*.

#### **4.2.2.3 Parameter Tekstur**

Tekstur produk pangan merupakan hal yang penting untuk diketahui dalam menilai kualitas suatu produk yang dapat dirasakan dengan jari, lidah, langit-langit mulut, dan gigi. Lamusu (2018) mengemukakan bahwa penilaian

terhadap tekstur suatu produk pangan meliputi kebasahan, kering, keras, halus, kasar, dan berminyak. Tekstur produk fermentasi yang baik yaitu tidak menggumpal (Rostini, 2014). Tekstur roti yang baik adalah bertekstur halus, mudah dikunyah, saat diberikan tekanan akan kembali ke bentuk awal, dan tidak mudah menempel (Kusnandar *et al.*, 2022).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan dengan dinotasikan huruf yang berbeda (Tabel 4.3). Perlakuan kontrol negatif (a) beda nyata terhadap semua perlakuan, kecuali pada perlakuan kontrol positif (ab), yang juga berbeda nyata terhadap perlakuan P2 (c), Perlakuan P4 (c), dan perlakuan P5 (c). Hasil uji hedonik didapatkan nilai berkisar 2-3.47 yang menunjukkan respon panelis antara suka dan tidak suka. Nilai tertinggi pada perlakuan P4 dengan nilai 3.47 dan nilai terendah pada perlakuan K- dengan nilai 2 (Tabel 4.3).



**Gambar 4.6 Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter tekstur**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* dari perlakuan P4 paling disukai oleh panelis pada parameter tekstur. Hal tersebut ditunjukkan dengan garis paling condong

keluar pada diagram laba-laba (Gambar 4.6). Roti pada perlakuan P4 mengembang dengan baik sehingga sesuai dengan Sitepu (2019) yaitu jika daya kembang roti maka roti yang dihasilkan bertekstur empuk. Perlakuan kontrol negatif memiliki nilai uji paling rendah sehingga menjadi roti yang paling tidak disukai oleh panelis. Hal tersebut dapat terjadi karena pada roti kontrol negatif tidak menggunakan agen pengembang roti atau khamir yang menyebabkan roti tidak mengembang dan bertekstur keras dan padat. Hal serupa terjadi pada roti kontrol positif menjadi roti paling tidak disukai kedua berdasarkan nilai uji *Mann-Whitney* (Tabel 4.3). Hal ini disebabkan tekstur roti kasar dan kering, dan menurut Suryatna (2015) adonan roti telah kehilangan sebagian besar gas yang dihasilkan karena adonan tidak memiliki kekuatan untuk menahannya sehingga tekstur roti kasar.

Peran utama dari khamir roti yaitu mengembangkan adonan roti dan memberikan tekstur roti empuk dan berpori. Adonan roti yang tidak menggunakan khamir akan menghasilkan roti yang padat. Khamir akan memproduksi karbondioksida dan terperangkap pada jaringan gluten. Struktur gluten yang kuat berfungsi untuk memerangkap dan menyimpan karbondioksida sehingga roti dapat mengembang, struktur berpori serta tekstur lembut dan kenyal (Wahyudi, 2003).

#### **4.2.2.4 Parameter Rasa**

Rasa berperan penting pada suatu produk pangan, karena dari indikator rasa konsumen dapat menilai apakah produk tersebut enak atau tidak (Makmur *et al*, 2022). Rasa dapat menentukan kelayakan produk untuk bisa dikonsumsi atau tidak (Saepudin, 2017). Rasa roti mempunyai dampak terbesar terhadap

penerimaan konsumen. Rasa pada roti berasal dari senyawa-senyawa yang terbentuk pada saat fermentasi atau pada proses pemanggangan. Berbagai senyawa volatil dan non-volatil digabungkan untuk membentuk suatu kombinasi sehingga membentuk roti berkualitas baik yang memiliki rasa yang enak (Kan, 2016).

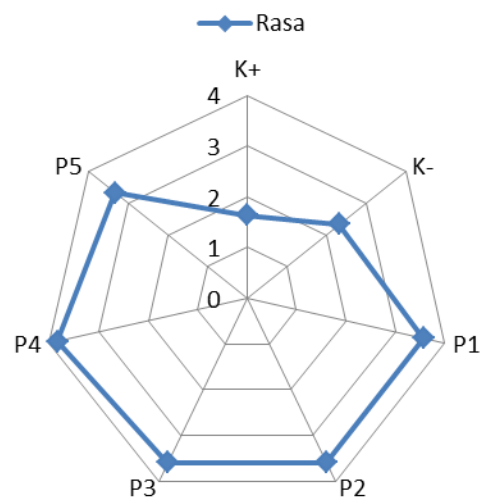
Komponen utama sebagai prekursor rasa pada roti adalah asam amino, yang terkandung pada tepung terigu (Zhang *et al.*, 2018). Pembentukan rasa roti selama fermentasi melalui jalur Ehrlich, yaitu asam amino oleh khamir dikonversi menjadi alkohol dengan tiga tahap reaksi seperti transaminase, dekarboksilase dan reduktase. Beberapa produk dari reaksi tersebut misalnya fenilalanin, leusin, isoleusin dan valin diubah menjadi senyawa aromatik (terutama 2-feniletanol dan 3-metil-1-butanol) melalui metabolisme khamir membentuk rasa pada remah roti (Dickinson *et al.*, 2003).

Sebagian besar aroma roti dibentuk oleh reaksi Maillard yang terjadi selama proses pemanggangan. Selama fermentasi adonan senyawa yang terbentuk adalah asam, alkohol, aldehida, ester, keton, dan zat penyedap lainnya, sedangkan selama proses pemanggangan dihasilkan senyawa heterosiklik seperti pirolin, piridin, pirazin, furan yang merupakan pembentuk rasa mentega, karamel dan panggang (Yang *et al.*, 2022). Pembentukan senyawa aromatik rasa roti selama fermentasi melibatkan peran khamir sedangkan pada reaksi *Maillard* terjadi karena suhu tinggi pada tahap pemanggangan (Prost *et al.*, 2012).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan dengan dinotasikan huruf yang berbeda (Tabel 4.3). Semua roti dari perlakuan campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* berbeda signifikan



dengan roti perlakuan kontrol positif (a) maupun kontrol negatif (b), sedangkan perlakuan P4 (e) berbeda signifikan dengan perlakuan P5 (cd). Hasil uji hedonik didapatkan nilai berkisar 1,63-3,83 yang menunjukkan respon panelis antara suka dan tidak suka. Nilai tertinggi pada perlakuan P4 dengan nilai 3,83 dan nilai terendah pada perlakuan K+ dengan nilai 1,63 (Tabel 4.3).



**Gambar 4.7** Diagram laba-laba setiap perlakuan terhadap parameter rasa

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa roti hasil fermentasi campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* dari perlakuan P4 paling disukai oleh panelis pada parameter rasa. Hal tersebut ditunjukkan dengan garis paling condong keluar pada diagram laba-laba (Gambar 4.6). Tidak ada perbedaan signifikan antar roti dari perlakuan campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae*. Hal ini terjadi karena roti tersebut mempunyai rasa yang enak dan diinginkan oleh panelis dibandingkan kontrol negatif yang tidak membentuk rasa khas roti, sedangkan roti dari perlakuan kontrol positif memiliki nilai paling rendah karena setelah dipanggang menghasilkan rasa getir, pahit dan sangat asam.

Roti dari perlakuan kontrol positif menghasilkan rasa yang tidak enak. Hal ini dapat terjadi karena waktu fermentasi yang berlebihan. Beberapa akibat dari *overproofing* atau fermentasi yang lama terhadap rasa roti yaitu menyebabkan roti kehilangan rasa khasnya sehingga menjadi tidak enak serta meningkatkan rasa asam sehingga rasa roti terlalu asam (Kirsch, 2022).

Timbulnya rasa yang terlalu asam pada roti kontrol positif berhubungan dengan fase pertumbuhan khamir. Roti kontrol positif berhenti mengembang sejak pada menit ke-300 (Gambar 4.2). Hal ini menandakan bahwa khamir memasuki fase pertumbuhan stasioner atau fase diam. Ketika fase stasioner, sel khamir berhenti pertumbuhannya namun masih aktif secara metabolik (Jaishankar & Srivastava, 2017). Hal ini dikarenakan jumlah nutrisi pada media fermentasi terbatas atau habis sepenuhnya dan terjadi penumpukan sisa metabolisme (Sari, 2024; Sugiri, 1992). Hasil metabolisme khamir seperti alkohol pada fase ini konsentrasinya akan sangat tinggi sehingga memberikan rasa tajam dan tidak enak pada roti. Hasil fermentasi dari khamir berupa alkohol dan gas karbondioksida serta metabolit lainnya menyebabkan penurunan pH atau pengasaman (Andriani *et al.*, 2015). Konsentrasi alkohol yang tinggi menghasilkan peningkatan rasa asam (Missbach *et al.*, 2017).

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Perlakuan variasi penambahan *yeast extract* pada media air kelapa berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hansensiaspora opuntiae* yang diketahui dari biomassa khamir, namun tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah sel hidup khamir. Nilai rerata biomassa tertinggi pada perlakuan penambahan *yeast extract* 2 g/L pada media air kelapa, yang diperoleh biomassa khamir sebanyak 0,4 g/10 ml. Nilai rerata perolehan jumlah sel hidup tertinggi pada perlakuan penambahan *yeast extract* 3 g/L pada media air kelapa, yang diperoleh jumlah sel hidup khamir sebanyak  $9,15 \times 10^7$  sel/ml.
2. Perlakuan variasi penambahan *yeast extract* pada media air kelapa berpengaruh nyata terhadap kualitas roti yang diamati dari volume adonan dan organoleptik roti. Uji organoleptik menunjukkan bahwa roti hasil fermentasi perlakuan campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* dari pertumbuhan penambahan *yeast extract* 3 g/L, menjadi roti yang paling disukai oleh para panelis pada parameter warna, aroma, tekstur, dan rasa. Volume akhir adonan tertinggi terdapat pada perlakuan yang sama yaitu sebesar  $380,19 \text{ cm}^3$ , sedangkan volume roti setelah dipanggang dengan volume tertinggi juga pada perlakuan yang sama yaitu sebesar  $391,2 \text{ cm}^3$ .

## 5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu.

1. Diperlukan penambahan sumber karbon.
2. Diperlukan kontrol positif menggunakan ragi komersial pada parameter pertumbuhan.
3. Adonan roti segera dipanggang ketika mencapai volume adonan dua kali lipat dari volume awal, karena jika terlalu lama *proofing* dapat berpengaruh terhadap uji organoleptik.
4. Diperlukan teknik enkapsulasi pada campuran khamir *S.cerevisiae* dan *H.opuntiae* agar memiliki kemampuan yang lebih maksimal dalam pengembangan roti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abioto. 2023. *Over Proofing Dough: Causes, Effect, and Solutions*.
- Akbar, G.P., Kusdiyantini E., Wijanarka W. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Secara Morfologi dan Biokimia Khamir dari Limbah Kulit Nanas Madu (*Ananas comosus* L.) untuk Produksi Bioetanol. *Berkala Bioteknologi*.
- Alkurd, R., Takruri, H., Muwalla, M., & Arafat, T. 2020. The Nutritional Value, Energy and Nutrient Contents and Claims of Marketed Multi-grain Breads. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol.91(7): 1283-1292.
- Andragogi, V., Bintoro, V.P., & Susanti, S. 2018. Pengaruh Berbagai Jenis Gula terhadap Sifat Sensori dan Nilai Gizi Roti Manis. *Jurnal Teknologi Pangan*. Vol.2(2): 163-167.
- Andriani, W., Darmawati, Wulandari, S. 2015. Kajian Lama Fermentasi terhadap Kadar Alkohol Tape Ketan Hitam (*Oryza sativa* glutinosa). sebagai Pengembangan Lembar Kerja Siswa pada Konsep Bioteknologi Konvensional Kelas XII SMA. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau*. Vol.2(2).
- Ariani, R.P. 2018. *Prevensi Makanan Lokal*. Depok: RajaGrafindo Persada.
- Aslankoohi, E., Herrera-Malaver, H., Rezaei, M.N., Steensels, J., Courtin, C.M., & Verstrepen, K.J. 2016. Non-Conventional Yeast Strains Increase the Aroma Complexity of Bread. *Plos One*. Vol.11(10): 1-18.
- Awad, D., Bohnen, F., Mehlmer., & Bruexk, T. 2019. Multi-Factorial-Guided Media Optimization for Enhanced Biomass and Lipid Formation by the Oleaginous Yeast *Cutaneotrichosporon oleaginosus*. *Front Bioeng Biotechnol*. Vol.7(54).
- Az Zahro, R. 2023. Potensi Khamir Endofit dari Buah Nanas Madu (*Ananas comosus* L.) Sebagai Pengembang Adonan Roti. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Badan Ketahanan Pangan Kementerian Pertanian RI. 2021. *Direktori Perkembangan Konsumsi Pangan*. Jakarta: Badan Ketahanan Pangan.
- Basuki, E.K., Yulistiyani R., dan Hidayat R. 2013. Kajian Substitusi Tepung Tapioka dan Penambahan Gliserol Monostearat pada Pembuatan Roti Tawar. *Jurnal Teknologi Pangan*. Vol.5(2): 125-137.
- Belz, M.C.E., Axel, C., Beauchamp, J., Zannini, E., Arendt, E., and Czerny, M. 2017. Sodium Chloride and Its Influence on the Aroma Profile of Yeasted Bread. *Foods*. Vol.6(8): 1-12.
- Bordet, F., Joran, A., Klein, G., Roullier-Gall, C., Alexandre, H. 2020. Yeast-yeast Interactions: Mechanisms, Methodologies and Impact on Composition. *Microorganism*. Vol.8(4): 600.
- Bourbon-Melo, N., Palma, M., Rocha, M.P., Ferreira, A., Bronze, M.R., et al. 2020. Use *Hanseniaspora guilliermondii* and *Hanseniaspora opuntiae* to Enhance the Aromatic Profile of Beer in Mixed-Culture Fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiology*.
- Broach, J. R. (2012). Nutritional Control of Growth and Development in Yeast. *Genetics*. Vol.192(1): 73–105.
- Buglass, A.J. 2010. *Handbook of Alcoholic Beverages: Technical, Analytical, and Nutritional Aspects*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Cadez, N., Poot, G.A., Raspor, P., & Smith, M.T. 2003. *Hanseniaspora meyeri* sp. nov., *Hanseniaspora clermontie* sp. nov., *Hanseniaspora lanchancei* sp. nov., and *Hanseniaspora opuntiae* sp. nov., Novel Apiculate Yeast Species. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*.
- Chadwick, S.R. Pananos, A.D., Di Gregorio, S.E., Park, A.E., Etedali-Zadeh, P., Duennwald, M.L., & Lajoie, P. 2016. A Toolbox for Rapid Quantitative Assessment of Chronological Lifespan and Survival in *Saccharomyces cerevisiae*. *Traffic*.
- Charisma, A.M. 2019. *Buku Ajar Mikologi*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Chavan, R.S., & Chavan, S.R. 2011. Sourdough Technology – A Traditional Way for Wholesome Foods: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.10(3): 169-182.
- Chozin, R., & Untoro. 2019. *Pendidikan Agama Islam dan Budi Pekerti Kelas XII Sekolah Menengah Atas Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Islam Kementerian Agama RI.
- Del Fresno, J.M., Carlos E., Francisco., Jose E.H.P., *et al.* 2022. Improving Aroma Complexity with *Hanseniaspora* spp.: Terpenes, Acetate Esters, and Safranal. *Fermentation*. Vol.8(654): 1-16.
- Diaz-Montano, D.M., Favela-Torres, E., & Cordova, J. 2010. Improvement of Growth, Fermentative Efficiency and Ethanol Tolerance of *Kloeckera africana* During The Fermentation of Agave tequilana Juice by Addition of Yeast Extract. *J Sci Food Agric*. Vol.90: 321-328.
- Diboune, N., Nancib, A., Nancib, N., Anibal, J., Boudrant, J. 2019. Utilization of Prickly pear waste for baker's Yeast Production. *Biotechnology and applied biochemistry*. Vol.66(5): 744-754.
- Dickinson, J.R., Slgado L.E.J., Hewlins M.J.E. 2003. The Catabolism of Amino Acids to Long Chain and Complex Alcohols in *Saccharomyces cerevisiae*. *The Journal Biological Chemistry*.
- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. 1992. *Daftar Komposisi Bahan Makanan*. Jakarta: Bhratara.
- Faridah, H.M. 2015. Pengaruh Jumlah Air dan Jenis Hidrokoloid TERHADAP Formula Roti Tawar Mini Bebas Gluten berbasis Tepung Berras, Pati Jagung, dan Pati Singkong. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Fathurrohman, M.F., Rina H.P., Azdar S., Asrianto, Reni Y., Angriani F., *et al.* 2022. *Mikrobiologi Farmasi dan Parasitologi*. Padang: Global Eksekutif Teknologi.
- Fauzan, M., & Rustanto, N. 2013. Pengaruh Substitusi Tepung Ampas Kelapa terhadap Kandungan Zat Gizi, Serat dan Volume Pengembangan Roti. *Journal of Nutrition College*. Vol.2(4): 630-637.
- Ferdiaz, S. 2014. *Mikrobiologi Pangan: Struktur Sel Mikroorganisme*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Fifendy, M. 2017. *Mikrobiologi*. Depok: Kencana.
- Fitriani, L., and Krisnawati, Y. 2022. *Jenis dan Potensi Jamur Makroskopis di Kota Lubuklinggau*. Malang: Ahlimedia.
- Fredcke, J. K., Alicia K., dan Michelle M. C. 2017. *Bionutrients TM Technical Manual Advanced Bioprocessing*. New York: BD Group.

- Garvey, M. 2022. Non-Mammalian Eukaryotic Expression Systems Yeast and Fungi in the Production of Biologics. *J. Fungi*. Vol.8(11): 1-13.
- Gusnadi, D., Taufiq, R., & Baharta, E. 2021. Uji Organoleptik dan Daya Terima pada Produk Mousse Berbasis Tapai Singkong Sebagai Komoditi UMKM Di Kabupaten Bandung. *Jurnal Inovasi Penelitian*. Vol.1(12): 2883-2888.
- Han, X., Qiuxing Q., Chenyu L., Xiaoxuan Z., Fangxu S., *et al.* 2023. Application of non-Saccharomyces Yeasts with High  $\beta$ -glucosidase Activity to Enhance Terpene Related Floral Flavor in Craft Beer. *Food Chemistry*. Vol.404(2).
- Haryani, K., Hargono., Handayani., Putri R., and Dikkie R. 2017. Substitusi Terigu dengan Pati Sorgum Terfermentasi pada Pembakaran Roti Tawar: Studi Suhu Pemanggangan. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. Vol.6(2): 61-64.
- Hidayat, N., Meitiniarti, I., Yuliana, N. 2018. *Mikroorganisme dan Pemanfaatannya*. Malang: UB Press.
- Hidayati, S., Yusmarini., Rahmayuni. 2016. Evaluasi Sensori Roti Manis dengan Penambahan Pati Sagu Termodifikasi Secara Mikrobiologis. *JOM FAPERTA*. Vol.3(2): 1-9.
- Indriani, P. 2021 Uji Kemampuan Isolat Khamir Endofit Hasil Isolasi dari Nira Tebu sebagai Pengembang Roti. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Jaishankar, J., & Srivastava, P. 2017. Molecular Basis of Stationary Phase Survival and Applications. *Front Microbiol*. Vol.8: 2000.
- Jiang, H., Song, Z., Hao, Y., Hu, X., Lin, X., Liu, S., & Li, C. 2023. Effect of Co-Culture of *Komagataeibacter nataicola* and Selected *Lactobacillus fermentum* on the Production and Characterization of Bacterial Cellulose. *LWT*. Vol.173: 1-8.
- Jordy, W.S., Tineke M.L., Maya M.L. 2015. Analisis Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Sambaaku "CAHERO". *Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi*. Vol.6(7).
- Kadarwati, S., Basuki, W., & Rudiyanto, A. 2009. Kemampuan Air Kelapa sebagai Nutrisi untuk Pertumbuhan Mikroba Minyak Bumi. *Lembaran Publikasi Lemigas*. Vol.43(1): 38-44.
- Kan, J.Q. 2016. *Food Chemistry*. Three edition. China Agricultural University Press, 328-332.
- Karki, T.B., Timilsina, P.M., Yadav, A., Pandey, G.R., Joshi, Y., Bhujel, S., & Neupane, K. 2017. Selection and Characterization of Potential Baker's Yeast from Indigenous Resources of Nepal. *Biotechnology Research International*.
- Kementerian Agama Republik Indonesia. 2015. *Tafsir Ilmi Jasad Renik dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Khan, M.A., Javed M.M., Ahmed, A., Zahoor, S., & Iqbal, K. 2020. Process Optimization for The Production of Yeast Extract Using Fresh Baker's Yeast. *Pakistan Journal of Biochemistry and Biotechnology (PJBB)*. Vol.1(2): 1-10.

- Khazalina, T. 2020. *Saccharomyces cerevisiae* dalam Pembuatan Produk Halal Berbasis Bioteknologi Konvensional dan Rekayasa Genetika. *Journal of Halal Product and Research*. Vol.3(2): 88-94.
- Kirsch, H. 2022. *Tasting Table: What Does It Mean When You Overproofing Sourdough?*.
- Ko, S. 2012. *Rahasia Membuat Roti Sehat & Lezat dengan Ragi Alami*. Jakarta: Kawah Media.
- Kusmiyati, N., Utami, U., Margareta, B. 2021. Potential Test of Endophytic Yeast From Sweet Oranges (*Citrus sinensis* L.) as Leavening Agent for Bread. *International Conference on Education Science and Engineering*.
- Kusnandar, F., Daniswara H., Sutriyono. 2022. Pengaruh Komposisi Kimia dan Sifat Reologi Tepung Terigu terhadap Mutu Roti Manis. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*.
- Kutzman, C.P., & Fell, J.W. 1998. *Definition, Classification, and Nomenclature of the Yeast*. The Yeast: Fourth Edition. Amsterdam: Elsevier.
- Lamusu, D. 201. Organoleptik Jalangkote Ubi Jalar sebagai Upaya Diversifikasi Pangan. *Jurnal Pengolahan Pangan*. Vol.3(1): 9-15.
- Li, H. Study on the Formation Pathway and regulation Mechanism of Main Bitter Compounds in Maillard Reaction. *South China University of Technology*. 1-8.
- Li, M., Liao X., Zhang, D., Du, G., & Chen, J. 2011. Yeast Extract Promotes Cell Growth and Induces Production of Polyvinyl Alcohol-Degrading Enzymes. *SAGE-Hindawi Access to Research*. Volume 2011, Article ID 17988, 8 pages.
- Li, Z., Wang, D., & Shi, Y.C. 2017. Effects of Nitrogen Source on Ethanol Production in Very High Gravity Fermentation of Corn Starch. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. Vol.70: 229-235.
- Lilir, F.B., Palar C.K.M., Lontaan N.N. 2021. Pengaruh Lama Pengeringan terhadap Proses Pengolahan Kerupuk Kulit Sapi. *Zootec*.
- Lima, E.B.C., Sousa, C.N.S., Meneses, L.N., Ximenes, N.C., Junior, M.A.S., *et al.* 2015. *Cocos nucifera* (L.) (Arecaceae): A Phytochemical and Pharmacological Review. *Braz J Med Biol Res*. Vol.48(11): 953-964.
- Liu, S., Laksonen, O., and Yang, B. 2019. Volatile Composition of Bilberry Wines Fermented with *Non-Saccharomyces* and *Saccharomyces* Yeast in Pure, Sequentiel and Simultaneous Inoculations. *Food Microbiol*. Vol.80: 25-39.
- Luan, Y., Zhang, B.Q., Duan, C.Q., Yan, G.L. 2018. Effects of Different Pre-Fermentation Cold Maceration Time on Aroma Compounds of *Saccharomyces cerevisiae* Co-Fermentation with *Hanseniaspora opuntiae* or *Pichia kudriavzevii*. *LWT*. Vol.92: 177-186.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Stahl, D.A., & Clark, D.P. 2011. *Brock Biology of Microorganism*, 13<sup>th</sup> ed.
- Mahazar, N. H., Zakuan, Z., Norhayati, H., MeorHussin, A. S., & Rukayadi, Y. (2017). Optimization of Culture Medium for the Growth of *Candida sp.* and *Blastobotrys sp.* as Starter Culture in Fermentation of Cocoa Beans (*Theobroma cacao*) Using Response Surface Methodology (RSM). *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*. Vol.20(3): 154-159.



- Maicas, S. 2020. The Role of Yeast in Fermentation Processes. *Microorganisms*. Vol.8(8): 1-8.
- Martin, V., Maria J.V., Karina M., Eduardo B., & Francisco C. 2018. Oenological Impact of the *Hanseniaspora/Kloeckera* Yeast Genus on Wines-A Review. *Fermentation*. Vol.4(76):1-21.
- Makmur, T., Wardhana, M.Y., Chairunni, AR. 2022. Daya Terima Konsumen terhadap Produksi Olahan Minuman Serbuk dari Limbah Biji Nangka (*Arthocarpus heterophilus*). *Mahatani*. Vol.5(1): 90-97
- Maslikhah, M. 2014. Pengaruh Ekstrak Etanol Daun Widuri terhadap Gambaran Histologis Fibrosarkoma Mencit (*Mus musculus*) Jantan yang Diinduksi 7,12-dimetilbenz (A) antrasena (DMEA) secara In vivo. *Tesis*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mayaserli, D.P., & Renowati. 2015. Pemanfaatan Air Kelapa sebagai Media Pertumbuhan *Pseudomonas fluorescens* dan Aplikasinya sebagai Pupuk Organik Cair Tanaman. *Jurnal Kesehatan Perintis*. Vol.2(2): 19-22.
- Meiyasa, F., & Nurjannah. 2021. *Mikrobiologi Hasil Perikanan*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Missbach, B., Dorota M., Raphael S., Brian W., Martin R., Juergen K. 2017. Exploring the Flavor Life Cycle of Beers with Varying Alcohol Content. *Food Sci Nutr*. Vol.5(4): 889-895.
- Morena-Garcia, J., Garcia-Martinez, T., Moreno, J., Millan, M.C., Mauricio, J.C. 2014. A Proteomic and Metabolomic Approach for Understanding the Role of the Flor Yeast Mitochondria in the Velum Formation. *Int J. Food Microbiol*. Vol.172: 21-29.
- Narendranath, N.V., & Power, R. 2005. Relationship between pH and Medium Dissolved Solids in Terms of Growth and Metabolism of *Lacobacilli* and *Saccharomyces cerevisiae* during Ethanol Production. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol.71(5): 2239-2243.
- Ningsih, P.W., & Noehartati. 2019. Analisis Organoleptik Produk Pukis Sorgum: Kajian dari Konsentrasi Tepung Sorgum (*Sorgum sp.*) dan Ragi. *Seminar Nasional Cendekiawan ke 5 Tahun 2019*.
- Noordiya, E.M. 2023. Isolasi dan Identifikasi Khamir Endofit dari Daging Buah Nanas Madu (*Ananas comosus L.*) Sebagai Kandidat Pengembang Roti. *Skripsi*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nur, M., & Wenny B.S. 2019. *Kimia Pangan*. Malang: Universitas Brawijaya Press
- O'Connor, C.M. 2021. Yeast Growth Phases. Boston College. Diakses pada 10 November 2023, <https://bio.libretexts.org/go/page/17512>
- Odong, R.L., Yin, F.H., Amin, Z., Mansa, R.F., Ling, C.M.W.V. 2021. Isolation of Yeast from Grapes for Rice Wine Starter Culture Preparation. *Transactions on Science and Technology*. Vol.8(3-2): 199-202.
- Okamoto, K., Nakagawa, S., Kanawaku, R., & Kawamura, S. 2019. Ethanol Production from Cheese Whey and Expired Milk by the Brown Rot Fungus *Neolentinus lepideus*. *Fermentation*. Vol.5(2): 1-9.
- Palungkun, R. 2006. *Aneka Produk Olahan Kelapa*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Periadnadi, P., Sari, D.K., & Nurmiati, N. 2018. Isolasi dan Keberadaan Khamir Potensial Pemfermentasi Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr) dari Dataran Rendah dan Dataran Tinggi di Sumatra Barat. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*. Vol.4(1): 29-36.
- Pico, J., Ase S.H., Mikael A.P. 2017. Comparison of the Volatile Profiles of the Crumb of Gluten-free Breads by DHE-GC/MS. *Journal of Cereal Science*. Vol.76: 280-288.
- Poutanen, K., Flander, L., & Katina, K. 2009. Sourdough and Cereal Fermentation in a Nutritional Perspective. *Food Microbiology*. Vol.26(7): 693-699.
- Pratama, S.A. 2020. Pengaruh Penambahan Yeast Extract dan Lama Fermentasi terhadap Produksi Bioetanol dari Limbah Air Kelapa yang Ditambahkan Tetes Tebu menggunakan Khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Prayitno, J., Iklima I.R., Agus R. 2020. Pengaruh Interval Waktu Panen terhadap Produksi Biomassa *Chlorella sp.* dan *Melosira sp.* untuk Penangkapan Karbon secara Biologi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol.20(1).
- Prodjosantoso., Ade K.P.T., Binti M., Hisyam., Fikri., *et al.*, 2023. Etnokimia dalam Budaya Nusantara. Yogyakarta: Kanisius dan Universitas Negeri Yogyakarta.
- Prost, C., Poinot, P., Rannou C., Arvisenet G. 2012. *Breadmaking (Second Edition): Improving Quality*. Pages: 523-561. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Purba, A.M.V., Khairani, M., Purba, D.H., Yesti, Y., Manalu, A.I., Puspita, R., & Erdiandini, I. 2021. *Mikrobiologi dan Parasitologi*. : Yayasan Kita Menulis.
- Pusdik. 2018. *E-learning Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan*. Jakarta: Erlangga.
- Puspita, D., Elisabeth N., Erika I., & MC Titania. 2020. Isolasi, Identifikasi dan Uji Produksi Yeast yang Diisolasi dari Nira Kelapa. *Biosfer, Jurnal Biologi & Pendidikan Biologi*. Vol.5(1): 1-5.
- Pusuma, D. A., Praptiningsih, Y., & Choiron, M. 2018. Karakteristik Roti Tawar Kaya Serat yang Disubstitusi Menggunakan Tepung Ampas Kelapa. *Jurnal Agroteknologi*. Vol.12(01): 29-42.
- Putra, R.M. 2023. *Penyesuaian Makhhluk Hidup dengan Lingkungannya*. Surabaya: Media Edukasi Creative.
- Putri, A.Y. 2022. Pengaruh Penambahan Air Kelapa, Jenis Khamir, dan Metode *Freeze Drying* terhadap Pertumbuhan dan Kemampuan Fermentasi Khamir Kandidat Pengembang Roti. *Tesis*. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Rejeki, P.S., & Prasetya, R.E. 2022. *Aging*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Renato, G., & Rau, U. 2009. Coconut Water as a Novel Culture Medium for the Biotechnology Production of *Schiophyllan*. *J Nature Study*. Vol.7(2).
- Ridhani, M.A., Irene P.V., Nazihah N.A., Riana F., Shofi A., & Nur A. 2021. Potensi Penambahan berbagai Jenis Gula terhadap Sifat Sensori dan

- Fisikokimia Roti Manis. *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*. Vol.(3): 61-68.
- Risky, F.U., Wijanarka, W., & Pujiyanto. 2019. Isolasi Khamir Penghasil Enzim Inulinase dari Buah Kersen (*Muntingia calabura*) serta Pengaruh Mikronutrien Mangan (Mn) pada Produksi Enzimnya. *NICHE Journal of Tropical Biology*. Vol.2(2): 27-37.
- Robert, D., Ruqayah J., Herry H., Jufri S., *et al.* 2023. *Bunga Rampai Mikrobiologi*. Cilacap: Media Pustaka Indo.
- Roca-Mesa, H., Sendra, S., Mas, A., Beltran, G., Torija, M.J. 2020. Nitrogen Preferences during Alcoholic Fermentation of Different Non-*Saccharomyces* Yeasts of Oenological Interest. *Microorganism*. Vol.8(2):157.
- Roosheroe, I.G., & Wahyudi, P. 2017. *Mengenal Biodiversitas Mikroorganisme Indonesia untuk Kesejahteraan Bangsa*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Rosniawaty, S., Ariyanti, M., Suherman, C., Sudirja, R., Fitria, S. 2021. Pemanfaatan Limbah Air Kelapa untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Kakao dengan Metode Aplikasi dan Interval yang Berbeda. *Ilmu Bumi dan Lingkungan*. 653: 1-7.
- Rostini, T. 2014. Differences in Chemical Composition and Nutrient Quality of Swamp Forage Ensiled. *International Journal of Biosciences*. Vol.5(12): 145-151.
- Sa'adah, N. 2018. Pembiakan Khamir *Saccharomyces Cerevisiae* Dan Uji Antagonis terhadap *Gloeosporium sp.* Penyebab Penyakit Busuk Buah pada Apel. *Skripsi*. Program Studi Agroekoteknologi Minat Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Saepudin, L., Setiawan, Y., & Sari, P. D. 2017. Pengaruh Perbandingan Substitusi Tepung Sukun Dan Tepung Terigu Dalam Pembuatan Roti Manis. *AGROSCIENCE*. Vol.7(1): 227-243.
- Sari, Y.I. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Khamir pada Buah Salah Pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) sebagai Kandidat Pengembang Roti (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang).
- Sari, I.P. 2024. Karakterisasi Enzim Amilase dari Isolat Khamir Hasil Fermentasi Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. Vol.10(1): 39-52.
- Sari, I.I., Henny K.H., Rahayu D.A. 2024. Pengaruh Proofing dan Konsentrasi Ragi terhadap Kualitas Mutu Roti Goreng. *Buletin Agro Industri*. Vol.51(2).
- Satrianawati, S. 2016. Pengaruh Metode Diskusi Kelompok Dalam Evaluasi Hasil Belajar Mahasiswa Menggunakan Mindmap. *Profesi Pendidikan Dasar*. Vol.2(2): 141-147.
- Septiningrum, K., & Hardiani, H. 2011. Aplikasi Konsorsium Mikroba untuk Meremediasi Tanah Terkontaminasi Timbal dari Limbah Proses Deinking Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*. Vol.1(2): 89-101.
- Simbolon, S.A., & Sumatupang, K. 2023. Analisis Proses Produksi Roti Tawar. *Jurnal Ilmu Komputer, Ekonomi, dan Manajemen*. Vol.3(2): 2195-2204.
- Sitepu, K.M. 2019. Penentuan Konsentrasi Ragi pada Pembuatan Roti. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Agrokompleks*. Vol.2(1): 71-77.

- Sjofjan, O., Halim N., Yuli F.N., & Danung N.A. 2020. *Protein Sel Tunggal Saccharomyces cerevisiae Aktifitas dan Manfaat Sebagai Bahan Pakan Unggas*. Malang: Media Nusa Creative.
- Soares, E.V., Vroman, A., Mortier, J., Rijsbrack, K., & Mota, M. 2004. Carbohydrate Carbon Sources Induce Loss of Flocculation of an Ale Brewing. Yeast Strain. *Journal of Applied Microbiology*. Vol.96(5): 1117-1123.
- Struyf, N., der Maelen S., Hemdane J., Vespreet. Verstrepen., Courtin. 2017. Bread Dough and Baker's Yeast: An Uptifting Synergy. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol.16(4): 1-2.
- Suciyana, E.Z. 2015. Identifikasi Molekuler Isolat Khamir Buah-buahan dan Uji Kemampuannya dalam Fermentasi Etanol dari Nira Sorgum Manis. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Sudiyani, Y., Syahrul A., & Dieni M. 2019. *Perkembangan Bioetanol G2: Teknologi dan Perspektif*. Jakarta: LIPI Press.
- Sunaeni., Zaenab I., Anjar B. 2021. *Uji Organoleptik Cookies dengan Bahan Tepung Tuna*. Pekalongan: NEM.
- Surono, D.I., Nurali., Moningka. 2017. Kualitas Fisik dan Sensoris Roti Tawar Bebas Gluten Bebas Kasein Berbahan Dasar Tepung Komposit Pisang Goroho (*Musa acuminata* L.). *In Cocos*. Vol.1(1).
- Suryatna, B.S. 2015. Peningkatan Kelembutan Tekstur Roti melalui Fortifikasi Rumput laut *Euchema Cottoni*. *Teknobuga: Jurnal Teknologi Busana dan Boga*. Vol.2(2).
- Takahashi, T. 2020. Potential of an Automated and Image Based Cell Counter to Accelerate Microalgal Research and Applications. *Energies*.
- Takaya, M., Ohwada, T., & Oda, Y. 2019. Characterization of the Yeast *Hanseniaspora vineae* Isolated from the Wine Grape 'Yamasachi' and Its Use for Bread Making. *Food Science and Technology Research*. Vol.25(6): 835-842.
- Takaya, M., Ohwada, T., & Oda, Y. 2021. Conventional Bread Making with a Mixture of the Yeast *Hanseniaspora vineae* and the Baker's Yeast *Saccharomyces cerevisiae* for Improved Quality. *Food Science and Technology Research*. Vol.27(3): 483-489.
- Tao, Z., Yuan, H., Liu, M., Liu, Q., Zhang, S., Liu, H., Jiang, Y., Huang, D., Wang, T. 2023. Yeast Extract: Characteristics, Production, Applications and Future Perspectives. *J Microbiol Biotechnol*. Vol.33(2): 151-166.
- Tarwendah, I.P. 2017. Studi Komparasi Atribut Sensoris dan Kesadaran Merek Produk Pangan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol.5(2).
- Trinh, K.T.L., & Lee, N.Y. 2022. Recent Methods for the Viability Assessment of Bacterial Pathogens: Advances, Challenges, and Future Perspective. *Pathogens*.
- Trinh, L., Lowe, T., Campbell, G.M., Withers, P.J., & Martin, P.J. 2015. *Journal of Food Engineering*. Vol.150: 9-18.
- Troadec, R., Nestora S., Niquel-Leridon C., Marier D., Jacolot P., Sarron E., Jouquand C. 2022. Effect of Leavening Agent on Maillard Reaction and The Bifidogenic Effect of Traditional French Bread. *Food Chemistry*.

- Tsanasidou, C., Ioanna K., Anastasia B., Michael K. 2021. Quality Parameters of Wheat Bread with the Addition of Untreated Cheese Whey. *Molecules*. Vol.26(24).
- Tufariello, M., Fragasso, M., Pico, J., Panighel, A., Castellarin, S.D., *et al.* 2021. Influence of *Non-Saccharomyces* on Wine Chemistry: A Focus on Aroma-Related Compounds. *Molecules*.
- Utami, R., Nurhartadi, Asri N., Maria A.M.A., Irina F. 2017. Fermentasi *Whey* Keju menggunakan Biji Kefir (*Kefir Grains*) dengan Variasi Sumber Nitrogen. *Agritech*. Vol.37(4): 377-385.
- Utami, U., Kusmiyati, N., Kusuma, Y.R. 2022. Improving the Bread Quality and Endophytic Yeast of Salak Pondoh (*Salacca edulis* Reinw.) Growth by Addition of Phosphate Source. *Biogenesis*. Vol.10(1): 44-52.
- Wahyudi. 2003. *Memproduksi Roti*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Walker, .M., & Stewart, G.G. 2016. *Saccharomyces cerevisiae* Production of Fermented Beverages. *Beverages*. Vol.2(4): 30.
- Watanabe, M., Uchida, N., Fujita, K., Yoshino, T., Sakaguchi, T. 2016. Bread and Effervescent Beverage Productions with Local Microbes for the Local Revitalization. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*.
- Widiastoety, D., & Kartikaningrum, S. 2003. Pemanfaatan Ekstrak Ragi dalam Kultur In Vitro Plantlet Media Anggrek. *J. Hort*. 13(2): 82-86.
- Widiastutik, N., & Aami, N.H. 2014. Isolasi dan Identifikasi Yeast dari Rhizosfer *Rhizophora mucronata* Wonorejo. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.
- Xu, A., Xiao, Y., He, Z., Liu, J., Wang, Y., Gao, B., Chang, J., Zhu, D. 2022. Use of Non-*Saccharomyces* Yeast Co-Fermentation with *Saccharomyces cerevisiae* to Improve the Polyphenol and Volatile Aroma Compound Contents in Nanfeng Tangerine Wines. *J. Fungi*. Vol.8(2): 128.
- Yang, Y, Xiuhong Z., Rong W. 2022. Research Progress on the Formation Mechanism and Detection Technology of Bread Flavor. *Journal of Food Science*. Vol.87(9): 3724-3736.
- Yasa, I.W.S., Zainuri, Z., Zaini, M., A., Hadi, T. 2016. Mutu Roti Berbahan Dasar Mocaf: Formulasi dan Metode Pembuatan Adonan. *Pro Food*. Vol.2(2): 120-126.
- Zahro, N.F.I. 2022. Analisis Senyawa Volatil pada Roti Hasil Fermentasi oleh Khamir Endofit Buah Salak Pondoh (*Salacca edualis* Reinw.) beserta Identifikasi Molekuler (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang).
- Zhang, T., Han, Y.H.C., Honghua R. 2018. Global Negative Effect of Nitrogen Deposition on Soil Microbes. *ISME J*. Vol.12(7): 1817-1825.
- Zunaidah, S., & Alami, N.H. 2014. Isolasi dan Karakterisasi *Yeast* dari *Rhizosphere Avicennia Marina* Wonorejo. *Jurnal Sains dan Seni ITS*.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Hasil biomassa khamir

Perlakuan	Biomassa (g/10ml)				Rerata
	U1	U2	U3	U4	
P1	0.28	0.32	0.41	0.23	0.31
P2	0.34	0.26	0.40	0.35	0.34
P3	0.38	0.34	0.57	0.37	0.41
P4	0.10	0.09	0.15	0.10	0.11
P5	0.26	0.01	0.29	0.26	0.26

### Lampiran 2. Hasil jumlah sel hidup khamir

Perlakuan	Jumlah sel hidup (sel/ml)				Rerata
	U1	U2	U3	U4	
P1	$8.24 \times 10^7$	$8.86 \times 10^7$	$7.08 \times 10^7$	$5.80 \times 10^7$	$7.50 \times 10^7$
P2	$9.20 \times 10^7$	$6.66 \times 10^7$	$9.10 \times 10^7$	$12.4 \times 10^7$	$8.95 \times 10^7$
P3	$5.82 \times 10^7$	$5.95 \times 10^7$	$7.17 \times 10^7$	$6.53 \times 10^7$	$6.37 \times 10^7$
P4	$2.66 \times 10^7$	$4.44 \times 10^7$	$11.9 \times 10^7$	$12.8 \times 10^7$	$9.15 \times 10^7$
P5	$5.06 \times 10^7$	$7.76 \times 10^7$	$6.98 \times 10^7$	$7.01 \times 10^7$	$6.70 \times 10^7$

**Lampiran 3. Hasil perhitungan volume adonan roti**

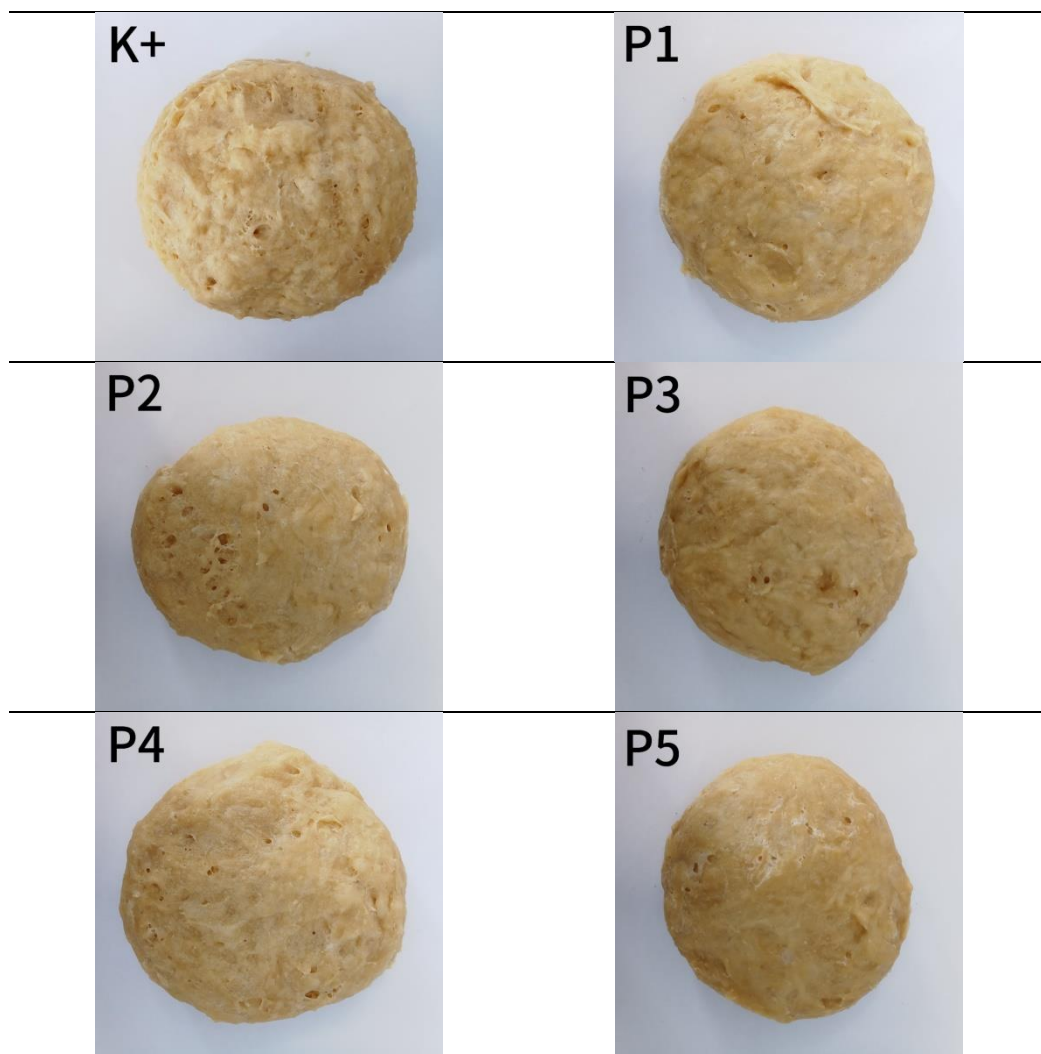
<b>Waktu (menit)</b>	<b>Volume adonan roti</b>						
	<b>K+</b>	<b>K-</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>
0	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
30	306.42	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
60	323.45	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
90	329.12	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
120	340.47	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5	113.5
150	340.47	113.5	113.5	158.89	141.86	158.89	130.51
180	340.47	113.5	113.5	158.89	141.86	158.89	130.51
210	363.17	113.5	170.23	170.23	198.61	226.98	192.93
240	363.17	113.5	170.23	170.23	198.61	226.98	192.93
270	363.17	113.5	170.23	170.23	198.61	226.98	192.93
300	368.84	113.5	198.61	221.306	226.98	306.42	198.61
330	368.84	113.5	198.61	221.306	255.35	312.1	198.61
360	368.84	113.5	198.61	238.33	255.35	329.12	209.96
390	368.84	113.5	215.63	272.37	261.03	340.47	226.98
420	368.84	113.5	226.98	295.07	266.71	346.14	232.65
450	340.47	113.5	238.33	295.07	278.05	351.82	232.65
480	329.12	113.5	266.71	323.45	278.05	351.82	238.33
510	329.12	113.5	289.4	329.12	289.4	351.82	238.33
540	323.45	113.5	312.1	334.8	306.42	363.17	255.35
570	323.45	113.5	323.45	346.14	306.42	363.17	255.35
600	323.45	113.5	323.45	346.14	306.42	363.17	255.35
630	312.1	113.5	323.45	346.14	312.1	368.84	255.35
660	312.1	113.5	323.45	346.14	312.1	368.84	272.37
690	312.1	113.5	329.12	346.14	323.45	380.19	283.72
720	312.1	113.5	329.12	346.14	323.45	380.19	295.07

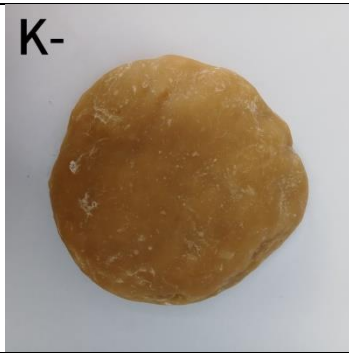




**Lampiran 5. Hasil perhitungan volume roti setelah dipanggang**

<b>Perlakuan</b>	<b>Volume</b>
P1	351.82 cm <sup>3</sup>
P2	363.17 cm <sup>3</sup>
P3	346.14 cm <sup>3</sup>
P4	391.2 cm <sup>3</sup>
P5	312.1 cm <sup>3</sup>
K+	329.07 cm <sup>3</sup>
K-	113.5 cm <sup>3</sup>

**Lampiran 6. Warna roti setelah dipanggang**



**Lampiran 7. Tekstur roti setelah dipanggang**

---



K+



P1

---



P2



P3

---



P4



P5

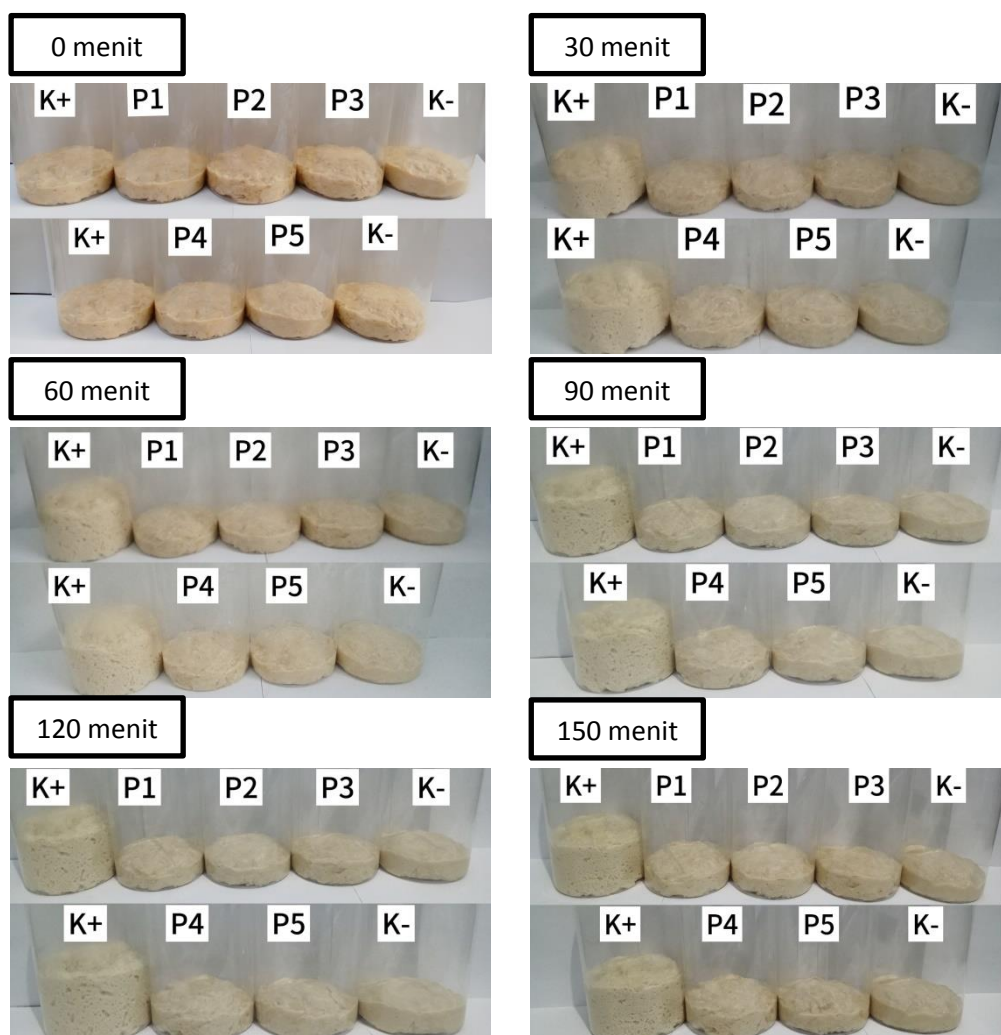
---



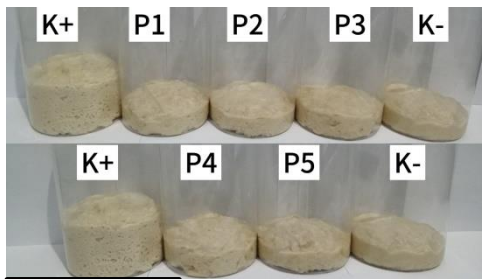
K-

---

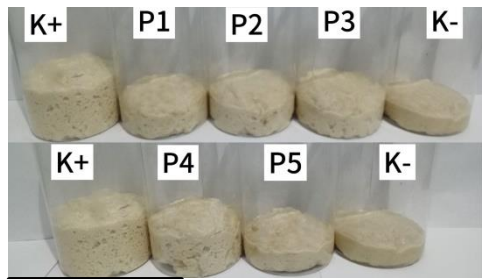
### Lampiran 8. Dokumentasi pengembangan adonan roti selama 12 jam



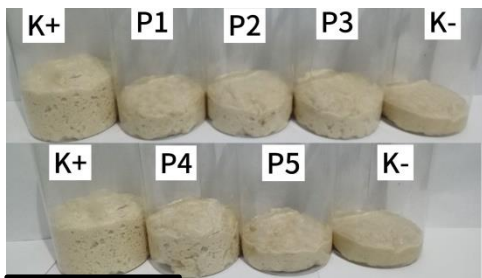
180 menit



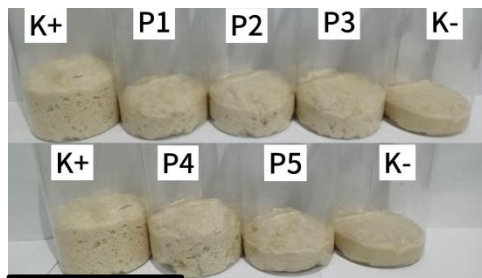
210 menit



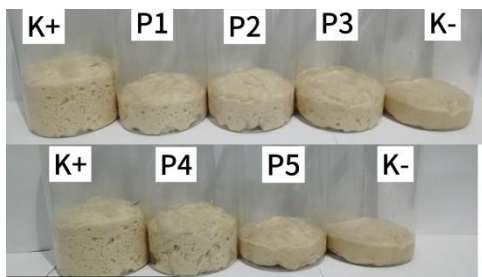
240 menit



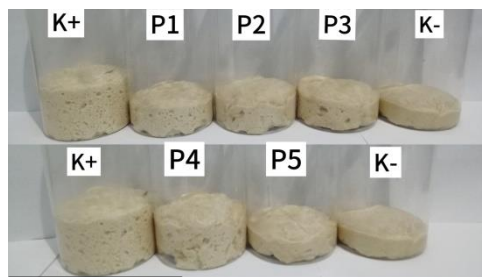
270 menit



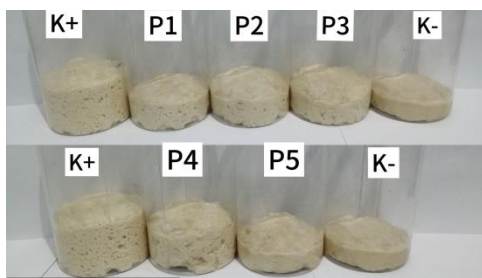
300 menit



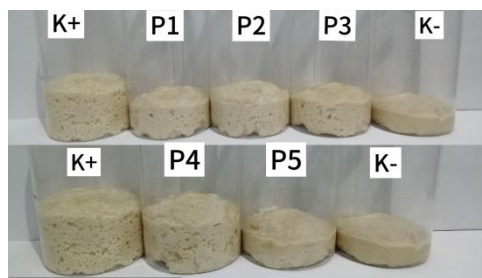
330 menit



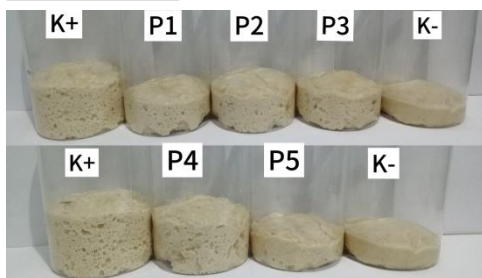
360 menit



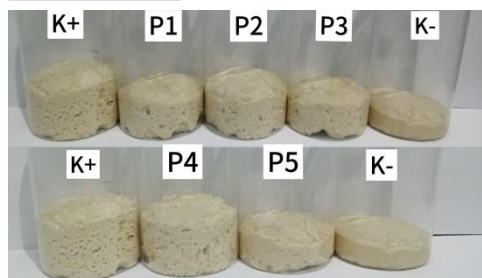
390 menit



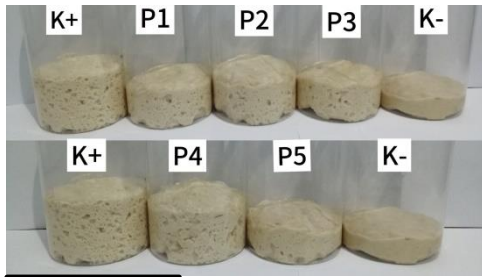
420 menit



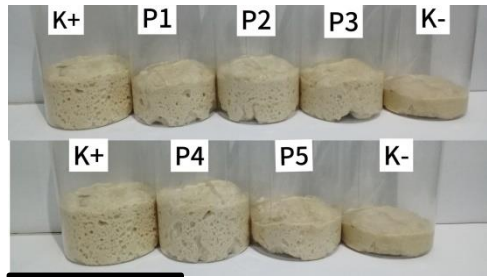
450 menit



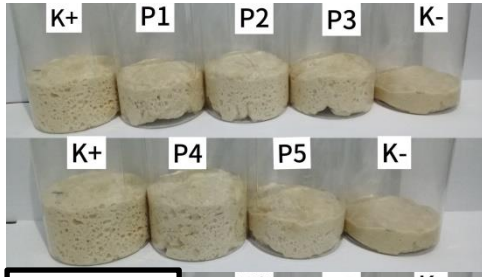
480 menit



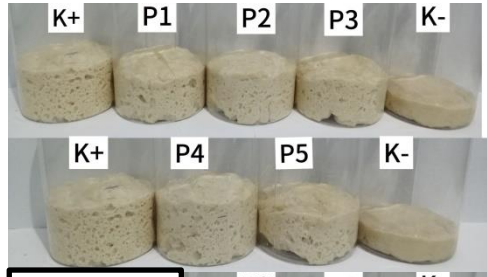
510 menit



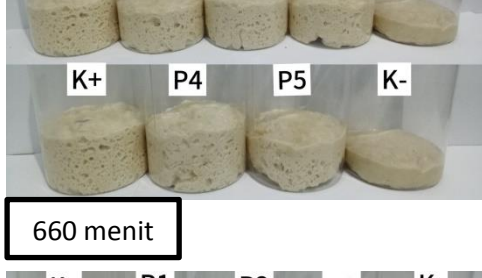
540 menit



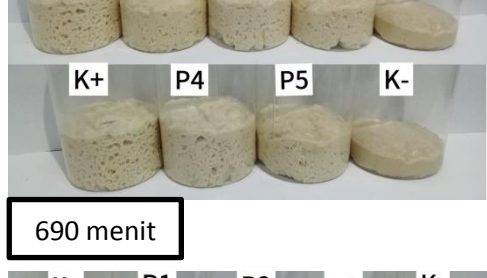
570 menit



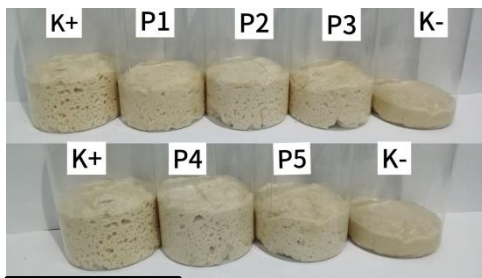
600 menit



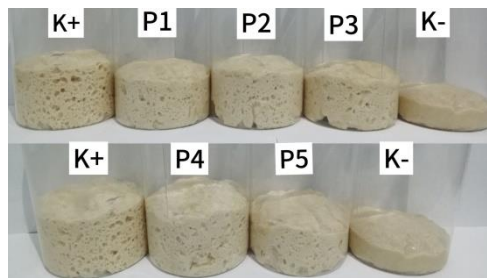
630 menit



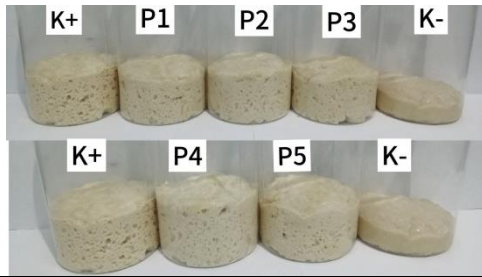
660 menit



690 menit



720 menit



### Lampiran 9. Hasil uji one way Anova biomassa khamir

#### Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Biomassa	Based on Mean	1.943	4	15	.155
	Based on Median	.725	4	15	.588
	Based on Median and with adjusted df	.725	4	6.521	.604
	Based on trimmed mean	1.709	4	15	.200

#### ANOVA

Biomassa

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.206	4	.052	11.932	.000
Within Groups	.065	15	.004		
Total	.271	19			

### Lampiran 10. Hasil uji lanjut Duncan (DMRT) biomassa khamir

#### Biomassa

Duncan<sup>a</sup>

yeast_extract	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
P4	4	.1095		
P5	4		.2570	
P1	4		.3093	
P2	4		.3360	.3360
P3	4			.4145
Sig.		1.000	.127	.112

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

### Lampiran 11. Hasil uji one way Anova jumlah sel hidup khamir

#### Tests of Normality

	yeast_extract	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
jumlah_sel	P1	.245	4	.	.927	4	.580
	P2	.270	4	.	.945	4	.686
	P3	.263	4	.	.871	4	.303
	P4	.249	4	.	.927	4	.575
	P5	.345	4	.	.868	4	.290

a. Lilliefors Significance Correction

#### Test of Homogeneity of Variances

		Levene	df1	df2	Sig.
		Statistic			
jumlah_sel	Based on Mean	1.311	4	15	.311
	Based on Median	1.173	4	15	.362
	Based on Median and with adjusted df	1.173	4	6.937	.400
	Based on trimmed mean	1.297	4	15	.315

#### ANOVA

jumlah_sel					
	Sum of	df	Mean Square	F	Sig.
	Squares				
Between Groups	2.589E+15	4	6.472E+14	1.481	.257
Within Groups	6.556E+15	15	4.370E+14		
Total	9.145E+15	19			

### Lampiran 12. Hasil uji Kruskal Wallis

#### Test Statistics<sup>a,b</sup>

	Warna	Aroma	Tekstur	Rasa
Kruskal-Wallis H	19.426	65.206	53.841	98.577
df	6	6	6	6
Asymp. Sig.	.004	.000	.000	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Perlakuan

### Lampiran 13. Hasil uji lanjut Mann Whitney

#### Warna

K+≠K-	K-=P1	P1=P2	P2=P3	P3≠P4	P4=P5
K+=P1	K-≠P2	P1=P3	P2=P4	P3=P5	
K+=P2	K-≠P3	P1≠P4	P2=P5		
K+=P3	K-≠P4	P1=P5			
K+≠P4	K-≠P5				
K+=P5					

#### Aroma

K+≠K-	K-≠P1	P1=P2	P2=P3	P3=P4	P4=P5
K+≠P1	K-≠P2	P1=P3	P2=P4	P3≠P5	
K+≠P2	K-≠P3	P1=P4	P2=P5		
K+≠P3	K-≠P4	P1=P5			
K+≠P4	K-≠P5				
K+≠P5					

#### Tekstur

K+=K-	K-≠P1	P1≠P2	P2=P3	P3=P4	P4=P5
K+=P1	K-≠P2	P1=P3	P2=P4	P3=P5	
K+≠P2	K-≠P3	P1≠P4	P4=P5		
K+≠P3	K-≠P4	P1≠P5			
K+≠P4	K-≠P5				



K+≠P5					
-------	--	--	--	--	--

**Rasa**


K+≠K-	K-≠P1	P1=P2	P2=P3	P3=P4	P4≠P5
K+≠P1	K-≠P2	P1=P3	P2=P4	P3=P5	
K+≠P2	K-≠P3	P1=P4	P2=P5		
K+≠P3	K-≠P4	P1=P5			
K+≠P4	K-≠P5				



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI BIOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp./ Faks. (0341) 558933  
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: [biologi@uin-malang.ac.id](mailto:biologi@uin-malang.ac.id)

### Form Checklist Plagiasi

**Nama** : Nur Aisyah  
**NIM** : 200602110039  
**Judul** : Pengaruh Penambahan *Yeast Extract* pada Media Air Kelapa terhadap Pertumbuhan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Hanseniaspora opuntiae* Sebagai Pengembang Adonan Roti

No	Tim Check plagiasi	Skor Plagiasi	TTD
1	Azizatur Rohmah, M.Sc		
2	Berry Fakhry Hanifa, M.Sc		
3	Bayu Agung Prahardika, M.Si	228	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi

  
Dr. Enka Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533  
Website <http://www.uin-malang.ac.id> Email: [info@uin-malang.ac.id](mailto:info@uin-malang.ac.id)

#### JURNAL BIMBINGAN SKRIPSI

##### IDENTITAS MAHASISWA

NIM : 200602110039  
Nama : NUR AISYAH  
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jurusan : BIOLOGI  
Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. Hj. ULFAH UTAMI, M.Si  
Dosen Pembimbing 2 : Dr. H. AHMAD BARIZI, MA  
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi : PENGARUH PENAMBAHAN YEAST EXTRACT PADA MEDIA AIR KELAPA TERHADAP PERTUMBUHAN CAMPURAN KHAMIR *Saccharomyces cerevisiae* DAN *Hanseniaspora opuntiae* SEBAGAI PENGEMBANG ADONAN ROTI

##### IDENTITAS BIMBINGAN

No	Tanggal Bimbingan	Nama Pembimbing	Deskripsi Proses Bimbingan	Tahun Akademik	Status
1	03 November 2023	Prof. Dr. Hj. ULFAH UTAMI, M.Si	Pengajuan judul	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
2	13 Desember 2023	Prof. Dr. Hj. ULFAH UTAMI, M.Si	Pengajuan Bab I, II, III	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
3	29 Desember 2023	Prof. Dr. Hj. ULFAH UTAMI, M.Si	Pengajuan revisi Bab I, II, III	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
4	04 Januari 2024	Dr. H. AHMAD BARIZI, MA	Konsultasi integrasi Bab I & II	Ganjil 2023/2024	Sudah Dikoreksi
5	03 Juni 2024	Prof. Dr. Hj. ULFAH UTAMI, M.Si	Pengajuan Bab I, II, III, IV, V	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi
6	05 Juni 2024	Dr. H. AHMAD BARIZI, MA	Konsultasi integrasi Bab I, II, IV	Genap 2023/2024	Sudah Dikoreksi

Telah disetujui  
Untuk mengajukan ujian Skripsi

Dosen Pembimbing 2

Dr. H. AHMAD BARIZI, MA

Malang, 5 Juni 2024  
Dosen Pembimbing 1

Prof. Dr. Hj. ULFAH UTAMI, M.Si

