

**ANALISIS PERBANDINGAN BAHAN PENYALUT TERHADAP
VIABILITAS ENKAPSULAN CAMPURAN KHAMIR *Saccharomyces
cerevisiae* DAN *Candida tropicalis* SEBAGAI AGEN PENGEMBANG ROTI**

SKRIPSI

**Oleh :
NOVITA SYAFIRA AFIAN TI
NIM. 19620050**



**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**ANALISIS PERBANDINGAN BAHAN PENYALUT TERHADAP
VIABILITAS ENKAPSULAN CAMPURAN KHAMIR *Saccharomyces
cerevisiae* DAN *Candida tropicalis* SEBAGAI AGEN PENGEMBANG ROTI**

SKRIPSI

**Oleh :
NOVITA SYAFIRA AFIANTI
NIM. 19620050**

**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
2023**

**ANALISIS PERBANDINGAN BAHAN PENYALUT TERHADAP
VIABILITAS ENKAPSULAN CAMPURAN KHAMIR *Saccharomyces
cerevisiae* DAN *Candida tropicalis* SEBAGAI AGEN PENGEMBANG ROTI**

SKRIPSI

**Oleh :
NOVITA SYAFIRA AFIANTI
NIM. 19620050**

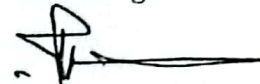
**telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
tanggal : Juli 2023**

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**

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

**ANALISIS PERBANDINGAN BAHAN PENYALUT TERHADAP
VIABILITAS ENKAPSULAN CAMPURAN KHAMIR *Saccharomyces
cerevisiae* DAN *Candida tropicalis* SEBAGAI AGEN PENGEMBANG ROTI**

SKRIPSI

**Oleh :
NOVITA SYAFIRA AFIANTI
NIM. 19620050**

**telah dipertahankan
di depan Dewan Penguji Skripsi dan dinyatakan diterima sebagai
salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si)
Tanggal : Agustus 2023**

Penguji Utama	: Ir. Liliek Harianie A. R., M.P	(.....)
	NIP. 19620901 199803 2 001	
Ketua Penguji	: Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc	(.....)
	NIP. 19920507 201903 2 026	
Sekretaris Penguji	: Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M. Si	(.....)
	NIP. 19650509 199903 2 002	
Anggota Penguji	: Dr. H. Ahmad Barizi, M.A	(.....)
	NIP. 19731212 199803 1 008	

**Mengesahkan,
Ketua Program Studi Biologi**



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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dipersembahkan untuk ibu dan ayah yang hebat, keluarga yang setia mendukung, dan semuanya yang membaca ini.

Kepada Ibu Prastiwi Muvida yang telah menjadi guru pertama dan teman bagi jiwa

Kepada Ayah Wahyudi yang raganya telah pergi namun jiwanya akan selalu hidup

dan juga kepada Tante, Sri Wiludjeng, Kakak Daniar dan adek Khrisna yang setia membersamai

Terima kasih untuk deras keringat ayah dan banjir tangis ibu yang hadir dalam setiap langkah menghantarkan kedua putrinya hingga sarjana dan langkah-langkah besar lainnya

Terima kasih untuk doa dan dukungan yang terus mengalir hingga detik ini

Terima kasih telah menghadirkan tempat pulang yang hangat

Tak lupa, kepada diri sendiri yang sudah melangkah sejauh ini

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat untuk penelitian selanjutnya, menghantarkan kita untuk meningkatkan iman dan taqwa dan meningkatkan derajat dihadapan-Nya untuk meraih surga-Nya.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Novita Syafira Afianti
NIM : 19620050
Program Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Analisis Perbandingan Bahan Penyalut Terhadap Viabilitas
Enkapsulan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae*
dan *Candida tropicalis* Sebagai Agen Pengembang Roti

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

Malang, 1 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan,



NOVITA SYAFIRA AFIANTI

NIM. 19620050

Analisis Perbandingan Bahan Penyalut Terhadap Viabilitas Enkapsulan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* Sebagai Agen Pengembang Roti

Novita Syafira Afianti, Ulfah Utami, Ahmad Barizi

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

ABSTRAK

Khamir merupakan salah satu golongan mikroorganisme yang banyak dimanfaatkan salah satunya sebagai pengembang roti. Campuran spesies *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* terbukti mampu menghasilkan roti dengan kualitas baik. Penggunaan pengembang roti yang efisien dapat digunakan dalam bentuk serbuk kering melalui prosedur enkapsulasi. Enkapsulasi mampu melindungi khamir dengan penambahan bahan penyalut sehingga terbentuk mikrokapsul dan melindungi khamir dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbandingan bahan penyalut antara maltodekstrin dan protein whey (MD:PW) pada enkapsulan campuran khamir *S. cerevisiae* dan *C. tropicalis*. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat empat perlakuan yang terdiri dari perbandingan 1:1, 1:3, 1:5 dan tanpa bahan penyalut sebagai kontrol. Enkapsulan yang terbentuk kemudian dihitung presentase viabilitas antara sebelum dan sesudah spray drying, dan presentase kadar air kemudian dianalisis dengan uji ANOVA. Pengaruh pada adonan roti dihitung berdasarkan peningkatan volume adonan selama 720 menit dan dianalisis secara deskriptif. Uji organoleptik untuk mengukur kesukaan terhadap warna, rasa, tekstur dan aroma roti setelah dipanggang dianalisis dengan uji kruskall-wallis. Presentase viabilitas tertinggi pada khamir dengan perbandingan 1:3 mencapai 80,88% namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1:5. Kadar air terendah didapatkan pada perbandingan 1:1 dengan presentase 6,99% namun tidak berbeda nyata pada perbandingan 1:3. Volume roti tertinggi dihasilkan dari enkapsulan khamir dengan perbandingan 1:3 sebesar 226,87 cm³. Roti yang menggunakan khamir dengan bahan penyalut menunjukkan lebih disukai dibanding tanpa bahan penyalut.

Kata kunci : Khamir pengembang roti, enkapsulasi, maltodekstrin, protein whey

**Analysis of Wall Material Ratio To Encapsulant Viability of Yeast Mixture
Saccharomyces cerevisiae and *Candida tropicalis* As Bread Development
Agents**

Novita Syafira Afianti, Ulfah Utami, Ahmad Barizi

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

ABSTRACT

Yeast is one class of microorganisms that are widely used, one of which is as a bread developer. A mixture of *species Saccharomyces cerevisiae* and *Candida tropicalis* proved to be able to produce bread with good quality. The efficient use of bread developers can be used in the form of dry powder through an encapsulation procedure. Encapsulation is able to protect yeast by adding coating material so that microcapsules are formed and protect yeast from unfavorable environmental conditions. The purpose of this study was to determine the effect of the comparison of coating materials between maltodextrin and whey protein (MD: PW) on the encapsulation of a mixture of yeast *S. cerevisiae* and *C. tropicalis*. This research is a quantitative research with an experimental approach using the Complete Randomized Design (RAL) method. There are four treatments consisting of a ratio of 1: 1, 1: 3, 1: 5 and without coating material as a control. The encapsulant formed is then calculated the percentage of viability between before and after spray drying, and the percentage of moisture content is then analyzed by the ANOVA test. The effect on bread dough was calculated based on an increase in dough volume over 720 minutes and analyzed descriptively. Organoleptic tests to measure liking for the color, taste, texture and aroma of bread after baking were analyzed by the kruskall-wallis test. The highest percentage of viability in yeast with a ratio of 1: 3 reached 80.88% but did not differ significantly from the treatment of 1: 1. The lowest water content was obtained at a ratio of 1: 1 with a percentage of 6.99% but did not differ significantly at a ratio of 1: 3. The highest volume of bread is produced from yeast encapsulants with a ratio of 1:3 of 226.87 cm³. Bread that uses yeast with a coating agent shows to be preferred over no coating agent.

Keywords : Bakery yeast, encapsulation, maltodextrin, whey protein

تحليل مقارنة لمواد الطلاء مقابل الجدوى المغلفة لمزيج من الخميرة *Saccharomyces cerevisiae* و *Candida tropicalis* كعامل لتطوير الخبز

نوفيتا سيفيرا أفيانتي، ألفاه أوتامي، أحمد بريزي

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

تجريدي

الخميرة هي فئة واحدة من الكائنات الحية الدقيقة التي تستخدم على نطاق واسع ، واحدة منها كمطور للخبز. أثبت مزيج من الأنواع *Saccharomyces cerevisiae* و *Candida tropicalis* أنه قادر على إنتاج الخبز بجودة جيدة. يمكن استخدام الاستخدام الفعال لمطوري الخبز في شكل مسحوق جاف من خلال إجراء التغليف. التغليف قادر على حماية الخميرة عن طريق إضافة مواد الطلاء بحيث يتم تشكيل كبسولات دقيقة وحماية الخميرة من الظروف البيئية غير المواتية. كان الغرض من هذه الدراسة هو تحديد تأثير مقارنة مواد الطلاء بين مالتوديكترين وبروتين مصال اللبن (MD: PW) على تغليف خليط من الخميرة *S. cerevisiae* و *C. tropicalis*. هذا البحث هو بحث كمي مع نهج تجريبي باستخدام طريقة التصميم العشوائي الكامل (RAL). هناك أربع معالجات تتكون من نسبة 1:1 ، 1:3 ، 1:5 وبدون مادة طلاء كعنصر تحكم. ثم يتم حساب المغلف المتكون النسبة المئوية للصلاحيات بين قبل وبعد التجفيف بالرش ، ثم يتم تحليل النسبة المئوية لمحتوى الرطوبة بواسطة اختبار ANOVA. تم حساب التأثير على عجينة الخبز بناء على زيادة حجم العجين خلال 720 دقيقة وتحليلها وصفيًا. تم تحليل الاختبارات الحسية لقياس الإعجاب بلون الخبز وطعمه وملامسه ورائحته بعد الخبز بواسطة اختبار kruskall-wallis. بلغت أعلى نسبة صلاحية في الخميرة بنسبة 1:3 و80.88% ولكنها لم تختلف اختلافًا كبيرًا عن علاج 1:1. تم الحصول على أقل محتوى مائي بنسبة 1:1 بنسبة 6.99% ولكن لم يختلف اختلافًا كبيرًا بنسبة 1:3. يتم إنتاج أكبر حجم من الخبز من مغلفات الخميرة بنسبة 1:3 من 226.87 سم³. يظهر الخبز الذي يستخدم الخميرة مع عامل طلاء أنه مفضل على عدم وجود عامل طلاء.

الكلمات المفتاحية : خميرة المخابز ، التغليف ، مالتوديكترين ، بروتين مصال اللبن

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Bismillahirrohmaanirrohiim, segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “*Analisis Perbandingan Bahan Penyalut Terhadap Viabilitas Enkapsulan Campuran Khamir Saccharomyces cerevisiae Dan Candida tropicalis Sebagai Agen Pengembang Roti*”. Tidak lupa pula shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW. yang telah menegakkan diinul Islam yang terpatri hingga akhirul zaman. Aamiin.

Berkat bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak maka penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga khususnya kepada :

1. Prof. Dr. H. M. Zainuddin, M. A selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini, M. Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M. P. selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. 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 tugas akhir ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Evika Sandi Savitri, M. P. selaku Dosen wali, yang telah membimbing dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
6. Ir. Liliek Harianie A. R., M.P dan Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc selaku penguji yang telah memberikan banyak saran masukan sehingga penelitian ini menjadi lebih baik.
7. Seluruh dosen dan laboran di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang setia menemani penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium tersebut.
8. Pak Tama dan Mbak Hanifah Ratna di Fakultas Farmasi UGM, Bu Syafa dan Bu Rahma di Lab. Halal Center UNISMA yang telah banyak membantu berjalannya penelitian.
9. Yuanita Refa K.M.Si., Putri Annisa, S.Si., Nila Anjani S.Si., dan Yekti S.Si., yang telah mengizinkan penulis untuk mengembangkan hasil penelitiannya sekaligus menjadi mentor selama perjalanan skripsi.
10. M.Imam, S.Si, Dainul Titi, M.Si, Reza Avika, S.Si, Dayana, S.Si., Nara, S.Si, dan Amalia Nasyira, S.Si. yang telah kebersamai selama penelitian.

Tak lupa teman-teman seperjuangan yang telah berjuang bersama di Laboratorium Mikrobiologi.

11. Keluarga Biologi B 2019, Elite 2019 dan Keluarga UKM Simfoni FM khususnya Kabinet Simfoni Airlines 2022-2023.

Semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT. Skripsi ini sudah ditulis secara cermat dan sebaik-baiknya, namun apabila ada kekurangan, saran dan kritik yang membangun, sangat penulis harapkan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
تجریدي.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	8
1.3 Tujuan penelitian.....	9
1.4 Hipotesis.....	9
1.5 Manfaat penelitian.....	10
1.6 Batasan masalah	10

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Khamir.....	12
2.1.1 <i>Sacharomycess cerevisiae</i>	15
2.1.2 <i>Candida tropicalis</i>	16
2.1.3 Kombinasi Khamir.....	18
2.2 Enkapsulasi.....	19
2.3 <i>Spray drying</i>	21
2.4 Bahan Penyalut.....	26
2.4.1 Maltodekstrin.....	27
2.4.2 Protein whey	29
2.5 Perhitungan sel khamir.....	30
2.6 Perhitungan Kadar Air.....	32
2.6 Kualitas Hasil Roti	32

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan penelitian	36
3.2 Waktu dan tempat penelitian.....	36
3.3 Alat dan bahan.....	37

3.3.1 Alat penelitian.....	37
3.3.2 Bahan penelitian	37
3.4 Prosedur penelitian.....	37
3.4.1 Sterilisasi alat dan bahan.....	37
3.4.2 Pembuatan media.....	38
3.4.3 Persiapan mikroorganisme dan kultur	39
3.4.4 Prosedur enkapsulasi	39
3.4.5 Perhitungan Jumlah sel hidup pada hasil enkapsulasi khamir.....	40
3.4.6 Pengujian kadar air	41
3.4.7 Pembuatan adonan roti.....	41
3.4.8 Pengujian kualitas roti	41
3.5 Analisis data	43

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap mikroenkapsulan khamir pengembang roti.....	44
4.2 Pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap kadar air enkapsulasi khamir	50
4.3 Pengaruh perbandingan bahan penyalut pada enkapsulasi khamir terhadap kualitas hasil roti	52
4.3.1 Daya kembang adonan.....	52
4.3.2 Uji Organoleptik	55

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	62

DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

3.1 Variasi perbandingan bahan penyalut	36
4.1 Data viabilitas khamir pada masing-masing perlakuan	44
4.2 Data kadar air pada serbuk enkapsulasi khamir	50
4.3 Data hasil uji lanjut Mann-whitney pada perbedaan perbandingan bahan penyalut enkapsulan khamir terhadap sifat organoleptik roti	58

DAFTAR GAMBAR

2.1 Morfologi isolat YIS-3	15
2.2 Morfologi isolat NJM-2	17
2.3 Struktur mikrokapsul	20
2.4 Skema <i>spray drying</i>	22
2.5 Struktur maltodekstrin	28
4.1 Hasil enkapsulasi khamir	49
4.2 Grafik perkembangan volume roti selama 720 menit dengan enkapsulan khamir	53
4.3 Hasil roti yang telah dipanggang dengan enkapsulan khamir dengan bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

1. Hasil Uji ANOVA pengaruh kombinasi bahan penyalut terhadap viabilitas sel khamir	73
2. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap viabilitas sel khamir.....	73
3. Hasil Uji ANOVA pengaruh kombinasi bahan penyalut terhadap kadar air.....	74
4. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh kombinasi bahan penyalut terhadap kadar air.....	74
5. Pengembangan volume adonan roti selama 720 menit	75
6. Hasil uji kruskal wallis uji organoleptik roti.....	76

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Roti merupakan produk pangan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Dalam 10 tahun terakhir, permintaan pasar, tingkat konsumsi, dan pertumbuhan bisnis roti baik dalam skala UMKM maupun skala yang lebih besar menunjukkan kenaikan yang signifikan (Hardini dkk., 2022). Kandungan nutrisi dalam roti mencakup nutrisi makro dan mikro dalam jumlah yang tinggi (Dewettinck et al., 2008). Pembentukan nutrisi dalam roti tidak hanya berasal dari bahan adonan namun juga terbentuk saat proses fermentasi berlangsung (Bartkiene et al., 2022). Fermentasi dalam adonan dilakukan oleh salah satu bahan utama roti yang itu pengembang yang terdiri dari khamir (Sitepu, 2019).

Khamir dalam adonan roti akan memfermentasi adonan roti melalui produksi karbondioksida dan senyawa-senyawa lain (Ali *et al.*, 2012). Proses ini merupakan proses penting yang menentukan kualitas akhir roti. Reologi (viskositas, elastisitas, ekstensibilitas) adonan, tekstur roti, volume, dan rasa dipengaruhi oleh kondisi fermentasi saat proses produksi. Salah satu faktor keberhasilan fermentasi didasarkan pada spesies yang digunakan (Struyf *et al.*, 2017). Spesies yang paling banyak digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Namun pada penelitian terbaru, banyak dikembangkan non-*Saccharomyces* seperti *Candida tropicalis* untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produk. Roti dengan campuran khamir kedua spesies tersebut menghasilkan aroma yang lebih baik dibandingkan hanya menggunakan *Saccharomyces* saja (Sopandi & Wardah (2019); Li *et al.*, 2019; Zhou *et al.* (2021); Maicas & Mateo, 2023).

Khamir pengembang roti dalam kondisi segar berbentuk pasta dengan kadar air mencapai 70% (Anjum *et al.*, 2010). Kondisi tersebut menjadikan daya simpan yang singkat walaupun disimpan pada suhu kulkas. Di sisi lain, khamir merupakan mikroorganisme yang dapat terjaga viabilitasnya walaupun dalam kondisi dehidrasi. Oleh karena itu, khamir dapat dikeringkan hingga kadar air mencapai 4-8,5% (Joseph & Bachhawat, 2014). Khamir kering tersebut tetap memiliki viabilitas yang baik yang dapat dilihat melalui daya produksi gas saat proses fermentasi adonan berlangsung. Kapasitas produksi gas merupakan parameter penting karena mampu mengembangkan adonan dan meningkatkan volume. Selain viabilitas yang tetap terjaga, kondisi kering tersebut memudahkan dalam proses penyimpanan hingga beberapa bulan dan memudahkan proses distribusi (G'elinas, 2019).

Saat ini khamir kering mudah ditemukan yang biasa disebut dengan ragi roti (Sitepu, 2019). Proses produksi ragi roti secara komersil mayoritas menggunakan enkapsulasi dengan metode *fluidized bed* (pengeringan dengan fluidisasi) (Soltani *et al.*, 2020). Enkapsulasi merupakan proses fisikokimia atau mekanis untuk melindungi zat inti dalam suatu bahan untuk membentuk partikel yang disebut dengan enkapsulan. Dalam industri makanan, enkapsulasi bertujuan untuk menjaga dari reaksi oksidatif, melindungi rasa, warna, dan bau, mengatur proses pelepasan dan memperpanjang umur simpan (Burgain *et al.*, 2011).

Tujuan utama enkapsulasi pada sel hidup seperti probiotik untuk melindungi dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Sel yang dienkapsulasi sebagai bahan inti akan tersebar dalam matriks yang disebut dengan pelapis atau bahan penyalut (Burgain *et al.*, 2011). Morfologi partikel tersebut terbentuk berdasarkan metode yang digunakan (Choudhury *et al.*, 2021). *Fluidized-bed* menghasilkan

ukuran partikel lebih besar (10-3000 μm) dibandingkan metode *spray drying* dengan ukuran 5 -100 μm (Barbosa-Cánovas & Vega-Mercado, 1996; Nisa dkk., 2019).

Metode *spray drying* merupakan metode enkapsulasi yang saat ini banyak dikembangkan terutama pada produk probiotik untuk menjaga viabilitas (Burgain *et al.*, 2011). Dibandingkan dengan metode *fluidized bed*, *spray drying* memiliki kelebihan pada durasi produksi partikel yang cukup singkat. *Spray drying* membutuhkan waktu 5-100 detik untuk membentuk partikel sedangkan *fluidized bed* hingga 300 menit (Barbosa-Cánovas & Vega-Mercado, 1996). Perbedaan ini salah satunya disebabkan oleh penggunaan suhu yang lebih tinggi pada *spray dryer* mencapai 120°C pada probiotik sedangkan *fluidized bed* menggunakan suhu maksimal 50°C (Burrows, 1973; Kakuda *et al.*, 2023).

Metode *Spray drying* memproduksi partikel dengan mengubah bentuk bahan dari cairan menjadi partikel kering melalui proses penyemprotan gas dengan suhu tinggi (Choudhury *et al.*, 2021). Oleh karena itu, proses ini dinilai memiliki produktivitas paling tinggi. Selain itu, *spray drying* membutuhkan biaya yang rendah, berkelanjutan, dan proses yang berskala (Salama, 2020). Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma (2022) dan Annisa (2022) pada *S.cerevisiae* dan *C.tropicalis* yang dilakukan *spray drying* mempertahankan viabilitas sel dan mampu mengembangkan adonan dengan cukup baik.

Di sisi lain, penggunaan temperatur suhu tinggi meningkatkan resiko kematian sel karena terjadi perubahan biokimia seperti kerusakan membran sitoplasma sehingga mendorong perubahan susunan asam nukleat, protein dan unsur dalam sel lainnya (Ahi *et al.*, 2010). Walaupun begitu, metode ini dapat

dikembangkan dengan optimalisasi faktor penting yaitu komposisi suspensi (Halahlah *et al.*, 2023). Komposisi suspensi memberikan dampak secara langsung dalam mendukung viabilitas sel dengan melindungi dari pengaruh lingkungan yang buruk (Burgain *et al.*, 2011). Suspensi terdiri dari campuran bahan inti dan bahan penyalut. Selain mempengaruhi viabilitas enkapsulan, bahan penyalut mempengaruhi stabilitas suspensi sebelum proses pengeringan, stabilitas mekanik dan aliran suspensi saat pengeringan (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015).

Karakteristik bahan penyalut diantaranya harus mampu membentuk film, mudah terurai secara alami, memiliki viskositas dan higroskopisitas yang rendah (Yunilawati dkk., 2018). Bahan yang digunakan terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, atau gabungan dari beberapa bahan tersebut (Corrêa-Filho *et al.*, 2019). Jenis karbohidrat yang umum digunakan seperti pati, sirup jagung solid, dan maltodekstrin (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Polisakarida merupakan bahan utama untuk *edible film* karena memiliki nilai *water vapour* (WVP) yang lebih rendah dibanding bahan protein. Namun penambahan protein digunakan untuk meningkatkan kualitas enkapsulan menjadi lebih baik (Assagaf dkk., 2013). Protein hewani seperti gelatin, kasein, protein whey, putih telur dan kaseinat maupun protein nabati seperti jagung, kacang polong, gandum, dan protein kedelai dapat digunakan sebagai bahan penyalut (Pech-Canul *et al.*, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Kusuma (2022) pada enkapsulasi *S. cerevisiae* menunjukkan bahwa gabungan maltodekstrin dan protein whey mempertahankan viabilitas tertinggi hingga 78% dengan hasil pengembangan adonan roti terbaik. Hasil tersebut didukung oleh Akhtar & Dickinson (2007) sebagai bahan alternatif pengganti gum arab yang bernilai tinggi, pada flavonoid

(Zhao *et al.*, 2022), dan pada probiotik (Bhagwat *et al.*, 2020; Minj & Anand, 2022). Maltodekstrin memiliki tingkat higroskopis dan viskositas rendah dan tingkat kepadatan tinggi (Akbarbaglu *et al.*, 2021; Arya & Kumar, 2023). Namun maltodekstrin sulit membentuk lapisan tipis (film) untuk melindungi bahan inti, suhu transisi kaca yang rendah sehingga bubuk mudah menjadi lengket, dan daya emulsi yang rendah (Hasna dkk., 2019; Akbarbaglu *et al.*, 2021; Arya & Kumar, 2023). Sebaliknya, protein whey sebagai kompleks protein matriks mampu mentransfer panas sehingga serbuk yang terbentuk memiliki tingkat higroskopisitas rendah dan kepadatan yang lebih tinggi (Arya & Kumar, 2023). Selain itu, mudah membentuk film dan meningkatkan daya emulsi (Jain *et al.*, 2015; Kandasamy *et al.*, 2021).

Protein baik digunakan sebagai bahan enkapsulan probiotik. Bahan ini dipilih karena mampu melindungi sel dengan permeabilitas yang baik terhadap oksigen dan karbondioksida. Selain itu, setiap protein memiliki sifat fisikokimia yang unik. Asam amino yang terkandung didalamnya memungkinkan untuk membentuk interaksi dengan bahan lain yang akan menghasilkan matriks yang berguna untuk membentuk kapsul dan melindungi bahan inti (Pech-Canul *et al.*, 2020). Resiko kematian sel pada saat proses pengeringan dengan suhu tinggi dapat dikurangi oleh protein karena memiliki sifat *thermoprotectant* dan mengisi ruang kosong akibat penguapan air dalam sel (Rajam & Anandharamakrishnan, 2015; El-Sayed *et al.*, 2023). Selain memberikan dampak positif terhadap fisikokimia enkapsulan, protein whey bermanfaat untuk kesehatan manusia karena mudah dicerna dan memiliki kandungan asam amino yang tinggi (Kandasamy *et al.*, 2021).

Kombinasi rasio antara maltodekstrin dan protein whey penting untuk kaji lebih dalam. Viabilitas sel bergantung pada sifat fisiko-kimia bahan penyalut yang digunakan (Burgain *et al.*, 2011). Penelitian dengan perbandingan setara yang dilakukan Rajam & Anandharamakrishnan (2015) pada *Lactobacillus plantarum* menghasilkan viabilitas 98%, Agudelo-Chaparro *et al.* (2022) pada *L. rhamosus* menghasilkan viabilitas 70%, dan Minj & Anand (2022) pada *Bifidobacterium animalis* dan *L. acidophilus* menunjukkan viabilitas hingga 85%. Namun penelitian yang dilakukan oleh Tirta *et al.* (2022) pada *Pediococcus acidilactici* menunjukkan viabilitas hingga 93% dengan kandungan protein lebih tinggi. Pada penelitian Sadiah dkk. (2022) pada enkapsulasi fenolik, perbandingan maltodekstrin dan protein whey 1:3 menunjukkan kadar total fenolik 64% lebih tinggi dibanding perbandingan 1:1 sebesar 59%. Pada penelitian Both *et al.* (2020) menunjukkan morfologi enkapsulan pada perbandingan 1:3 lebih bulat dibandingkan perbandingan 1:1 sehingga mampu melindungi bahan inti lebih baik (Hoyos-Leyva *et al.*, 2018). Di sisi lain, penelitian pada ekstrak protein kepala udang (Hakin & Chamidah, 2013) dan pada minyak (Akhtar & Dickinson, 2007) dengan perbandingan protein whey diatas 1:3 juga menunjukkan peningkatan kualitas enkapsulan melalui peningkatan ukuran partikel karena mampu melindungi bahan inti lebih baik (Arslan *et al.*, 2015).

Pengembangan penelitian mengenai komposisi bahan penyalut dalam enkapsulasi khamir sejalan dengan firman Allah dalam Qs. Yunus ayat 61, yaitu :

وَمَا تَكُونُ فِي شَأْنٍ وَمَا تَتْلُوا مِنْهُ مِنْ قُرْآنٍ 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

Artinya : “Engkau (Nabi Muhammad) tidak berada dalam suatu urusan, tidak membaca suatu ayat Al-Qur’an, dan tidak pula mengerjakan suatu pekerjaan, kecuali Kami menjadi saksi atasmu ketika kamu melakukannya. Tidak ada yang luput sedikit pun dari (pengetahuan) Tuhanmu, walaupun seberat zarah, baik di bumi maupun di langit. Tidak ada sesuatu yang lebih kecil dan yang lebih besar daripada itu, kecuali semua tercatat dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuz)..” (Q.S. Yunus [10] : 61).

Kata ذَرَّةٌ tidak hanya dimaknai sebagai biji sawi namun memiliki arti yang lebih luas. Allah SWT memberitahukan kepada nabi-Nya bahwa Ia Maha mengetahui semua yang terjadi pada umat-Nya. Tidak ada satu pun hal yang dapat disembunyikan bahkan sekecil atom yang ada di langit dan bumi dan yang lebih kecil sekalipun kecuali semuanya telah tercatat dalam kitab yang nyata. Kata *dzarrah* tidak hanya mencakup kebendaan saja namun juga binatang maupun tumbuhan yang berukuran sangat kecil atau mikro, tidak terkecuali dengan makhluk hidup seperti khamir.

Campuran *S.cerevisiae* dan *C.tropicalis* yang dienkapsulasi kemudian diuji melalui beberapa parameter yaitu uji viabilitas, uji kadar air, uji pengembangan adonan roti dan uji hedonik pada roti yang telah terbentuk. Uji viabilitas sel khamir penting digunakan untuk dapat mengembangkan adonan roti dan mengukur efektivitas perbandingan bahan penyalut yang digunakan. Kadar air pada hasil enkapsulasi khamir berhubungan dengan kualitas penyimpanan produk dan faktor lainnya seperti laju aliran suspensi (Jung *et al.*, 2018). Viabilitas sel khamir dihitung dengan menggunakan *countess II FL* dimana enkapsulan yang terbentuk diberi pewarna *tryphan blue* sehingga perbedaan sel hidup dan mati dapat dihitung secara otomatis (Kwizera *et al.*, 2018). Sedangkan kadar air dihitung dengan metode gravimetri untuk mengetahui berat tetap serbuk enkapsulasi (Marpaung & Romelan, 2019).

Khamir yang telah dienkapsulasi kemudian diaplikasikan pada adonan roti. Perhitungan pengembangan adonan roti bertujuan untuk mengukur aktivitas khamir dalam adonan saat terjadi proses fermentasi (Ahi *et al.*, 2010). Setelah roti terbentuk, keberhasilan proses fermentasi diuji melalui uji organoleptik. Uji ini berguna untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur, aroma, rasa, dan warna yang terbentuk dengan melibatkan 30 panelis tidak terlatih (Kusnedi, 2021).

Latar belakang tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian mengenai analisis perbandingan bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey terhadap viabilitas enkapsulan khamir *S. cerevisiae* dan *C. tropicalis* yang sebagai agen pengembang roti. Variasi perbandingan maltodekstrin dan protein whey (MD : PW) yang diberikan yaitu 1:1, 1:3, dan 1:5 dengan kontrol khamir tanpa bahan penyalut. Faktor tersebut menjadi tolak ukur untuk menemukan perbandingan bahan penyalut terbaik saat proses spray drying. Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis jumlah viabilitas sel khamir, kadar air pada enkapsulasi yang terbentuk dan uji kualitas roti melalui pengembangan adonan dan uji organoleptik pada roti karena diharapkan dapat diperoleh formulasi bahan penyalut dan kondisi spray drying yang baik untuk mengembangkan adonan roti.

1.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap viabilitas enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti ?

2. Bagaimana pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap kadar air enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti ?
3. Bagaimana pengaruh perbandingan bahan penyalut enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* terhadap kualitas roti (volume, aroma, warna, rasa, tekstur) ?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap viabilitas enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti.
2. Mengetahui pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap kadar air enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti.
3. Mengetahui pengaruh perbandingan bahan penyalut enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti terhadap kualitas roti (volume, aroma, warna, rasa, tekstur).

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah :

1. Terdapat pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap viabilitas enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti

2. Terdapat pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap kadar air enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti
3. Terdapat pengaruh perbandingan bahan penyalut enkapsulan campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* sebagai agen pengembang roti terhadap kualitas roti (volume, aroma, warna, rasa, tekstur).

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian yang dilakukan diharapkan bermanfaat untuk mengoptimalkan proses *spray drying* sebagai teknik penyimpanan spesies khamir lokal yang digunakan sebagai pengembang roti.
2. Adanya variasi perbandingan bahan penyalut diharapkan menjadi acuan menggunakan perbandingan yang baik.
3. Penelitian dilakukan diharapkan mampu diterapkan dalam bidang industri yang memanfaatkan kemampuan khamir.

1.6 Batasan masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Campuran isolat khamir yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang diberi kode YIS-3 dengan spesies *Saccharomyces cerevisiae* strain XZFM13-1 dan NJM 2 dengan spesies *Candida tropicalis* pada perbandingan 1:1.
2. Bahan penyalut yang digunakan adalah maltodekstrin dan protein whey dengan perbandingan 1 : 1, 1 : 3, 1 : 5 dengan perlakuan kontrol tanpa bahan penyalut.

3. Enkapsulasi menggunakan alat mini *spray dryer* dengan suhu *inlet* 115°C, suhu *outlet* 55 °C, dan laju aliran 40 ml/menit.
4. Parameter yang diamati meliputi jumlah viabilitas mikroenkapsulan sel khamir, kadar air mikroenkapsulan khamir, volume pengembangan adonan roti dan organoleptik pada roti.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Khamir

Khamir atau yang bisa disebut dengan *yeast* merupakan fungi uniselular eukariotik yang memiliki organel-organel seperti nukleus, badan golgi, mitokondria, retikulum endoplasma, vakuola, dan sitoskeleton. Ukuran tubuhnya sebesar 5 x 10 µm. Bentuk sel khamir bervariasi seperti oval, silindris atau bulat. Metode reproduksi utama melalui *budding* dan terkadang dengan fisi. Identifikasi khamir dapat dilakukan melalui pengamatan morfologi, fisiologi dan imunologi dalam teknik mikrobiologi. Saat ini, khamir sudah banyak diproduksi secara komersial terutama *Saccharomyces cerevisiae* (Montes de Oca *et al.*, 2016).

Khamir termasuk dalam Kingdom Eumycota yang dibagi dalam dua filum yaitu filum *Ascomycota* dan filum *Basidiomycota* (Kurtzman & J., 2015). Filum *Ascomycota* memiliki askospora (*asporogenous yeast*) dan tidak terdapat askokarp. Mayoritas anggota ini anggota dari ordo *Saccharomycetales* (Hamamoto & Nakase, 2000). Sementara itu, filum *Basidiomycota* memiliki basidia yaitu sel-sel, di mana spora seksual (basidiospora) diproduksi. Khamir ini memiliki koloni yang *soft*, biasanya *slimy* atau *mucoïd*. Contoh khamir ini yaitu genus *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichosporon* (Boekhout *et al.*, 2011).

Khamir hidup hampir diseluruh tempat mulai di wilayah akuatik, daratan, dan udara. Khamir dapat tumbuh pada daun, buah, dan nektar bunga. Beberapa makanan dapat ditumbuhi khamir seperti madu (Prihartini & Ilmi, 2018). Suhu optimal berkisar 25 – 30 °C, cukup lembab, dan nutrisi yang dibutuhkan berupa pati dan sedikit gula. Khamir yang disimpan dalam refrigerator akan memiliki proses

metabolisme yang lebih lambat. Ketika khamir digunakan, media yang digunakan harus cukup hangat agar hasil produksinya lebih baik (Ali *et al.*, 2012).

Khamir dibagi menjadi dua berdasarkan kemampuannya yaitu khamir oksidatif dan fermentatif. Khamir fermentatif banyak digunakan dalam bidang industri baik industri kesehatan, energi, maupun pangan. Khamir ini memiliki kemampuan menghasilkan senyawa metabolit baik primer maupun sekunder yang bermanfaat saat proses produksi (Anggraini dkk., 2019). Khamir fermentatif melakukan fermentasi alkohol melalui pemecahan gula (glukos) menjadi alkohol, asam laktat dan gas. Respirasi oksidatif mampu menghasilkan karbondioksida dan air. Beberapa ragi merupakan ragi fermentatif termasuk *Saccharomyces*, *Candida*, *Brettanomyces*, dan *Zygosaccharomyces*. Sementara non fermentatif adalah *Rhodotorula* (Howell, 2016).

Fungi yang tumbuh dalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu membentuk koloni tanpa membahayakan inang itu sendiri disebut dengan fungi endofit. Setiap tanaman memiliki satu atau lebih mikroorganisme endofit berupa bakteri atau fungi. Fungi endofit hidup secara intraseluler dalam jaringan tanaman sehat dengan menginduksi inang untuk menghasilkan senyawa metabolit sekunder. Induksi ini dapat disebabkan karena rekombinasi genetik atau koevolusi. Potensi fungi endofit dalam membentuk senyawa metabolit sekunder ini merupakan peluang untuk produksi skala besar dalam waktu singkat tanpa menimbulkan kerusakan ekologis (Murdiyah, 2017).

Penelitian saat ini banyak dilakukan untuk mencari kandidat fungi endofit yang terdapat di tumbuhan untuk dikembangkan menjadi berbagai kandidat. Penelitian yang dilakukan Asyikeen *et al* (2013) menunjukkan sebanyak 30 buah

lokal dari lokasi yang berbeda menunjukkan 13 isolat memiliki strain yang berpotensi sebagai agen pembuatan roti. Hasil tersebut menunjukkan kinerja fermentasi yang lebih baik dibandingkan dengan strain ragi komersial. Salah satu buah yang telah diteliti sebagai pengembang roti berasal dari salak pondoh (Sari, 2020), jagung manis (Fauziah, 2021), dan pepaya (Anjani, 2020). Perbedaan kandungan khamir dalam setiap buah-buahan sesuai dengan firman Allah dalam Q.S. Ar-Ra'd ayat 4 yang menjelaskan kandungan :

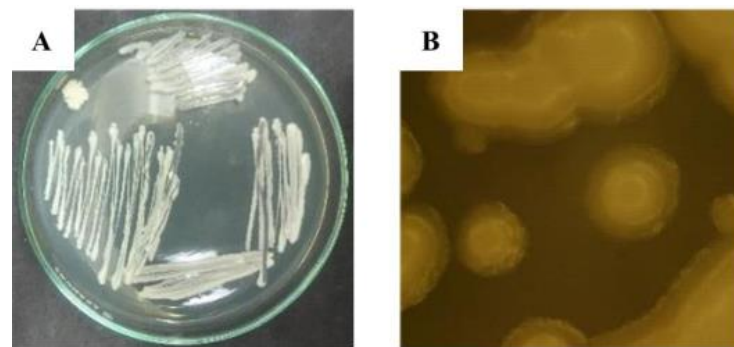
وَفِي الْأَرْضِ قِطْعٌ مُّتَجَوِّرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِّنْ أَعْنَابٍ وَزُرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنَوَانٌ وَغَيْرُ صِنَوَانٍ يُسْقَى بِمَاءٍ
وَاحِدٍ وَنُفْضِلُ بَعْضَهَا عَلَى بَعْضٍ فِي الْأَكْلِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ

Artinya : *“Di bumi terdapat bagian-bagian yang berdampingan, kebun-kebun anggur, tanaman-tanaman, dan pohon kurma yang bercabang dan yang tidak bercabang. (Semua) disirami dengan air yang sama, tetapi Kami melebihkan tanaman yang satu atas yang lainnya dalam hal rasanya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar (terdapat) tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi kaum yang mengerti.”* (Q.S. Ar-Ra'd [13] : 4).

Ayat tersebut menjelaskan timbulnya variasi rasa pada buah karena adanya perbedaan kandungan kimia didalamnya (RI, 2011). Dalam tafsir Al-Misbah dijelaskan bagaimana kondisi tanah dan lingkungan hidup mempengaruhi sifat-sifat tumbuhan. Dalam tanah terdapat pula berjuta makhluk hidup amat halus yang tidak dapat dilihat karena ukurannya sangat kecil. Dalam tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bagaimana kawasan-kawasan yang satu sama lainnya berdampingan, tetapi yang satunya berpembawaan subur, dapat menumbuhkan segala sesuatu yang bermanfaat bagi manusia; sedangkan yang lainnya tandus, tidak dapat menumbuhkan sesuatu pun.

2.1.1 *Sacharomycess cerevisiae*

Isolat YIS-3 berasal dari salak pondoh identik dengan spesies *Saccharomyces cerevisiae* strain XZFM13-1 (Zahroh, 2022). Spesies tersebut memiliki warna koloni putih krem, tekstur halus, dan permukaannya kusam (Gambar 2.1a). Isolat ini memiliki bentuk yang tidak beraturan dengan elevasi timbul (Gambar 2.1b). Khamir yang diamati dibawah perbesaran 1000x terlihat memiliki bentuk oval dengan ukuran panjang sel khamir 7,92 μm dengan lebar 5,81 μm . Reproduksi seksualnya melalui pembentukan askospora, tidak memiliki hifa sejati ataupun pseudohifa. Sedangkan reproduksi aseksual melalui pembentukan tunas (*budding*). *Budding* merupakan pembentukan sel baru dari sel induk dengan ukuran lebih kecil yang disebut dengan sel anak. Pertunasan khamir kode YIS-3 merupakan tunas multilateral. Tunas ini mampu tumbuh dari berbagai tempat pada permukaan khamir (Kurtzman & Fell, 1998).



Gambar 2.1 Morfologi isolat YIS-3 (a) Koloni isolat YIS-3 secara makroskopis ; (b) Morfologi mikroskopis koloni isolat YIS-3 (perbesaran 10x) (Sari, 2020).

Berikut merupakan klasifikasi *S. cerevisiae* menurut ITIS yaitu :

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota

Kelas : Saccharomycetes
Ordo : Saccharomycetales
Famili : Saccharomyceae
Genus : Saccharomyces
Species : *Saccharomyces cerevisiae*

S. cerevisiae memiliki merupakan spesies yang paling banyak dimanfaatkan selama ribuan tahun sebagai agen fermentasi untuk *wine*, bir, *cider*, sake, dan roti. Spesies ini dapat ditemukan di lingkungan sekitar mulai dari tanah, tumbuhan, hingga bagian tubuh manusia (Lahue *et al.*, 2020). Dalam industri roti, penggunaan *S. cerevisiae* telah dilakukan sejak abad 19 pada beragam jenis tepung seperti tepung terigu, tepung barley, tepung emmer, tepung maizena dan juga diaplikasikan pada *sourdough* yang mengandung bakteri asam laktat. *S. cerevisiae* akan mengubah oksigen yang ada di udara terperangkap dalam adonan kemudian melakukan fermentasi dalam kondisi anaerobik dan membentuk tekstur roti (Parapouli *et al.*, 2020). Selain itu, *S. cerevisiae* mampu membentuk aroma yang khas (Kezer, 2022), struktur remah yang lebih baik dan umur simpan yang lebih lama (Dong & Karboune, 2021).

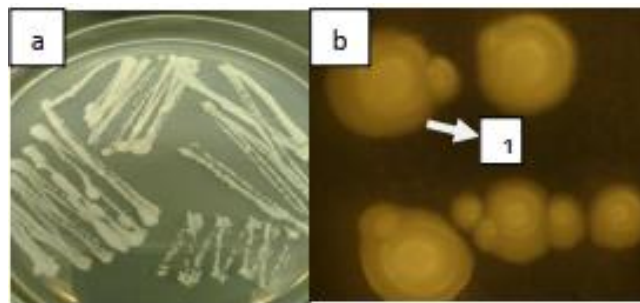
2.1.2 *Candida tropicalis*

Isolat NJM-2 yang berasal dari jagung manis. Bentuk isolat bulat dengan tekstur butyrous (seperti mentega), permukaan halus, berwarna krem, elevasinya timbul dengan tepi rata. Sel berbentuk oval dengan ukuran sekitar 6,25 x 3,71 μm (Gambar 2.2). Reproduksi isolat melalui pertunasan multilateral. Berdasarkan karakteristik mikroskopik dan makroskopik, isolat NJM2 termasuk dalam kelas *Hemiascomycetes*. Isolat NJM2 berdasarkan hasil uji biokimia menunjukkan

kemampuan mampu memfermentasikan glukosa, sukrosa, dan fruktosa. Khamir yang mampu memfermentasikan karbohidrat secara maksimal akan mampu mengembangkan roti secara maksimal. Secara molekuler, NJM2 menunjukkan similaritas 100% dengan spesies *Candida tropicalis*. Roti yang dihasilkan dengan khamir ini memiliki tekstur yang lebih baik dari roti dengan khamir komersial (Anjani, 2020).

Berikut merupakan klasifikasi *C. tropicalis* menurut ITIS yaitu :

Kingdom	: Fungi
Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Saccharomycetes
Ordo	: Saccharomycetales
Famili	: Saccharomyceae
Genus	: Candida
Species	: <i>Candida tropicalis</i>



Gambar 2.2 Morfologi Isolat NJM-2 (a) Koloni isolat NJM-2 secara makroskopis (perbesaran 1x) ; (b) Morfologi mikroskopis koloni isolat (perbesaran 10x) ; 1. Sel tunas (Sari, 2020).

C. tropicalis mempunyai keunggulan mampu bertahan dalam lingkungan dengan stress yang tinggi. *Osmotolerance* dan *halotolerance* dimiliki oleh *C. tropicalis* dengan respon yang efektif terhadap stress osmotik dan mampu

mentolerir konsentrasi garam yang tinggi (Liang *et al.*, 2022). Spesies ini mampu tumbuh dengan kondisi 10-15% natrium klorida dalam lingkungan *hypersaline* (Lima *et al.*, 2022). Suhu yang cukup tinggi berkisar 32-42°C mampu dihadapi spesies ini melalui sifat *thermotolerant* (Phommachan *et al.*, 2022).

2.1.3 Kombinasi Khamir

Perkembangan penelitian kombinasi khamir *Saccharomyces* dan non-*Saccharomyces* akhir-akhir ini menunjukkan peningkatan khususnya untuk meningkatkan kualitas produk pangan (Maicas & Mateo, 2023) seperti *wine* (Curiel *et al.*, 2017), cuka apel dan roti (Li *et al.*, 2019). Produk yang terbentuk memiliki aroma dan tekstur yang khas dan lebih disukai (Li *et al.*, 2019; Maicas & Mateo, 2023). Selain itu, beberapa khamir non-*Saccharomyces* memiliki manfaat untuk kesuburan tanah dan pelarut nutrisi tanah sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Maicas & Mateo, 2023). Kelebihan ini menjadikan kombinasi khamir mampu memberikan manfaat dari segi ekonomi (Liu *et al.*, 2019).

Campuran antara lebih dari satu spesies mikroba dapat dilakukan dengan berbagai teknik *co-culture* dimana komunitas mikroba terbentuk dan mempunyai hubungan kooperatif, komensal, dan mutualistik (Derman *et al.*, 2022). Proses *co-culture* dilakukan dengan mencampurkan tiap spesies dengan perbandingan 1:1 yang didasarkan pada jumlah sel hidup (Bordet *et al.*, 2020). Interaksi khamir terjadi secara langsung maupun tidak langsung melalui interaksi biologis baik yang berdampak positif maupun negatif. Interaksi tidak langsung terjadi pada laju konsumsi gula, penurunan nutrisi, dan produksi etanol. Sedangkan interaksi langsung pada spesies antagonis yang mengsekresikan peptida yang dikodekan

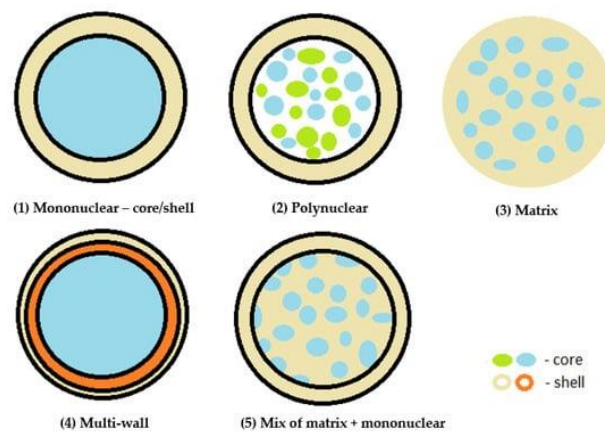
oleh elemen ekstrakromosomal pada *Saccharomyces* menyebabkan spesies khamir terbatas. Namun di sisi lain, interaksi langsung dengan enzim glikositik GAPDH *Saccharomyces* mampu mendorong pertumbuhan bakteri dan spesies khamir lainnya (Curiel *et al.*, 2017).

Interaksi antara *Saccharomyces* dengan non-*saccharomyces* tidak hanya antara dua spesies namun spesifik antar strain. Kondisi tersebut mendorong beberapa gen dalam tahap fermentasi awal berkembang lebih dahulu (Parapouli *et al.*, 2020). Oleh karena itu, gabungan ini tidak hanya untuk meningkatkan aroma namun dikembangkan untuk meningkatkan kandungan gliserol atau mannoprotein, asam volatil, stabilitas warna atau mengurangi level kandungan alkohol (Curiel *et al.*, 2017; Zhou *et al.*, 2021). Gabungan antara *S. cerevisiae* dan *C. tropicalis* mendorong terbentuknya metabolit lainnya seperti asam asetat, propionat dan kaproat (Bartkiene *et al.*, 2022). Selain itu, pada golongan fenol seperti asam benzoate, flavamol, terpen, beserta turunannya seperti norisoprenoid dan courman (Bartkiene *et al.*, 2019). Kandungan propionat dan sorbat dapat berguna sebagai pengawet alami pada roti (Luz *et al.*, 2018).

2.2 Enkapsulasi

Enkapsulasi merupakan suatu metode penyalutan tipis suatu bahan inti baik berupa padatan, cairan, atau gas dengan suatu polimer sebagai pembentuk mikrokapsul. Hasilnya berupa partikel atau bentuk agregat dan biasanya berukuran mikro 5 hingga 5000 μm . Ukuran tersebut bervariasi bergantung metode dan ukuran partikel bahan inti yang digunakan (Mohammed *et al.*, 2020). Selain berpengaruh terhadap ukuran, jenis bahan inti dan bahan penyalut berpengaruh terhadap struktur mikrokapsul (gambar 2.3) (Kłosowska *et al.*, 2023). Mikrokapsul yang dibentuk

dengan metode *spray drying*, *freeze drying*, dan emulsifikasi atau ekstrusi akan membentuk mikrokapsul tipe matriks. Jenis ini terbentuk karena sebelum dilakukan enkapsulasi terjadi pencampuran bahan inti dengan bahan penyalut sehingga terdapat pendispersian bahan inti dalam permukaan bahan penyalut (How & Pui, 2021).



Gambar 2.3 Struktur mikrokapsul. 1) Mononuklear; 2) Polinuklear; 3) Matriks; 4) *Multiwall*; 5) Campuran matriks dan mononuklear

Enkapsulasi bertujuan untuk meningkatkan kestabilan dan daya larut suatu bahan, mengendalikan pelepasan seyawa aktif, menghasilkan partikel-partikel padatan yang dilapisi oleh bahan penyalut tertentu dan meminimalisir kehilangan nutrisi. Selain itu, metode ini bertujuan melindungi zat inti dari pengaruh lingkungan, menutupi rasa dan bau tidak enak dan menyatukan zat-zat yang tidak tersatukan baik secara fisika maupun kimia. Produk enkapsulasi memiliki sifat iritasi yang lebih rendah terhadap zat inti terhadap saluran cerna. Selain itu, teknik ini mampu melindungi dari oksidasi bioaktif sehingga bahan inti tidak mudah rusak,

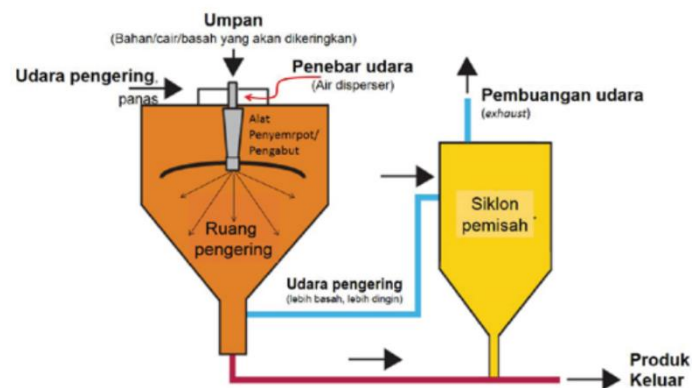
lebih stabil, aktivitas menurun dan dapat meningkatkan bioavailabilitas (Wati dkk., 2022).

Enkapsulasi terdiri dari dua metode utama yaitu secara kimia dan fisika. Metode kimia terdiri dari koaservasi dan ko-kristalisasi. Sedangkan metode fisika terdiri dari *spray drying*, *spray cooling*, *fluidized bed coating*, ekstruksi, dan *freeze drying* (Agustin & Wibowo, 2021). Metode yang paling banyak digunakan untuk produk makanan yaitu *spray drying* untuk melindungi rasa, lemak, dan karotenoid (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

2.3 *Spray drying*

Spray drying atau yang dapat disebut dengan proses pengeringan semprot ini banyak dipilih karena ekonomis dan fleksibel, peralatan yang digunakan cukup mudah ditemukan dan produk yang dihasilkan berbentuk partikel dengan kualitas yang bagus. Enkapsulasi dengan *spray drying* dilakukan dengan melarutkan, mengemulsifikasi dan mendispersikan zat aktif dalam larutan pembungkus lalu mengumpalkan larutan zat aktif kedalam *hot chamber* sehingga dihasilkan mikrokapsul zat aktif yang telah terenkapsulasi (Septevani dkk., 2013).

Spray drying bekerja melalui medium cair yang kemudian di atomisasi dalam gas panas sehingga terbentuk produk bubuk. Gas yang digunakan berupa nitrogen. Pemberian cairan awal berupa larutan, emulsi, atau suspensi. Hasil produk bergantung pada bahan media awal dan kondisi saat dijalankan sehingga menghasilkan produk yang baik berdiameter 10 – 50 μm atau partikel yang lebih besar (2 – 3 mm) (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Skema proses *spray drying* terdapat pada gambar 2.3. Tahapan utama terdiri dari atomisasi, pengeringan, dan pengumpulan bubuk kering yang dihasilkan (Hariyadi, 2017).



Gambar 2.4 Skema *Spray Dring*

1. Atomisasi

Atomisasi merupakan proses memasukkan bahan atau umpan melalui nozel atau *atomizer*. Proses ini dilakukan dalam tetesan-tetesan kecil yang dilakukan oleh tekanan atau energi sentrifugal. Proses ini terjadi dalam *atomizer pneumatic*, tekanan *nozzle*, konfigurasi disk berputar pada dua cairan *nozzle* dan *sonic nozzle*. Tahap ini bertujuan untuk menciptakan permukaan perpindahan panas dengan maksimum antara udara kering dan cair untuk mengoptimalkan perpindahan panas dan massa. Semakin tinggi energi yang diberikan, semakin halus tetesan yang terbentuk. Namun, ukuran partikel meningkat ketika viskositas dan tegangan permukaan cairan awal tinggi (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Proses ini meningkatkan laju pindah panas dan pindah masa dengan sangat tinggi sehingga proses pengeringan akan berjalan dengan sangat cepat. Kondisi ini menjadi nilai plus pada metode *spray drying*, karena waktu pengeringan yang sangat singkat, diakibatkan oleh proses evaporasi air berlangsung sangat cepat. Di sisi lain, proses ini penting

dalam berjalannya *spray drying*, sehingga proses ini hanya cocok untuk mengeringkan bahan cair atau semi cair dengan partikel tertentu yang bisa dipompa dan diatomisasi (Hariyadi, 2017).

2. Pengeringan Bahan

Setelah terbentuk butiran-butiran pada proses sebelumnya, butiran akan terkena udara panas sehingga kandungan air mengalami penguapan. 80% air akan terevaporasi beberapa detik setelah memasuki *hot chamber*. Proses ini dianalisis dalam dua tahap yaitu laju konstan (*constant rate*) dimana suhu butiran tetap berada pada suhu bola basah (*wet bulb temperature*) kemudian memasuki tahap laju menurun (*falling rate*) yang ditandai dengan melambatnya difusi air ke permukaan butiran, terbentuknya lapisan (kerak) dipermukaan butiran dan suhu butiran produk mulai meningkat mendekati suhu udara pemanas. Bagian *Air dispenser* berguna untuk menyebarkan udara panas sehingga panasnya serentak dan seragam (Hariyadi, 2017).

3. Pengumpulan Bubuk Kering

Bubuk kering yang terbentuk kemudian dikumpulkan dengan alat yang berbentuk corong (*cone-shaped apparatus*) yang terdapat dibawah ruang pengering. Ketika bubuk telah terbentuk maka akan dikeluarkan melalui sistem "*airlock*". Di sisi lain, tidak semua produk kering akan terkumpul di ujung corong karena beratnya sangat ringan sehingga butiran akan terikut pada arus udara menuju ke sistem pembuangan (*exhaust*). Oleh karena itu, sistem pembuangan memiliki sistem pemisah untuk memfilter sisa-sisa bubuk kering sehingga terkumpul di ujung corong pengering (Hariyadi, 2017).

Keberhasilan hasil *spray drying* dipengaruhi oleh beberapa faktor tidak hanya dari prosesnya namun juga beberapa faktor lainnya yaitu :

1. Bahan penyalut

Bahan penyalut dalam mikroenkapsulasi dapat disebut sebagai dinding, kulit, membran, bahan pembawa, fase eksternal atau bahan matriks (Pech-Canul *et al.*, 2020). Bahan emulsi yang digunakan sebagai bahan dinding kapsul sangat berpengaruh terhadap efisiensi enkapsulasi dan stabilitas mikrokapsul. Pemilihan bahan pengemulsi didasarkan pada sifat kimia dan fisika seperti tingkat kelarutan, berat molekul, transisi kaca atau pelelehan, kristalinitas, kemampuan difusi, pembentukan film dan kemampuan emulsifikasi. Selain itu, pemilihan pengemulsi harus dilihat dari sisi biaya (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

2. Bahan Inti

Bahan inti merupakan bahan spesifik yang akan dilapisi baik cair atau padat. Komposisi bahan inti dapat bervariasi seperti berupa cairan dapat didispersikan dan atau dapat dilarutkan. Bahan inti padat akan menjadi konstituen aktif, stabilisator, pengisi, bahan tambahan, dan pelepasan tingkat akselerator. Komposisi bahan inti yang bervariasi ini menyediakan fleksibilitas dan pemanfaatan yang akan mengembangkan sifat mikrokapsul yang diinginkan (Agnihotri *et al.*, 2012).

3. Proses enkapsulasi

Selain bahan inti dan bahan penyalut, konsisi *spray dryer* berpengaruh, yaitu (Anandharamkrishnan & Ishwarya, 2015) :

- a. Parameter atomisasi

Penggunaan *atomizer* berdasarkan pada tekanan, laju aliran umpan, viskositas dan kepadatan. Ketiga hal tersebut berpengaruh terhadap ukuran *droplet*

yang terbentuk. Semakin tinggi tekanan atomisasi maka ukuran *droplet* akan semakin menurun karena adanya efisiensi distribusi energi untuk membentuk *droplet* dari cairan. Tekanan atomisasi yang konstan, meningkatkan laju aliran umpan dan ukuran *droplet* karena *nozzle* akan menyembrotkan lebih banyak cairan. Peningkatan viskositas membuat energi yang dibutuhkan semakin tinggi untuk mendorong kekentalan tersebut berubah menjadi *droplet* yang lebih kecil. Kekentalan berhubungan dengan tegangan permukaan yang berbanding lurus dengan kemampuan atomisasi. Hal ini menjadikan larutan komponen yang akan diproses harus ditambahkan pengemulsi.

b. Laju aliran

Laju aliran pada *spray dryer* menyatu dengan jumlah udara kering yang disalurkan pada *spray dryer*. Oleh karena itu, jumlah udara panas yang memasuki *spray chamber* dapat diatur.

c. Suhu *inlet*

Suhu *inlet* merupakan suhu yang terdapat pada awal suhu pengering. Suhu *inlet* yang lebih tinggi akan memiliki hasil produksi yang lebih tinggi. Namun, suhu *inlet* yang rendah akan mengurangi suhu *wet bulb* dan mencegah hilangnya senyawa aktif secara degradatif pada tahap awal *spray drying*. Hal ini mendorong pentingnya mengatur suhu *inlet* agar hasilnya lebih maksimal. Suhu *inlet* yang tinggi memiliki gradien panas yang tinggi antara *atomized feed* dan udara pengering sehingga proses evaporasi air menjadi cepat dan menghasilkan bubuk dengan kadar air rendah. Penelitian yang dilakukan oleh Djaafar, dkk. (2018) menunjukkan suhu *inlet* yang tinggi menurunkan kualitas bahan inti.

d. Suhu *outlet*

Suhu udara pada partikel padat sebelum memasuki siklon disebut dengan suhu *outlet*. Suhu ini merupakan hasil dari keseimbangan antara panas dan masa dalam silinder pengering sehingga suhu ini tidak dapat diatur. Perbedaan suhu *inlet* dan *outlet* merupakan yang paling penting dalam metode ini. Suhu ini berkorelasi dengan kadar air akhir dan kondisi permukaan pada hasil akhir.

e. Suhu transisi kaca (T_g)

Suhu transisi kaca merupakan fitur transisi yang bergantung pada suhu transisi yang ditandai dengan ketidaksinambungan dalam fisik, mekanik, elektrikal, thermal dan properti lain pada bahan. Suhu ini berhubungan dengan kelengketan bahan yang menjadi tantangan pada metode ini.

f. Durasi Partikel Dalam *Spray Chamber*

Parameter ini berhubungan dengan proses pengeringan secara lengkap untuk mencapai spesifikasi produk yang optimal dan dalam kontrol suhu partikel untuk meminimalkan kehangatan aroma dan degradasi termal dari bahan yang sensitif terhadap panas. Durasi ini mempengaruhi kualitas seperti pada kelarutan dan kerapatan produk.

2.4 Bahan Penyalut

Pemilihan bahan penyalut untuk mikroenkapsulasi dengan metode *spray drying* sangat penting untuk meningkatkan efisiensi enkapsulasi dan stabilitas mikrokapsul. Kriteria bahan penyalut berdasarkan sifat fisikokimia berdasarkan kelarutan, berat molekuler, transisi kaca, derajat kristalinitas, tingkat difusi, kemampuan membentuk film dan emulsifikasi. Selain itu, biaya yang dibutuhkan juga menjadi kriteria penting (Gharsallaoui *et al.*, 2007). Selain itu, aplikasi bahan

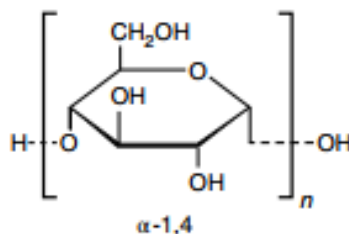
penyalut pada mikroorganisme juga dinilai dari sisi keamanan terhadap mikroorganisme itu sendiri seperti kondisi asam, gas yang mempengaruhi seperti O₂ dan CO₂ dan panas juga keamanan untuk konsumen (Pech-Canul *et al.*, 2020).

Bahan penyalut untuk bahan makanan berasal biopolimer seperti gum alami (gum arab, alginat, karagean, dsb), protein, (susu atau whey protein, gelatin, dsb). Namun, secara keseluruhan bahan penyalut dengan metode *spray drying* memiliki karakteristik berat molekul karbohidrat rendah, berasal dari susu atau protein kedelai, gelatin, dan hidrokoloid. Bahan penyalut yang baik mampu membentuk jaringan yang halus dan padat dan mampu menyatu dengan minyak dalam kondisi dehidrasi. Hal tersebut didasari oleh tingkat *isothermal drying*. Karbohidrat yang biasanya digunakan seperti maltodekstrin, pati atau pati jagung memiliki kelemahan sehingga harus diberikan bahan modifikasi lain untuk meningkatkan kemampuan perlindungan. Di sisi lain, bahan protein memiliki sifat ampifilik yang memberikan sifat fisikokimia dan hal fungsional pada bahan inti yang bersifat hidrofobik (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

2.4.1 Maltodekstrin

Maltodekstrin berasal dari hidrolisis parsial pati oleh enzim atau reaksi katalisis asam. Strukturnya terdiri dari banyak glukosa yang dihubungkan dengan ikatan 1→4 glikosidik (gambar 2.4). Kandungan glukosa didalamnya 2-3% dan maltosa 5-7% (Xiao *et al.*, 2022). Bahan ini menjadi alternatif dibanding gum arab yang lebih mahal namun dapat digunakan dengan kombinasi, atau ditambahkan bahan lain. Hal ini karena maltodekstrin memiliki kemampuan emulsifikasi yang rendah. Namun bahan ini memiliki keunggulan dimana mudah membentuk membran saat proses *spray drying*. Selain itu, bahan ini berguna sebagai pelindung

hidrofilik yang membatasi difusi inti dan mudah dicerna karena strukturnya terdiri dari glukosa sederhana.



Gambar 2.5 Struktur Maltodekstrin

Parameter utama pemilihan maltodekstrin berdasarkan nilai dextrose equivalen (DE) dan derajat polimerasi (DP) yang membedakan antar jenisnya (Pech-Canul *et al.*, 2020). Nilai DE yang baik sebagai bahan penyalut yang baik berkisar antara 10 dan 20 karena menunjukkan retensi yang tinggi terhadap rasa dengan menyebar dalam air hingga 35,5% tanpa membuat keruh (Gharsallaoui *et al.*, 2007).

Saat ini, maltodekstrin telah banyak diaplikasikan dalam berbagai industri, mulai dari makanan, farmasi, kosmetik, tekstil, pembuatan kertas dan kulit dan agrikultur. Bahan ini banyak digunakan sebagai enkapsulan bahan aktif karena keunggulannya yang mudah larut, viskositas yang rendah dalam konsentrasi padatan yang tinggi, harga terjangkau, dan rasa dan aroma yang netral. Di sisi lain, maltodekstrin stabil dalam kondisi panas yang tinggi, suhu rendah, dan kondisi asam, dan melindungi bahan inti dari oksidasi sehingga umum digunakan sebagai bahan dinding pelindung (Xiao *et al.*, 2022).

2.4.2 Protein whey

Protein whey merupakan hasil samping dari produksi keju yang terdiri dari empat fraksi protein yaitu α -laktalbumin, β -laktoglobulin, imunoglobulin dan serum albumin dan beberapa protein minor lainnya. Fraksi β -laktoglobulin memiliki jumlah yang paling banyak yang berfungsi untuk pembentukan gel dan agregasi dalam formula protein whey. Sedangkan α -laktalbumin memiliki sedikit kandungan asam protein dengan ikatan disulfida dan ion kalsium untuk menjaga struktur tetra dan mencegah stabilitas agar tidak terjadi denaturasi (Jain *et al.*, 2015).

Protein whey memiliki struktur globular dan dapat tetap dalam larutan dalam pH yang luas namun dapat didenaturasi oleh panas dan pada pH isoelektriknya (≈ 5). Protein ini merupakan salah satu bahan yang paling baik sebagai *edible* biopolimer dalam industri kemasan makanan dan tergolong ramah lingkungan untuk polimer sintesis. Protein whey tidak mempengaruhi warna dan aroma dari bahan inti, fleksibel dan transparan dibandingkan dengan polimer protein lainnya (Kandasamy *et al.*, 2021).

Protein whey banyak diaplikasikan untuk enkapsulasi karena memiliki kemampuan emulsifikasi yang baik. Senyawa volatil maupun non-volatil dapat terlindung dengan baik dan efisien didalam matriks. Selain itu, bahan ini memiliki aktivitas antioksidan yang melindungi inti lipofilik dari oksidasi. Penggunaan protein whey mampu meningkatkan tambahan nutrisi lewat kandungan asam amino dan protein yang terkandung hingga diatas 80% namun tetap memiliki kandungan lemak dan kalori yang rendah (Kandasamy *et al.*, 2021). Protein whey yang digunakan untuk *spray drying* memiliki kondisi yang lebih stabil karena ikatan

protein globular tidak membentuk agregasi, koagulasi atau presipitasi (Chávez-Falcón *et al.*, 2022).

Pembentukan lapisan pelindung oleh protein whey diawali dengan interaksi antar polimer yang kemudian membentuk struktur gel kering (Henriques *et al.*, 2016). Pemberian protein whey pada produk makanan sebagai bahan pelindung membutuhkan waktu 30 detik hingga satu menit untuk memastikan seluruh lapisan makanan sudah terlapsi dengan baik. Pembuatan larutan diawali dengan pencampuran pelarut seperti aquades kemudian dilakukan pengaturan pH sesuai dengan kebutuhan dan dipanaskan (80-90 °C) selama 10-30 menit yang bertujuan untuk denaturasi protein. Bahan lainnya dapat ditambahkan sebelum atau setelah proses pemanasan. Komponen yang tahan terhadap panas seperti prebiotik dan pati dapat ditambahkan sebelum proses pemanasan sedangkan bahan yang sensitif terhadap panas seperti antioksidan, antimikroba, dan dan probiotik ditambahkan setelah proses pemanasan (Fernandes *et al.*, 2020).

2.5 Perhitungan sel khamir

Salah satu hal yang paling penting untuk karakteristik sel hidup adalah pertumbuhan dan perkembangan. Perkembangan sel berasal dari aktivitas enzimatik yang berkatalisis sehingga terjadi aktivitas biosintesis. Khamir merupakan organisme eukariotik yang tidak membentuk spora aseksual atau hidup sebagai sel tunggal saat masa vegetatifnya. Mayoritas perkembangannya menggunakan *budding*. Fisi mengikuti pembentukan dinding secara silang, miselium tumbuh dengan pemanjangan rantai yang juga diamati dalam beberapa khamir. Ukuran sel khamir berdasarkan tingkat pertumbuhan, semakin pendek

waktu penggandaan maka semakin besar volume sel. Lebar sel 3-7 μm dengan panjang 5 – 15 μm (Posten & Cooney, 1993).

Perhitungan pertumbuhan mikroorganisme dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menghitung secara langsung (berdasarkan jumlah sel) dan menghitung secara tidak langsung (mengukur pengaruh atau efek pertumbuhan mikroorganisme) (Ngatirah, 2017). Salah satu cara untuk menghitung jumlah sel khamir yaitu dengan menggunakan *Fluorescent cell counter*. Metode perhitungan tersebut dapat menghitung viabilitas sel khamir dengan memberi label sel mati dengan pewarna fluoresen, salah satunya dengan *trypan blue*. Pewarnaan asam nukleat fluoresen bersifat dapat menembus membran sehingga dapat terjadi pada sel khamir yang telah rusak. Hal ini menjadi pembeda antara sel hidup dan sel mati (Chadwick *et al.*, 2016).

Trypan blue merupakan pewarna yang dapat digunakan untuk uji viabilitas sel khamir. Ciri khas pewarna ini tidak dapat digunakan untuk sel tumbuhan (Liesche *et al.*, 2015). Sel yang mati diketahui dengan perubahan warna menjadi biru karena dapat menyerap pewarna, sedangkan sel hidup tidak dapat menyerap pewarna (Kwizera *et al.*, 2018).

Metode *Fluorescent cell counter* dapat menggunakan penghitung sel otomatis *Thermo Fisher Countess II FL*. Alat tersebut dapat melakukan perhitungan sel otomatis secara optik dan algoritme analisis gambar untuk menganalisis sel berlabel fluoresen yang telah menyerap *trypan blue*. Rentang sampel sel 1×10^4 - 1×10^7 dan waktu pemrosesan hanya dalam 10 detik (Marshall Scientific, 2022).

2.6 Perhitungan Kadar Air

Kadar air merupakan total kandungan air yang terkandung dalam suatu produk yang ditunjukkan oleh presentase berat berdasarkan berat produk dalam kondisi basah. Presentase tersebut merupakan kunci penting tumbuhnya mikroorganisme dalam produk makanan yang menyebabkan pembusukan makanan. Oleh karena itu, dehidrasi atau pengeringan makanan diperlukan untuk menjaga kualitas penyimpanan produk sehingga mengurangi kerugian pasca panen. Biasanya kadar air yang terkandung sekitar 10% tergantung dari jenis produk makanannya (Vera Zambrano *et al.*, 2019). Ragi instan yang telah beredar secara komersil memiliki kandungan air kurang dari 8% (Coradello & Tirelli, 2021).

Metode yang paling sering digunakan dalam skala laboratorium maupun berbagai industri adalah metode gravimetri. Metode ini bekerja dengan mengeringkan sampel dibawah suhu yang spesifik hingga kadar air hilang kemudian menghitung selisih antara berat sebelum dan sesudah dikeringkan. Kondisi pengeringan seperti waktu, suhu, jenis oven, kelembapan dan tekanan mempengaruhi durasi dan hasil perhitungan (Vera Zambrano *et al.*, 2019).

2.6 Kualitas Hasil Roti

Roti merupakan produk hasil fermentasi menggunakan ragi untuk pembentukan kualitas roti seperti volume, aroma, rasa, warna, dan tekstur. Pengembangan adonan dilakukan oleh ragi dibantu dengan karbohidrat sebagai sumber energi. Ragi bekerja dengan mengubah karbohidrat dalam adonan menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan alkohol. Gas tersebut kemudian menghasilkan adonan roti menjadi bentuk pori-pori, mengembang, dan aroma yang harum ketika dipanggang (Ridhani dkk., 2021).

Selain karbohidrat dan ragi terdapat bahan lain yang terdiri dari tiga jenis yaitu bahan utama, bahan perasa, dan bahan tambahan. Bahan utama terdiri dari tepung terigu, ragi dan air. Bahan perasa terdiri dari gula, garam, lemak, susu, dan telur. Sedangkan bahan tambahan terdiri dari *bread improver*, *emulsifier*, dan pengawet untuk memperbaiki mutu adonan serta pengawet untuk memperbaiki mutu adonan serta pengawet untuk mikroba kontaminan (Sitepu, 2019).

Sumber karbohidrat yang dapat dimanfaatkan dalam khamir terdiri dari gula yang ada dalam adonan roti berupa glukosa, fruktosa, sukrosa dan maltose. Selain itu, gula yang sengaja ditambahkan berupa sukrosa yang dapat difermentasikan oleh khamir dan maltose yang berasal dari fermentasi pati (Wati dkk., 2020). Saat terjadi fermentasi, khamir menghasilkan beberapa enzim sebagai katalisator. Enzim tersebut yaitu invertase, maltase, zymase, lipase, protease, dan mylase (Kusnedi, 2021). Enzim invertase berguna dalam mengubah sukrosa menjadi gula sederhana yaitu glukosa dan fruktosa. Selain itu, enzim ini juga bertanggung jawab pada awal proses fermentasi (Ridhani *et al.*, 2021). Gula sederhana kemudian dipecah menjadi karbondioksida dan alkohol oleh enzim zymase (Kusnedi, 2021). Enzim maltase mengubah maltosa menjadi glukosa. Sedangkan enzim amilase mengubah polisakarida menjadi monosakarida sehingga terbentuk molekul yang lebih sederhana (Ibrahim dkk., 2022). Enzim protease berperan dalam memecah protein dalam tepung menjadi senyawa nitrogen yang dapat diserap sel khamir untuk membentuk sel yang baru. Hal ini mengakibatkan penambahan nitrogen berpengaruh baik terhadap khamir (Zahroh., 2022). Sedangkan enzim lipase memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserin.

Tahapan pembuatan roti terdiri dari tiga tahap utama yaitu pencampuran, peragian, pembentukan dan pemanggangan. Tahap pertama yaitu mencampur semua bahan hingga tercampur rata. Proses ini bertujuan untuk membentuk gluten dan meningkatkan daya rekat adonan. Tahap selanjutnya yaitu peragian untuk mengembangkan adonan. Terakhir, pada tahap pemanggangan akan berlangsung sangat cepat diawal hingga suhu 60°C karena metabolisme khamir yang nantinya akan mati karena suhu yang panas. Alkohol hasil metabolisme akan menguap sehingga tekanan sekitar oven meningkat bersama dengan gelatinisasi dan merusakkan struktur gluten. Keadaan tersebut mendorong terjadinya *crust* pada permukaan roti. Pemanggangan juga akan menghasilkan warna roti yang kecoklatan karena adanya reaksi maillard dan karamelisasi gula (Sitepu, 2019).

Perubahan utama yang dialami oleh komponen gula dalam makanan selama proses pengolahan dengan pemanasan adalah dengan terjadinya reaksi pencoklatan non enzimatis yaitu reaksi karamelisasi dan reaksi maillard. Reaksi maillard merupakan reaksi antara karbohidrat khususnya gula pereduksi dengan gugus amina primer yang menghasilkan bahan berwarna coklat disebut dengan melanoidin. Reaksi karamelisasi merupakan reaksi karena adanya pemanasan gula pada temperatur di atas titik cairnya yang akan menghasilkan perubahan warna dari gelap hingga coklat (Anggraeni, dkk., 2017).

Rasa dipengaruhi oleh jumlah gula dan susu yang ditambahkan. Gula akan memberikan rasa manis serta berperan dalam reaksi maillard serta karamelisasi gula. Selain berperan dalam pembentukan warna dan aroma, kedua reaksi tersebut juga berperan dalam pembentukan rasa. Gula akan memberikan rasa manis serta berperan dalam reaksi maillard serta karamelisasi gula. Selain berperan dalam

pembentukan warna dan aroma, kedua reaksi tersebut juga berperan dalam pembentukan rasa. Ragi akan menghasilkan gas CO₂ yang akan terperangkap pada jaringan gluten, kemudian komponen gula, susu dan telur akan mempertahankan struktur gluten sehingga gas CO₂ yang terperangkap tidak mudah lepas atau keluar. Adonan yang memiliki daya kembang yang baik akan menghasilkan roti dengan tekstur yang empuk. Semakin banyak ragi yang ditambahkan maka produksi CO₂ akan semakin tinggi sehingga daya kembang adonan juga akan semakin tinggi dan roti yang dihasilkan akan semakin empuk (Sitepu, 2019).

Uji kualitas roti dapat dilakukan melalui uji organoleptik untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis. Panelis merupakan orang yang bertugas menilai spesifikasi mutu produk secara subjektif. Uji organoleptik biasanya disebut dengan uji indera atau uji sensori dengan menggunakan indera manusia sebagai alat untuk mengukur daya penerimaan terhadap produk. Indera yang digunakan mulai dari indera penglihat/mata, indera penciuman/hidung, indera pengecap/lidah, indera peraba/tangan. Kemampuan indera tersebut dalam mendeteksi, mengenali, membedakan, membandingkan, dan kemampuan menilai suka atau tidak suka (Gusnadi dkk., 2021). Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI) 01-2346-2006, panelis standar berjumlah 6 orang atau non-standar berjumlah 30 orang. Panelis standar merupakan orang yang mempunyai kemampuan dan kepekaan tinggi terhadap spesifikasi mutu produk serta mempunyai kemampuan dan pengalaman tentang cara-cara menilai organoleptik/sensori dan lulus dalam seleksi pembentukan panelis standar. Sedangkan panelis non standar merupakan orang yang belum terlatih dalam melakukan penilaian dan pengujian organoleptik/sensori ([BSN], 2006).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan penelitian

Penelitian ini termasuk dalam penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimental menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Faktor penelitian berupa perbandingan bahan penyalut antara maltodekstrin dan protein whey (MD : PW) dengan kontrol berupa enkapsulasi khamir tanpa bahan penyalut. Penelitian dilakukan dengan lima kali ulangan. Bahan inti enkapsulasi berupa campuran khamir *Saccharomyces cerevisiae* dengan kode YIS-3 dan *Candida tropicalis* kode NJM-2. Untuk mengetahui pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap enkapsulan khamir dilakukan perhitungan viabilitas, kadar air, dan diaplikasikan pada adonan roti untuk mengukur pengembangan volume adonan, warna, aroma, rasa, dan tekstur roti.

Tabel 3.1 Variasi Perbandingan Bahan Penyalut

Perlakuan	Perbandingan (MD : PW)	Jumlah Maltodekstrin (MD) (g)	Jumlah Protein Whey (PW) (g)
1	1 : 1	5	5
2	1 : 3	2,5	7,5
3	1 : 5	1,6	8,3
4	0 : 0	0	0

3.2 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari hingga bulan Juni 2023. Bertempat di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, Fakultas

Farmasi Universitas Gadjah Mada, dan Laboratorium Terpadu Halal Center Universitas Islam Malang.

3.3 Alat dan bahan

3.3.1 Alat penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *laboratory spray dryer* (model B290, Buchi, Flawil, SwitZerland), *Laminar Air Flow* (LAF), cawan petri, autoklaf, jarum osem *stirrer*, tabung sentrifuge 15 ml, rak tabung reaksi, gelas ukur, erlenmeyer, *shaker inkubator*, timbangan analitik, bunsen, mikropipet, penggaris, botol kaca, *hotplate*, *mixer*, oven, *microtube*, *blue tip*, *white tip*, *Moisture analyzer* (AND MX50), Countess II FL beserta *chamber*, sentrifuge, alat tulis, dan kamera.

3.3.2 Bahan penelitian

Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu isolat khamir dengan kode YIS-3 dan NJM-2 (isolat tersedia di laboratorium), maltodekstrin (DE 12), protein whey, aquadest, alkohol 70%, media *Yeast Malt Extract Agar* (YMEA), media *Yeast Malt Broth* (YMB), media *Yeast Peptone Broth* (YPG), molase, *tryphan blue*, bahan pembuatan adonan roti (gula, garam, tepung terigu, dan mentega), aluminium foil, plastik, kertas, dan label.

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Sterilisasi alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan terlebih dahulu dicuci bersih dan dikeringkan. Selanjutnya disterilisasi dengan dibungkus terlebih dahulu dengan kertas kemudian dimasukkan ke dalam plastik. Selanjutnya dimasukkan disterilisasi dengan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 15 psi (per square inch) selama 15 menit.

3.4.2 Pembuatan media

3.4.2.1 Media YMEA (*Yeast Malt Extract Agar*)

Pembuatan media *Yeast Malt Extract* (YMEA) 1000 ml membutuhkan 3 g *yeast extract*, 3 g *malt extract*, 5 g pepton, 10 gram glukosa, 20 gram *micobial agar*, dan 1000 ml aquades. Semua bahan dicampurkan ke dalam erlenmeyer dan dihomogenkan di atas *hotplate* menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian media YMEA dipindahkan ke botol kaca lalu dilakukan sterilisasi dengan autoklaf menggunakan suhu 121°C selama 15 menit (Kurtzman & Fell, 1998).

3.4.2.2 Media YMB (*Yeast Malt Broth*) dan molase

Pembuatan media *Yeast Malt Broth* (YMB) 1000 ml membutuhkan 3 g *yeast extract*, 3 g *malt extract*, 5 g pepton, 10 g glukosa dan 100m ml aquades. Semua bahan dicampurkan pada labu erlenmeyer kemudian dihomogenkan di atas *hotplate* menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian media YMB ditambahkan larutan molase yang telah dilakukan pengenceran sebanyak 1000 ml. Selanjutnya dipindahkan ke botol kaca lalu dilakukan sterilisasi dengan autoklaf menggunakan suhu 121°C selama 15 menit (Kurtzman & Fell, 1998).

3.4.2.3 Media YPG (*Yeast Peptone Glucose*)

Pembuatan media *Yeast Peptone Glucose Phospate* 1000 ml membutuhkan 3 g *yeast extract*, 5 g pepton, 20 g glukosa, dan 0,1 g KH_2PO_4 . Semua bahan dicampurkan ke dalam erlenmeyer dan dihomogenkan di atas *hotplate* menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian media YPG dipindahkan ke botol kaca lalu dilakukan sterilisasi dengan autoklaf menggunakan suhu 121°C selama 15 menit (Kurtzman & Fell, 1998).

3.4.3 Persiapan Mikroorganisme dan kultur

Peremajaan isolat khamir dilakukan secara aseptis dalam *Laminar Air Flow* (LAF). Isolat YIS-3 dan NJM-2 masing-masing diinokulasikan pada media padat YMEA sebanyak 1 ose dengan metode *streak plate*. Kultur kemudian diletakkan dalam inkubator dengan suhu 30°C selama 48 jam. Setelah diinkubasi, koloni dari isolat YIS-3 diperbanyak pada media YPG sedangkan isolat NJM-2 pada media YMB dan molase. Setiap isolat diambil 3 ose kemudian dimasukkan pada 250 ml media dan diinkubasi pada *shaker* dengan kecepatan 140 rpm suhu 33°C selama 24 jam. Hasil inkubasi tersebut kemudian dihitung jumlah selnya dengan menggunakan *Countess II FL* sebanyak 10 µl kultur tiap spesies yang dicampurkan dengan 10 µl *tryphan blue* hingga hasilnya memenuhi $1,7 \times 10^6$ sel/ml.

Jumlah viabilitas tersebut digunakan sebagai dasar untuk menyatukan kedua spesies dengan perbandingan 1:1 dalam media YMB dan molase. Masing-masing isolat tersebut diambil 50 ml dan dicampurkan kedalam media YMB dan Molase sebanyak 1000 ml. Setelah kedua spesies disatukan, dimasukkan dalam *shaker* inkubator selama 24 jam dengan suhu 30°C. Hasil inkubasi, kemudian dimasukkan dalam botol sentrifuge sebanyak 10 ml kemudian disentrifuge selama 15 menit dengan kecepatan 4500 rpm. Selanjutnya, pelet khamir yang terpisah dapat digunakan untuk proses enkapsulasi.

3.4.4 Prosedur enkapsulasi

3.4.4.1 Pembuatan suspensi enkapsulasi

Larutan suspensi disiapkan sebelum proses *spray drying* dengan terdiri dari 5 g pelet khamir yang telah dihitung viabilitasnya dengan *Countess II FL* dan 10 g bahan penyalut dalam 100 mL aquades. Bahan penyalut terdiri dari 4 perlakuan

dengan perbandingan antara maltodekstrin dan protein whey (MD:PW). Perlakuan dengan perbandingan 1:1 terdiri dari 5 g MD dan 5 g PW. Selanjutnya perbandingan 1:3 terdiri dari 2,5 g MD dan 7,5 g PW dan perbandingan 1:5 terdiri dari 1,6 g MD dan 8,3 g PW. Sedangkan perilaku kontrol tidak diberikan bahan penyalut. Bahan penyalut dihomogenkan dengan *hotplate* dan *magnetic stirrer* selama 15 menit (Chandralekha *et al.*, 2016).

3.4.4.2 Pengeringan dengan spray dryer dan produksi enkapsulan

Penggunaan alat *spray drying* diawali dengan pengaliran aquades pada awal pengaturan suhu. Setelah suhu telah mencapai suhu awal (*inlet*) 115°C tercapai kemudian larutan suspensi dimasukkan ke dalam ruang pengering dengan laju aliran 40 ml/menit. Beberapa menit kemudian hasil serbuk akan tertampung pada siklan sengan suhu akhir atau *outlet* 50°C. hasil serbuk kemudian dimasukkan dalam kantong dengan silica gel dan disimpan pada suhu 4°C.

3.4.5 Perhitungan Jumlah sel hidup pada hasil enkapsulasi khamir

Perhitungan jumlah sel hidup pada hasil enkapsulasi dilakukan dengan *Countess II FL*. 1 g bubuk spray dilarutkan dengan 1000 µl aquades steril kemudian diambil 10µl dan dicampuran 10µl *tryphan blue* hingga bercampur rata. Selanjutnya diambil 10µl dan dimasukkan kedalam *chamber*. Alat akan menangkap gambar dan menampilkan hasil jumlah sel hidup dan sel mati. Hasil tersebut kemudian dihitung presentase viabilitas sebelum dan setelah *spray drying* dengan rumus berikut :

$$\text{Presentase viabilitas} = \frac{N}{N_0} \times 100$$

Keterangan :

N = Jumlah viabilitas setelah *spray drying*

N₀ = Jumlah viabilitas sebelum *spray drying*

3.4.6 Pengujian kadar air

Pengujian kadar air dilakukan dengan menggunakan *Moisture Analyzer*. Alat terlebih dahulu diset pada suhu 105 °C. Selanjutnya, dimasukkan khamir yang telah dienkapsulasi sebanyak 0,1 g kemudian tekan tombol “*start*” dan ditunggu hingga presentase kadar air stabil.

3.4.7 Pembuatan adonan roti

Pembuatan adonan roti menggunakan pengembang adonan berupa adonan sel khamir yang telah di *spray drying*. Takaran bahan yang digunakan sesuai dengan (Watanabe *et al.*, 2016) yang dimodifikasi, terdiri dari 100 g tepung terigu, 1,5 g garam, 7,5 g gula, 8 g mentega, 1,5 g serbuk mikroenkapsulan khamir, serta 50 ml air. Semua bahan dicampurkan dan diuleni hingga menjadi adonan yang kalis lalu dimasukkan kedalam tabung ukur atau cetakan. Adonan diinkubasi pada suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ serta diamati setiap 30 menit sekali. Tahap akhir yaitu proses pemanggangan dengan suhu 150°C selama 30 menit (Astuti, 2015).

3.4.8 Pengujian kualitas roti

Kualitas roti dapat diketahui berdasarjan volume adonan dan sifat organoleptik roti yang terdiri dari rasa, warna, aroma, dan tekstur roti (Saepudin dkk., 2017).

3.4.8.1 Pengukuran volume adonan

Pengukuran volume atau daya kembang adonan berdasarkan Saepudin dkk. (2017) yang telah dimodifikasi dengan mengukur tinggi adonan dengan menggunakan penggaris. Volume adonan terus diamati setiap 30 menit selama 720 menit dan dapat dibandingkan dengan volume awal inkubasi sampai volume yang telah diinkubasi. Volume adonan dan presentase daya kembang adonan roti menggunakan rumus sebagai berikut :

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

$$\% \text{ daya kembang} = \frac{v_1 - v_0}{v_0} \times 100 \%$$

Keterangan :

$$\Pi = 3,14 \text{ atau } \frac{22}{7}$$

$$r = \text{jari - jari (cm)}$$

$$t = \text{tinggi adonan (cm)}$$

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

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

3.4.8.2 Pengukuran sifat organoleptik roti

Sifat organoleptik pada roti dapat diukur dengan metode uji hedonik (uji kesukaan) yang meliputi rasa, warna, aroma, dan tekstur roti yang diperoleh. Jumlah responden atau panelis untuk menguji kualitas roti sebanyak 30 orang. Seluruh responden diminta untuk memberikan penilaian dengan tingkat kesukaan yang berbentuk skoring. Skor penilaian responden terdiri dari 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = netral, 4 = suka, dan 5 = sangat suka.

3.5 Analisis data

Hasil data viabilitas dan kadar air enkapsulan dilakukan uji statistik dengan menggunakan SPSS 20. Pengujian dilakukan pada uji normalitas terlebih dahulu. Jika hasil sig. $>0,05$ maka dilanjutkan dengan uji homogenitas dan uji ANOVA. Jika uji ANOVA menunjukkan sig $<0,05$ maka dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan signifikansi 5% untuk melihat perlakuan yang berbeda signifikan. Pada hasil kualitas roti, data pengembangan adonan selama 720 menit yang diukur tiap 30 menit dianalisis secara deskriptif sedangkan kualitas roti berupa tekstur, warna, aroma dan rasa dianalisis dengan menggunakan SPSS non parametrik *kruskall wallis*, apabila data berbeda signifikan ($<0,05$) maka dilanjutkan dengan uji *mann whitney* untuk mengetahui perbedaan pada setiap perlakuan.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap viabilitas enkapsulan khamir pengembang roti

Viabilitas khamir sebelum dan sesudah dienkapsulasi dengan variasi perbandingan bahan penyalut antara maltodekstrin dengan protein whey (MD:PW) dilakukan uji viabilitas secara otomatis dengan *Countess II FL*. Hasil viabilitas pada tabel 4.1 menunjukkan presentase viabilitas khamir tertinggi pada perbandingan 1:3 sebesar 80,88% dan terendah pada khamir yang tidak diberikan bahan penyalut sebesar 32,51%. Hasil penelitian dilakukan uji statistik melalui uji normalitas dan uji homogenitas kemudian dilakukan uji ANOVA (lampiran 1) menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$) sehingga dilanjutkan dengan uji Duncan (lampiran 2). Perbandingan 1:3 menunjukkan perbedaan nyata dengan perbandingan 1:1 dan tidak berbeda nyata dengan perbandingan 1:5. Antara perbandingan 1:1 tidak berbeda nyata dengan perbandingan 1:5. Keseluruhan perilaku yang diberikan bahan penyalut berbeda signifikan dengan perilaku kontrol pada khamir tanpa bahan penyalut.

Tabel 4.1 Data viabilitas khamir pada masing-masing perlakuan

Perbandingan Maltodekstrin dan Protein Whey (MD : WP)	Viabilitas Sebelum Spray drying	Viabilitas Sesudah Spray Drying	Presentase viabilitas (%)
1 : 1	$5,78 \times 10^7$	$4,27 \times 10^7$	65,42 ^b
1 : 3	$6,35 \times 10^7$	$5,13 \times 10^7$	80,88 ^c
1 : 5	$6,14 \times 10^7$	$4,39 \times 10^7$	71,59 ^{bc}
0 : 0	$6,14 \times 10^7$	$1,63 \times 10^7$	32,51 ^a

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada hasil menunjukkan perbedaan yang nyata dengan taraf α 0,05

Enkapsulan khamir yang tidak diberikan bahan penyalut menunjukkan viabilitas terendah mencapai 32,51%. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Chandralekha *et al.* (2016) sebesar 41% dan Kusuma (2022) sebesar 50% dimana presentase viabilitas khamir terendah pada khamir yang tidak diberikan bahan penyalut. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Papillo *et al.* (2018) pada bahan aktif menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada enkapsulasi tanpa bahan penyalut dan dengan bahan penyalut gum arab terhadap kandungan polifenol, antosianin dan antioksidan namun kandungan tanin pada enkapsulan dengan bahan penyalut lebih tinggi.

Presentase viabilitas lebih rendah dikarenakan suhu tinggi mencapai 115°C mengakibatkan penurunan viabilitas khamir (Agudelo *et al.*, 2017). Analisa yang dilakukan oleh Caspeta & Nielsen (2015) menunjukkan suhu 49°C mampu mematikan sel khamir dengan mendenaturasi protein khamir. Selain itu, denaturasi makromolekul informasional (DNA dan RNA), kerusakan ribosom, dehidrasi membran sitoplasma, peroksidasi lipid, dan pecahnya membran sel karena kehilangan air sitoplasma (Behboudi-Jobbehdar *et al.*, 2013). Untuk melindungi berbagai komponen fungsional khamir dari berbagai pengaruh luar dibutuhkan bahan tambahan untuk melapisi berupa komponen polimer dan non-polimer (Choudhury *et al.*, 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey mampu mempertahankan viabilitas khamir lebih tinggi. Dari penelitian yang dilakukan oleh kusuma (2022) pada *S. cerevisiae* menunjukkan gabungan bahan tersebut mampu melindungi khamir. Selain itu, penelitian Akhtar & Dickinson (2007) dan Wang *et al.* (2022) membuktikan kedua bahan tersebut baik untuk

penyalut produk pangan. Kombinasi Protein dan polisakarida akan membentuk jembatan sehingga bahan inti akan tetap berada dalam matriks (Zhang *et al.*, 2021). Maltodekstrin memiliki keunggulan berupa sifat daya ikat dan daya larut yang tinggi dan viskositas rendah. Daya ikat tersebut memudahkan bahan ini untuk membentuk matriks mikroenkapsul (Gardjito dkk., 2006). Peningkatan efisiensi maltodekstrin sebagai polisakarida lebih efektif jika dikombinasikan dengan protein whey untuk melengkapi sifat fungsional antar bahan penyalut (Bannikova *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2021).

Protein whey berguna untuk membentuk gel sebagai lapisan film dan menstabilkan emulsi dengan baik (Shi *et al.*, 2013; Chandralekha *et al.*, 2016). Pembentukan lapisan film yang baik akan meningkatkan kemampuan partikel dalam melindungi bahan inti. Sedangkan kestabilan emulsi sebelum dilakukan pengeringan akan membantu proses pembentukan film saat proses pengeringan (Assagaf dkk., 2013). Kondisi ini mendorong peningkatan efisiensi enkapsulasi dibandingkan dengan kadar protein whey yang sebanding dengan maltodekstrin (Sadih dkk., 2022).

Hasil pada kandungan protein whey yang lebih tinggi (perbandingan 1:3 dan 1:5) menunjukkan kemampuan melindungi viabilitas khamir lebih tinggi sebesar 80,88% dan 71,59% dibandingkan dengan perbandingan 1:1 sebesar 65,42%. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rajam & Anandharamkrishnan (2015) dimana perbandingan 1:1 menghasilkan viabilitas 91% sedangkan ketika kandungan whey ditambahkan menghasilkan viabilitas 98%. Protein whey mampu melindungi senyawa fungsional dari panas (*thermoprotectant*) dan mengisi ruang molekul air yang kosong dalam sehingga mencegah kerusakan membran sel

sehingga mampu mempertahankan viabilitas sel (Rajam & Anandharamakrishnan, 2015; El-Sayed *et al.*, 2023). Sedangkan maltodekstrin memiliki kelemahan pada pembentukan lapisan film yang berfungsi untuk melindungi bahan inti (Zorzenon *et al.*, 2020)

Penambahan protein whey pada perbandingan 1:5 menunjukkan viabilitas yang lebih rendah namun tidak berbeda nyata dibandingkan perbandingan 1:3. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasna dkk. (2019) dan Yadav *et al.* (2020) karena protein whey memiliki batas maksimal sebagai bahan penyalut. Selain itu, kandungan whey yang tinggi menyebabkan viskositas suspensi menjadi meningkat sehingga kemampuan atomisasi *spray dryer* dalam mengubah suspensi menjadi bentuk partikel menurun dan proses penyalutan bahan inti menjadi kurang efisien (Deng *et al.*, 2023).

Pengamatan morfologi partikel yang dilakukan oleh Both *et al.* (2020) dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), menunjukkan bahwa penambahan kadar protein whey yang lebih tinggi mampu membentuk struktur morfologi partikel yang lebih bulat. Sedangkan protein whey dengan perbandingan yang sama dengan maltodekstrin menunjukkan partikel yang lebih berkeriput. Viabilitas bahan inti salah satunya dipengaruhi oleh bentuk morfologi partikel yang terbentuk (Hoyos-Leyva *et al.*, 2018) karena mikroenkapsul yang baik berbentuk bulat mengindikasikan perlindungan yang baik terhadap bahan inti (Hasna dkk., 2019). Bentuk mikroenkapsul yang tidak pecah dengan ukuran yang kecil berkaitan erat dengan stabilitas emulsi pada suspensi. Partikel yang berkerut disebabkan bahan inti tidak berada pada pusat partikel namun berada di dinding matriks sehingga terdapat ruang yang kosong dan membentuk cekungan (Assagaf dkk., 2013).

Proses enkapsulasi sel khamir untuk menghasilkan sel yang kering sehingga mudah untuk diaplikasikan merupakan ikhtiar manusia untuk mengembangkan ilmu pengetahuan saat ini. Hal ini sesuai dengan firman Allah dalam QS. At-Taubah [9] : 122

وَمَا كَانَ الْمُؤْمِنُونَ لِيَنْفِرُوا كَافَّةً فَلَوْلَا نَفَرَ مِنْ كُلِّ فِرْقَةٍ مِّنْهُمْ طَائِفَةٌ
لِّيَتَفَقَّهُوا فِي الدِّينِ وَلِيُنذِرُوا قَوْمَهُمْ إِذَا رَجَعُوا إِلَيْهِمْ لَعَلَّهُمْ يَحْذَرُونَ

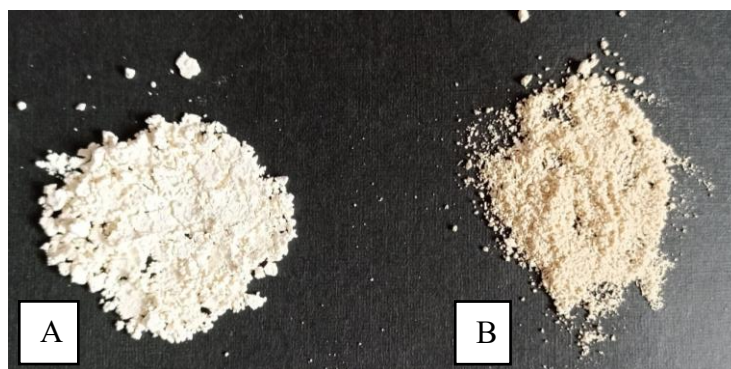
Artinya : *“Tidak sepatutnya orang-orang mukmin pergi semuanya (ke medan perang). Mengapa sebagian dari setiap golongan di antara mereka tidak pergi (tinggal bersama Rasulullah) untuk memperdalam pengetahuan agama mereka dan memberi peringatan kepada kaumnya apabila mereka telah kembali, agar mereka dapat menjaga dirinya?”* (Q.S. At-Taubah [9] : 122).

M. Quraish Shihab dalam tafsir Al-Misbah menjelaskan mengenai ayat ini yang menunjukkan pentingnya memahami ilmu dengan baik dan memberikan informasi atau membagikan ilmu yang telah didapatkan. Selain itu, ayat ini menjelaskan kewajiban manusia untuk melakukan pembagian tugas antara golongan orang-orang yang pergi berperang dengan yang mempelajari ilmu agama. Oleh karena itu, ayat ini selaras dengan kewajiban manusia untuk mencari ilmu, merealisasikannya dalam kehidupan, serta mengajarkan kepada orang lain (Azkiya dkk., 2022). Dalam tafsir Ibnu Katsir menjelaskan pada ayat ini terdapat dua perintah berjuang melalui berperang dan mencari ilmu. Hukum berperang ialah *fardhu kifayah* karena dapat digantikan oleh orang lain sedangkan menuntut ilmu *fardhu ain* atau wajib bagi setiap orang (Nihayah, 2016).

Warna serbuk yang terbentuk antara mikroenkapsulan khamir yang diberikan bahan penyalut menghasilkan warna yang lebih cerah dibandingkan dengan mikroenkapsulan khamir tanpa penyalut (Gambar 4.1). Kondisi ini sesuai

dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Annisa (2022) bahwa penelitian tanpa bahan penyalut memiliki warna lebih gelap dikarenakan berasal dari kandungan molases pada media pertumbuhan yang digunakan oleh khamir. Molases merupakan hasil samping pada proses pembuatan gula yang mengandung sebagian besar gula, asam amino, dan mineral (Rochani dkk., 2016). Reaksi antara gula pereduksi dengan asam amino melalui proses pemanasan membentuk reaksi maillard yang menghasilkan warna gelap (Hustiany, 2017).

Kandungan maltodekstrin mampu meningkatkan kecerahan mikroenkapsulan yang terbentuk. Penelitian yang dilakukan oleh Chng *et al.* (2020) dan Indah dkk. (2019) menunjukkan tingkat kecerahan yang tinggi. Namun pada penelitian Sadiyah dkk. (2022) dengan kandungan protein whey yang lebih tinggi dibandingkan dengan maltodekstrin menunjukkan peningkatan kecerahan pada mikroenkapsulan. Penambahan protein whey yang lebih banyak akan meningkatkan kestabilan terhadap oksidasi yang dapat menurunkan kualitas warna (Toure *et al.*, 2007).



Gambar 4.1 Hasil enkapsulasi khamir ; a. Khamir yang diberikan bahan penyalut, b. Khamir yang tidak diberikan bahan penyalut.

4.2 Pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap kadar air enkapsulasi khamir

Hasil penelitian ini pada Tabel 4.2 menunjukkan semakin tinggi kadar protein whey maka kandungan air pada enkapsulasi khamir semakin tinggi. Berdasarkan hasil uji ANOVA (lampiran 3) menunjukkan nilai signifikansi $<0,05$ sehingga dilanjutkan uji duncan. Hasil uji duncan (lampiran 4) menunjukkan perbandingan 1:1 dengan 1:3 tidak terdapat perbedaan nyata namun pada perbandingan 1:5 dan perlakuan kontrol terdapat perbedaan nyata. Kadar air tertinggi pada enkapsulasi khamir tanpa penyalut apapun. Hal ini selaras dengan penelitian Chandralekha *et al.* 2016 dan Kusuma (2022) yang disebabkan karena rendahnya total padatan yang terkandung dalam suspensi enkapsulasi yang terdiri dari pellet khamir saja. Semakin banyak padatan yang dikeringkan dalam bahan pangan menyebabkan kecepatan penguapan semakin tinggi sehingga kadar air akan semakin rendah (Sadiah dkk., 2022).

Tabel 4.2 Data kadar air pada serbuk enkapsulasi khamir

Perbandingan maltodekstrin dan protein whey (MD : PW)	Rata-rata presentase kadar air (%)
1 : 1	6,99 ^a
1 : 3	7,81 ^a
1 : 5	10,47 ^b
0 : 0	17.72 ^c

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada hasil menunjukkan perbedaan yang nyata dengan taraf α 0,05

Kandungan air berperan penting dalam menjaga kualitas produk selama masa penyimpanan (Michalska & Lech, 2018). Selain itu, kandungan air

mempengaruhi laju aliran saat dilakukan proses *spray drying* (Jung *et al.*, 2018). Kandungan air dibawah 10% menghasilkan produk yang tergolong stabil karena mikroba sulit berkembang. Kadar air yang tinggi pada serbuk akan mengakibatkan pertumbuhan jamur sehingga produk rusak (Saleh & Purnomo, 2014). Pada hasil penelitian ini (tabel 4.2) menunjukkan enkapsulasi khamir dengan perbandingan 1:1 dan 1:3 tergolong aman dari kontaminasi mikroba. Selain itu, kedua perbandingan tersebut sudah sesuai dengan kadar air pada ragi roti komersil yang berkisar 4-8,5% (Joseph & Bachhawat, 2014).

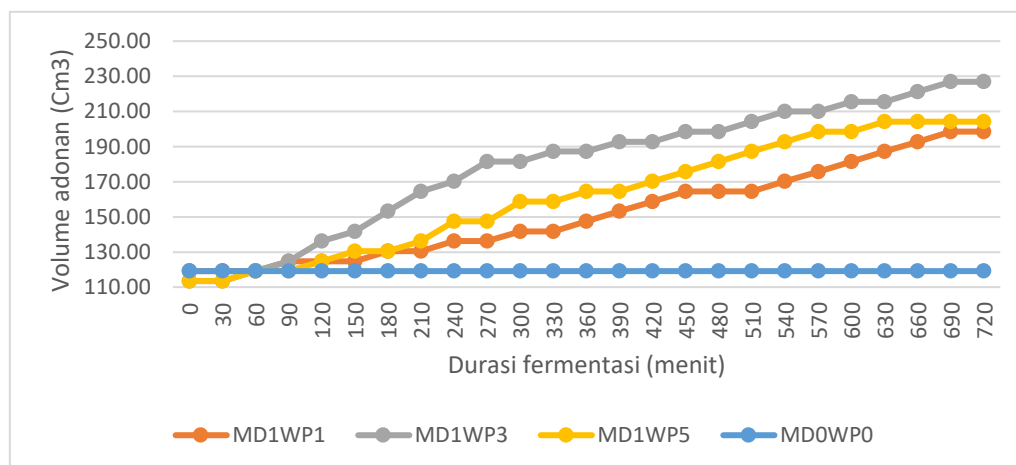
Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kadar air berbanding lurus dengan peningkatan kandungan protein whey yang sejalan dengan penelitian Assagaf dkk. (2013), Rajam & Anandharamakrishnan (2015) dan Karrar *et al.* (2021). Protein whey memiliki struktur kompleks dan matriks ikatan yang kuat terhadap air (Baysan *et al.*, 2021). Sedangkan maltodekstrin memiliki sifat higroskopis yang lebih rendah karena berat molekuler yang lebih tinggi (Hasna dkk., 2019; Mutlu & Erbas, 2023). Kemampuan higroskopis merupakan kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air di lingkungannya baik secara absorpsi maupun adsorpsi (Hatina & Winoto, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Agudelo-Chaparro *et al.* (2022) menunjukkan suhu *inlet* dan laju aliran memiliki pengaruh signifikan terhadap kadar air. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai suhu *spray dryer* yang optimal dan juga laju aliran dalam proses atomisasi.

4.3 Pengaruh perbandingan bahan penyalut pada enkapsulasi khamir terhadap kualitas hasil roti

4.3.1 Daya kembang adonan

Khamir yang telah dienkapsulasi kemudian diaplikasikan pada adonan roti kemudian diukur pertambahan volume adonan. Berdasarkan gambar 4.2 menunjukkan peningkatan volume adonan roti tertinggi pada adonan yang diberi enkapsulasi khamir dengan bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey 1:3 dengan volume akhir 226,87 cm³ dan presentase kenaikan 100% kemudian perbandingan 1:5 menunjukkan volume 204,18 cm³ dengan presentase kenaikan 80% dan perbandingan 1:1 menghasilkan volume akhir 198,51 cm³ dengan presentase 66,6%. Perbandingan 1:3 mampu mengembangkan dua kali lipat adonan dari volume awal pada menit ke 690 (lampiran 6) yang sesuai dengan standar pengembangan (Soekarto, 1997; Hernández-López *et al.*, 2007; Fauzan, 2013). Pengembangan volume yang lebih tinggi pada kadar protein whey lebih tinggi disebabkan protein whey berguna sebagai zat emulsi. Zat emulsifier yang baik akan membantu peleburan enkapsulasi khamir dalam adonan. Selain itu, maltodekstrin berguna dalam membantu melarutkan bahan enkapsulasi khamir dengan air dalam adonan (Hasna dkk., 2019).



Gambar 4.2 Grafik perkembangan volume roti selama 720 menit dengan enkapsulasi khamir

Pengujian enkapsulasi khamir pada adonan merupakan parameter penting dalam pembuatan ragi kering tidak hanya viabilitas khamir (Ahi *et al.*, 2010). Volume roti yang terbentuk menunjukkan kemampuan khamir untuk menghasilkan gas CO₂ yang akan terperangkap dalam jaringan gluten dan komponen adonan roti lainnya akan mempertahankan struktur tersebut sehingga gas tidak mudah lepas atau keluar (Sitepu, 2019). Fungsi protein whey dalam membantu meleburkan bahan inti dalam adonan sesuai dengan hasil pengembangan adonan (lampiran 5) yang diberi khamir dengan perbandingan bahan penyalut antara maltodeksrin dan protein whey 1:3 dan 1:5 lebih cepat pada menit ke-60 sudah terjadi kenaikan sedangkan khamir dengan perbandingan bahan penyalut 1:1 kenaikan volume pada menit ke-90. Kenaikan volume adonan menunjukkan fase fermentasi yang sedang berlangsung (Chevallier *et al.*, 2012).

Fase fermentasi pertama yaitu tahap lag yang bertujuan untuk adaptasi pada lingkungan baru. Kemudian terjadi pembelahan sel yang sangat aktif menandai masuknya fase log. Kemudian aktivitas sel akan menurun pada fase stasioner

(Amaria dkk., 2015). Saat fase lag, difusi karbondioksida terjadi melalui matriks adonan pada 3 jam pertama. Semakin tinggi kadar karbondioksida maka akan mendorong peningkatan perkembangan sel pada fase logaritmik yang terjadi hingga jam ke 9. Ketika produksi karbondioksida mencapai maksimum, maka gas adonan akan dilepas (Chevallier *et al.*, 2012; Saepudin dkk., 2017). Gas karbondioksida yang terbentuk selama proses fermentasi akan meningkatkan gelembung udara pada roti dan retensi gas dari adonan (Abedfar & Sadeghi, 2019). Adonan roti yang baik memiliki volume yang besar yang menunjukkan kemampuan adonan dalam mengikat CO₂ selama fermentasi (Onyango *et al.*, 2022)

Hasil perhitungan jumlah viabilitas sel memiliki jumlah yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi pengembangan fermentasi roti. Volume pengembangan roti merupakan kemampuan roti untuk mengalami pertambahan ukuran selama proses fermentasi (Lestari, 2015). Pada gambar 4.3 menunjukkan khamir yang tidak dienkapsulasi dengan bahan penyalut tidak dapat mengembangkan adonan. Hal ini karena khamir memiliki viabilitas yang rendah. Ragi roti yang diaplikasikan pada adonan menunjukkan kemampuan ragi untuk menghasilkan gas CO₂ yang akan terperangkap pada jaringan gluten kemudian komponen lainnya akan mempertahankan struktur tersebut sehingga gas tidak mudah lepas atau keluar (Sitepu, 2019).

Khamir melakukan fermentasi gula dalam adonan dengan kondisi anaerob fakultatif. Gula-gula akan disimilasi melalui jalur glikolisis sehingga menghasilkan asam piruvat. Asam piruvat dalam kondisi anaerob akan mengalami penguraian oleh piruvat dekarboksilase menjadi etanol dan karbon dioksida.

Enzim yang bekerja pada fermentasi roti yaitu protease, lipase, invertase, maltase, dan zymase. Protease berfungsi untuk memecah protein dalam tepung menjadi senyawa nitrogen yang berguna untuk khamir dalam melakukan proses fermentasi. Enzim lipase akan memecah lemak menjadi asam lemak dan gliserin. Invertase memecah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Maltase mengubah maltosa menjadi glukosa dan diubah menjadi alkohol dan karbondioksida oleh enzim zymase. Reaksi fermentasi tersebut kemudian menghasilkan berbagai komponen pembentuk flavor roti seperti asam asetat, aldehid dan ester. Berbagai enzim dalam khamir akan membentuk rasa roti sebagai hasil reaksi *maillard* yang menyediakan bahan-bahan pereaksi sebagai hasil degradasi enzimatik oleh ragi.

4.3.2 Uji Organoleptik

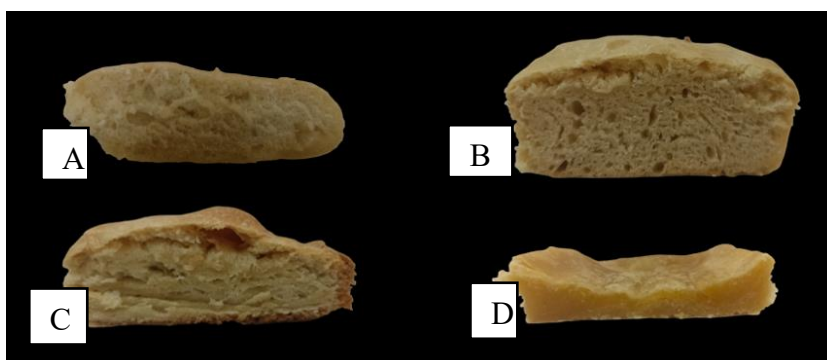
Uji organoleptik yang menggunakan kepekaan panca indera manusia dalam menilai kualitas suatu produk menunjukkan bagaimana setiap manusia memiliki kemampuan untuk memilih makanan yang baik untuk dimakan dengan konsep pangan halalan tayyiban. Konsep ini mengacu pada QS. Al – Baqarah [2] : 168.

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

Artinya : “Wahai manusia, makanlah sebagian (makanan) di bumi yang halal lagi baik dan janganlah mengikuti langkah-langkah setan. Sesungguhnya ia bagimu merupakan musuh yang nyata.” (QS. Al – Baqarah [2] : 168)

Dalam tafsir Al-Misbah yang ditulis oleh M. Quraish Shihab menjelaskan mengenai seruan kehalalan untuk makanan yang ditujukan untuk seluruh manusia sebagai bagian dari beriman kepada Allah SWT. Makanan yang halal belum tentu baik karena makanan yang baik menurut satu orang dengan orang yang lainnya berbeda. Sedangkan menurut Ibnu Katsir, *thayyib* dalam ayat tersebut adalah baik itu sendiri, tidak berbahaya bagi tubuh dan pikiran (Fitriani, 2022).

Adonan roti yang telah diinkubasi kemudian dilakukan pemanggangan selama 30 menit dengan suhu 150°C sehingga terbentuk produk roti seperti yang dapat dilihat pada gambar 4.4 sebelum roti dipanggang, dilakukan proses proofing, dimana proses ini akan membantu gluten untuk menahan gas karbondioksida dari hasil fermentasi sehingga roti menjadi lebih elastis dengan tingkat kekerasan pada roti yang lebih rendah. Namun, proses pemanggangan dapat dilakukan saat roti sudah mengembang sebelum 720 menit.



Gambar 4.3 Hasil roti yang telah dipanggang dengan oenkapsulasi khamir dengan bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey

Keterangan : A. Perbandingan bahan penyalut 1:1
B. Perbandingan bahan penyalut 1:3
C. Perbandingan bahan penyalut 1:5
D. Tanpa bahan penyalut

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa khamir yang dienkapsulasi dengan maltodekstrin dan protein whey perbandingan 1:3 menunjukkan kenaikan volume yang paling tinggi dengan volume $226,87\text{ cm}^3$. Sedangkan volume paling rendah lainnya selain kontrol negatif pada perbandingan 1:5 dengan volume $204,18\text{ cm}^3$. Saat dilakukan pemanggangan, terjadi peningkatan volume adonan pada awalnya karena adanya dorongan gas. Suhu pemanggangan diatas 55°C menyebabkan

khamir mengalami kerusakan. Selain itu, peningkatan suhu mendorong gas yang telah terbentuk menguap dan adonan tidak mampu mengembang lagi (Husin dkk., 2019).

Roti yang telah dipanggang kemudian dilakukan uji organoleptik untuk mengukur tingkat kesukaan panelis terhadap tekstur, warna, aroma, dan rasa dengan khamir yang telah dienkapsulasi (Purtiningtyas dkk., 2017). Penelitian dilakukan dengan melibatkan 30 panelis tidak terlatih yaitu mahasiswa UIN Malang. Panelis dapat memberikan penilaian terhadap sifat sensori sederhana seperti uji kesukaan (Kusuma dkk, 2017).

Data uji organoleptik yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji Kruskal Wallis yang dapat dilihat pada lampiran 6. Berdasarkan hasil tersebut, parameter tekstur, rasa, dan warna menunjukkan nilai Asymp. Sig. $<0,05$ yang berarti terdapat perbedaan nyata. Oleh karena itu, dilanjutkan dengan Uji Mann-Whitney pada perbedaan perbandingan bahan penyalut terhadap sifat organoleptik roti untuk melihat ada tidaknya perbedaan antar perlakuan setiap parameter yang diamati pada tabel 4.3.

Mutu pada roti biasanya dinilai berdasarkan 4 faktor yaitu warna, aroma, tekstur dan rasa. Secara visual, warna menjadi parameter penting untuk menentukan indikator kematangan, baik tidaknya pencampuran atau pengolahan yang ditandai dengan warna yang merata (Saepudin dkk., 2017) Warna menjadi parameter pertama yang dinilai panelis yang sangat menentukan penerimaan dari suatu produk.

Tingkat kesukaan terhadap warna roti berdasarkan nilai rata-rata, panelis memilih roti dengan khamir yang telah diberi bahan penyalut tanpa ada perbedaan

signifikan. Hal ini dimungkinkan sesuai dengan preferensi panelis. Roti yang dibuat dari khamir yang tidak diberi bahan penyalut memiliki nilai paling rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat (Putra, 2016) bahwa reaksi karamelisasi terjadi karena adanya interaksi gula-gula pada suhu tinggi diatas titik cairnya (80°C). Reaksi tersebut karena adanya pemanasan gula dalam asam, basa dan pemanasan tanpa adanya air (Sutrisno dkk., 2014). Warna berhubungan dengan adanya reaksi *maillard*. Reaksi *maillard* merupakan reaksi kimia antar asam amino dengan gugus gula pereduksi yang akan menghasilkan warna coklat yang disebut dengan melanoidin (Malichati dkk., 2018).

Tabel 4.3 Hasil uji lanjut Mann-Whitney pada perbedaan perbandingan bahan penyalut enkapsulan khamir terhadap sifat organoleptik roti

Perlakuan	Warna	Aroma	Tekstur	Rasa
1:1	$3,37 \pm 0,85^a$	$3,27 \pm 0,64^a$	$3,23 \pm 0,89^a$	$2,83 \pm 0,87^a$
1:3	$3,60 \pm 0,62^a$	$3,67 \pm 0,71^{bc}$	$3,83 \pm 0,90^b$	$3,73 \pm 0,78^b$
1:5	$3,60 \pm 0,96^a$	$3,37 \pm 0,80^c$	$2,70 \pm 0,79^c$	$3,20 \pm 1,12^b$
0:0	$2,60 \pm 1,00^b$	$2,70 \pm 0,95^d$	$2,10 \pm 1,24^d$	$2,47 \pm 1,30^a$

Keterangan : Superskrip yang berbeda pada hasil menunjukkan perbedaan yang nyata dengan taraf α 0,05

Uji organoleptik selanjutnya adalah aroma dimana aroma yang paling disukai adalah roti dengan perbandingan bahan penyalut 1:3 namun tidak berbeda dengan perbandingan bahan penyalut 1:5 sedangkan yang paling tidak disukai pada roti dengan khamir tanpa bahan penyalut. Roti yang diberi khamir tanpa bahan penyalut menghasilkan aroma tepung saja. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sitepu (2019) bahwa semakin banyak jumlah ragi yang diberikan maka akan meningkatkan bahan yang difermentasikan semakin banyak dan

berpengaruh terhadap aroma hasil fermentasi seperti asam, aldehid, dan ester. Senyawa volatil yang terbentuk berhubungan dengan nilai gizi yang terkandung didalamnya. Aroma produk roti yang baik memiliki aroma yang enak dengan bau khas roti dan berbau gandum atau biji-bijian (Astuti, 2015).

Tekstur yang terbentuk pada roti merupakan parameter penting untuk menentukan kualitas roti. Pada gambar 4.4 menunjukkan roti dengan bahan penyalut perbandingan maltodekstrin dan protein whey 1:3 menghasilkan roti dengan rongga-rongga bertekstur lembut sehingga volume meningkat. Sedangkan pada roti dengan volume rendah memiliki tekstur yang keras karena volume yang tidak meningkat (Guardado-Félix *et al.*, 2020).

Keempat perlakuan pada penelitian ini menunjukkan perbedaan signifikan pada tekstur yang terbentuk. Volume yang tinggi karena adanya pori-pori roti terbentuk ketika udara masuk kedalam adonan dan terdispersi menjadi gelembung halus pada saat pengulenan bahan. Protein dalam tepung akan membentuk gluten ketika terdapat air dan perlakuan mekanis (Dewi dkk., 2020). Adonan roti dengan pengembangan volume yang optimal akan memperoleh produk roti dengan tekstur lembut (Sitepu, 2019). Selain itu, tekstur roti dipengaruhi bahan dasar pembuatan roti berupa kandungan protein, kadar air, dan lemak (Pusuma dkk., 2018). Permukaan roti (*crust*) kandungan airnya sangat cepat mengalami penguapan sehingga ketika selesai dipanggang kadar air bahan telah banyak hilang dan membentuk tekstur roti yang kokoh (Haryani dkk., 2017).

Penilaian rasa pada uji organoleptik dinilai dengan indra perasa (lidah) untuk menilai kombinasi perbedaan rasa manis, asin, asam, dan pahit (Malichati dan Annis, 2018). Hasil uji organoleptik terhadap rasa menunjukkan rasa yang paling

disukai pada perbandingan 1:3 dan 1:5. Sedangkan pada perbandingan bahan penyalut 1:1 dengan khamir yang tidak diberikan bahan penyalut tidak berbeda nyata. Rasa yang terbentuk dihasilkan oleh bahan penyusun dan rasa yang timbul selama proses fermentasi karbohidrat (Saepudin dkk., 2017). Hal ini sejalan dengan pendapat Birch *et al.* (2013) bahwa rasa dipengaruhi oleh bahan penyusun hasil fermentasi sekunder non volatil seperti ester, senyawa fenolik dan lipid. Gula yang digunakan dalam adonan memberikan pengaruh terhadap rasa manis (Anggraeni dkk., 2017). Ragi dalam pengembang roti akan mengubah pati menjadi gula kemudian dikonversi menjadi alkohol dan gas karbondioksida (Sitepu, 2019).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat pengaruh nyata perbandingan jumlah bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey terhadap viabilitas mikroenkapsulan khamir setelah dilakukan *spray drying*. Perbandingan 1:3 mempertahankan viabilitas tertinggi hingga 80,88% namun tidak berbeda nyata dengan perbandingan 1:5 dengan presentase 71,59%.
2. Terdapat pengaruh perbandingan jumlah bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey terhadap kadar air enkapsulan khamir. Perbandingan 1:1 menghasilkan kadar air terendah 6,99% yang tidak berbeda nyata dengan perbandingan 1:3 sebesar 7,81%.
3. Terdapat pengaruh perbandingan konsentrasi bahan penyalut maltodekstrin dan protein whey terhadap kualitas hasil roti. Volume roti tertinggi terdapat pada perbandingan 1:3 sebesar 226,87 cm³ dengan presentase 100%. Begitu pula pada hasil uji organoleptik, roti dengan khamir yang ditambahkan bahan penyalut lebih disukai berdasarkan parameter warna, aroma, tekstur dan rasa. Warna roti dengan khamir yang diberikan bahan penyalut lebih disukai tanpa ada perbedaan signifikan. Aroma dan rasa roti paling disukai pada perbandingan 1:3 dan 1:5. Sedangkan tekstur paling disukai pada perbandingan 1:3.

5.2 Saran

Saran yang diberikan penulis untuk penelitian kedepannya adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih dalam mengenai pengamatan morfologi, dan daya simpan enkapsulan.
2. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap kualitas hasil roti dengan menggunakan analisis tekstur melalui uji pori roti dan uji kualitas warna dengan *Color meter*.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN], B. S. N. (2006). *Petunjuk Pengujian dan Atau Sensori. SNI 01-2346-2006*. Standar Nasional Indonesia.
- Abedfar, A., & Sadeghi, A. (2019). Response surface methodology for investigating the effects of sourdough fermentation conditions on Iranian cup bread properties. *Heliyon*, 5(10), e02608.
- Agnihotri, N., Mishra, R., Goda, C., & Arora, M. (2012). A Novel Approach in Drug Delivery. *India:Indo Global Journal Of Pharmaceutial Science*.
- Agudelo-Chaparro, J., Ciro-Velásquez, H. J., Sepúlveda-Valencia, J. U., & Pérez-Monterroza, E. J. (2022). Microencapsulation of *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 by spray drying using maltodextrin, whey protein concentrate and trehalose. *Food Science and Technology International*, 28(6), 476–488.
- Agudelo, J., Cano, A., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2017). Disaccharide incorporation to improve survival during storage of spray dried *Lactobacillus rhamnosus* in whey protein-maltodextrin carriers. *Journal of Functional Foods*, 37, 416–423.
- Agustin, D. A., & Wibowo, A. A. (2021). Teknologi Enkapsulasi : Teknik dan Aplikasinya. *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 202–209.
- Ahi, M., Hatamipour, M. S., & Goodarzi, A. (2010). Optimization of Leavening Activity of Baker's Yeast During the Spray-Drying Process. *Drying Technology*, 28(4), 490–494.
- Akbarbaglu, Z., Peighambardoust, S. H., Sarabandi, K., & Jafari, S. M. (2021). Spray drying encapsulation of bioactive compounds within protein-based carriers; different options and applications. *Food Chemistry*, 359, 129965.
- Akhtar, M., & Dickinson, E. (2007). Whey protein–maltodextrin conjugates as emulsifying agents: An alternative to gum arabic. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 607–616.
- Ali, A., Shehzad, A., Khan, M. R., Shabbir, M. A., & Amjid, M. R. (2012). Yeast, its types and role in fermentation during bread making process-A Review. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22(3), 171–179.
- Amaria, Isnawati, Rini, & Tukiran. (2015). Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* dari Limbah Buah dan Sayur Sebagai Sumber Vitamin B. *Himpunan Makalah Seminar Nasional Teknologi Pangan*, 138–150.
- Anandharamakrishnan, C., & Ishwarya, S. P. (2015). Introduction to spray drying. In *Spray Drying Techniques for Food Ingredient Encapsulation* (pp. 1–36). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118863985.ch1>
- Anggraeni, M. C., Nurwantoro, & Abduh, S. B. M. (2017). Sifat Fisikokimia Roti yang Dibuat Dengan Bahan Dasar Tepung Terigu yang Ditambah Berbagai Jenis Gula. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(1).
- Anggraini, Ferniah, & Kusdiyantini. (2019). Isolasi Khamir Fermentatif dari Batang Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*. L) dan Hasil Identifikasinya Berdasarkan Sekuens Internal Transcribed Spacer. *Berkala Bioteknologi*.
- Anjani, N. (2020). *Isolasi dan Identifikasi Khamir Endofit dari Jagung Manis (Zea mays var. saccharata Sturt) dan Buah Pepaya (Carica papaya L.) serta Uji Potensinya sebagai Pengembang Roti*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

- Anjum, D. F. M., Sabir, M. M. Z., Khan, D. M. I., & Pasha, D. I. (2010). Sugar utilization behavior of Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) types and doses on bread quality. *Nutrition & Food Science*, 40(4).
- Annisa, P. (2022). *Analisis Viabilitas Khamir Encapsulasi Candida tropicalis Dengan Metode Spray Drying Sebagai Agen Pengembang Roti Tawar*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Arya, P., & Kumar, P. (2023). Effect of Carrier Agents on Quality Parameters of Spray-Dried Encapsulated Diosgenin Powder and the Optimization of Process Parameters. *Foods*, 12(12), 2330. <https://doi.org/10.3390/foods12122330>
- Assagaf, M., Hastuti, P., Hidayat, C., Yuliani, S., & Supriyadi. (2013). Karakter Oleoresin Pala (*Myristica fragrans* Houtt) yang Dimikroenkapsulasi: Penentuan Rasio Whey Protein Concentrate (WPC):Maltodekstrin (MD). *AGRITECH*, 33(1).
- Astuti. (2015). Pengaruh Penggunaan Suhu Pengovenan terhadap Kualitas Roti Manis Dilihat dari Aspek Warna Kulit, Rasa, Aroma, dan Tekstur. *Teknobuga*, 2(2), 78.
- Asyikeen, N., Ma'aruf, Sahilah, Khan, M., & Aida, W. (2013). A new source of *Saccharomyces cerevisiae* as a leavening agent in bread making. *International Food Research Journal*, 20(2).
- Azkiya, N., Yunus, E. M., Hanna, R. A. F., Manufa, S., & Halimatussa'diyah, H. (2022). Diaspora dalam Pandangan Al-Qur'an (Telaah QS. At-Taubah ayat 122). *Jurnal Riset Agama*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.15575/jra.v2i1.15551>
- Bannikova, A., Zyainitdinov, D., Evteev, A., Drevko, Y., & Evdokimov, I. (2020). Microencapsulation of polyphenols and xylooligosaccharides from oat bran in whey protein-maltodextrin complex coacervates: In-vitro evaluation and controlled release. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 23, 100236.
- Barbosa-Cánovas, G. V., & Vega-Mercado, H. (1996). Spray Drying. In *Dehydration of Foods* (pp. 185–227). Springer US.
- Bartkiene, E., Lele, V., Ruzauskas, M., Domig, K. J., Starkute, V., Zavistanaviciute, P., Bartkevics, V., Pugajeva, I., Klupsaite, D., Juodeikiene, G., Mickiene, R., & Rocha, J. M. (2019). Lactic Acid Bacteria Isolation from Spontaneous Sourdough and Their Characterization Including Antimicrobial and Antifungal Properties Evaluation. *Microorganisms*, 8(1), 64.
- Bartkiene, E., Özogul, F., & Rocha, J. M. (2022). Bread Sourdough Lactic Acid Bacteria—Technological, Antimicrobial, Toxin-Degrading, Immune System-, and Faecal Microbiota-Modelling Biological Agents for the Preparation of Food, Nutraceuticals and Feed. *Foods*, 11(3), 452.
- Baysan, U., Zungur Bastıođlu, A., Coşkun, N. Ö., Konuk Takma, D., Ülkeryıldız Balçık, E., Sahin-Nadeem, H., & Koç, M. (2021). The effect of coating material combination and encapsulation method on propolis powder properties. *Powder Technology*, 384, 332–341.
- Behboudi-Jobbekdar, S., Soukoulis, C., Yonekura, L., & Fisk, I. (2013). Optimization of Spray-Drying Process Conditions for the Production of Maximally Viable Microencapsulated *L. acidophilus* NCIMB 701748. *Drying Technology*, 31(11), 1274–1283.
- Bhagwat, A., Bhushette, P., & Annapure, U. S. (2020). Spray drying studies of probiotic *Enterococcus* strains encapsulated with whey protein and maltodextrin. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*,

- 9(1), 33.
- Boekhout, Fonseca, Sampaio, Bandoni, Fell, & KJ, K.-C. (2011). Discussion of teleomorphic and anamorphic basidiomycetous yeasts. In *Kurtzman CP, Fell JW– The yeasts: ataxonomic study 5th ed* (p. 1340). Elsevier.
- Bordet, F., Joran, A., Klein, G., Roullier-Gall, C., & Alexandre, H. (2020). Yeast–Yeast Interactions: Mechanisms, Methodologies and Impact on Composition. *Microorganisms*, 8(4), 600.
- Both, E. M., Boom, R. M., & Schutyser, M. A. I. (2020). Particle morphology and powder properties during spray drying of maltodextrin and whey protein mixtures. *Powder Technology*, 363, 519–524.
- Burgain, J., Gaiani, C., Linder, M., & Scher, J. (2011). Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 467–483.
- Burrows, S. (1973). *Process Of Drying Yeast* (Patent No. US3962467A). <https://patents.google.com/patent/US3962467A/en>
- Caspeta, L., & Nielsen, J. (2015). Thermotolerant Yeast Strains Adapted by Laboratory Evolution Show Trade-Off at Ancestral Temperatures and Preadaptation to Other Stresses. *MBio*, 6(4).
- 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*, 17(6), 689–703. <https://doi.org/10.1111/tra.12391>
- Chandralekha, A., Tavanandi, A. H., Amrutha, N., Hebbar, H. U., Raghavarao, K. S. M. S., & Gadre, R. (2016). Encapsulation of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) by spray drying for extension of shelf life. *Drying Technology*, 34(11), 1307–1318.
- Chávez-Falcón, M. S., Buitrago-Arias, C., Avila-Reyes, S. V., Solorza-Feria, J., Arenas-Ocampo, M. L., Camacho-Díaz, B. H., & Jiménez-Aparicio, A. R. (2022). Kinetics and Mechanisms of *Saccharomyces boulardii* Release from Optimized Whey Protein–Agavin–Alginate Beads under Simulated Gastrointestinal Conditions. *Bioengineering*, 9(9), 460.
- Chevallier, S., Zúñiga, R., & Le-Bail, A. (2012). Assessment of Bread Dough Expansion during Fermentation. *Food and Bioprocess Technology*, 5(2), 609–617. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0319-3>
- Chng, Y. V. G., Chang, L. S., & Pui, L. P. (2020). Effects of maltodextrin concentration and inlet temperature on the physicochemical properties of spray-dried kuini powder. *AsPac J. Mol. Biol. Biotechnol*, 28(4).
- Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, 2(4), 426–442. <https://doi.org/10.1002/fft2.94>
- Coradello, G., & Tirelli, N. (2021). Yeast Cells in Microencapsulation. General Features and Controlling Factors of the Encapsulation Process. *Molecules*, 26(11), 3123. <https://doi.org/10.3390/molecules26113123>
- Corrêa-Filho, L. C., Lourenço, M. M., Moldão-Martins, M., & Alves, V. D. (2019). Microencapsulation of β -Carotene by Spray Drying: Effect of Wall Material Concentration and Drying Inlet Temperature. *International Journal of Food Science*, 2019, 1–12.
- Curiel, J. A., Morales, P., Gonzalez, R., & Tronchoni, J. (2017). Different Non-

- Saccharomyces Yeast Species Stimulate Nutrient Consumption in *S. cerevisiae* Mixed Cultures. *Frontiers in Microbiology*, 8.
- Deng, W., Li, X., Ren, G., Bu, Q., Ruan, Y., Feng, Y., & Li, B. (2023). Stability of Purple Corn Anthocyanin Encapsulated by Maltodextrin, and Its Combinations with Gum Arabic and Whey Protein Isolate. *Foods*, 12(12), 2393.
- Derman, E., Abdulla, R., Marbawi, H., Sabullah, M. K., Gansau, J. A., & Ravindra, P. (2022). Simultaneous Saccharification and Fermentation of Empty Fruit Bunches of Palm for Bioethanol Production Using a Microbial Consortium of *S. cerevisiae* and *T. harzianum*. *Fermentation*, 8(7), 295.
- Dewi, Chairunnisa, Nugrahani, Ningsih, Fitriyah, & Kossih. (2020). Pembuatan dan karakterisasi kelarutan dalam air dan biodegradabilitas bioplastik dari campuran dedak padi-jagung. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMH*, 1–7.
- Djaafar, T. F., Santoso, U., & Ariestyanta, A. (2018). Pengaruh Penambahan Maltodekstrin dan Suhu Inlet Spray Dryer terhadap Karakteristik Fisiko-Kimia Bubuk Sari Kerandang (*Canavalia virosa*). *Agritech*, 37(3), 334.
- Dong, Y., & Karboune, S. (2021). A review of bread qualities and current strategies for bread bioprotection: Flavor, sensory, rheological, and textural attributes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1937–1981.
- El-Sayed, S. M., El-Sayed, H. S., & Youssef, A. M. (2023). Facile green preparation of Cr₂O₃ nanoparticles combined with probiotics in hydro-beads to produce integrated yoghurt. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 30, 100354.
- Fauzan, M. (2013). *Pengaruh Substitusi Tepung Ampas Kelapa Terhadap Kandungan Gizi, Serat dan Volume Pengembangan Roti*. Universitas Diponegoro.
- Fauziah, H. N. (2021). *Potensi Khamir Candida tropicalis Isolat Lokal Jagung Manis (Zea mays var. Saccharata Sturt) Sebagai Pengembang Roti*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Fernandes, L. M., Guimarães, J. T., Pimentel, T. C., Esmerino, E. A., Freitas, M. Q., Carvalho, C. W. P., Cruz, A. G., & Silva, M. C. (2020). Edible whey protein films and coatings added with prebiotic ingredients. In *Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability* (pp. 177–193). Elsevier.
- Fitriani. (2022). Konsep Makanan Halalan Thayyiban Dalam Qs. Al-Baqarah : 168 Perspektif Quraish Shihab Dan Ilmu Kesehatan. *NIHAIYYAT: Journal of Islamic Interdisciplinary Studies*, 1(1), 53–66.
- G'elinas, P. (2019). Active Dry Yeast: Lessons from Patents and Science. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18, 1227–1255.
- Gardjito, M., Murdjati, & Aini, N. (2006). Mikroenkapsulasi β-karoten buah labu kuning dengan enkapsulan whey dan karbohidrat. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2(1).
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40.
- Guardado-Félix, D., Lazo-Vélez, M. A., Pérez-Carrillo, E., Panata-Saquicili, D. E., & Serna-Saldívar, S. O. (2020). Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads. *LWT*, 129,

109517. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109517>
- Gusnadi, D., Taufiq, R., & Baharta, E. (2021). Uji Organoleptik Daya Terima Pada Produk Mousse Berbasis Tapai Singkong Sebagai Komoditi UMKM di Kabupaten Bandung. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(12).
- Halahlah, A., Piironen, V., Mikkonen, K. S., & Ho, T. M. (2023). Wood Hemicelluloses as Innovative Wall Materials for Spray-Dried Microencapsulation of Berry Juice: Part 1—Effect of Homogenization Techniques on their Feed Solution Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 16(4), 909–929. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02963-5>
- Hamamoto, M., & Nakase, T. (2000). Phylogenetic relationship among fungi inferred from small subunit ribosomal RNA genes sequences. In *Priest FG, Goodfellow M—Applied microbial systematics* (pp. 60–67). Springer-Science Business Media.
- Hariyadi, P. (2017). Pengerian Semprot: Aplikasinya untuk Mikroenkapsulasi Komponen Fungsional. *Foodreview Indonesia*, 7(5).
- Haryani, Hargono, Handayani, Ramadani, & Rezekia. (2017). Substitusi Terigu dengan Pati Sorgum Terfermentasi pada Pembuatan Roti Tawar. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(2).
- Hasna, T., Anandito, B. K., Khasanah, L. U., Utami, R., & Manuhara, G. J. (2019a). Kombinasi Maltodekstrin dan Whey sebagai Bahan Penyalut pada Karakteristik Mikroenkapsul Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *AgriTECH*, 38(3), 259. <https://doi.org/10.22146/agritech.12725>
- Hasna, T., Anandito, B. K., Khasanah, L. U., Utami, R., & Manuhara, G. J. (2019b). Kombinasi Maltodekstrin dan Whey sebagai Bahan Penyalut pada Karakteristik Mikroenkapsul Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*). *AgriTECH*, 38(3), 259. <https://doi.org/10.22146/agritech.12725>
- Hatina, S., & Winoto, E. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Serbuk Kayu Merbau Dan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Untuk Pengolahan Limbah Cair AAS. *Jurnal Redoks*, 5(1), 32.
- Henriques, M., Gomes, D., & Pereira, C. (2016). *Whey Protein Edible Coatings: Recent Developments and Applications* (V. Nedović, P. Raspor, J. Lević, V. Tumbas Šaponjac, & G. V. Barbosa-Cánovas (eds.); pp. 177–196). Springer International Publishing.
- Hernández-López, M. J., Pallotti, C., Andreu, P., Aguilera, J., Prieto, J. A., & Randez-Gil, F. (2007). Characterization of a *Torulaspora delbrueckii* diploid strain with optimized performance in sweet and frozen sweet dough. *International Journal of Food Microbiology*, 116(1), 103–110.
- How, Y., & Pui, L. (2021). Effect of prebiotics encapsulated with probiotics on encapsulation efficiency, microbead size, and survivability: a review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 4899–4916.
- Howell, K. (2016). *Spoilage: Yeast Spoilage of Food and Beverages*. Academic Press.
- Hoyos-Leyva, J. D., Bello-Pérez, L. A., Alvarez-Ramirez, J., & Garcia, H. S. (2018). Microencapsulation using starch as wall material: A review. *Food Reviews International*, 34(2), 148–161.
- Husin, Rahmi, & Pakpahan. (2019). Pengaruh Substitusi Tepung Modified Cassava Flour (Mocaf) dan Lama Suhu Pemanggangan Terhadap Mutu Roti Manis. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian*.

- Hustiany, R. (2017). *Reaksi Maillard : Pembentuk Citarasa dan Warna Pada Produk Pangan*. Lambung Mangkurat University Press.
- Ibrahim, A. R., Suharman, A., & Sari, D. K. (2022). *Bahan Ajar Kimia Pangan Konstruktivisme 5 Fhase Needham*. Bening Media Publishing.
- Indah, A., Isnaini, F., Zaida, & Nurhadi, B. (2019). Pengaruh Penambahan Berbagai Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Kecap Manis Bubuk Hasil Pengeringan Vakum. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 20(3).
- Jain, A., Thakur, D., Ghoshal, G., Katare, O. P., & Shivhare, U. S. (2015). Microencapsulation by Complex Coacervation Using Whey Protein Isolates and Gum Acacia: An Approach to Preserve the Functionality and Controlled Release of β -Carotene. *Food and Bioprocess Technology*, 8(8), 1635–1644.
- Joseph, R., & Bachhawat, A. K. (2014). Yeasts. In *Encyclopedia of Food Microbiology* (pp. 823–830). Elsevier.
- Jung, H., Lee, Y., & Yoon, W. (2018). Effect of Moisture Content on the Grinding Process and Powder Properties in Food: A Review. *Processes*, 6(6), 69.
- Kakuda, L., Jaramillo, Y., Niño-Arias, F. C., Souza, M. F. de, Conceição, E. C., Alves, V. F., Almeida, O. G. G. de, De Martinis, E. C. P., & Oliveira, W. P. (2023). Process Development for the Spray-Drying of Probiotic Bacteria and Evaluation of the Product Quality. *Journal of Visualized Experiments*, 194.
- Kandasamy, S., Yoo, J., Yun, J., Kang, H.-B., Seol, K.-H., Kim, H.-W., & Ham, J.-S. (2021). Application of Whey Protein-Based Edible Films and Coatings in Food Industries: An Updated Overview. *Coatings*, 11(9), 1056.
- Karrar, E., Mahdi, A. A., Sheth, S., Mohamed Ahmed, I. A., Manzoor, M. F., Wei, W., & Wang, X. (2021). Effect of maltodextrin combination with gum arabic and whey protein isolate on the microencapsulation of gurun seed oil using a spray-drying method. *International Journal of Biological Macromolecules*, 171, 208–216.
- Kezer, G. (2022). Functional Perspective on Sourdough Bread. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(8), 1410–1414.
- Kłosowska, A., Wawrzyńczak, A., & Feliczak-Guzik, A. (2023). Microencapsulation as a Route for Obtaining Encapsulated Flavors and Fragrances. *Cosmetics*, 10(1), 26. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10010026>
- Kurtzman, C., & J., S. (2015). Saccharomycotina and Tahphromycotina: the yeasts and yeast-like fungi of the Ascomycota. In *McLaughlin DJ, Spatapura JW—The mycota: systematics and evolution Part B* (VII ed. Sp, pp. 3–11).
- Kurtzman, & Fell. (1998). *The Yeast : A Taxonomic Study*. Elsevier.
- Kusnedi, R. (2021). Pengaruh Penambahan Pengembang Roti Terhadap Parameter Organoleptik Pada Pembuatan Roti Manis. *Jurnal British*, 1(2), 60–75.
- Kusuma, Sari, T., Kurniawati, A. D., Rahmi, Y., Hadijah, I., Rusdan, & Widyanto, R. M. (2017). *Pengawasan Mutu Makanan*. Universitas Brawijaya Press.
- Kusuma, Y. R. (2022). *Analisis Bahan Enkapsulasi Pada Khamir Pengembang Roti Dengan Proses Spray Drying*. Universitas Islam NEgeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Kwizera, R., Akampurira, A., Kandole, T. K., Nabaggala, M. S., Williams, D. A., Kambugu, A., Meya, D. B., Rhein, J., & Boulware, D. R. (2018). Evaluation of trypan blue stain in the TC20 automated cell counter as a point-of-care for the enumeration of viable cryptococcal cells in cerebrospinal fluid. *Medical Mycology*, 56(5), 559–564.

- Lahue, C., Madden, A. A., Dunn, R. R., & Smukowski Heil, C. (2020). History and Domestication of *Saccharomyces cerevisiae* in Bread Baking. *Frontiers in Genetics*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fgene.2020.584718>
- Li, Z., Li, H., Song, K., & Cui, M. (2019). Performance of non-Saccharomyces yeasts isolated from Jiaozi in dough fermentation and steamed bread making. *LWT*, *111*, 46–54.
- Liang, J., Huang, X., & Ma, G. (2022). Antimicrobial activities and mechanisms of extract and components of herbs in East Asia. *RSC Advances*, *12*(45), 29197–29213.
- Liesche, J., Marek, M., & Gähler-Pomorski, T. (2015). Cell wall staining with Trypan blue enables quantitative analysis of morphological changes in yeast cells. *Frontiers in Microbiology*, *6*. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00107>
- Lima, R., Ribeiro, F. C., Colombo, A. L., & de Almeida, J. N. (2022). The emerging threat antifungal-resistant *Candida tropicalis* in humans, animals, and environment. *Frontiers in Fungal Biology*, *3*.
- Liu, Q., Li, X., Sun, C., Wang, Q., Yao, H., Yang, W., Zheng, Z., Jiang, S., & Wu, X. (2019). Effects of mixed cultures of *Candida tropicalis* and aromatizing yeast in alcoholic fermentation on the quality of apple vinegar. *3 Biotech*, *9*(4), 128.
- Luz, C., Calpe, J., Saladino, F., Luciano, F. B., Fernandez-Franzón, M., Mañes, J., & Meca, G. (2018). Antimicrobial packaging based on ϵ -polylysine bioactive film for the control of mycotoxigenic fungi in vitro and in bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, *42*(1), e13370.
- Maicas, S., & Mateo, J. J. (2023). The Life of *Saccharomyces* and Non-*Saccharomyces* Yeasts in Drinking Wine. *Microorganisms*, *11*(5), 1178.
- Malichati, Rizky, A., & Adi, A. C. (2018). Kaldu Ayam Instan dengan Substitusi Tepung Hati Ayam sebagai Alternatif Bumbu untuk Mencegah Anemia. *Amerta Nutrion Research Study*, 74–82.
- Michalska, A., & Lech, K. (2018). The Effect of Carrier Quantity and Drying Method on the Physical Properties of Apple Juice Powders. *Beverages*, *4*(1), 2. <https://doi.org/10.3390/beverages4010002>
- Minj, S., & Anand, S. (2022). Development of a spray-dried conjugated whey protein hydrolysate powder with entrapped probiotics. *Journal of Dairy Science*, *105*(3), 2038–2048. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20978>
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, Y. A., Muhiaddin, B. J., & Hussin, A. S. M. (2020). Spray Drying for the Encapsulation of Oils—A Review. *Molecules*, *25*(17), 3873. <https://doi.org/10.3390/molecules25173873>
- Montes de Oca, R., Salem, A. Z. M., Kholif, A. E., Monroy, H., L.S., P., Zamora, J. L., & Gutiérrez, A. (2016). *Yeast Additive and Animal Production*.
- Murdiyah, S. (2017). Fungi Endofit Pada Berbagai Tanaman Berkhasiat Obat Di Kawasan Hutan Evergreen Taman Nasional Baluran Dan Potensi Pengembangan Sebagai Petunjuk Parktikum Mata Kuliah Mikologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, *3*(1), 64–71.
- Mutlu, C., & Erbas, M. (2023). Evaluating the effects of different drying methods, carrier materials and their ratios to produce bioactive honey-like powder. *Journal of Apicultural Research*, *62*(2), 364–373.
- Ngatirah. (2017). *Mikrobiologi Umum*. Instiper Yogyakarta.
- Nihayah, H. (2016). Konsep Pendidikan Islam Dalam Prespektif Al Qur'an Surat

- at Taubah Ayat 122. *Al Ulya: Jurnal Pendidikan Islam*, 1(1), 27–38.
- Nisa, M., Parinding, A. M., Umar, A. H., Khairi, N., Amin, A., Indrisari, M., Hendrarti, W., & Aisyah, A. N. (2019). Mikroenkapsulasi Ekstrak Buah Buni (*Antidesma bunius* L.) Menggunakan Maltodekstrin Dengan Metode Spray Drying. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina (JIIS): Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 4(2), 285–294. <https://doi.org/10.36387/jiis.v4i2.270>
- Onyango, C., Luvitaa, S. K., Lagat, K., Hüsken, A., Smit, I., & Schmidt, M. (2022). Utilisation of Amaranth and Finger Millet as Ingredients in Wheat Dough and Bread for Increased Agro-Food Biodiversity. *Foods*, 11(7), 911.
- Papillo, V. A., Locatelli, M., Travaglia, F., Bordiga, M., Garino, C., Arlorio, M., & Coisson, J. D. (2018). Spray-dried polyphenolic extract from Italian black rice (*Oryza sativa* L., var. Artemide) as new ingredient for bakery products. *Food Chemistry*, 269, 603–609. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.059>
- Parapouli, M., Vasileiadi, A., Afendra, A.-S., & Hatziloukas, E. (2020). *Saccharomyces cerevisiae* and its industrial applications. *AIMS Microbiology*, 6(1), 1–32. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2020001>
- Pech-Canul, A. de la C., Ortega, D., García-Triana, A., González-Silva, N., & Solis-Oviedo, R. L. (2020). A Brief Review of Edible Coating Materials for the Microencapsulation of Probiotics. *Coatings*, 10(3), 197.
- Phommachan, K., Keo-oudone, C., Nurcholis, M., Vongvilaisak, N., Chanhming, M., Savanhnaly, V., Bounphanmy, S., Matsutani, M., Kosaka, T., Limtong, S., & Yamada, M. (2022). Adaptive Laboratory Evolution for Multistress Tolerance, including Fermentability at High Glucose Concentrations in Thermotolerant *Candida tropicalis*. *Energies*, 15(2), 561.
- Posten, C. H., & Cooney, C. L. (1993). *Growth of Microorganisms*. Cambridge.
- Prihartini, & Ilmi. (2018). Karakterisasi dan Klasifikasi Numerik Khamir Madu Hutan dari Sulawesi Tengah. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 2(2).
- Purtiningtyas, Desy, N., & Wahyuningsih, S. (2017). Potensi Yogurt Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris* L) Ditinjau dari Fungsi Organoleptik, Kandungan Protein, Lemak dan Flavonoid. *Jurnal Gizi Indonesia*, 6(1).
- Pusuma, Praptiningsih, & M.C. (2018). Karakteristik roti tawar kaya serat yang disubstitusi menggunakan tepung ampas kelapa. *Jurnal Agroteknologi*, 12(1), 29–42.
- Putra, N. K. (2016). Upaya Memperbaiki Warna Gula Semut dengan Pembian NaMetabisulfit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(1).
- Rajam, R., & Anandharamakrishnan, C. (2015). Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (MTCC 5422) with fructooligosaccharide as wall material by spray drying. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 773–780. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.062>
- RI, K. A. (2011). *Tumbuhan Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains* (Cetakan Pe). Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an.
- Ridhani, M. A., Vidyaningrum, I. P., Akmal, N. N., Fatihatunisa, R., Azzahro, S., & Aini, N. (2021). Potensi Penambahan Berbagai Jenis Gula Terhadap Sifat Sensori dan Fisiokimia Roti Manis. *Pasundan Food Technology Journal*, 8(3).
- Rochani, A., Yuniningsih, S., & Ma'sum, Z. (2016). Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol Pada Proses Fermentasi. *Jurnal Reka Buana*, 1(1).
- Sadih, I., Indiarso, R., & Cahyana, Y. (2022). Karakteristik Dan Senyawa Fenolik

- Mikrokapsul Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) Dengan Kombinasi Maltodekstrin Dan Whey Protein Iso. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(3), 273–282. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.3.273>
- Saepudin, L., Setiawan, Y., & Sari, P. D. (2017). Pengaruh perbandingan substitusi tepung sukun dan tepung terigu dalam pembuatan roti manis. *AGROSCIENCE*, 7(1), 227–243.
- Salama, A. H. (2020). Spray drying as an advantageous strategy for enhancing pharmaceuticals bioavailability. *Drug Delivery and Translational Research*, 10(1), 1–12.
- Saleh, C., & Purnomo, H. (2014). ANALISIS EFEKTIFITAS INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH LINDIDI TPA SUPIT URANG KOTA MALANG. *Jurnal Teknik Pengairan*, 5(1), 103–109.
- Sari, Y. I. (2020). *Isolasi dan karakterisasi khamir pada buah salak pondoh (salacca edulis reinw) sebagai kandidat pengembang roti*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Septevani, A. A., Sondari, D., & Ghozali, M. (2013). Pengaruh Teknik Pengeringan Semprot (Spray Drying) Dalam Mikroenkapsulasi Asiaticoside Dan Ekstrak Jahe. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 14(4), 248–252.
- Shi, Q., Fang, Z., & Bhandari, B. (2013). Effect of Addition of Whey Protein Isolate on Spray-Drying Behavior of Honey with Maltodextrin as a Carrier Material. *Drying Technology*, 31(13–14), 1681–1692.
- Sitepu, K. M. (2019). PENENTUAN KONSENTRASI RAGI PADA PEMBUATAN ROTI. *Jurnal Penelitian Dan Agrokompleks*, 2(1).
- Soekarto, S. T. (1997). Tekno Pangan dan Agroindustri. *Teknologi Pangan Dan Gizi*, 1(6).
- Soltani, B., McClure, D. D., Oveissi, F., Langrish, T. A. G., & Kavanagh, J. M. (2020). Experimental investigation and numerical modeling of pilot-scale fluidized-bed drying of yeast: Part A – Drying model development and validation. *Food and Bioproducts Processing*, 119, 246–256.
- Struyf, N., Van der Maelen, E., Hemdane, S., Verspreet, J., Verstrepen, K. J., & Courtin, C. M. (2017). Bread Dough and Baker's Yeast: An Uplifting Synergy. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 850–867.
- Sutrisno, A., Kusnandar, F., & Susanto, W. H. (2014). Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentras Pasta (Santan dan Kacang) terhadap Kualitas Produk Gula Merah. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(1).
- Toure, A., Xiaoming, Z., Jia, C.-S., & Zhijian, D. (2007). Microencapsulation and Oxidative Stability of Ginger Essential Oil in Maltodextrin/Whey Protein Isolate (MD/WPI). *International Journal of Dairy Science*, 2(4), 387–392.
- Vera Zambrano, M., Dutta, B., Mercer, D. G., MacLean, H. L., & Touchie, M. F. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 484–496.
- 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*, 6(3), 381–384.
- Wati, R. R., Sriwidodo, & Chaerunisaa, A. Y. (2020). Review Teknik Mikroenkapsulasi Pada Ekstrak Mangosteen. *JCPS (Journal of Current*

- Pharmaceutical Sciences*), 3(2).
- Wati, R. R., Sriwidodo, S., & Chaerunisa, A. Y. (2022). Peningkatan Stabilitas Fitokonstituen melalui Pendekatan Mikroenkapsulasi. *Majalah Farmasetika*, 7(1), 39. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i1.35265>
- Xiao, Z., Xia, J., Zhao, Q., Niu, Y., & Zhao, D. (2022). Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers*, 298, 120113.
- Yadav, K., Bajaj, R. K., Mandal, S., & Mann, B. (2020). Encapsulation of grape seed extract phenolics using whey protein concentrate, maltodextrin and gum arabica blends. *Journal of Food Science and Technology*, 57(2), 426–434.
- Yunilawati, R., Yemirta, Y., Cahyaningtyas, A. A., Aviandharie, S. A., Hidayati, N., & Rahmi, D. (2018). Optimasi Proses Spray Drying Pada Enkapsulasi Antosianin Ubi Ungu. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 40(1), 17.
- Zahroh, N. (2022). *Analisis Senyawa Volatil Pada Roti Hasil Fermentasi Oleh Khamir Endofit Buah Salak Pondoh (Salacca edulis Reinw.) Beserta Identifikasi Molekuler*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Zahroh, N., Utami, U., & Kusmiyati, N. (2022). Effect of Nitrogen Source on Growth Endophytic Yeast from *Salacca edulis Reinw.* and Bread Quality Analysis. *Jurnal Biodjati*, 7(1), 95–108.
- Zhang, Q., Zhou, Y., Yue, W., Qin, W., Dong, H., & Vasanthan, T. (2021). Nanostructures of protein-polysaccharide complexes or conjugates for encapsulation of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 169–196. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.026>
- Zhao, M., Cao, W., Li, L., Ren, A., Ang, Y., Chen, J., Bhandari, B., Wang, Z., Ren, X., Ren, G., & Duan, X. (2022). Effects of different proteins and maltodextrin combinations as wall material on the characteristics of *Cornus officinalis* flavonoids microcapsules. *Frontiers in Nutrition*, 9.
- Zhou, N., Semumu, T., & Gamero, A. (2021). Non-Conventional Yeasts as Alternatives in Modern Baking for Improved Performance and Aroma Enhancement. *Fermentation*, 7(3), 102.
- Zorzenon, M. R. T., Formigoni, M., da Silva, S. B., Hodas, F., Piovan, S., Ciotta, S. R., Jansen, C. A., Dacome, A. S., Pilau, E. J., Mareze-Costa, C. E., Milani, P. G., & Costa, S. C. (2020). Spray drying encapsulation of stevia extract with maltodextrin and evaluation of the physicochemical and functional properties of produced powders. *Journal of Food Science*, 85(10), 3590–3600.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji ANOVA pengaruh kombinasi bahan penyalut terhadap viabilitas sel khamir

ANOVA

Presentase_Viabilitas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6640.239	3	2213.413	77.448	.000
Within Groups	457.270	16	28.579		
Total	7097.509	19			

Lampiran 2. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh perbandingan bahan penyalut terhadap viabilitas sel khamir

Presentase_Viabilitas

Duncan^{a,b}

Perbandingan	N	Subset		
		1	2	3
MD0PW0	5	32.5160		
MD1PW1	5		65.4260	
MD1PW5	5		71.5920	
MD1PW3	5			80.8800
Sig.		1.000	.087	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 28.579.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 3. Hasil Uji ANOVA pengaruh kombinasi bahan penyalut terhadap kadar air

ANOVA

KADAR AIR

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	357.293	3	119.098	137.566	.000
Within Groups	13.852	16	.866		
Total	371.145	19			

Lampiran 4. Hasil Uji Lanjut Duncan pengaruh kombinasi bahan penyalut terhadap kadar air

KADAR AIR

Duncan^{a,b}

PERLAKUAN	N	Subset		
		1	2	3
MD1PW1	5	6.9908		
MD1PW3	5	7.8104		
MD1PW5	5		10.4724	
MD0PW0	5			17.7220
Sig.		.183	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .866.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5.000.

b. Alpha = 0,05.

Lampiran 5. Pengembangan volume adonan roti selama 720 menit

MENIT KE-	Perbandingan bahan penyalut maltodekstrin dan Protein whey			
	1:1 (cm ³)	1:3 (cm ³)	1:5 (cm ³)	0:0 (cm ³)
0	119.10	113.43	113.43	119.10
30	119.10	113.43	113.43	119.10
60	119.10	119.10	119.10	119.10
90	124.78	124.78	119.10	119.10
120	124.78	136.12	124.78	119.10
150	124.78	141.79	130.45	119.10
180	130.45	153.13	130.45	119.10
210	130.45	164.48	136.12	119.10
240	136.12	170.15	147.46	119.10
270	136.12	181.49	147.46	119.10
300	141.79	181.49	158.81	119.10
330	141.79	187.16	158.81	119.10
360	147.46	187.16	164.48	119.10
390	153.13	192.84	164.48	119.10
420	158.81	192.84	170.15	119.10
450	164.48	198.51	175.82	119.10
480	164.48	198.51	181.49	119.10
510	164.48	204.18	187.16	119.10
540	170.15	209.85	192.84	119.10
570	175.82	209.85	198.51	119.10
600	181.49	215.52	198.51	119.10
630	187.16	215.52	204.18	119.10
660	192.84	221.19	204.18	119.10
690	198.51	226.87	204.18	119.10
720	198.51	226.87	204.18	119.10
Presentase	66,6 %	100%	80%	0%

Lampiran 6. Hasil uji kruskal wallis uji organoleptik roti

Tekstur :

Test Statistics^{a,b}

	tekstur
Chi-Square	38.489
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping
Variable:
perlakuan

Rasa

Test Statistics^{a,b}

	rasa
Chi-Square	20.121
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping
Variable:
perlakuan

Warna :

Test Statistics^{a,b}

	warna
Chi-Square	21.304
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping
Variable:
perlakuan

Aroma :

Test Statistics^{a,b}

	aroma
Chi-Square	18.453
df	3
Asymp. Sig.	.000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping
Variable:
perlakuan

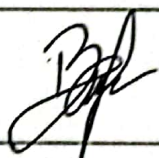



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Malang 65144 Telp / Faks. (0341) 558933
Website: <http://biologi.uin-malang.ac.id> Email: biologi@uin-malang.ac.id

Form Checklist Plagiasi

Nama : Novita Syafira Afianti
NIM : 19620050
Judul : Analisis Perbandingan Bahan Penyalut Terhadap Viabilitas Enkapsulan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* Sebagai Agen Pengembang 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	23 %	
4	Tyas Nyonita Punjungsari, M.Sc		
5	Maharani Retna Duhita, M.Sc., PhD.Med.Sc		

Mengetahui,
Kepala Program Studi Biologi

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





KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533

KARTU KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Novita Syafira Afianti
NIM : 19620050
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2022/2023
Pembimbing : Prof. Dr. Hj. Ulfah Utami, M.Si
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Bahan Penyalut Terhadap Viabilitas Enkapsulan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* Sebagai Agen Pengembang Roti

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	TTD Pembimbing
1.	24 Oktober 2022	Pengajuan <i>outline</i>	
2.	15 November 2022	Pengajuan Bab I, II, III	
3.	23 November 2022	Revisi Bab I, II, III	
4.	16 Januari 2023	Konsultasi pasca sidang	
5.	26 Juni 2023	Pengajuan Bab I-V	
6.	11 Juli 2023	ACC Bab I-V	
7.			
8.			

Pembimbing Skripsi

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



Malang, Juli 2022
Ketua Program Studi

Dr. Evika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI BIOLOGI
Jalan Gajayana Nomor 50, Telepon (0341)551354, Fax. (0341) 572533

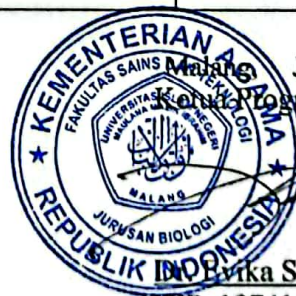
KARTU KONSULTASISKRIPSI

Nama : Novita Syafira Afianti
NIM : 19620050
Program Studi : S1 Biologi
Semester : Ganjil TA 2022/2023
Pembimbing : Dr. Ahmad Barizi, M.A
Judul Skripsi : Analisis Perbandingan Bahan Penyalut Terhadap Viabilitas Enkapsulan Campuran Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Candida tropicalis* Sebagai Agen Pengembang Roti

No	Tanggal	Uraian Materi Konsultasi	TTD Pembimbing
1.	24 November 2022	Konsultasi Integrasi Islam Sains BAB I, II, III	
2.	7 Desember 2022	ACC Integrasi Islam Sains BAB I, II, III	
3.	22 Juni 2023	Konsultasi Integrasi Islam dan Sains BAB IV	
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

Pembimbing Skripsi

Dr. H. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212199803 1 008



Juni 2022
Konsultasi Program Studi

Evrika Sandi Savitri, M.P
NIP. 19741018200312 2 002