

**Karakteristik Kimia Roti Sourdough Dengan Penambahan Starter
Sourdough Fermentasi Air Tomat**
*(Chemical Characteristics of Sourdough Bread with the Addition of Tomato Water
Fermented Sourdough Starter)*
Agung Wahyono, S.P., M.Si., Ph.D.

Andini Indah Lestari
Study Program of Food Engineering Technology
Majoring of Agricultural Technology
Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan
Jurusan Teknologi Pertanian

ABSTRACT

Sourdough bread is a type of conventional bread that is processed by fermentation process so that it utilizes natural microbes in the ingredients (flour and dough). This study aims to determine the effect of adding starter sourdough concentration of tomato water fermentation on the chemical characteristics of sourdough bread. Using a Completely Randomized Design (CRD) with 5 levels of treatment of adding sourdough starter concentration of tomato fermented water (0.33% commercial yeast, 5% sourdough starter, 10% sourdough starter, 15% sourdough starter, 20% sourdough starter). Data analysis was carried out using ANOVA test and with further DMRT test. The results showed that sourdough bread with variations in sourdough starter concentration of tomato fermented water, it can be concluded that the sourdough starter treatment gave the best results in terms of increasing the highest water content of 37.43%, the highest ash content of 0.68%, the highest protein content of 15.25%, the highest total acid content of 0.77%. Although the crude fiber content in this treatment was lower at 3.36%. All parameters increased with increasing starter concentration, except for crude fiber content, which decreased.

Keywords: *fermentation, concentration, bread, starter, sourdough*

RINGKASAN

Karakteristik Kimia Roti Sourdough Dengan Penambahan Starter Sourdough Fermentasi Air Tomat. Andini Indah Lestari, NIM. B41210309, Tahun 2025, 50 hlm., Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember, Agung Wahyono S.P., M.Si., Ph.D (Pembimbing).

Tomat merupakan salah satu sayuran buah yang banyak digemari karena rasanya yang enak, segar dan sedikit asam. Tomat mengandung kadar air yang tinggi, mencapai 94% dari berat totalnya. Sehingga kemungkinan besar mengalami kerusakan lebih cepat. Kondisi buah pada saat panen berpengaruh pada waktu simpan buah tomat. Manfaat tomat yang dilihat dari nilai kandungannya dapat meningkatkan nutrisi. Buah tomat mengandung dua jenis gula utama, yaitu glukosa dan fruktosa, yang berperan penting dalam proses fermentasi oleh bakteri asam laktat. Kedua gula ini menjadi sumber nutrisi bagi BAL, yang kemudian menggunakannya dalam proses metabolisme untuk menghasilkan asam laktat. Selama fermentasi, BAL memecah glukosa dan fruktosa melalui jalur glikolisis, menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir.

Roti sourdough merupakan jenis roti konvensional yang diolah dengan proses fermentasi sehingga memanfaatkan mikroba alami yang ada pada bahan-bahannya (tepung dan adonan). Sourdough sendiri merupakan varian atau jenis dari roti tawar yang memiliki rasa dan aroma yang khas, yang berasal dari fermentasi ragi roti tersebut. Sourdough diartikan sebagai adonan roti yang di fermentasi dengan ragi alami yang terbuat dari produk mengandung asam, air, mikroorganisme (bakteri asam laktat) dalam keadaan aktif dan bahan lainnya. Cara pembuatan sourdough biasanya hanya menggunakan *starter* yang berasal dari air dan tepung, namun sourdough *starter* dapat menggunakan beberapa jenis air rendaman buah tertentu seperti buah apel, anggur ataupun buah tomat. Sourdough atau ragi alami merupakan campuran tepung dan air yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat, khususnya strain hetero fermentatif. Dalam proses fermentasi dihasilkan khamir yang berupa *Saccharomyces Cerevisiae* sebagai salah satu jenis spesies khamir yang dominan dalam hasil fermentasi.

Pada penelitian utama dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada percobaan ini pembuatan roti sourdough dengan penambahan konsentrasi sourdough *starter* fermentasi air tomat dilakukan dengan 5 perlakuan dan 4 kali pengulangan (0,33% ragi komersial, 5% *starter* sourdough, 10% *starter* sourdough, 15% *starter* sourdough, 20% *starter* sourdough). Parameter kimia yang akan diamati yaitu kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar serat kasar, keasaman, dan uji BAL media MRSA pada *starter*. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA. Jika ditemukan perbandingan yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Berdasarkan hasil analisis kimia terhadap roti sourdough dengan variasi konsentrasi sourdough *starter* air fermentasi tomat, dapat disimpulkan bahwa (P5) 20% sourdough *starter* memberikan hasil terbaik dari segi peningkatan kadar air tertinggi sebesar 37,43%, kadar abu tertinggi sebesar 0,68%, kadar protein tertinggi sebesar 15,25%, serta kadar total asam tertinggi sebesar 0,77%. Meskipun kadar serat kasar pada perlakuan ini lebih rendah 3,36%. Semua parameter mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya konsentrasi *starter*, kecuali pada kadar serat kasar yang menunjukkan penurunan. Kenaikan ini secara statistik terbukti signifikan berdasarkan uji ANOVA dan DMRT pada taraf signifikansi 5%. Penggunaan *starter* dalam jumlah tinggi juga didukung dengan hasil uji mikrobiologi (jumlah BAL tinggi), yang menunjukkan potensi aktivitas fermentatif optimal.

PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ Karakteristik Kimia Roti Sourdough Dengan Penambahan Sourdough Starter Fermentasi Air Tomat ” dengan sebaik - baiknya. Dalam penyusunan dan penulisan Skripsi ini tidak terlepas bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terimakasih sebesar - besarnya kepada:

1. Saiful Anwar, S.TP., M.P., selaku Direktur Politeknik Negeri Jember.
2. Dr. Ir. Budi Hariono, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember.
3. Dr. Elly Kurniawati, S.TP., M.P. Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Negeri Jember.
4. Dr. Titik Budiati, S.TP., M.Sc., selaku Koordinator Skripsi Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan.
5. Agung Wahyono, S.P., M.Si, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing.
6. Ir. Wahyu Suryaningsih M.Si. selaku Ketua Penguji.
7. Dr. Ir. Silvia Oktavia Nur Yudiastuti S.TP., M.T.P. selaku anggota penguji
8. Ibu terimakasih selalu memberi semangat kepada penulis, selalu mendoakan agar semuanya lancar, memberikan dukungan moril, finansial, ilmu, saran dan perhatiannya.
9. Teman-teman Teknologi Rekayasa Pangan angkatan 2021 dan semua pihak yang telah mebantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan Skripsi.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih kurang sempurna, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna berguna dimasa mendatang. Semoga tulisan ini bermanfaat.

Jember, 15 Agustus 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN MAHASISWA	iv
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI	v
MOTO.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Roti Sourdough.....	6
2.3 <i>Starter</i> Sourdough.....	8
2.4 Tomat	9
BAB 3. METODOLOGI.....	12
3.1 Tempat dan Waktu	12
3.2 Bahan dan Alat.....	12
3.2.1 Bahan	12

3.2.2	Alat.....	12
3.3	Metode Penelitian	12
3.4	Formulasi Roti Sourdough.....	13
3.5.1	Pembuatan Fermentasi Air Tomat.....	13
3.5.2	Formulasi Fermentasi Air Tomat	14
3.5.3	Pembuatan <i>Starter</i> Sourdough	15
3.5.4	Pembuatan Roti Sourdough	15
3.5	Parameter Pengamatan.....	17
3.5.1	Kadar air SNI 01-2891-1992	17
3.5.2	Kadar abu	18
3.5.3	Kadar protein SNI 01- 2891-1992	19
3.5.4	Kadar serat kasar SNI 01- 2891-1992.....	19
3.5.5	Kadar Total Asam (AOAC, 2005)	20
3.5.6	Uji BAL Media <i>Man Rogosa Sharpe Agar</i> (MRSA) pada <i>Starter</i> Sourdough	20
4.1	Karakteristik <i>Starter</i> Sourdough	22
4.2	Karakteristik Kimia Roti Sourdough	25
4.2.1	Kadar Air.....	24
4.2.2	Kadar Abu.....	27
4.2.3	Kadar Protein.....	29
4.2.4	Kadar Serat Kasar.....	31
4.2.5	Kadar Total Asam.....	33
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran	38
	DAFTAR PUSTAKA.....	39
	LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Informasi nilai gizi roti soudough per 100 gr.....	7
2.2 Kandungan Nutrisi dan Gizi Tomat per 100 gram.....	11
3.1 Formulasi Roti Sourdough.....	13
3.2 Formulasi Fermentasi Air Tomat dalam 100gr Tomat.....	13
4.2 Hasil Uji Kimia Roti Sourdough dengan Pengaruh Konsentrasi <i>Starter</i> Sourdough Fermentasi Air Tomat.....	24

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
3.1 Diagram Alir Pembuatan Air Fermentasi Buah Tomat.....	14
3.2 Diagram Alir Pembuatan Sourdough <i>Starter</i>	16
3.3 Diagram Alir Pembuatan Roti Sourdough.....	17
4.1 <i>Starter</i> Sourdough Fermentasi Air Tomat.....	22
4.2 Adonan Roti Sourdough dengan Setiap Perlakuan.....	22
4.3 Roti Sourdough.....	25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 Data Analisis Roti <i>Sourdough</i>	45
2 Data Uji BAL Media MRSA pada Sourdough <i>Starter</i>	48
3 Dokumentasi Selama Penelitian.....	49

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat merupakan komoditas sayuran penting di Indonesia yang banyak digemari karena rasanya yang enak, segar dan sedikit asam (Aidah et al., 2020). Tomat salah satu tanaman yang dikenal kaya akan vitamin dan antioksidan. Tomat mengandung kadar air yang tinggi, mencapai 94% dari berat totalnya (Johansyah et al., 2014). Manfaat tomat yang dilihat dari nilai kandungannya dapat meningkatkan nutrisi. Tomat yang kaya nutrisi sekaligus menjadi media alami berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri asam laktat dan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. BAL diisolasi dari fermentasi air tomat yaitu *Lactiplantibacillus plantarum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Weissella cibaria*, *Lactococcus lactis*, dan *Pediococcus pentosaceus*. Variasi spesies tersebut berperan penting dalam menurunkan pH, menghasilkan asam organik, serta memberikan efek probiotik dan sifat bio-protektif yang dapat meningkatkan kualitas dan daya simpan produk (Tuerhong et al., 2024; Zhao et al., 2024; Saifur et al., 2025). Sementara itu, *Saccharomyces cerevisiae* juga berkaitan dengan fermentasi air tomat, di mana ragi ini menghasilkan CO₂, etanol, dan senyawa volatil (Que et al., 2024; Whiteley et al., 2024). Kombinasi BAL seperti *L. plantarum*, *Leuconostoc*, dan *Pediococcus* dengan *Saccharomyces cerevisiae* pada fermentasi tomat tidak hanya meningkatkan cita rasa, namun juga memberikan prospek dalam inovasi produk pangan fermentasi bernilai fungsional.

Kandungan gula sederhana yang cukup tinggi, menurut (Savitry, 2018) buah tomat mengandung dua jenis gula utama, yaitu glukosa dan fruktosa, yang berperan penting dalam proses fermentasi. Kedua gula ini dapat dimanfaatkan oleh dua jenis mikroorganisme yang berbeda. Pada *Saccharomyces cerevisiae*, glukosa dan fruktosa langsung dimetabolisme melalui jalur glikolisis untuk menghasilkan etanol dan CO₂ (Walker, 2011). Sementara itu, untuk bakteri asam laktat (BAL), gula menjadi sumber nutrisi utama yang digunakan dalam

proses metabolisme untuk menghasilkan asam laktat. BAL memecah glukosa dan fruktosa melalui jalur glikolisis homofermentatif sehingga menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir fermentasi (Savitry, 2018).

Starter sourdough pada umumnya dilakukan dengan mencampur air dan tepung dengan perbandingan 1:1 dan disimpan pada suhu ruang selama beberapa hari hingga beberapa minggu. Menurut (Santoni, 2018) untuk mempercepat proses fermentasi dapat ditambahkan ekstrak buah sebagai media alami yang dihasilkan dari buah tomat kemudian dikembangkan menjadi sourdough *starter* dan diaplikasikan dalam pembuatan roti sourdough (Fuzawati et al., 2024). Penggunaan *starter* sourdough dalam pembuatan roti dinilai lebih baik dibandingkan dengan menggunakan ragi komersial, seperti yang dinyatakan Ko (2016) bahwa penggunaan ragi komersial, seperti ragi kering instan, dapat mempercepat proses pengembangan adonan.

Roti sourdough merupakan roti yang difermentasi dengan ragi yang terbentuk secara alami dan memiliki tekstur padat dan berserat yang memiliki rasa yang cenderung asam khas. Rasa roti sourdough dikaitkan dengan produksi asam laktat dan asam asetat (Novitasari, 2018). Asam laktat dan asam asetat berperan penting dalam menciptakan rasa dan aroma khas roti sourdough. Rasa asamnya berasal dari asam laktat dan asam asetat yang dihasilkan secara alami pada sourdough (Rachmawati et al, 2023). Pembuatan roti sourdough, *Saccharomyces cerevisiae* sering bekerja sama dengan bakteri asam laktat (BAL). Keduanya membentuk mikroba yang seimbang. Sementara ragi menghasilkan gas untuk pengembangan adonan, BAL menghasilkan asam laktat dan asam asetat, yang memberikan rasa asam khas pada roti *sourdough* dan membantu memperpanjang umur simpannya (De Vuyst & Neysens, 2005; Minervini et al., 2014). Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan kualitas roti dari segi tekstur dan rasa.

Pembuat inovasi produk roti yang lepas dari image makanan cepat saji dengan menggunakan *starter* sourdough sebagai bahan pengganti ragi komersial pada pembuatan roti, sehingga menjadikan nilai tambah. Penggunaan fermentasi air tomat dalam pembuatan *starter* sourdough diharapkan dapat membantu mempercepat keaktifan *starter* sourdough dan berpengaruh pada cita rasa roti

sourdough. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dikaji lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan *starter* sourdough fermentasi air tomat terhadap karakteristik kimia roti sourdough yang dihasilkan. Beberapa parameter kimia yang akan diuji yaitu kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar serat kasar, kadar total asam dan uji BAL pada *starter*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh beberapa rumusan permasalahan yakni :

Bagaimana pengaruh penambahan konsentrasi *starter* sourdough air fermentasi tomat terhadap karakteristik kimia, dan berapa persentase terbaik penambahan *starter* sourdough untuk menghasilkan roti dengan sifat kimia.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh tujuan dari penelitian ini antara lain :

Mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi *starter* sourdough air fermentasi tomat terhadap karakteristik kimia roti sourdough, dan menentukan konsentrasi terbaik *starter* sourdough yang dapat menghasilkan roti sourdough dengan sifat kimia terbaik.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah diuraikan, maka diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Meningkatkan inovasi pangan berbasis fermentasi alami yang dapat memperpanjang daya simpan produk.
2. Memberikan alternatif pemanfaatan buah tomat sebagai sumber ragi alami dalam pembuatan sourdough *starter*.
3. Menjadi referensi dalam pengembangan produk roti sourdough yang sehat tanpa tambahan bahan kimia sintetis.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat digunakan sebagai referensi, atau pembanding dan memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu yang menjadi acuan pada penelitian yang dilakukan.

Proses pembuatan roti sourdough yaitu melalui proses fermentasi yang memanfaatkan mikroba alami dari bahannya. Roti biasa menggunakan ragi komersial dalam fermentasinya, sedangkan roti sourdough menggunakan ragi dan bakteri asam laktat (Landis., 2021). Proses pembuatan roti sourdough dilakukan dengan tahapan pengocokan, pengadukan, penarikan dan pelipatan, fermentasi, pencetakan, fermentasi dingin, pemanggangan dengan dutch oven tertutup pada suhu 230°C selama 30 menit, kemudian pemanggangan dengan dutch oven tanpa tutup pada suhu 220°C selama 25 menit. Bahan- bahan yang digunakan untuk membuat roti sourdough yaitu air, sourdough *starter*, tepung terigu protein tinggi, dan garam.

Penelitian dengan judul *Physicochemical and Organoleptic Characteristics of Sourdough Bread with Kefir Grain Added to the Starter*. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan butiran kefir pada starter terhadap karakteristik roti sourdough yang dihasilkan dan menentukan formulasi terbaik berdasarkan penerimaan organoleptik. Berdasarkan hasil formulasi ini menunjukkan pengembangan adonan rata-rata 37,75%, pengembangan roti 54,39%, keasaman (pH) 4,65, kadar air 34,49%, kadar abu 1,83%, kadar protein 7,56%, kadar lemak 2,70%, dan kadar karbohidrat 53,42%, yang menyoroti penerimaan dan potensinya untuk produksi roti sourdough berkualitas tinggi (Husni Nayli, dkk., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan biji kefir yang digunakan akan berpengaruh pada roti yang dihasilkan. Persamaan dengan penelitian ini adalah pada formulasi

persentase perlakuan dan yang membedakan berat tepung yang telah dimodifikasi dan penambahan fermentasi air tomat yang digunakan sebagai campuran dalam membuat sourdough *starter*.

Karakteristik roti sourdough yang dibuat menggunakan ragi alami yang berasal dari air rendaman apel manalagi yang merupakan buah khas Kota Batu dengan karakteristik *flavor* yang kuat. Menurut Sa'adah dan Estiasih (2014), apel manalagi mengandung glukosa sebanyak 3,72 g yang berfungsi sebagai sumber nutrisi untuk mikroba selama proses fermentasi, sehingga apel manalagi dapat digunakan sebagai campuran dalam membuat sourdough. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Putri Desiana Nuriza, dkk., 2022) dengan judul Karakteristik Kimia Roti Manis Sourdough yang Menggunakan Ragi Alami dari Apel Manalagi (*Malus sylvestris*). Bertujuan sourdough dalam penelitian ini menggunakan fermentasi air rendaman apel manalagi sebagai raginya. Sourdough dapat mengubah ketersediaan fraksi serat, protein, dan meningkatkan kandungan mineral pada tepung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan penambahan proporsi *starter* sourdough yang berbeda berpengaruh nyata terhadap kadar air dengan kisaran 25,09-31,20% (basis basah), kadar abu dengan kisaran 1,29-1,82%, protein dengan kisaran 6,57-18,22%, lemak dengan kisaran 1,85-8,39%, karbohidrat dengan kisaran 45,44-58,67%, dan serat pangan total dengan kisaran 7,48-14,02%. Terjadi peningkatan kadar serat sebesar 2,4 kali lipat pada roti sourdough dibandingkan roti manis. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik kimiawi roti sourdough yang dibuat dengan *starter* dari air rendaman tomat dengan roti sourdough yang menggunakan ragi komersial. Persamaan dengan penelitian ini adalah penambahan ragi alami diaplikasikan pada roti sourdough dan perbedaannya pada sumber ragi alami yang akan digunakan yaitu buah tomat (Santoni, 2021).

Pada penelitian (Intan Nurul Azni, dkk., 2023) dengan judul Quality Characteristics of Sourdough Bread with The Addition of Water Yest and Wheat-Mocaf Flours Combination. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah jenis khamir air buah dan kombinasi tepung terigu dan mocaf dapat mempengaruhi kualitas roti sourdough. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis

khamir air buah dapat mempengaruhi kadar air dan karbohidrat pada roti sourdough. Kombinasi tepung terigu dan mocaf memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat fisik (kekerasan), kimia (kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat), dan organoleptik (warna dan mutu hedonik tekstur). Kombinasi tepung terigu dan mocaf sebanyak 60:40 merupakan kombinasi yang menghasilkan roti sourdough dengan kualitas terbaik. Persamaan dengan penelitian ini adalah jenis khamir dan yang membedakan fermentasi air tomat dan tidak ada perlakuan kombinasi pada tepung, dan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tepung protein tinggi yang diaplikasikan pada produk roti sourdough.

2.2 Roti Sourdough

Roti sourdough merupakan jenis roti konvensional yang diolah dengan proses fermentasi sehingga memanfaatkan mikroba alami yang ada pada bahannya (tepung dan adonan). Sourdough sendiri merupakan jenis dari roti tawar yang memiliki rasa dan aroma yang khas, yang berasal dari fermentasi ragi roti tersebut (Yuliyus., 2023). Menurut (Intan et al., 2023) perbedaan roti sourdough dengan roti biasa terletak pada proses fermentasinya. Roti biasa umumnya menggunakan ragi komersial, sedangkan roti sourdough menggunakan proses fermentasi alami yang mengandalkan ragi dan bakteri asam laktat.

Roti yang ditemukan dipasaran memiliki beberapa jenis seperti roti tawar, roti manis ataupun roti sourdough. Salah satu jenis roti yang memiliki peningkatan konsumsi tertinggi adalah roti tawar. Roti tawar merupakan jenis makanan yang mengandung karbohidrat dan terbuat dari tepung terigu. Roti tawar adalah produk yang memiliki struktur berongga dan pengembangannya menggunakan ragi roti serta pada hasilnya bersifat elastis dan plastis karena roti memiliki kadar air yang tinggi. Daya minat konsumsi terhadap roti tawar dan roti sourdough dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tekstur, rasa, nilai gizi, serta kesadaran kesehatan konsumen (Poutanen et al., 2009). Roti tawar umumnya lebih disukai oleh masyarakat luas karena teksturnya yang lembut, rasa yang netral, dan kemudahan dalam pengolahan (misalnya untuk sandwich atau roti bakar). Sebaliknya, roti sourdough semakin diminati terutama oleh konsumen

yang sadar akan kesehatan karena mengandung mikroorganisme fermentatif alami yang bermanfaat.

Menurut Landis (2021) sourdough diartikan sebagai adonan roti yang di fermentasi dengan ragi alami yang terbuat dari produk mengandung asam, air, mikroorganisme (bakteri asam laktat) dalam keadaan aktif dan bahan lainnya. Cara pembuatan sourdough biasanya hanya menggunakan *starter* yang berasal dari air dan tepung, namun *starter* sourdough dapat menggunakan beberapa jenis air rendaman buah tertentu seperti buah apel, anggur, strawberry ataupun buah tomat (Savino et al., 2012). Jenis tepung dan bahan tambahan lain, seperti garam, dapat memengaruhi kandungan roti sourdough. Kandungan gizi roti sourdough dalam 100 gram dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Informasi nilai gizi roti soudough per 100 gr

Kandungan	Nilai Gizi
Energi (kJ)	1020
Protein (g)	8,5
Karbohidrat (g)	45
Serat (g)	3,2
Sodium (mg)	480

Sumber : Hughes, dkk. (2023)

Roti sourdough adalah jenis roti fermentasi alami yang menggunakan kultur bakteri asam laktat dan ragi liar sebagai pengembang (Mert dkk., 2014). Berbeda dengan roti yang menggunakan ragi komersial, sourdough memiliki rasa khas yang lebih asam dan tekstur yang unik. Roti ini telah dikonsumsi sejak zaman kuno dan kini semakin populer karena manfaat kesehatannya. Roti sourdough adalah roti yang terbuat dari hasil fermentasi *starter* sourdough yang memiliki rasa sedikit asam. *Starter* sourdough terbuat dari kombinasi air, ragi dan tepung (Putra, 2018). Tetapi waktu yang terus berjalan membuat beragam spesies ragi bertumbuh dalam ekosistem dan membuat kantong udara berkemungkinan membuat adonan roti mengembang. Ketepatan perawatan membuat sourdough *starter* ini bisa bertahan dalam beragam generasi (Sumartiningtyas, 2021).

Roti yang dibuat dengan sourdough *starter* ini memiliki keuntungan untuk meningkatkan rasa, aroma, memperbaiki tekstur, meningkatkan nutrisi, memperpanjang umur simpan secara alami (Fitriana, 2018). Hal ini disebabkan Bakteri asam laktat yang terdapat pada sourdough dapat melakukan hidrolisis pada protein. Metabolisme lipid pada saat fermentasi dapat meningkatkan aktivitas antioksidan, anti kapang, dan beberapa senyawa pembentuk rasa sehingga masa simpan roti menjadi dua kali lipat. Fermentasi *starter* sourdough melibatkan mikroorganisme seperti bakteri asam laktat yang dapat menghasilkan gas karbondioksida sehingga adonan mengembang, memiliki aroma yang unik, dan meningkatkan daya simpan roti (Putra., 2018).

2.3 Starter Sourdough

Sourdough atau ragi alami merupakan campuran tepung dan air yang difermentasi menggunakan bakteri asam laktat, khususnya strain hetero fermentatif. Proses fermentasi dihasilkan khamir yang berupa *Saccharomyces Cerevisiae* sebagai salah satu jenis spesies khamir yang dominan dalam hasil fermentasi. Menurut (Azni, 2023) *Saccharomyces cerevisiae* akan mengubah glukosa menjadi etanol sehingga dapat digunakan menjadi *starter* produk olahan lainnya. Pada saat pembuatan sourdough menggunakan tepung terigu protein tinggi untuk memberikan nutrisi bagi bakteri asam laktat untuk melakukan aktivitas proteolitik, di mana protein pada tepung terigu akan diubah menjadi asam amino. Semakin tinggi protein yang terkandung dalam tepung terigu maka penyerapan air akan semakin tinggi, hal ini akan mempengaruhi pertumbuhan mikroba yang memerlukan air sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba pada *starter* agar tetap hidup (Azni dkk., 2023). Proses fermentasi ini mengurai asam laktat dan asam asetat dalam campuran sehingga memberikan rasa asam pada produk roti akhir (Novitasari, 2018).

Campuran air fermentasi buah dan tepung akan terfermentasi dengan khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan juga bakteri asam laktat (BAL) sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengembang pada roti. Lama fermentasi

sourdough hingga dapat digunakan untuk pembuatan roti berkisar antara 3-6 hari (Putri dkk., 2022).

Sourdough memiliki peran yang penting dalam persiapan adonan roti karena mendukung sifat teknis seperti peningkatan kemampuan adonan, sifat nutrisi melalui hidrolisis fitat, dan sifat organoleptik seperti volume roti, tekstur remah, dan rasa yang unik (Putri dkk., 2022). Selain itu, sourdough juga membantu menjaga kandungan roti dan memperpanjang masa simpan produk. Penggunaan bahan pengembang tambahan maupun sourdough memiliki keunggulan dan peran masing-masing dalam pembuatan roti (Fitriana, 2018).

Pembuatan sourdough diawali dengan mencampurkan tepung terigu dan air yang kemudian difermentasi selama beberapa hari pada suhu ruang. Setelah beberapa hari, bakteri asam laktat mulai terbentuk, sehingga suhu udara harus dijaga dan sourdough harus diberi nutrisi setiap harinya (Sanggramasari, 2018). Setelah beberapa waktu terjadi fermentasi, adonan mengeluarkan bau asam.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan saat membuat ragi alami, antara lain suhu, kondisi anaerobik, pemberian nutrisi, dan pH. Suhu ruang terbaik untuk fermentasi adalah 25- 28°C, jika suhu lebih rendah dari 25°C fermentasi akan berlangsung lebih lama dan jika lebih rendah dari 18°C maka ragi menjadi tidak aktif. Jika suhu ruang lebih tinggi dari 28°C fermentasi akan lebih cepat dan jika fermentasi lebih tinggi dari 30°C maka ragi akan mudah terkontaminasi. Kondisi anaerobik perlu dijaga untuk mencegah kontaminasi dari bakteri dan jamur lain. pH optimal dalam pembuatan ragi berkisar antara 4,2-4,5. Selain itu, menurut penelitian (Dimuzio, 2010) pemberian nutrisi harus sangat diperhatikan karena ragi akan mengkonsumsi kandungan sukrosa, dan maltosa merupakan sumber nutrisi untuk ragi. Ragi menghasilkan enzim zimase untuk membantu memperoleh energi dari gula-gula tersebut, yang kemudian menghasilkan karbondioksida dan alkohol.

2.4 Tomat

Buah tomat merupakan salah satu komoditi hortikultura yang memiliki prospek pasar yang terbuka dan cukup luas baik pasar lokal

maupun ekspor. Akan tetapi buah tomat merupakan buah klimaterik yang mudah mengalami kerusakan apabila setelah buah dipanen tidak dilakukan penanganan yang tepat, hal ini disebabkan oleh proses fisiologis respirasi dan transpirasi yang terus berlangsung setelah buah dipanen.

Tomat termasuk dalam *family Solanaceae* dan memiliki nama ilmiah *Lycopersicon esculentum* Mill. Mengandung banyak manfaat khususnya untuk tubuh manusia. Tomat juga termasuk dalam jenis hortukultura yang multifungsi, yaitu sebagai sayuran dan buah. Tomat banyak mengandung vitamin dan mineral yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan dan kesehatan tubuh manusia. Tomat juga mengandung sejumlah karbohidrat, lemak, protein, dan kalori. Kulit tomat yang berwarna jingga tinggi kandungan karoten, yang berperan sebagai provitamin A. Kandungan vitamin C pada tomat berfungsi sebagai antioksidan dan antisklerosis. Tomat yang berwarna merah kaya akan kandungan *lycopene*.

Buah tomat merupakan salah satu buah yang berpotensi dapat dikembangkan sebagai minuman fermentasi probiotik. Buah tomat memiliki dua jenis gula yaitu glukosa dan fruktosa yang berperan membantu bakteri asam laktat untuk menciptakan suasana asam dengan menjadikan nutrisi tersebut sebagai bahan pangan untuk menjadi asam laktat dan dapat menurunkan pH. Tomat mengandung berbagai zat gizi yang penting bagi tubuh seperti karbohidrat, protein, asam askorbat, dan beberapa komponen antioksidan seperti likopen dan pro-vitamin A. Dalam 100 gram buah tomat, mengandung 1 g protein, 3,5 g karbohidrat, serta 0,17 – 0,25% pektin. Tidak hanya itu, buah tomat juga mengandung gula sekitar 3,2% – 5,6% yang dapat digunakan sebagai media pertumbuhan yang baik untuk sebagian jenis bakteri asam laktat. Menurut (Pranayanti, 2014), bahwa ketersediaan jumlah nutrisi akan membuat jumlah sel bakteri meningkat dan berdampak pada perombakan gula secara maksimal sehingga total asam akan meningkat dan pH menurun.

Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi dan Gizi Tomat per 100 gram

Jenis Zat	Jumlah
Kalori	19 kal
Protein	0,9 g
Lemak	0,2 g
Karbohidrat	4,0 g
Vitamin A	1.496 SI
Vitamin B	0, 05 mg
Vitamin C	38 mg
Kalsium	3 mg
Fosfor	24 mg
Besi	0,4 mg
Air	95 g

Sumber: Yuniastri Ratih., dkk (2020)

2.5 Hipotesis

H0 = Sifat kimia, roti sourdough tidak dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat

H1 = Sifat kimia, roti sourdough dipengaruhi oleh penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari Maret 2025 hingga Mei 2025. Tempat pelaksanaan pembuatan roti sourdough yaitu Laboratorium Pengolahan. Analisis kimia roti sourdough dilakukan di Laboratorium Analisis Pangan. Uji mikrobiologi sourdough *starter* di Laboratorium Mikrobiologi di Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Jember Jalan Mastrip, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan buah tomat jenis plum dengan tingkat kematangan sempurna dan berwarna merah, tepung cakra *merk* Bogasari, tepung beras *merk* Rose brand ragi instan *merk* Fernipan, garam *merk* Cap kapal, air *,starter*, gula *merk* Gulaku, asam sitrat *merk* Gajah, aquades, K_2SO_2 , $CuSO_4$, H_2SO_4 , NaOH, asam borat, indikator PP, HCL, etanol 96%, fenolftalein. Bahan yang digunakan didapat dari *market place* dan bahan kimia didapat dari toko kimia.

3.2.2 Alat

Penelitian ini menggunakan peralatan antara lain, toples kaca, sendok, plastik wrap, mangkuk besar, oven, *dutch oven merk* Tifale enamel cast iron, timbangan digital *merk* SF-400, neraca analitik, desikator, oven *merk* Getra RFL-36SS, inkubator, labu kjeldahl *merk* Pyrex, soxhlet *merk* IWAKI, buret, erlenmeyer *merk* Pyrex, cawan aluminium, pipet ukur, pipet tetes, corong, gelas beaker *merk* Pyrex.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan yaitu penelitian pendahuluan yaitu percobaan pembuatan roti sourdough. Pembuatan roti sourdough ini

dilaksanakan untuk mendapatkan formula yang tepat. Pada penelitian utama dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada percobaan ini pembuatan roti sourdough dengan penambahan konsentrasi sourdough *starter* air fermentasi tomat dilakukan dengan 5 perlakuan dan 4 kali pengulangan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

P1 = 0,33% ragi komersial (ragi instan)

P2 = 5% *starter* sourdough

P3 = 10% *starter* sourdough

P4 = 15% *starter* sourdough

P5 = 20% *starter* sourdough

Hasil rata-rata dari parameter uji karakteristik kimia roti sourdough yang diolah secara statistik, melalui analisis ragam (*Analysis of variance/ANOVA*) menggunakan software SPSS 27. Apabila didapatkan adanya perbedaan rerata hasil data yang signifikan ($\alpha = 0,05$), maka hasil analisis akan dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan metode *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

3.4 Formulasi Roti Sourdough

Tabel 3.1 Formulasi Roti Sourdough

Bahan	P1 0%	P2 5%	P3 10%	P4 15%	P5 20%
Tepung Terigu	300g	300g	300g	300g	300g
Sourdough Starter	0*	15g	30g	45g	60g
Garam	6g	6g	6g	6g	6g
Air	210ml	210ml	210ml	210ml	210ml

Keterangan : Konsentrasi *starter* dihitung berdasarkan jumlah total tepung dan (*) perlakuan dengan penambahan ragi instan 1 gram

Sumber: *Formulasi Modifikasi Husni Nayli, dkk., 2024. (2025)*

3.5 Prosedur Pelaksanaan

3.5.1 Pembuatan Fermentasi Air Tomat

Pembuatan fermentasi air tomat, pertama pencampuran bahan yaitu timbang 100 g tomat dan potong menjadi ukuran 1x1 cm, tambahkan 1 g asam sitrat dan 10 g gula ke dalam toples berisi 250 ml air suhu ruang. Toples ditutup

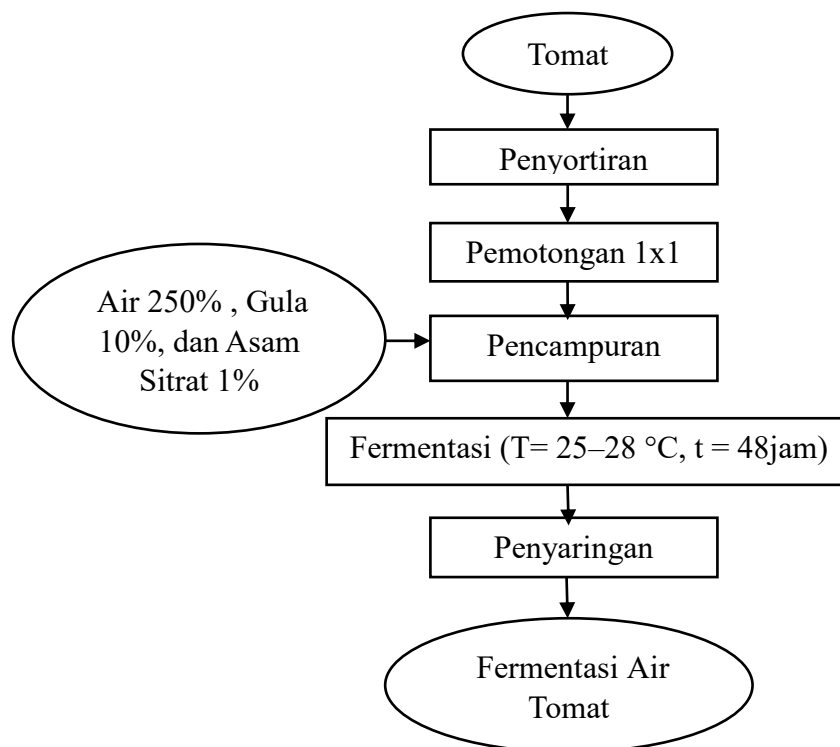
tidak terlalu rapat dan ditempatkan pada suhu ruang 25–28 °C. Proses fermentasi berlangsung selama 48 jam dengan pengocokan selama 1 menit, sebanyak dua kali setiap hari. Fermentasi selesai, larutan disaring untuk memperoleh fermentasi air tomat. Fermentasi air tomat dinyatakan siap digunakan jika terlihat gelembung udara, memiliki aroma tape manis, dan air tampak keruh (Modifikasi Permana, dkk., 2024). Gambar diagram alir dapat dilihat 3.1

3.5.2 Formulasi Fermentasi Air Tomat

Tabel 3.2 Formulasi Fermentasi Air Tomat Dalam 100gr Tomat

Bahan	Jumlah
Air	250%
Gula	10%
Asam sitrat	1%

Sumber: Formulasi Modifikasi Permana, dkk., (2024). (2025)



Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Air Fermentasi Buah Tomat

Sumber: Modifikasi Permana, dkk., (2024)

3.5.3 Pembuatan *Starter* Sourdough

Pembuatan *starter* sourdough, campuran 100g tepung terigu protein tinggi dengan fermentasi air tomat 100g (1:1) kedalam toples kaca, lalu aduk selama 1 menit dan tutup jangan terlalu rapat. Fermentasi selama ± 12 jam, ragi liar mulai berkembang. Pada hari kedua, adonan diberi tambahan tepung terigu dan ekstrak tomat baru sebagai nutrisi. Perhatikan tanda-tanda fermentasi seperti munculnya gelembung kecil dan aroma segar manis. Jika gelembung belum terlihat, adonan didiamkan kembali selama 12 jam.

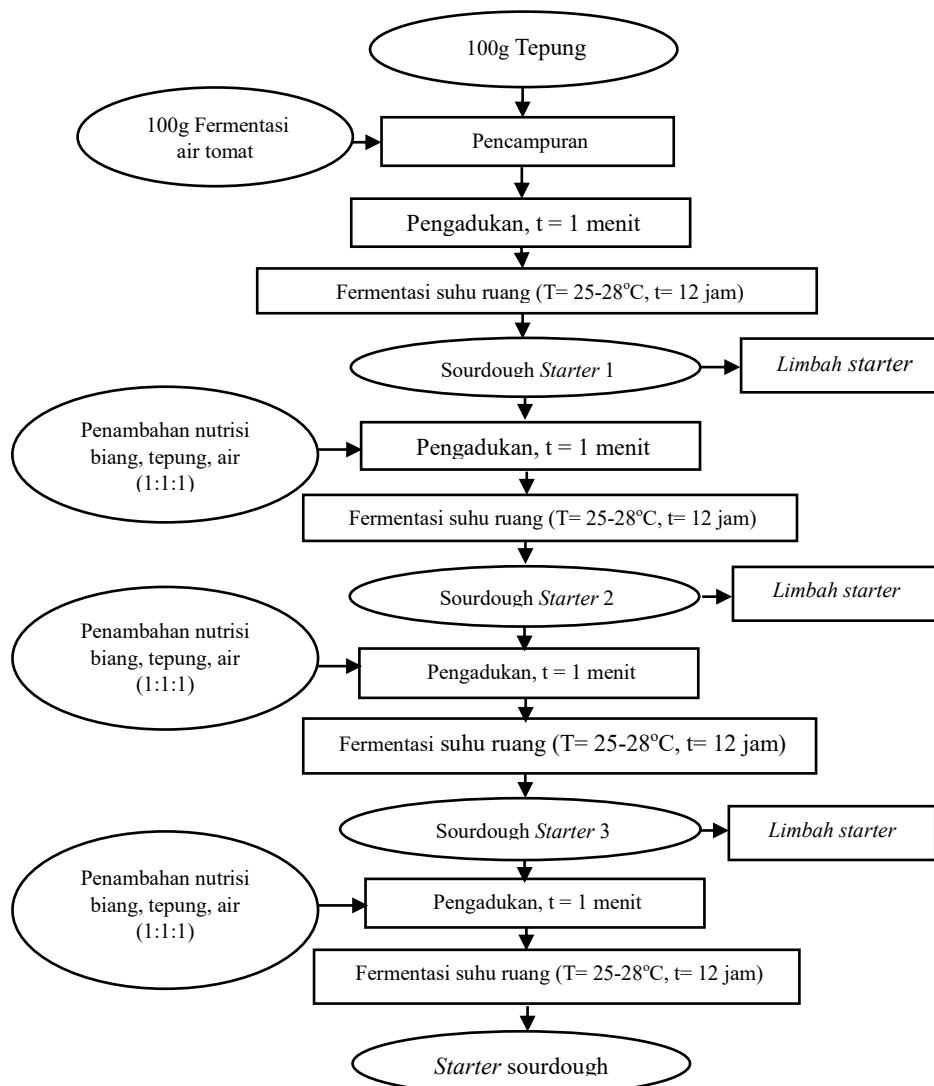
Tahap berikutnya sebagian *starter* sourdough dibuang saat proses *feeding* agar jumlah adonan tetap seimbang, memberikan ruang bagi pertumbuhan mikroba baru. *Feeding* atau pemberian nutrisi, yaitu memindahkan setengah adonan sourdough *starter* ke wadah baru, menambahkan campuran tepung terigu dan ekstrak tomat dengan komposisi yang sama seperti hari pertama. Proses ini diulangi setiap hari hingga hari keempat. Ragi dinyatakan siap digunakan setelah hari keempat, ditandai dengan adonan mengembang dua kali lipat, banyaknya buih atau gelembung, dan aroma menyengat khas fermentasi (Modifikasi Permana, dkk., 2024). Gambar diagram alir dapat dilihat 3.2

3.5.4 Pembuatan Roti Sourdough

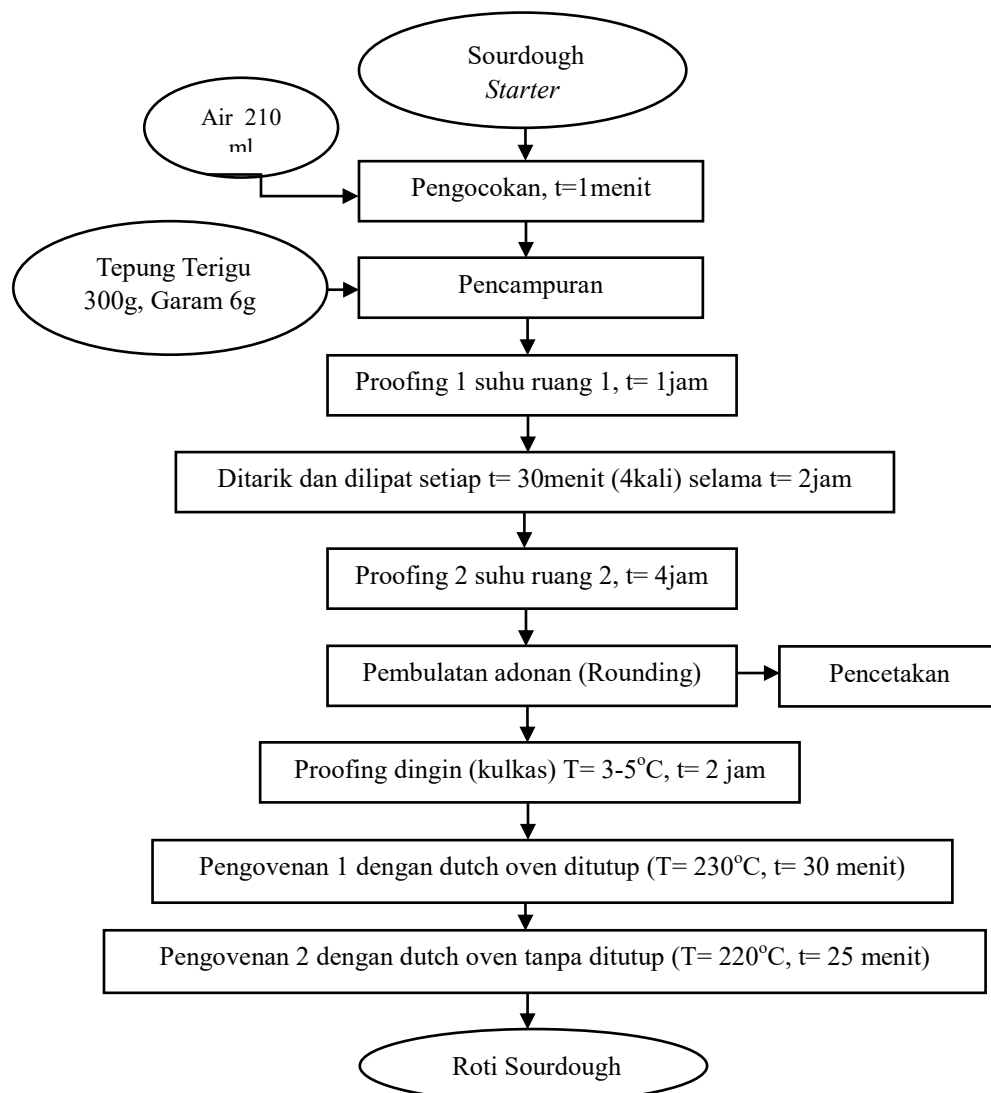
Proses pembuatan roti sourdough dimulai dengan menimbang seluruh bahan sesuai setiap perlakuan. Sourdough starter dan air dimasukkan ke dalam mangkuk, kemudian dikocok menggunakan *whisk* hingga tidak ada gumpalan. Tambahkan tepung terigu dan garam, lalu diaduk hingga tercampur merata. Adonan kemudian ditutup plastik wrap dan dibiarkan selama 1 jam pada suhu ruang. Berikutnya adalah penarikan dan pelipatan adonan (*stretch and fold*) pada keempat sisi sebanyak dua kali, diselingi *coil fold* sebanyak dua kali, selama 30 menit setiap kali lipatan selama total 2 jam. Adonan difermentasi selama 4 jam pada suhu ruang hingga mengembang dua kali lipat. Adonan yang telah mengembang kemudian dibulatkan (*rounding*) untuk mendapatkan permukaan halus dan membentuk kembali struktur gluten. Adonan yang telah dibulatkan

diistirahatkan selama 20 menit, lalu dimasukkan ke cetakan banneton yang berupa mangkuk berlapis kain dan ditaburi tepung beras.

Adonan dimasukkan ke dalam kulkas selama 2 jam pada suhu 3–5 °C, lalu dikeluarkan dan dibiarkan 5–10 menit pada suhu ruang. Panaskan oven pada suhu 230 °C dan dutch oven dipanaskan di dalamnya selama 40 menit. Setelah panas, adonan dimasukkan ke dalam dutch oven pada suhu 230 °C. Pemanggang dilakukan 30 menit pertama dalam kondisi dutch oven tertutup, kemudian dutch oven tutup dibuka dan pemanggang dilanjutkan hingga roti matang kecokelatan selama 15–25 menit pada suhu oven 220 °C (Modifikasi Yana, 2015). Gambar diagram alir dapat dilihat 3.3



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Sourdough Starter
Sumber: Data Diolah Peneliti (2025)



Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Roti Sourdough
Sumber: Data Diolah Peneliti (2025)

3.5 Parameter Pengamatan

Hasil dari penelitian kali ini ialah roti sourdough , untuk menentukan parameter uji karakteristk kimia roti sourdough meliputi:

3.5.1 Kadar air SNI 01-2891-1992

Penentuan kadar air pada roti sourdough mengacu pada SNI dilakukan menggunakan metode gravimetri dengan proses pemanasan di dalam oven.

Prinsip metode oven adalah kehilangan berat yang terjadi pada pemanasan dengan suhu 105°C selama 3 jam. Cawan kosong dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama 30 menit atau sampai beratnya menjadi konstan, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit, dan timbang cawan kosong. Sampel ditimbang 2 gram, sampel dimasukkan ke dalam cawan kosong yang telah ditimbang dan diketahui bobotnya. Selanjutnya, cawan berisi sampel dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam. Setelah proses pemanasan, cawan diletakkan dalam desikator selama 15 menit untuk mendinginkan, kemudian ditimbang kembali sebagai bobot akhir sampel. Kadar air dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat sampel awal} - \text{Berat sampel kering}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100$$

3.5.2 Kadar abu

Pengujian kadar abu pada roti sourdough dilakukan dengan metode pengabuan kering (AOAC, 2005). Prinsip analisis ini adalah mengoksidasi semua zat organik pada suhu tinggi (550°C), kemudian dilakukan penimbangan zat yang tertinggal setelah proses pembakaran tersebut. Cawan yang akan digunakan dikeringkan terlebih dahulu selama 30 menit atau sampai didapat berat tetap dalam oven pada suhu 105°C. Cawan dimasukan dalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang. Untuk sampel roti sourdough, dihaluskan. Sampel ditimbang sebanyak 2 gram dan dimasukkan ke dalam cawan. Cawan dimasukkan ke dalam tanur pengabuan yang telah mencapai suhu 550°C selama 3 jam. Cawan didinginkan di luar tanur sampai suhu ± 120 °C. Sampel kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Sampel ditimbang kembali hingga beratnya konstan. Kadar abu dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat cawan} - \text{Berat cawan dan abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100$$

3.5.3 Kadar protein SNI 01- 2891-1992

Pengujian kadar protein pada produk roti sourdough mengacu pada SNI 01- 2891-1992 dilakukan dengan metode kjeldahl. Prinsip metode kjeldahl yaitu senyawa nitrogen diubah menjadi amonium sulfat oleh H_2SO_4 pekat. Amonium sulfat yang terbentuk diuraikan dengan NaOH . Amoniak yang dibebaskan diikat dengan asam borat dan kemudian dititrasi dengan larutan HCl . Terdapat 3 tahap pengujian protein menggunakan metode kjeldahl yaitu tahap destruksi, destilasi, titrasi. Metode kjeldahl dilakukan dengan menimbang 2 gram bahan, kemudian menambahkan K_2SO_4 dan Cu_2SO_4 sebagai katalisator, serta 15 mL H_2SO_4 . Selanjutnya, melakukan tahap destruksi selama 1 jam hingga larutan berubah menjadi jernih. Setelah itu, larutan didinginkan dengan menambahkan 25 mL aquades dingin dan 100 mL larutan NaOH , yang menyebabkan perubahan warna menjadi coklat. Proses dilanjutkan dengan destilasi, di mana destilat ditampung dalam erlenmeyer yang telah berisi 20mL larutan jenuh asam borat 3% dan 4 tetes indikator PP. Tahap akhir adalah titrasi dengan HCl 0,1 N yang telah distandarisasi sebelumnya, hingga warna larutan berubah menjadi merah jambu. Kadar protein dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\%N = \frac{V_1 - V_2 \times N \times 14,008}{W} \times 100\%$$

Kadar Protein (N) % x fk

3.5.4 Kadar serat kasar SNI 01- 2891-1992

Prinsip kerja dari serat kasar yaitu bereaksi dengan asam dan basa untuk memisahkan serat kasar dari bahan lainnya. Penentuan pengujian kadar serat kasar pada roti sourdough dilakukan dengan adalah menimbang sampel sebanyak 2-4g, kemudian menghilangkan lemak menggunakan metode ekstraksi Soxhlet selama 4 jam. tambahkan 250 ml larutan H_2SO_4 dan panaskan menggunakan suhu 200°C selama 30 menit. Selanjutnya tambahkan 50 ml 3,25% NaOH dan panaskan Kembali dalam waktu 30 menit dengan suhu 200°C . Saring dengan kertas saring yang beranya telah dikonstankan. Masukkan dalam oven suhu 105°C selama 4 jam. Keluarka dan masukan dalam desikator selama 15 menit. Setelah itu ditimbang

untuk mengetahui berat akhir. Serat kasar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar Serat Kasar (\%)} = \frac{\text{Berat residu} - \text{Berat kertas saring}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

3.5.5 Kadar Total Asam (AOAC, 2005)

Pengujian total asam atau *Total Titratable Acidity (TTA)* merupakan jumlah keseluruhan asam yang dapat dititrasi dalam suatu bahan pangan, termasuk asam bebas maupun terikat. Penentuan pengujian total asam pada roti sourdough dilakukan dengan Persiapan sampel, mengambil sekitar 10 g sampel roti sourdough yang telah dihancurkan. Tambahkan 90 mL air suling (aquades), kemudian homogenkan hingga rata. Filtrasi dan diamkan. Selanjutnya saring larutan menggunakan kertas saring untuk memperoleh filtrat jernih. Ambil 25 mL filtrat ke dalam erlenmeyer dan tambahkan beberapa tetes indikator fenolftalein. Kemudian titrasi dengan larutan NaOH 0.1 N hingga mencapai titik akhir titrasi yang ditunjukkan oleh perubahan warna indikator menjadi merah muda.

$$\text{Total Asam (\%)} = \frac{\text{mL NaOH} \times \text{Normalitas NaOH} \times 90.08}{\text{Berat atau volume sampel (mL atau gram)}} \times 100$$

3.5.6 Uji BAL Media *Man Rogosa Sharpe Agar* (MRSA) pada Sourdough Starter

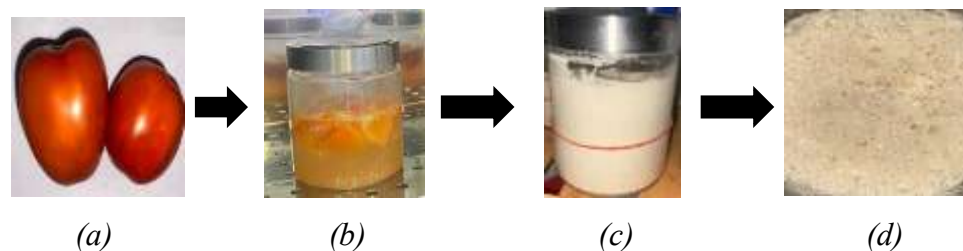
Pengujian pada sourdough *starter* fermentasi air tomat morfologi koloni BAL berpotensi tumbuh terpisah dan membentuk zona bening di sekitarnya. Perhitungan total BAL menggunakan metode TPC *spread plate*. Pembuatan media Man Rogosa Sharpe Agar dengan melarutkan 106,4 gram serbuk MRSA kedalam 1,56 liter aquades steril. Media disterilisasi di autoklaf suhu 121°C selama 15 menit, dituang ke dalam cawan petri sebanyak 15-20 ml. Pembuatan media pengenceran Buffer Peptone Water (BPW) 0,1% dengan melarutkan 0,2 gram serbuk BPW ke dalam 1 liter akuades steril. Media disterilisasi di autoklaf suhu 121°C selama 15 menit. Media BPW dituang kedalam tabung reaksi sebanyak 9 ml, dengan total pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-7} . Sebanyak 1 mL sampel sourdough

starter dimasukkan kedalam pengenceran 10^{-1} yang berisi 9 mL BPW 0,1%, dihomogenkan dengan vortex. Setelah itu, 1 ml dari pengenceran 10^{-1} dipindahkan kedalam pengenceran 10^{-2} , dihomogenkan dengan vortex. Pengenceran dilanjutkan hingga mencapai pengenceran 10^{-7} . Penanaman dilakukan dengan cara menuang 0,1 ml larutan dari pengenceran 10^{-3} hingga 10^{-4} pada media MRSA, kemudian dilakukan perataan dengan spreader, dilakukan secara duplo. Media MRSA yang telah diinokulasi tersebut, diinkubasi di inkubator pada suhu 37°C posisi cawan petri terbalik. Perhitungan koloni BAL yang tumbuh dapat diamati setelah 24-48 jam lama inkubasi (modifikasi dari Jangnga, dkk., 2023). Rumus perhitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh adalah sebagai berikut:

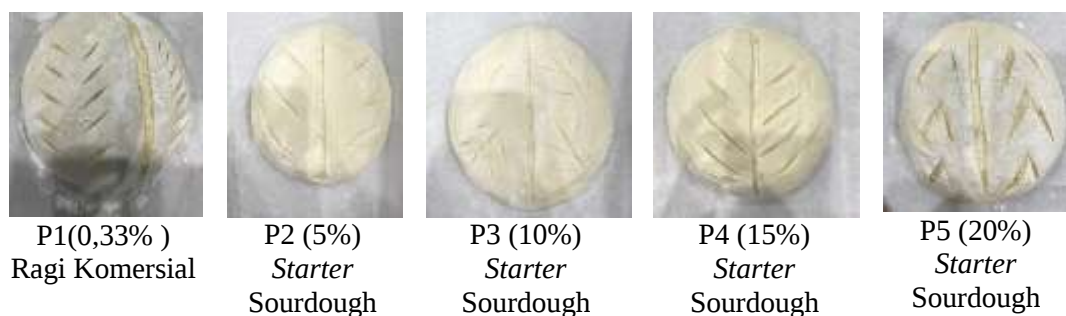
$$\text{Jumlah koloni (CFU/mL)} : \text{jumlah koloni} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}}$$

BAB.4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik *Starter Sourdough*



Gambar 4.1 *Starter Sourdough* Fermentasi Air Tomat
 (a) Tomat (b) Fermentasi Air Tomat (c) *Starter Sourdough* (d) *Starter Aktif*
 Sumber: Dokumentasi Pribadi (2025)



Gambar 4.2 Adonan Roti Sourdough dengan Setiap Perlakuan
 Sumber: Dokumentasi Pribadi (2025)

Starter sourdough pada Gambar 4.1 yang diperoleh dari fermentasi air tomat menunjukkan karakteristik yang nyata pada warna, bau, dan viskositas. Berdasarkan aspek warna, *starter sourdough* mengalami perubahan dari putih pucat pada awal fermentasi menjadi krem hingga sedikit kecokelatan seiring meningkatnya aktivitas mikroba dan terbentuknya senyawa metabolit. Menurut De Vuyst & Van Kerrebroeck (2021), perubahan warna *starter sourdough* dipengaruhi oleh pertumbuhan khamir serta bakteri asam laktat yang menghasilkan pigmen dan asam organik. Dari aspek bau, *starter sourdough* fermentasi air tomat mengeluarkan aroma asam segar khas fermentasi. Menurut Corsetti & Settanni (2007), aroma asam dan sedikit beralkohol merupakan indikator fermentasi *starter sourdough* yang aktif, karena menunjukkan dominasi bakteri asam laktat heterofermentatif dan ragi dalam fermentasi. Menurut Gänzle

(2020) viskositas, *starter* sourdough menunjukkan tekstur yang semakin kental, dan permukaan berbuih akibat produksi gas karbondioksida oleh khamir. Konsistensi kental serta adanya gelembung udara menandakan *starter* sourdough fermentasi air tomat aktif dan siap digunakan sebagai pengembang alami pada pembuatan adonan roti.

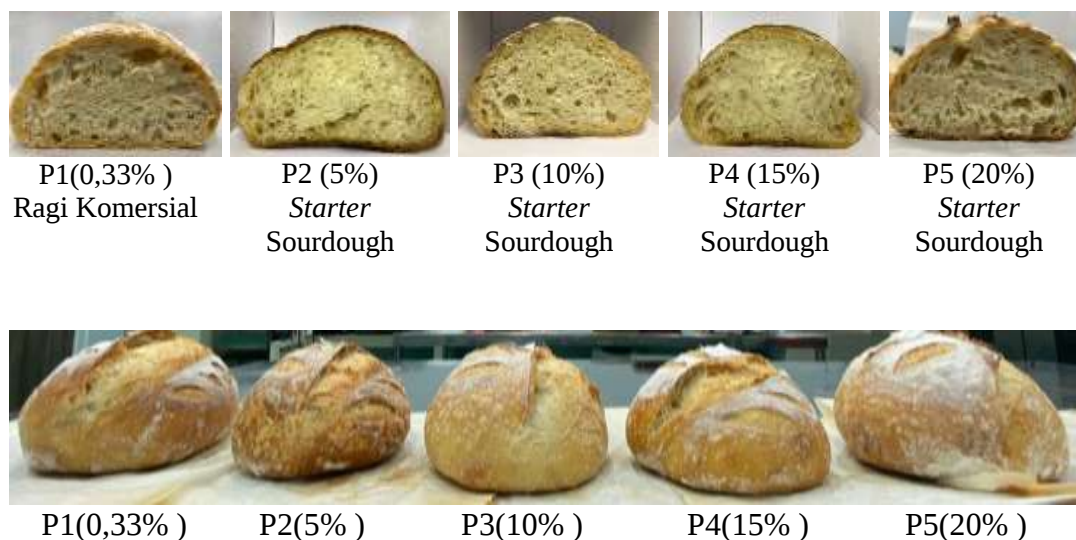
Pada Gambar 4.2 menunjukkan adonan roti sourdough dengan berbagai perlakuan konsentrasi *starter* sourdough. Pada perlakuan (P1) 0,33% ragi komersial adonan mengembang dengan struktur permukaan yang relatif seragam, namun kurang menunjukkan karakteristik khas sourdough seperti pola retakan alami. Hal ini wajar karena ragi komersial *Saccharomyces cerevisiae* bekerja lebih cepat menghasilkan gas CO₂ sehingga adonan cepat mengembang. Perlakuan (P2) 5% *starter* sourdough, adonan dengan bentuk lebih padat dan pengembangan yang belum maksimal. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah *starter* sourdough yang masih rendah belum cukup memberikan aktivitas fermentasi optimal. Pada perlakuan (P3) 10% *starter* sourdough, adonan terlihat lebih stabil dengan pengembangan yang baik dan permukaan lebih halus. Perlakuan (P4) 15% *starter* sourdough hasil adonan yang lebih optimal, ditandai dengan pengembangan adonan yang baik serta struktur permukaan lebih kokoh dan bertekstur. Konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat yang lebih tinggi meningkatkan produksi asam organik dan gas CO₂, sehingga aroma, rasa, dan tekstur sourdough terbentuk lebih kuat (Gänzle, 2020). Perlakuan (P5) 20% *startersourdough* menunjukkan permukaan adonan yang lebih terbuka dengan retakan yang jelas. Hal ini menandakan fermentasi yang sangat aktif akibat jumlah *starter* sourdough yang tinggi.

Berdasarkan hasil penghitungan koloni pada tiga tingkat pengenceran, diperoleh perbedaan jumlah mikroba yaitu pada pengenceran 10⁻³, jumlah koloni yang terbentuk adalah 29×10³ CFU/mL pada ulangan pertama dan 36×10³ CFU/mL pada ulangan kedua, dengan rata-rata 32.500 CFU/mL. Pengenceran 10⁻⁴, jumlah koloni hanya mencapai 13×10⁴ dan 10×10⁴ dengan rata-rata 115.000 CFU/mL, sedangkan pada pengenceran 10⁻⁵ jumlah koloni lebih rendah yaitu 7 × 10⁵ dan 5×10⁵ dengan rata-rata 600.000 CFU/mL. Hasil ini tidak memenuhi

kriteria *standard plate count* karena jumlah koloni pada cawan kurang dari 30, sehingga dianggap kurang akurat dan tidak dianjurkan untuk digunakan sebagai dasar perhitungan final (FSSAI, 2020; Madigan et al., 2019). Secara keseluruhan, rata-rata dari ketiga pengenceran tersebut adalah 249,166,67 CFU/mL, jadi rata-rata jumlah mikroba dari ketiga pengenceran sekitar 249×10^{-5} CFU/mL. Jumlah ini menunjukkan bahwa *starter* sourdough fermentasi air tomat memiliki populasi mikroba yang cukup.

Starter sourdough mengidentifikasi keberadaan mikroba, menurut David Reese dkk. (2020) menyatakan bahwa mikroba pada *starter* sourdough termasuk media fermentasi air tomat termasuk *Lactobacillus spp* (BAL) dan *Saccharomyces cerevisiae* (ragi), yang menunjukkan rasa dan aroma unik khas sourdough dan kemampuan pengawetan alami karena asam yang dihasilkan. Keberadaan BAL sangat penting dalam *starter* sourdough karena berperan dalam produksi asam organik, meningkatkan keasaman, serta membantu penghambatan mikroba patogen lain. Menurut (Savitry, 2018), penambahan fermentasi air tomat sebagai sumber karbon tambahan (glukosa dan fruktosa) mendukung perkembangan BAL lebih optimal. Menurut Bartkiene, dkk. (2019) bakteri asam laktat merupakan organisme dominan, dan sebagian besar hidup berdampingan dengan khamir kemudian beradaptasi dengan baik terhadap lingkungan asam yang ada dan mampu tumbuh pada konsentrasi yang tinggi. Tepung yang digunakan dalam pembuatan *starter* sourdough adalah tepung terigu protein tinggi. Penggunaan tepung terigu berprotein tinggi pada *starter* sourdough bertujuan untuk memberikan nutrisi bagi bakteri asam laktat untuk melakukan aktivitas proteolitik (Gumelar, 2019). Hasil ini menandakan bahwa media MRSA berhasil untuk pertumbuhan mikroba sebagai indikator keberhasilan fermentasi dalam pembuatan sourdough.

4.2 Karakteristik Kimia Roti Sourdough



Gambar 4.3 Roti Sourdough
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2025)

Parameter yang diamati pada sifat kimia roti sourdough dengan penambah konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat yaitu kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar serat kasar dan kadar total asam dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Uji Kimia Roti Sourdough dengan Pengaruh Konsentrasi *Starter* Sourdough Fermentasi Air Tomat

Perlakuan	Parameter				
	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Serat Kasar (%)	Kadar Total Asam (%)
P1	29,26 ± 6,69 ^a	0,38 ± 0,13 ^a	7,94 ± 0,04 ^a	4,96 ± 0,01 ^c	0,16 ± 0,09 ^a
P2	31,74 ± 6,19 ^{ab}	0,49 ± 0,06 ^a	9,75 ± 0,02 ^b	4,48 ± 0,01 ^c	0,28 ± 0,00 ^b
P3	35,40 ± 2,49 ^{ab}	0,51 ± 0,04 ^{ab}	11,67 ± 0,02 ^c	3,79 ± 0,00 ^b	0,42 ± 0,00 ^c
P4	36,55 ± 1,64 ^a	0,56 ± 0,07 ^{ab}	13,43 ± 0,03 ^d	3,63 ± 0,17 ^a	0,54 ± 0,08 ^d
P5	37,43 ± 1,08 ^a	0,68 ± 0,18 ^b	15,25 ± 0,01 ^e	3,36 ± 0,02 ^a	0,77 ± 0,08 ^e

Keterangan: (P1) 0,33% ragi komersial (ragi instan), (P2) *starter* sourdough 5%, (P3) *starter* sourdough 10%, (P4) *starter* sourdough 15%, (P5) *starter* sourdough 20%, Data merupakan hasil rata-rata dari empat kali ulangan ± SD. Notasi yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan menurut uji DMRT (sig. < 0,05).

4.2.1 Kadar Air

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air roti sourdough. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan pengaruh nyata diantara beberapa perlakuan yang ditandai dengan notasi huruf yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Rata-rata nilai kadar air roti sourdough dengan penambahan konsentrasi disetiap perlakuan sourdough berkisar 29,26–37,43%. Nilai kadar air tertinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi *starter* sourdough 20% (P5) yaitu dengan nilai rata-rata 37,43% dan nilai kadar air terendah yaitu pada perlakuan 0,33% ragi komersial (P1) dengan nilai 29,26%.

Perlakuan konsentrasi *starter* sourdough (P1) menunjukkan kadar air paling rendah diantara seluruh perlakuan. Nilai ini secara signifikan berbeda lebih rendah dibandingkan perlakuan lain. Perlakuan (P2) menunjukkan peningkatan kadar air dibanding perlakuan (P1). Nilai ini secara statistik berada di kelompok yang sama dengan beberapa perlakuan lain, menunjukkan bahwa jumlah *starter* yang digunakan dalam (P2) mulai memberikan efek terhadap peningkatan kadar air, namun belum maksimal. Perlakuan (P3) kadar air yang semakin meningkat menandakan bahwa pada perlakuan ini fermentasi mulai berjalan lebih optimal. Selanjutnya perlakuan (P4) mengalami peningkatan kadar air yang signifikan dan masuk dalam kategori tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat, pada konsentrasi ini memberikan pengaruh maksimal terhadap kapasitas hidrasi adonan. Kadar air tinggi yang konsisten menandakan aktivitas mikroba dan enzim yang lebih intens menghasilkan senyawa yang berperan dalam retensi air, seperti asam organik dan eksopolisakarida yang memperbaiki struktur adonan (Gobbetti et al., 2016). Terakhir perlakuan (P5) menghasilkan kadar air tertinggi, yang menunjukkan kestabilan dan konsistensi produk. Perlakuan ini merupakan yang paling optimal dalam meningkatkan kadar air, karena *starter* dalam konsentrasi ini menghasilkan fermentasi yang paling aktif.

Roti dengan *starter* sourdough cenderung memiliki kadar air lebih tinggi dibandingkan roti yang dibuat dengan ragi komersial. Hal ini disebabkan oleh

starter sourdough, terutama dari sumber cair seperti fermentasi air tomat, berperan dalam meningkatkan kelembaban adonan melalui kontribusi cairan dan aktivitas mikroba yang memecah struktur gluten dan meningkatkan kemampuan menahan air.

Berdasarkan SNI No. 01-3840-1995 kadar air pada roti maksimal 40% hasil penelitian yang didapatkan sudah sesuai dengan standar SNI. Menurut Putri dkk. (2022) kadar air pada roti yang menggunakan *starter* sourdough cenderung meningkat karena disebabkan pada saat proses fermentasi dapat meningkatkan senyawa pengikat air yang dapat menghidrasi adonan. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jitrakbumrung dan Therdthai (2014). Adanya proses fermentasi yang terdapat pada *starter* sourdough meningkatkan senyawa pengikat air yang kemudian berkontribusi pada tingkat hidrasi adonan.

Penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat yang digunakan juga mempengaruhi kadar air pada roti, semakin tinggi *starter* sourdough yang ditambahkan, maka semakin tinggi kadar air yang akan dihasilkan. Sesuai dengan penelitian Putri, dkk., (2018), makin besar konsentrasi *starter* sourdough yang digunakan maka nilai kadar air roti akan ikut meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan makin tinggi konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat, maka jumlah mikroba dan kadar air menjadi makin tinggi. Sourdough sendiri adalah campuran tepung dan air yang difermentasi oleh BAL, sehingga penggunaannya mampu meningkatkan kadar air pada roti sourdough (Putri, dkk., 2018). Pernyataan tersebut sesuai dengan data yang didapatkan yaitu pada sampel perlakuan (P1) yang merupakan sampel roti sourdough dengan bahan dasar 100% tepung terigu dan menggunakan bahan pengembang berupa ragi komersial memiliki kadar air yang lebih rendah, yaitu sebesar 2,26 % dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi *starter* sourdough 20% (P5) yang merupakan roti sourdough dengan bahan pengembang berupa *starter* sourdough fermentasi air tomat, yaitu sebesar 37,43%.

Hasil penelitian ini kadar airnya lebih tinggi dari pada penelitian roti manis sourdough yang menggunakan ragi alami dari apel manalagi (Putri dkk., 2022), yang mana menghasilkan nilai berkisar antara 25,09-31,20%. Namun, hasil

penelitian ini memiliki nilai kadar air yang relatif lebih rendah daripada penelitian roti sourdough dari tepung sorghum yang dilakukan oleh (Ogunsakin dkk., 2015) yang mana menghasilkan nilai berkisar antara 25,92%-50,40%. Hasil penelitian ini selaras dengan penelitian roti sourdough oleh Scazzina dkk. (2009) dengan hasil kadar air sebesar 30- 37% dengan menggunakan tepung gandum utuh dan tepung gandum putih serta penelitian yang dilakukan oleh Zaidiyah dkk. (2020) pada roti sourdough dari ubi manis dan jus nanas dengan hasil kadar air sebesar 34,76%-44,20%.

Penggunaan *starter* sourdough fermentasi air tomat terbukti berpengaruh terhadap kadar air roti sourdough. Hal ini dapat dibuktikan dari sifat dasar *starter* itu sendiri. Ragi komersial, baik dalam bentuk *active dry yeast* maupun *fresh yeast*, hanya mengandung kadar air relatif rendah, yaitu sekitar 7–8 % untuk ragi kering dan sekitar 70 % untuk ragi segar. *Starter* sourdough yang terbuat dari campuran tepung dan air tingkat hidrasi yang jauh lebih tinggi, umumnya sekitar 100%, hasil dari fermentasi bakteri asam laktat cenderung mengandung air yang lebih banyak dibandingkan dengan ragi komersial. Kandungan air terlihat jelas, semakin tinggi proporsi perbedaan *starter* sourdough fermentasi air tomat yang ditambahkan dalam formulasi adonan, maka semakin tinggi pula kadar air yang terserap dalam roti yang dihasilkan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Jitrakbumrung dan Therdthai (2014) bahwa penggunaan *starter* dengan hidrasi tinggi berpengaruh nyata terhadap peningkatan kadar air roti sourdough. Semakin tinggi *starter* sourdough fermentasi air tomat yang digunakan pada formulasi akan meningkatkan kadar air dari roti sourdough yang akan dihasilkan.

4.2.2 Kadar Abu

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu roti sourdough. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan pengaruh nyata diantara beberapa perlakuan yang ditandai dengan notasi huruf yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Rata-rata nilai kadar abu roti sourdough dengan penambahan konsentrasi disetiap perlakuan sourdough berkisar 0,38 - 0,68%.

Nilai kadar abu tertinggi yaitu pada perlakuan *starter* sourdough konsentrasi 20% (P5) yaitu dengan nilai rata-rata 0,68% dan nilai kadar abu terendah yaitu pada perlakuan 0,33% ragi komersial (P1) dengan nilai 0,38%.

Perlakuan (P1) menghasilkan kadar abu sebesar 0,38%, yang merupakan nilai terendah diantara semua perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pada perlakuan ini, kandungan mineral relatif lebih rendah karena menggunakan ragi komersial. Pada perlakuan selanjutnya, kadar abu menunjukkan peningkatan yaitu pada perlakuan *starter* sourdough konsentrasi 5% (P2) dengan hasil 0,49%, selanjutnya *starter* sourdough konsentrasi 10% (P3) hasilnya 0,51%, dan pada perlakuan *starter* sourdough konsentrasi 15% (P4) dengan hasil 0,56 %, yang masuk dalam kelompok yang tidak berbeda nyata secara statistik, menandakan bahwa ada peningkatan mineral seiring perlakuan, namun belum mencapai perbedaan signifikan terhadap perlakuan terakhir. Peningkatan kadar abu ini dapat dikaitkan dengan semakin aktifnya mikroorganisme asam laktat (LAB) selama fermentasi. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan akhir yaitu konsentrasi 20% (P5) hasilnya sebesar 0,68%, dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan awal.

Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kandungan mineral dari sourdough *starter* fermentasi air tomat yang berkontribusi langsung terhadap total abu produk akhir. Menurut Anggraeni (2022), fermentasi alami dengan air fermentasi buah buahan atau sayuran dapat meningkatkan nilai gizi mikro, termasuk unsur mineral, akibat aktivitas enzim mikroba yang memecah ikatan senyawa organik kompleks. Oleh karena itu, semakin tinggi konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat yang digunakan, semakin besar kandungan mineral dalam roti pada kadar abu.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar abu suatu bahan pangan yaitu cara pengabuan, jenis bahan pangan, suhu dan lamanya waktu pada saat pengeringan. Selama proses pengeringan, semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu yang digunakan maka kadar abu akan meningkat (Sudarmadji, 2010). Berdasarkan syarat mutu Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3840-1995, kadar abu maksimal roti sebesar 1%. Jumlah kadar abu produk pangan bergantung pada besarnya kandungan mineral bahan yang digunakan (Sudarmadji, 2010).

Berdasarkan hasil penelitian kadar abu dari roti sourdough yang dihasilkan berkisar antara 0,38 – 0,68%, lebih rendah dari ada penelitian kadar abu roti sourdough dengan penambahan biji kefir pada *starter* (Husni Nayli, dkk., 2024) yaitu sekitar 1,83%, sedangkan pada hasil penelitian roti manis sourdough yang menggunakan ragi alami dari apel manalagi (Putri dkk., 2022), yang mana menghasilkan nilai kadar abu dengan kisaran 1,29- 1,82%. Menurut hasil penelitian (Monika, 2019) pemanfaatan air botani dari buah salak pondoh untuk pembuatan roti tawar sourdough, kadar abu pada roti tawar sourdough berkisar cukup tinggi antara 3,34%- 3,62% dibandingkan kadar abu pada roti penelitian ini, umumnya disebabkan karena tambahan tepung whole wheat yang digunakan pada formulasi. Menurut Zaidiyah dkk. (2020) pada roti sourdough dari ubi manis dan jus nanas memiliki kadar abu berkisar 1,57%- 2,35%. Rendahnya kadar abu penelitian dapat dikaitkan dengan bahan baku yang digunakan yaitu tepung terigu yang memiliki kadar abu antara 0,38% hingga 1,62% (Heshe dkk, 2016).

Penggunaan *starter* sourdough fermentasi air tomat juga dapat berpengaruh terhadap kadar abu roti. *Starter* sourdough tersebut tidak hanya membawa mikroorganisme, tetapi juga menyumbangkan mineral tambahan dari buah tomat yang digunakan. Tomat diketahui mengandung mineral penting seperti kalium, magnesium, dan kalsium (Martí et al., 2016). Dengan demikian, semakin tinggi proporsi *starter* sourdough fermentasi air tomat dalam formulasi, maka kadar abu roti sourdough berpotensi mengalami peningkatan. Selain itu, aktivitas mikroba dalam *starter* sourdough, terutama bakteri asam laktat, dapat mendegradasi senyawa kompleks sehingga mempermudah pelepasan mineral yang terikat dengan komponen lain (Gobbetti et al., 2014). Proses ini dapat meningkatkan ketersediaan mineral dalam roti yang kemudian terukur sebagai kadar abu. Hasil ini memperlihatkan bahwa penambahan *starter* sourdough fermentasi air tomat bukan hanya berfungsi pada aspek tekstur dan kelembaban roti, tetapi juga berkontribusi terhadap komposisi mineral yang tercermin pada nilai abu.

4.2.3 Kadar Protein

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein roti sourdough. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan pengaruh nyata diantara beberapa perlakuan yang ditandai dengan notasi huruf yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Rata-rata nilai kadar protein roti sourdough dengan penambahan konsentrasi disetiap perlakuan sourdough berkisar 7,94 – 15,25%. Nilai kadar protein tertinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi *starter* 20% (P5) yaitu dengan nilai rata-rata 15,25% dan nilai kadar protein terendah yaitu pada perlakuan 0,33% ragi komersial (P1) dengan nilai 7,94%.

Kadar protein pada roti sourdough menunjukkan peningkatan yang signifikan seiring dengan perlakuan penambahan konsentrasi *starter* fermentasi air tomat, dimana perlakuan 0,33% ragi komersial (P1) memiliki kadar protein paling rendah sebesar 7,94%, dan perlakuan *starter* sourdough konsentrasi 5% (P2) nilainya sebesar 9,75% dan pada perlakuan konsentrasi 10% (P3) nilainya sebesar 11,67% menunjukkan tren peningkatan bertahap yang diduga berkaitan dengan waktu fermentasi serta populasi mikroba yang semakin aktif dalam mendegradasi komponen tepung. Perlakuan konsentrasi *starter* sourdough 15% (P4) dengan nilai sebesar 13,43% dan yang terakhir perlakuan konsentrasi sourdough *starter* 20% (P5) nilainya sebesar 15,25% yang memperlihatkan hasil paling tinggi, yang juga bisa dipengaruhi oleh proses hidrasi.

Peningkatan ini sejalan dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh (Katina et al., 2005) yang menyatakan bahwa fermentasi *starter* sourdough meningkatkan ketersediaan nutrisi seperti protein dan mineral melalui aktivitas enzimatik selama fermentasi. Semakin tinggi konsentrasi *starter* sourdough yang digunakan, semakin besar pula peningkatan nilai mutu, khususnya protein pada roti yang dihasilkan. Menurut SNI No. 01-3840-1995 kadar protein pada tepung terigu minimal 7,0%. Menurut Permana (2024), protein roti bun yang menggunakan *starter* sourdough mentimun, menunjukan hasil bahwa kadar proteinnya memiliki kesamaan pada rata-rata antara 8,4% - 12,7%. Kadar protein

penelitian ini juga sesuai dari penelitian roti sourdough dari tepung sorghum yang telah dilakukan Ogunsakin dkk. (2015) yaitu berkisar antara 11,27%- 16,60%. Sedangkan penelitian ini lebih tinggi dari pada hasil penelitian roti sourdough dengan penambahan biji kefir pada starter (Husni Nayli, dkk., 2024) yaitu sekitar 7,56%. Begitupun juga hasil kadar protein pada penelitian Zaidiyah dkk. (2020) pada roti sourdough dari ubi manis dan jus nanas memiliki yang memiliki kadar protein berkisar 4,63%- 7,61%.

Kadar protein pada roti sourdough salah satunya dipengaruhi oleh jenis tepung yang digunakan. Tepung yang digunakan pada pembuatan roti sourdough adalah tepung terigu berprotein tinggi (*hard wheat*) dengan kandungan gluten yang tinggi, sehingga penggunaan terigu dapat menambah kandungan protein pada roti sourdough. Perlakuan penambahan *starter* sourdough 5%, 10%, 15%, dan 20% menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat maka kadar protein yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini disebabkan roti sourdough maupun roti ragi komersial tergantung pada jenis tepung yang digunakan.

Fermentasi *starter* sourdough yang melibatkan aktivitas mikroorganisme seperti *Lactobacillus spp* dan *Saccharomyces cerevisiae* mampu memecah protein kompleks. Hal ini terjadi karena aktivitas enzim proteolitik yang dihasilkan oleh mikroorganisme, terutama *Lactobacillus spp*, mampu menguraikan protein kompleks menjadi peptida dan asam amino bebas (Katina et al., 2005; Poutanen et al., 2009). Penelitian ini sesuai dengan (Putri dkk., 2022) peningkatan kadar protein pada roti berbasis *starter* sourdough disebabkan oleh aktivitas ragi yang mengonsumsi asam amino selama fase pertumbuhan aktif, sementara akumulasi asam amino baru mulai terjadi ketika laju pertumbuhan ragi menurun. Selain itu, bakteri asam laktat yang merupakan mikroorganisme dominan dalam *starter* sourdough memiliki protein sebagai komponen utama penyusunnya. Kandungan karbohidrat juga mengalami perubahan. Mikroorganisme dalam sourdough, seperti *Saccharomyces cerevisiae* dan bakteri asam laktat, menggunakan karbohidrat sebagai substrat utama fermentasi. Proses ini menurunkan kadar gula sederhana dan pati yang mudah dicerna, sekaligus menghasilkan senyawa

metabolit seperti asam organik dan gas karbondioksida. Penurunan kandungan karbohidrat menyebabkan roti sourdough memiliki indeks glikemik yang lebih rendah dibandingkan roti dengan ragi komersial (De Vuyst & Neysens, 2005; Rizzello et al., 2016). Oleh karena itu, peningkatan populasi bakteri ini selama fermentasi berkorelasi erat dengan meningkatnya kandungan protein pada produk akhir.

4.2.4 Kadar Serat Kasar

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar serat kasar roti sourdough. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan pengaruh nyata diantara beberapa perlakuan yang ditandai dengan notasi huruf yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Rata-rata nilai kadar serat kasar roti sourdough dengan penambahan konsentrasi di setiap perlakuan berkisar 3,36 – 4,96%. Nilai kadar serat kasar tertinggi yaitu pada perlakuan 0,33% ragi komersial (P1) yaitu dengan nilai rata-rata 4,96% dan nilai kadar serat kasar terendah yaitu pada perlakuan *starter* sourdough 20% (P5) dengan nilai 3,36%. Hasil uji serat kasar pada roti sourdough yang menggunakan tepung terigu protein tinggi menunjukkan bahwa kadar serat kasar yang diperoleh masih sesuai dengan batas maksimum yang ditetapkan dalam SNI 01-3840-1995 roti, yaitu maksimal 1,5%.

Perlakuan 0,33% ragi komersial (P1) dan konsentrasi *starter* sourdough 5% (P2) yang memiliki nilai 4,96% dan 4,48% berada dalam kategori tidak berbeda nyata secara statistik, menunjukkan bahwa keduanya mempertahankan kadar serat yang tinggi, kemungkinan karena formulasi yang masih kaya akan bahan baku berserat tinggi seperti tepung terigu atau tambahan bahan fermentasi yang meningkatkan kandungan serat. Sementara itu, penurunan kadar serat kasar pada konsentrasi *starter* sourdough 10% (P3) dan konsentrasi *starter* 15% (P4) 3,79% dan 3,63% menunjukkan pengaruh sebelum akhirnya kadar serat terendah ditemukan pada konsentrasi *starter* 20% (P5) dengan hasil nilai sebesar 3,36%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rizzello dkk. (2012) pada roti sourdough dengan menggunakan gandum yaitu berkisar antara 1,85%- 4,38%.

Sedangkan hasil penelitian ini lebih rendah dibandingkan pada penelitian Mihhalevski dkk. (2013) dalam penelitiannya mengenai roti sourdough dari rye menghasilkan serat berkisar 10,00%- 11,01%.

Penurunan kadar serat kasar pada roti sourdough seiring peningkatan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat dapat disebabkan oleh penggunaan tepung terigu dengan konsentrasi tinggi akan menyebabkan penurunan pada kadar serat kasar. Hal ini sesuai dengan pendapat (Marsella, 2012) yang menyatakan bahwa semakin tinggi tepung terigu, maka semakin rendah seratnya. Karena penambahan *starter* sourdough, berarti proporsi tepung terigu dalam formulasi semakin berkurang, yang secara langsung menurunkan total kandungan serat kasar dalam adonan.

Kandungan serat kasar pada roti sourdough dapat mengalami penurunan dibandingkan dengan roti yang dibuat menggunakan ragi komersial. Menurut Katina et al. (2005) proses fermentasi alami pada *starter* sourdough yang melibatkan bakteri asam laktat (BAL) dan ragi liar menghasilkan aktivitas enzimatik yang mampu mendegradasi polisakarida kompleks seperti hemiselulosa, selulosa, dan arabinoksilan. Proses ini menyebabkan sebagian serat kasar yang awalnya tidak larut berubah menjadi bentuk lebih sederhana atau menjadi serat larut, sehingga nilai serat kasar yang terukur menurun. Penjelasan serupa juga didukung oleh Poutanen et al. (2009), yang menyatakan bahwa aktivitas mikroorganisme selama fermentasi *starter* sourdough dapat memodifikasi struktur dinding sel tumbuhan dan meningkatkan bioavailabilitas nutrisi. Hal ini berdampak pada perubahan bentuk serat, dari tidak larut menjadi lebih larut atau terdegradasi, yang menyebabkan kadar serat kasar menurun. Menurut Cazzina et al. (2009) fermentasi *starter* sourdough tidak hanya mempengaruhi pencernaan pati, tetapi juga mengubah struktur komponen makronutrien lainnya dalam roti, termasuk serat. Fermentasi sourdough diketahui meningkatkan ketersediaan nutrisi dan mengubah kepadatan matriks adonan, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi komposisi serat yang terdeteksi setelah proses pemanggangan.

4.2.5 Kadar Total Asam

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi sourdough *starter* fermentasi air tomat memberikan pengaruh nyata terhadap total asam roti sourdough. Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan pengaruh nyata diantara beberapa perlakuan yang ditandai dengan notasi huruf yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.2. Rata-rata nilai kadar total asam roti sourdough dengan penambahan konsentrasi disetiap perlakuan sourdough berkisar 0,16 – 0,77 %. Nilai kadar total asam tertinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi 20% (P5) yaitu dengan nilai rata-rata 0,77% dan nilai kadar total asam terendah yaitu pada perlakuan ragi komersial (P1) dengan nilai 0,16%. Hasil uji kadar total asam pada roti sourdough yang menggunakan tepung protein tinggi dengan *starter* sourdough fermentasi air tomat menunjukkan peningkatan kandungan asam dibandingkan dengan roti yang menggunakan ragi komersial.

Roti sourdough secara alami memiliki kadar asam yang lebih tinggi, terutama dalam bentuk asam laktat dan asam asetat, hasil metabolisme bakteri asam laktat. Ini menyebabkan roti sourdough memiliki pH lebih rendah (lebih asam) dibandingkan roti ragi komersial, yang fermentasinya lebih netral. Kadar keasaman ini berpengaruh besar terhadap rasa khas sourdough yang sedikit asam, serta berkontribusi terhadap daya simpan yang lebih baik karena lingkungan asam menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk.

Perlakuan ragi komersial (P1) menunjukkan kadar total asam terendah sebesar 0,16%, menandakan aktivitas fermentasi yang minimal. Seiring bertambahnya konsentrasi perlakuan, terjadi peningkatan kadar asam secara bertahap, yaitu perlakuan konsentrasi *starter* 5% (P2) dengan hasil sebesar 0,28%, selanjutnya pada perlakuan konsentrasi *starter* 10% (P3) nilainya sebesar 0,42%, sedangkan pada perlakuan konsentrasi 15% hasilnya sebesar 0,54%, dan mencapai konsentrasi tertinggi pada perlakuan terakhir konsentrasi *starter* 20% (P5) dengan nilai 0,77 %. Peningkatan kadar total asam tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi *starter* sourdough (yang kemungkinan mengandung lebih banyak mikroorganisme seperti *Lactobacillus spp* dan *Saccharomyces cerevisiae*), maka aktivitas fermentasi juga meningkat, menghasilkan lebih banyak asam

organik, seperti asam laktat dan asam asetat (De Vuyst dan Neysens 2005). Perlakuan dengan konsentrasi *starter* sourdough 20% (P5) dengan kadar asam tertinggi 0,77% cenderung menghasilkan rasa yang lebih asam dan kompleks, yang menjadi ciri khas dari roti sourdough berkualitas baik.

Peningkatan kadar asam ini dapat dikaitkan dengan aktivitas fermentasi bakteri asam laktat yang terdapat dalam *starter* sourdough. Fermentasi adalah proses mikroorganisme yang tumbuh dari bahan seperti buah atau sayur yang memecah pati menjadi gula. Hasil dari fermentasi gula adalah etanol, asam laktat, asetat dan karbondioksida (Vilela, 2019). Proses fermentasi ini membentuk suatu rasa karena ragi bereaksi terhadap gula dan mengubahnya menjadi karbondioksida dan alkohol (Ray & Joshi, 2014). Pada dasarnya ragi memakan gula dan mengubahnya menjadi karbondioksida, dan juga memproduksi sejumlah zat-zat kecil seperti alkohol, terutama karena keberadaan air tomat sebagai sumber gula alami yang mendukung metabolisme mikroba selama proses fermentasi. Menurut (Savitry, 2018) buah tomat mengandung dua jenis gula utama, yaitu glukosa dan fruktosa, yang berperan penting dalam proses fermentasi oleh bakteri asam laktat. Kedua gula ini menjadi sumber nutrisi bagi BAL, yang kemudian menggunakannya dalam proses metabolisme untuk menghasilkan asam laktat. Selama fermentasi, BAL memecah glukosa dan fruktosa melalui jalur glikolisis, menghasilkan asam laktat sebagai produk akhir. Sesuai dengan penelitian (DiMuzio, 2010) ragi berfermentasi dan berkembang biak dengan cara memakan kandungan gula yang biasanya terdapat dalam tepung (Hitz, 2008). Selain itu, pemberian nutrisi harus sangat diperhatikan karena ragi akan mengonsumsi kandungan sukrosa, dan maltosa merupakan sumber nutrisi untuk ragi. Namun menurut DiMuzio (2010) mengatakan bahwa ragi memakan gula seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, dan maltose. Ragi menghasilkan enzim mereka sendiri yaitu zimase, untuk membantu mereka memperoleh energi dari gula-gula tersebut, yang kemudian menghasilkan karbondioksida dan alkohol.

Pada tepung juga berkontribusi dalam menyediakan nutrien tambahan bagi pertumbuhan mikroorganisme fermentatif. Hasil ini memberikan indikasi bahwa penggunaan *starter* sourdough dengan fermentasi air tomat dan tepung protein

tinggi mampu menghasilkan karakteristik asam yang sesuai dengan standar serta memberikan cita rasa khas pada produk roti sourdough. Menurut (Hadjiandreou., 2016), bau asam pada adonan disebabkan adanya bakteri *Lactobacillus spp.* Bakteri ini tergolong ke dalam bakteri asam laktat dan asam asetat. Asam laktat dan asam asetat akan memecah gluten dalam adonan, sehingga membuat gluten mudah dicerna. Kemudian bakteri asam laktat baru menghasilkan asam. Hal ini dapat menguntungkan adonan karena bakteri yang tidak tahan asam akan mati selama BAL menghasilkan asam.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap sifat kimia dan mikrobiologi roti sourdough dengan penambahan *starter* sourdough fermentasi tomat air, dapat disimpulkan penambahan konsentrasi *starter* sourdough fermentasi air tomat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik kimia roti sourdough. Seiring meningkatnya konsentrasi *starter*, terjadi kenaikan signifikan pada kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar total asam. Namun, kadar serat kasar cenderung menurun pada konsentrasi *starter* yang lebih tinggi. Jumlah BAL dari hasil uji mikrobiologi, yang menunjukkan aktivitas fermentasi yang optimal. Penambahan konsentrasi *starter* fermentasi air tomat sebanyak 20% sebagai konsentrasi terbaik dalam pembuatan roti sourdough untuk meningkatkan kualitas kimia. Perlakuan *starter* sourdough konsentrasi 20% (P5) yang menghasilkan kadar air tertinggi sebesar 37,43%, kadar abu tertinggi sebesar 0,68%, kadar protein tertinggi sebesar 15,25%, serta kadar total asam tertinggi sebesar 0,77%. Meskipun kadar serat kasar pada perlakuan ini lebih rendah 3,36%.

5.2 Saran

Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut terhadap roti sourdough dengan penambahan *starter* sourdough air fermentasi tomat. Disarankan untuk mengembangkan variasi formulasi *starter* sourdough dari sumber bahan lain, misalnya buah-buahan tropis atau sayuran fermentasi lainnya, untuk membandingkan potensi peningkatan mutu kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M. Y., A. A. I. Sina, S. S. Khandker, L. Neesa, E. M. Tanvir, A. Kabir, M. I. Khalil, and S. H. Gan. 2020. *Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review*. Foods. 10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010045>
- Anggraeni, D., Kusnandar, F., & Setiawan, B. 2022. *Pemanfaatan Starter Fermentasi Sayur dan Buah terhadap Kandungan Mineral Roti*. Jurnal Gizi dan Pangan, 17(1), 22–31.
- Anshory, J., Julianti, E.D., Khuzaimah, U., Wirawanti, I.W., Siddiq, M.N.A.A., Irawan, I.R. 2023. *Ilmu Bahan Makanan. Global Eksekutif Teknologi*.
- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis. Assosiations of Official Chemist*. Inc. Virginia
- Ardhiyuda, J.I., Aprinica, N.P.I. 2023. *Penggunaan Fermentasi Kulit Apel Sebagai Bahan Pengganti Ragi Dalam Pembuatan Sourdough Bread*. Jurnal Ilmiah Pariwisata dan Bisnis, 2(5), pp.1285-1293. <https://doi.org/10.22334/paris.v2i5.439>
- Arora, M., Chauhan, A., & Tyagi, S. M. 2021. *Effect of sourdough fermentation on dietary fibre and nutritional quality of bakery products*. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 72(4), 512–519.
- Azni, I.N., Prabawati, Alberta T.A., Basriman, Iman., Amelia, Julfi Restu. 2023 *Quality Characteristics Of Sourdough Bread With The Addition Of Water Yest And Wheat-Mocaf Flours Combination*, Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal Of Agricultural Engineering), 12(2), P. 350. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v12i2.350-362>
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2015. SNI 2332.3:2015 *Cara uji mikrobiologi – Bagian 3 : Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada produk perikanan*.
- Badan Standarisai Nasional. 1992. *Cara Uji Makanan dan Minuman*. SNI 01-2891-1992. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (1995). *Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-3840-1995 : Syarat Mutu Roti Tawar*. Dewan Standar Nasional, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Bartkiene, E., Lele, V., Ruzauskas, M., Domig, K. J., Starkute, V., Zavistanaviciute, P., ... & Rocha, J. M. 2019. *Lactic acid bacteria isolation from spontaneous sourdough and their characterization including antimicrobial and antifungal properties evaluation*. *Microorganisms*, 8(1), 64. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8010064>
- Cazzina, F., Del Rio, D., Pellegrini, N., & Brighenti, F. 2009. *Sourdough bread: Starch digestibility and postprandial glycemic response*. *Journal of Cereal Science*, 49(3), 419–421. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.01.003>
- Coda, R., Rizzello, C. G., Gobbetti, M. 2014. *Sourdough lactic acid bacteria: exploration of non-wheat cereal-based fermentation*. *Food Microbiology*, 37, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.05.007>
- Corsetti, A., & Settanni, L. 2007. *Lactic acid bacteria in sourdough fermentation*. *Food Research International*, 40(5), 539–558. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.001>
- De Angelis, M., Gallo, G., Corbo, M. R., McSweeney, P. L. H., Faccia, M., Giovine, M., & Gobbetti, M. 2019. *Microbiological and biochemical characteristics of sourdoughs and sourdough breads*. *Food Microbiology*, 28(1), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.08.010>
- De Vuyst, L., & Neysens, P. 2005. *The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions*. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 43-56. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.02.012>
- De Vuyst, L., & Van Kerrebroeck, S. 2021. *Microbial ecology and process technology of sourdough fermentation*. *Advances in Applied Microbiology*, 114, 49–85. <https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2017.02.003>
- De Man, J. C., Rogosa, M., & Sharpe, M. E. 1960. *A medium for the cultivation of lactobacilli*. *Journal of Applied Bacteriology*, 23(1), 130–135. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1960.tb00188.x>
- Dewi Putri Rosfiana. 2024. *Analisis Kualitas Ragi Roti Sourdough pada Berbagai Jenis Tepung dengan Penambahan Ekstrak Tomat (Solanum lycopersicum)*. *Jurnal Biotek* Volume 12 Nomor 2. <https://doi.org/10.24252/jb.v12i2.34387>
- DiMuzio, D.T., 2010. *Bread Baking: An Artisan's Perspective*. New Jersey: John

- Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI. (1992). *Daftar komposisi bahan makanan*. Jakarta: Bhratara.
- Fadiati, A. 2021. *Daya Terima Konsumen Pada Roti Soft Roll (Studi Tentang Pengaruh Penggunaan Ragi Alami Sourdough Berbasis Umbi-Umbian)*. TEKNOBUGA J. Teknol. Busana dan Boga. 9, 61-69.
- Fessard, A., Remize, F., Chauvet, S., & Le Blay, G. 2016. *Probiotic properties and safety of Lactobacillus plantarum isolated from fermented tomato juice*. *Food Microbiology*, 53, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.08.004>
- Fitriana, S., Y. 2018. *Analisis Kriminologis Terhadap Produsen Makanan Yang Mengandung Bahan Berbahaya*.
- Fuzawati, F., Rohmayanti, T., and Rifki, M. 2024. *Fermentasi Natural Yeast dari Kurma, Pisang dan Delima Untuk Aplikasi Pembuatan Sourdough Starter*. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 6(1), 104–113. <https://doi.org/10.30997/jiph.v6i1.13153>
- FSSAI. 2020. *Manual of Methods of Analysis of Foods: Microbiological Testing*. Food Safety and Standards Authority of India.
- Gänzle, M. G. 2020. *Lactic metabolism revisited: metabolism of lactic acid bacteria in food fermentations and food spoilage*. *Current Opinion in Food Science*, 31, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.003>
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., & Rizzello, C. G. 2019. *Sourdough fermentation: a tool for the improved nutritional, textural, and sensory quality of wheat baked goods*. *Current Opinion in Food Science*, 25, 1–7.
- Gobbetti, M., Minervini, F., Pontonio, E. 2016. *Lactic acid bacteria in sourdough fermentation*. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 647-670.
- Gordún Quiles, E., Puig Pujol, A., Piñol, L. and Carbó Moliner, R. 2018. *Identification of yeast isolated from laboratory sourdoughs prepared with grape, apple, and yogurt*. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 7(4), pp.399-399.
- GUMELAR, A. G. 2019. *Formulation of Sourdough with Wuluh Starfruit (Averrhoa bilimbi L.) as Acidulant* (Doctoral dissertation, UNIKA SOEGIJAPRANATA SEMARANG). <http://repository.unika.ac.id/id/eprint/19786>

- Hadjiandreou, E., 2016. *How To Make Sourdough* (Ryland, Peters, & S. Ltd (eds.)).
- Hapsari, M. D. 2015. *Variasi Proses dan Grade Apel (Malus Sylvestris mill) pada Pengolahan Minuman dan Sari Buah Apel*. Jurnal Pangan dan Agroindustri, Vol. 3 No 3 , 939-949.
- Heshe, G. G., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z., & Gemed, H. F. 2016. *Effect of conventional milling on the nutritional value and antioxidant capacity of wheat types common in Ethiopia and a recovery attempt with bran supplementation in bread*. Food Science and Nutrition, 4(4), 534–543. <https://doi.org/10.1002/fsn3.315>
- Hitz, C. 2008. *Baking artisan bread : 10 expert formulas for baking better bread at home*. Beverly Massachusetts: Quarry Books
- Hughes, J., & Grafenauer, S. J. 2023. *The slow rise of sourdough: a nutrition audit of the bread category highlights whole grain*. International journal of food sciences and nutrition, 74(3), 303-312. <https://doi.org/10.1080/09637486.2023.2213858>
- Husni, N., Novelina, N., & Hari, P. D. 2024. *Physicochemical and Organoleptic Characteristics of Sourdough Bread with Kefir Grain Added to The Starter*. AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment), 8(3), 294–301. <https://doi.org/10.29165/ajarcde.v8i3.538>
- Jangnga, I. P., Haskito, A. E. P., Sari, C., & Adrenalin, S. L. 2023. *Total lactic acid bacteria (LAB) and antioxidant activity of goat's milk yoghurt with the addition of red bran during refrigeration storage*. <https://doi.org/10.20473/javest.V4.I2.2023.61-66v>
- Jitrakbumrung, S., & Therdtai, N. 2014. *Effect of addition of sourdough on physicochemical characteristics of wheat and rice flour bread*. Kasetsart Journal - Natural Science, 48(6), 964–969. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/243492>
- Johansyah, A., Prihastanti, E., dan Kusdiyantini, E. 2014. *Pengaruh Plastik Pengemas Low Density Polyethylene (LDPE), Hgh Density Polyethylene (HDPE), dan Polipropilen (PP) Terhadap Penundaan Kematangan Buah Tomat (Lycopersicon esculentum Mill)*. Buletin Anatomi dan Fisiologi. 22 (1): 46-57.

- Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K. H., Autio, K., Flander, L., & Poutanen, K. 2005. *Potential of sourdough for healthier cereal products*. Trends in Food Science & Technology, 16(1–3), 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.03.007>
- Ko, S. 2016. *Jayeon Bread: A Step-by-Step Guide to Making No-Knead Bread with Natural Starter*. Singapore: Marshall Cavendish Cuisine.
- Landis, E.A. 2021. *The Diversity And Function Of Sourdough Starter Microbiomes*, Elife, 10, Pp. 1–24.
- Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. 2019. *Brock Biology of Microorganisms* (15th ed.). Pearson.
- Maharputrananda, T. K., Febriana, R., Priyono, P. 2022. *Pengembangan aplikasi perhitungan harga jual berbasis Android pada bidang usaha roti*. Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan, 9(2), 232–244.
- Manshur, H.A., Putri, D.N., Pakpahan, O.P., Akalentera, Q.W. and Harini, N. 2023. *The Application of Various Fermented Malang Apple Water As A Source of Natural Yeast for Sourdough Bread Processing*. Indonesian Food and Nutrition Progress, 20(2), pp.52-59.
- Marsella, T. D., dan N. Rustanti. 2012. *Pengaruh Penambahan Telur Terhadap Kandungan Zat Gizi, Volume Pengembangan dan Uji Kesukaan Blondies Garut (Marantha Arundinacea) Sebagai Alternatif Makanan Bagi Sindrom Autisme*. Jurnal Nutrition College 1 (1): 628-644.
- Martí, R., Roselló, S., & Cebolla-Cornejo, J. 2016. *Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention*. Cancers, 8(6), 58.
- Monika Rahardjo, dan MonikaRahardjo. 2019. *Pemanfaatan Air Botani Dari Buah Salak Pondoh (Salacczalaccavar Pondoh) Untuk Pembuatan Roti Tawar Sourdough*. Vol 14, No. 2, Halaman 269- 279. <https://doi.org/10.35891/tp.v14i2.4295>
- Mohsen, S. M., Aly, M. H., Attia, A. A., & Osman, D. B. 2016. *Effect of sourdough on shelf life, freshness and sensory characteristics of Egyptian balady bread*. Journal of Applied & Environmental Microbiology, 4(2), 39-45. DOI:10.12691/jaem-4-2-3
- Mihhalevski, A., Nisamedtinov, I., Hälvin, K., Ošeka, A., & Paalme, T. 2013. *Stability of B-complex vitamins and dietary fiber during rye sourdough bread production*. Journal of Cereal Science, 57(1), 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.09.007>

- Minervini, F., Di Cagno, R., Lattanzi, A., De Angelis, M., Antonielli, L., Cardinali, G., Cappelle, S., & Gobbetti, M. 2014. *Lactic acid bacterium and yeast microbiotas of 19 sourdoughs used for traditional/typical Italian breads: interactions between ingredients and microbial species diversity*. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(4), 1251–1264. <https://doi.org/10.1128/AEM.07721-11>
- Nikmah, M. F., dan Rosidah, R. 2023. *The Influence of Soybean Flour Substitution on Community Acceptance and the Protein and Dietary Fiber Content of Roti Bun*. *Food Science and Culinary Education Journal*, 12(1), 21-28.
- Novitasari, R. 2018. *Studi pembuatan pikel cabai keriting utuh (Capsicum annuum var. glabiusculum)*. *J. Teknol. Pertan.* 7, 33-45.
- Ogunsakin, O. A., Banwo, K., Ogunremi, O. R., & Sanni, A. I. 2015. *Microbiological and physicochemical properties of sourdough bread from sorghum flour*. *International Food Research Journal*, 22(6), 2610–2618.
- Permana, A.A., Fitrilia, T. and Nurlaela, R.S. 2024. *Karakteristik Fisiko Kimia dan sensori Roti Bun dengan Penggunaan Ragi Alami Mentimun (Cucumis sativa L)*. *Karimah Tauhid*, 3(6), pp.6487-6506. <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i6.13439>
- Poutanen, K., Flander, L., & Katina, K. 2009. *Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective*. *Food Microbiology*, 26(7), 693–699. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.011>
- Putri, D.N. Et Al. 2022. *Karakteristik Kimia Roti Manis Sourdough Yang Menggunakan Ragi Alami Dari Apel Manalagi (Malus Sylvestris)*, *Agritech*, 42(4), P. 380. <https://doi.org/10.22146/agritech.61100>
- Putri, N. A., H. Herlina, A. Subagio. 2018. *Karakteristik MOCAF (Modified Cassava Flour) Berdasarkan Metode Penggilingan dan Lama Fermentasi*. *Jurnal Agroteknologi*, 12(1) : 79-89.
- Rachmawati, E., Noviasari, S., Zaidiyah, Z., & Lubis, Y. M. 2023. *Pemanfaatan Sourdough pada Produk Pangan (Utilization of Sourdough in Food Products)*. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(3), 370-376. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v8i3.25773>

- Rahayuningsih, T., Rejeki., Revitriani, M. 2021. *Teknologi Pengolahan Fruit Leather Pada Siswa SMK NU Al Hidayah Ngimbang Lamongan*. Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2(2), p. 85.
- Ray, R. C., & Joshi, V. 2014. *Fermented Foods: Past, Present and Future*. Research Gate.
- Rizzello, C. G., Coda, R., Mazzacane, F., Minervini, D., & Gobbetti, M. 2012. *Micronized by-products from debranned durum wheat and sourdough fermentation enhanced the nutritional, textural and sensory features of bread*. Food Research International, 46(1), 304–313. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.12.024>
- Sa'adah Lailufary Ichda Noor., Estiasih Teti. 2015. *Karakterisasi Minuman Sari Apel Produksi Skala Mikro Dan Kecil Di Kota Batu: Kajian Pustaka*. Jurnal Pangan dan Agroindustri Vol. 3 No 2 p.374-380.
- Safitri, A. A., Saati, E. A., Anggriani, R. (2024). *Penentuan Konsentrasi Ragi Alami Dari Air Fermentasi Buah Anggur Red Globe (Vitis vinifera L) Terhadap Karakteristik Mutu Roti Tawar Sourdough*. Food Technology and Halal Science Journal, 7(2), 197-212. <https://doi.org/10.22219/fths.v7i1.35954>
- Sanggramasari, S., 2018. *Penggunaan Air Fermentasi Strawberry Sebagai Natural Starter Dalam Pembuatan Soft Roll*. Jurnal Kajian Bahasa dan Pariwisata, 5(2), pp.215-221. <https://journal.poltekpar-nhi.ac.id/index.php/barista/article/view/123>
- Santoni, Jaja Kurnia. 2021. *"Pengaruh Penggunaan Ragi AlamiI dari Sayuran Lokal Terhadap Umur Simpan Roti Tawar Open Top."* <https://doi.org/10.21009/JPTV.4.1.57>
- Savitry, N. I., Nurwantoro, N., & Setiani, B. E. 2018. *Total bakteri asam laktat, total asam, nilai pH, viskositas, dan sifat organoleptik yoghurt dengan penambahan jus buah tomat*. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 6(4).
- Scazzina, F., Del Rio, D., Pellegrini, N., & Brighenti, F. 2009. *Sourdough bread: Starch digestibility and postprandial glycemic response*. Journal of Cereal Science, 49(3), 419–421. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.12.008>
- SNI 01-4311-1996. *Standar Nasional Indonesia. Roti*. Badan Standardisasi Nasional (BSN).

- Suburi, R. 2010. *Formulasi Tepung Kentang Hitam (Solenostemon rotundifolius) dan Tepung Terigu Terhadap beberapa Komponen Mutu Roti Tawar*. Fakultas Pertanian Universitas Mataram
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi, 2010. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty
- Syarbini, Husin. 2003. *A-Z Bakery (Fungsi Bahan, Proses Pembuatan Roti, Panduan menjadi Bakerpreneur)*. Solo : Tiga Serangkai Pustaka Mandiri. Wiley & Sons, Inc.
- Yana, S. 2015. *Analisis pengendalian mutu produk roti pada nusa indah bakery Kabupaten Aceh Besar*. Industrial Engineering Journal, 4(1).
- Vilela, A. 2019. *Fermentation The Importance of Yeasts on Fermentation Quality and Human Health-Promoting Fermentation, Compounds*. 5(2). <https://doi.org/10.3390/fermentation5020046>
- Walker, G. M. 2011. *Yeast physiology and biotechnology*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Yuliyus, B. 2023. Efisiensi Penggunaan Teknik Hybrid Terhadap Pembuatan Roti Sourdough. Jurnal Pariwisata dan Bisnis, Vol 02 No 4, 1096 – 1100. <https://doi.org/10.22334/paris.v2i4.408>
- Zaidiyah, Lubis, Y. M., Putri, C. A. R. G., & Rohaya, S. 2020. *Physicochemical properties of sourdough bread made from local variety sweet potato and pineapple juice*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 425(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/425/1/012079>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Analisis Roti *Sourdough*

ANOVA						
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
K.AIR	Between Groups	190.964	4	47.741	2.557	.082
	Within Groups	280.032	15	18.669		
	Total	470.996	19			
K.ABU	Between Groups	.193	4	.048	3.787	.025
	Within Groups	.191	15	.013		
	Total	.384	19			
K.PROTEIN	Between Groups	134.013	4	33.503	33784.916	.000
	Within Groups	.015	15	.001		
	Total	134.028	19			
K.SERAT	Between Groups	7.321	4	1.830	288.230	.000
	Within Groups	.095	15	.006		
	Total	7.416	19			
K.ASAM	Between Groups	.866	4	.217	115.909	.000
	Within Groups	.028	15	.002		
	Total	.894	19			

Tests of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
K.AIR	Based on Mean	2.746	4	15	.068
	Based on Median	.789	4	15	.550
	Based on Median and with adjusted df	.789	4	6.875	.568
	Based on trimmed mean	2.242	4	15	.113
K.ABU	Based on Mean	2.328	4	15	.104
	Based on Median	.960	4	15	.457
	Based on Median and with adjusted df	.960	4	5.861	.493
	Based on trimmed mean	2.020	4	15	.143
K.PROTEIN	Based on Mean	1.413	4	15	.277

K.SERAT	Based on Median	1.089	4	15	.397
	Based on Median and with adjusted df	1.089	4	7.259	.429
	Based on trimmed mean	1.408	4	15	.279
	Based on Mean	6.724	4	15	.003
	Based on Median	.982	4	15	.447
	Based on Median and with adjusted df	.982	4	3.139	.524
	Based on trimmed mean	5.185	4	15	.008
	Based on Mean	7.186	4	15	.002
K.ASAM	Based on Median	.748	4	15	.574
	Based on Median and with adjusted df	.748	4	3.078	.618
	Based on trimmed mean	5.401	4	15	.007
	Based on Mean	7.186	4	15	.002

K.AIR

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
P1	4	29.2650	
P2	4	31.7475	31.7475
P3	4	35.4000	35.4000
P4	4		36.5500
P5	4		37.4375
Sig.		.075	.106

K.ABU

Duncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
P1	4	.3825	
P2	4	.4950	
P3	4	.5100	.5100
P4	4	.5600	.5600
P5	4		.6850
Sig.		.057	.054

K.PROTEINDuncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
P1	4	7.9450				
P2	4		9.7525			
P3	4			11.6750		
P4	4				13.4350	
P5	4					15.2550
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

K.SERATDuncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
P5	4	3.6300		
P4	4	3.6300		
P3	4		3.7925	
P2	4			4.8575
P1	4			4.9650
Sig.		1.000	1.000	.076

K.ASAMDuncan^a

PERLAKUAN	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
P1	4	.1675				
P2	4		.2875			
P3	4			.4275		
P4	4				.5400	
P5	4					.7700
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Lampiran 2 Data Uji BAL Media MRSA pada Sourdough *Starter*UJI BAL MEDIA MRSA PENGECERAN 10^{-3}

ULANGAN	KOLONI	CFU/ML= JUMLAH KOLONI/FAKTOR PENGECERAN	HASIL
1	29	29/0,001	29,000
2	36	36/0,001	36,000
TOTAL RATA-RATA			29,000 + 36,000/2 = 32,500

UJI BAL MEDIA MRSA PENGECERAN 10^{-4}

ULANGAN	KOLONI	CFU/ML= JUMLAH KOLONI/FAKTOR PENGECERAN	HASIL
1	13	13/0,0001	130,000
2	10	10/0,0001	100,000
TOTAL RATA-RATA			130,000 + 100,000 / 2 = 115,000

UJI BAL MEDIA MRSA PENGECERAN 10^{-5}

ULANGAN	KOLONI	CFU/ML= JUMLAH KOLONI/FAKTOR PENGECERAN	HASIL
1	7	7/0,00001	700,000
2	5	5/0,00001	500,000
TOTAL RATA-RATA			1,200,000/2 = 600,000

Jadi, rata-rata jumlah mikroba dari ketiga pengenceran yaitu

$$32.500 + 115.000 + 600.000 : 3 = 249,166,67 \text{ CFU/mL}$$

Lampiran 3 Dokumentasi Selama Penelitian







