

Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat (BAL) Amilolitik untuk Fermentasi Tepung Terigu dan Gandum

Using of Amylolytic LAB for Fermentation of White Wheat and Whole Wheat Flour

MEISY NAWANG SUYONO¹, TITI CANDRA SUNARTI², ANJA MERYANDINI^{1*}

¹*Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680*

²*Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680*

Diterima 25 Maret 2024/Diterima dalam Bentuk Revisi 20 Mei 2024/Disetujui 10 Juni 2024

The national demand for carbohydrates in flour continues to increase significantly due to the emergence of contemporary food products that use flour as the primary ingredient. One of the products used in producing food is sourdough, which is fermented flour. Lactic acid bacteria (LAB) have a role in food fermentation by producing lactic acid. Amylolytic LAB can produce amylase enzyme, a biocatalyst in the starch hydrolysis process. One of the products made from the fermentation of wheat flour is sourdough. This study aims to determine the character of amylolytic LAB in wheat and wheat flour fermentation. The research methods include rejuvenation of LAB, selection of isolates, fermentation of starchy materials, and characterization of fermented liquid. The selection of bacteria was based on cell viability and pH, which showed that isolated *Pediococcus pentasaceus* E1222 could be used as a starter for starchy fermentation. The highest total acid and cell viability were produced in 24-hour wheat and wheat flour fermentation. Fermented wheat flour and flour had the most favorable aroma and texture, and fermented flour had the most favorable taste. Isolate *Pediococcus pentasaceus* E1222 is an isolate that can be used in making sourdough.

Key words: amylolytic, LAB, fermentation, wheat flour, wheat

PENDAHULUAN

Kebutuhan karbohidrat dalam bentuk tepung secara nasional terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan, disebabkan munculnya produk-produk makanan kekinian yang menggunakan tepung sebagai bahan dasarnya. Salah satu produk yang digunakan dalam memproduksi pangan adalah sourdough, yaitu tepung yang difermentasi. Selain digunakan dalam produksi pangan, tepung yang difermentasi juga memiliki waktu penyimpanan yang lebih lama. Fermentasi bahan pangan yang umum dijumpai, sebagian besar diketahui difermentasikan dengan Bakteri asam laktat (BAL) (Bintsis 2018). BAL merupakan kelompok mikroorganisme Gram positif yang tidak membentuk spora, dan tidak motil (Ray dan Montet 2016). BAL termasuk mikroorganisme dari kelompok bakteri yang memiliki peran penting dalam fermentasi pangan dengan menghasilkan asam laktat yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri-

bakteri patogen dan bakteri pembusuk makanan (Muharram *et al.* 2020). Tipe fermentasi bakteri asam laktat salah satunya homofermentatif dimana produk fermentasinya hanya asam laktat. Beberapa genus bakteri asam laktat adalah *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactococcus* (Anindita *et al.* 2021). BAL umumnya digunakan sebagai starter. Starter BAL dapat dideskripsikan sebagai kultur BAL instan berisi jenis bakteri tunggal atau kombinasi yang telah dipreparasi agar mampu menginisiasi produksi asam laktat dalam proses fermentasi material mentah (Parente *et al.* 2017). Tujuan penggunaan starter adalah membuat proses fermentasi suatu produk didominasi oleh jenis bakteri tertentu, dimana bakteri tersebut memiliki daya kompetisi yang kuat terhadap mikroorganisme lain yang turut dalam proses fermentasi serta memiliki suatu keunggulan. BAL amilolitik adalah jenis BAL yang dapat memproduksi enzim amilase dan dapat digunakan sebagai biokatalisator dalam proses hidrolisis pati (Türker dan Özcan 2015). Hidrolisis pati merupakan proses pengubahan molekul pati menjadi glukosa

*Penulis korespondensi:

E-mail: ameryandini@apps.ipb.ac.id

dengan bantuan enzim (Herawati *et al.* 2021). Enzim amilase merupakan enzim dalam proses fermentasi yang berguna untuk menghidrolisis molekul pati (Wulandari dan Purwaningsih 2019). Salah satu bahan berpati yang dapat digunakan adalah gandum. Satu bulir gandum mengandung pati antara 60-75% dari total bobot kering (Suarni 2016). Tepung gandum merupakan hasil penggilingan biji gandum utuh yang masih mengandung kulit ari, sedangkan tepung terigu merupakan hasil penggilingan dari biji gandum yang mengandung karbohidrat (Syarbini 2013).

Meskipun banyak studi telah mengeksplorasi peran BAL dalam fermentasi, sedikit yang berfokus pada karakteristik khusus dan potensi aplikasi BAL amilolitik dalam mengoptimalkan proses dan kualitas produk fermentasi berbahan dasar tepung, seperti sourdough. Banyak penelitian *in vivo* pada manusia telah mengaitkan konsumsi roti sourdough dengan rasa kenyang yang lebih tinggi, respons glikemik yang lebih rendah, peningkatan konsentrasi asam lemak rantai pendek postprandial, dan perbaikan gejala penyakit terkait metabolik atau gastrointestinal (Perez-Alvarado *et al.* 2022). Pembuatan sourdough dengan menggunakan BAL akan memberikan berbagai senyawa mirip postbiotik yang berpengaruh pada kesehatan manusia seperti SCFA, protein/peptida yang disekresi, bakteriosin, biosurfaktan yang disekresi, asam amino, flavonoid, EPS, vitamin, asam organik, dan beragam molekul lainnya (Perez-Alvarado *et al.* 2022). Penelitian ini menggunakan bahan berpati berupa tepung terigu dan tepung gandum utuh sebagai substrat pertumbuhan bakteri asam laktat. Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik BAL amilolitik *Pediococcus pentosaceus* dan pemanfaatannya dalam pembuatan sourdough melalui fermentasi tepung gandum dan tepung terigu.

BAHAN DAN METODE

Peremajaan Kultur *Pediococcus pentosaceus*.

Dua isolat *Pediococcus pentosaceus* yaitu E1222 dan E5 yang telah digunakan dalam fermentasi tepung sorgum (Yuliana *et al.* 2019) diremajakan dengan cara membuka ampul BAL dan menumbuhkannya pada 10 mL MRS Broth cair, diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C, kemudian digoreskan pada media padat MRS dengan 1% CaCO₃ untuk melihat kemurnian isolat dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

Pemilihan Isolat Unggul. Isolat E1222 dan E5 diuji kemampuan hidupnya pada proses fermentasi tepung terigu dan tepung gandum utuh. Seleksi isolat unggul dibuat menggunakan botol Duran 100 ml dengan volume kultur sebanyak 50 ml. Botol Duran diisi menggunakan aquades steril 50 ml dengan

campuran kultur 6% (b/v), tepung gandum atau terigu 1% (b/v) pada masing-masing perlakuan. Pengamatan dilakukan pada jam ke- 0, 24, dan 48. Parameter yang diamati adalah pH dan viabilitas sel. Pengukuran pH menggunakan pH meter, dan pengukuran jumlah sel menggunakan TPC (CFU/ml). Kultur isolat yang memiliki pH terendah dan viabilitas sel tertinggi pada jam ke- 48 digunakan sebagai starter pada tahap penelitian selanjutnya (Yuliana *et al.* 2019).

Produksi Starter Cair BAL untuk Fermentasi.

Produksi starter cair BAL untuk fermentasi dilakukan dengan menyiapkan starter cair BAL dengan mengambil sebanyak 1 ose koloni BAL berumur 24 jam lalu dimasukkan ke dalam 10 ml MRSB pada botol Duran. Kultur cair diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C dan setelah diinkubasi kultur cair dipipet sebanyak 10% (v/v) ke dalam media MRS broth 50 ml dan diukur OD pada 660 nm nya hingga mencapai 0,8-1 (10⁸ CFU/ml) dan selanjutnya starter dapat digunakan untuk metode selanjutnya.

Fermentasi Tepung dengan Starter Cair.

Fermentasi dilakukan dengan 3 ulangan dengan masing-masing 225 gr bahan berpati yang digunakan. Proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan 6% (v/b) starter dengan viabilitas sel 10⁶ CFU/ml ke dalam campuran masing-masing tepung dan 250 mL air minum dalam kemasan (AMDK), selanjutnya dimasukkan ke dalam bread maker selama 20 menit, kemudian dibagi menjadi 3 bagian dan disimpan dalam loyang yang ditutupi menggunakan plastik wrap dan disimpan sesuai perlakuan jam yaitu 12 dan 24 jam. Loyang yang berisi adonan disimpan pada suhu 25°C dan sesuai jam pada perlakuan fermentasi. Hasil penyimpanan kemudian dipanggang dengan suhu 204°C selama 60 menit.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tepung terigu, tepung gandum utuh dan kombinasi keduanya dengan pengamatan pada jam ke- 12 dan 24 (Tabel 1).

Karakterisasi Cairan Fermentasi Tepung.

Fermentasi bahan berpati yang telah dilakukan pada 12 dan 24 jam diambil 1 gr dan ditambahkan ke dalam aquades pH 8 sebanyak 9 ml yang dibuat dengan penambahan aquades dengan NaOH 0,1 N. Karakter cairan fermentasi selanjutnya dianalisis pH, total asam, viabilitas sel. Analisis pH diukur menggunakan pH meter. Total asam dapat dilakukan dengan titrasi NaOH dengan indikator fenolftalein dan

Tabel 1. Fermentasi tepung gandum dan terigu menggunakan

| Jenis tepung | Waktu fermentasi | |
|---------------------|------------------|------------|
| | 1 (12 jam) | 2 (24 jam) |
| Gandum | A1 | A1 |
| Gandum + terigu 1:1 | B1 | B1 |
| Terigu | C1 | C1 |

diamati hingga terdapat perubahan warna pada larutan (Mubin dan Zubaidah 2016). Total bakteri asam laktat dianalisis dengan menggunakan metode TPC (*Total Plate Count*) dengan melakukan pengenceran 10^5 menggunakan garam fisiologis dan hasilnya 100 μL dituangkan pada media MRS padat (Adrianto *et al.* 2020). Volume pengembangan *sourdough* dapat dihitung dengan metode *seed replacement* menggunakan biji wijen. Analisis terhadap uji organoleptik dengan memperhatikan aroma, warna, tekstur tepung menggunakan uji hedonik (kesukaan) dengan 30 panelis tanpa kriteria tertentu (Clark *et al.* 2009). Uji organoleptik dengan metode hedonik menggunakan skala numerik untuk menilai sifat produk yang disajikan berdasarkan kode. Panelis memberikan tanggapan kesukaan terhadap tepung terfermentasi dengan memberikan skor pada lembar penilaian yang telah disediakan.

Analisis Data. Sejumlah data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis statistik dilakukan pada perlakuan fermentasi dengan ANOVA dan apabila berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5% dengan menggunakan program SPSS.

HASIL

Seleksi Bakteri Asam Laktat (BAL). Analisis pada cairan fermentasi menunjukkan bahwa isolat E1222 memiliki viabilitas sel tertinggi pada jam ke-48 baik pada fermentasi tepung gandum maupun pada fermentasi tepung terigu (Tabel 2). Isolat E1222 memiliki viabilitas sel tertinggi di awal fermentasi tepung gandum maupun tepung terigu. Viabilitas sel isolat E1222 dan E5 mengalami peningkatan yang signifikan pada jam ke-0 dan ke-24 namun tidak dari jam ke-24 ke jam 48. Terdapat perbedaan secara nyata pada isolat E1222 dan E5 terhadap viabilitas sel, namun tidak terdapat perbedaan nyata viabilitas sel antara tepung terigu dan tepung gandum yang difermentasi oleh isolat E1222 atau isolat E5.

Tabel 2. Viabilitas sel bakteri asam laktat (BAL) pada fermentasi bahan berpati

| Isolat | Jumlah BAL (Log CFU/ml) jam ke- | | |
|--------|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| | 0 | 24 | 48 |
| | Gandum | | |
| E1222 | 5,88±0,13 ^a | 7,87±0,01 ^a | 8,80±0,03 ^a |
| E5 | 5,77±0,01 ^b | 7,70±0,05 ^b | 8,75±0,07 ^a |
| | Terigu | | |
| E1222 | 5,84±0,03 ^a | 7,77±0,01 ^a | 8,73±0,04 ^a |
| E5 | 5,75±0,02 ^b | 7,73±0,09 ^b | 8,66±0,21 ^a |

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan hasil *Duncan* pada taraf 5%

Isolat E1222 memiliki viabilitas sel tertinggi di awal fermentasi tepung gandum utuh maupun tepung terigu. Viabilitas sel isolat E1222 dan E5 mengalami peningkatan yang signifikan dari jam ke-0 hingga ke-24 namun tidak pada jam ke-48. Terdapat perbedaan nyata pada isolat E1222 dan E5, namun tidak terdapat perbedaan nyata pada fermentasi tepung gandum atau tepung terigu yang difermentasi oleh isolat E1222 atau isolat E5.

Tidak terdapat perbedaan pH secara signifikan pada fermentasi tepung gandum dan tepung terigu oleh BAL antara isolat E1222 dan E5 pada setiap perlakuan (Tabel 3). Penggunaan bahan gandum dan terigu berbeda secara nyata terhadap pH produk fermentasi pada 24 jam namun tidak terdapat perbedaan pada 0 dan 48 jam. Pada produk fermentasi dari masing-masing isolat terjadi kenaikan nilai pH namun tidak terdapat perbedaan secara nyata.

Total Asam Cairan Fermentasi. Pengukuran kandungan total asam dilakukan dengan titrasi NaOH 0,1 N dan menunjukkan adanya peningkatan total asam tertinggi pada jam ke-24 pada semua perlakuan dengan menggunakan starter E1222. Total asam tertinggi dihasilkan oleh fermentasi tepung gandum dan terigu selama 24 jam (Tabel 4).

Volume Pengembangan. Perlakuan fermentasi tepung gandum menghasilkan volume pengembangan terbaik pada jam ke-12 dan jam ke-24 (Tabel 5). Perlakuan fermentasi campuran tepung gandum dan tepung terigu dengan tepung terigu memiliki hasil yang tidak berbeda secara nyata.

Viabilitas Sel Bakteri Asam Laktat. Pengukuran viabilitas bakteri asam laktat pada cairan fermentasi

Tabel 3. pH cairan bahan berpati setelah difermentasi selama 24 dan 48 jam pada suhu 25°C

| Isolat | pH BAL jam ke- | | |
|--------|----------------|------------------------|-----------|
| | 0 | 24 | 48 |
| | Gandum | | |
| E1222 | 4,10±0,0 | 4,10±0,00 ^a | 4,15±0,07 |
| E5 | 4,10±0,0 | 4,15±0,07 ^a | 4,25±0,01 |
| | Terigu | | |
| E1222 | 4,10±0,00 | 4,20±0,00 ^b | 4,25±0,07 |
| E5 | 4,10±0,00 | 4,20±0,00 ^b | 4,20±0,00 |

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan hasil *Duncan* pada taraf 5%

Tabel 4. Total asam pada cairan fermentasi bahan berpati

| Jam | Total asam tertitiasi (% v/v) | | |
|-----|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Gandum | Gandum + terigu | Terigu |
| 12 | 0,014±0,000 ^c | 0,020±0,002 ^a | 0,019±0,001 ^b |
| 24 | 0,019±0,001 ^c | 0,028±0,001 ^a | 0,024±0,00 ^b |

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan hasil *Duncan* pada taraf 5%

berfungsi untuk melihat kualitas secara mikrobiologis produk fermentasi yang baik untuk dikonsumsi dan viabilitas sel menggambarkan kemampuan adaptasi isolat terhadap lingkungan tumbuhnya.

Viabilitas sel tertinggi terdapat pada perlakuan fermentasi campuran tepung gandum dan terigu pada jam ke-12 dan jam ke-24. Fermentasi tepung gandum dan fermentasi tepung terigu secara statistik tidak berbeda nyata terhadap viabilitas BAL pada cairan fermentasi (Tabel 6). Perlakuan jam dan bahan, kedua faktor tersebut terbukti memiliki interaksi terhadap viabilitas sel BAL berdasarkan analisis Two-way ANOVA ($P < 0,05$).

Penerimaan Konsumen. Hasil rata-rata nilai kesukaan panelis terhadap hasil fermentasi bahan berpati dapat dilihat pada Tabel 7.

Pengujian organoleptik tepung terfermentasi meliputi tekstur, warna dan aroma. Uji hedonik terhadap aroma menunjukkan bahwa sampel B2 yang merupakan hasil fermentasi tepung terigu dan gandum 24 jam memiliki aroma yang paling disukai oleh para panelis dengan hasil rata-rata $3,30 \pm 0,88$. Sampel C2 yang merupakan hasil fermentasi tepung terigu 24 jam mendapatkan nilai terendah hal ini dikarenakan para panelis kurang menyukai aroma sampel tersebut.

Tabel 5. Volume pengembangan pada adonan hasil fermentasi bahan berpati

| Jam | Total volume pengembangan (% v/b) | | |
|-----|-----------------------------------|--------------------|------------------|
| | Gandum | Gandum + terigu | Terigu |
| 12 | $205 \pm 7,07^a$ | $164,5 \pm 0,71^b$ | $171 \pm 1,41^b$ |
| 24 | $251,5 \pm 6,36^a$ | $176 \pm 5,66^b$ | $187 \pm 4,24^b$ |

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan hasil *Duncan* pada taraf 5%

Tabel 6. Viabilitas sel bakteri asam laktat pada adonan hasil fermentasi bahan berpati

| Jam | Jumlah viabilitas sel (log CFU/ml) | | |
|-----|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| | Gandum | Gandum + terigu | Terigu |
| 12 | $5,76 \pm 0,01^b$ | $5,81 \pm 0,03^a$ | $5,72 \pm 0,02^b$ |
| 24 | $6,15 \pm 0,02^b$ | $6,28 \pm 0,09^a$ | $6,18 \pm 0,07^b$ |

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan hasil *Duncan* pada taraf 5%

Tabel 7. Hasil uji organoleptik pada fermentasi bahan berpati

| Sampel | Rerata kesukaan terhadap | | |
|--------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| | Aroma | Tekstur | Rasa |
| A1 | $3,28 \pm 1,08$ | $2,43 \pm 0,90^{bc}$ | $1,97 \pm 0,96^c$ |
| A2 | $3,20 \pm 0,96$ | $2,83 \pm 0,87^b$ | $2,07 \pm 0,83^c$ |
| B1 | $3,23 \pm 0,94$ | $3,33 \pm 0,76^a$ | $2,17 \pm 0,83^c$ |
| B2 | $3,30 \pm 0,88$ | $3,63 \pm 0,93^a$ | $2,47 \pm 0,90^c$ |
| C1 | $3,07 \pm 0,94$ | $2,10 \pm 1,03^c$ | $3,17 \pm 1,05^b$ |
| C2 | $2,93 \pm 1,05$ | $3,40 \pm 1,04^a$ | $3,67 \pm 0,92^a$ |

Angka yang diikuti huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan hasil *Duncan* pada taraf 5%

PEMBAHASAN

Isolat E1222 dan E5 keduanya merupakan jenis BAL dari spesies *P. pentosaceus* (Rosyidah *et al.* 2013; Hamida *et al.* 2015), yang telah diujikan dalam fermentasi biji sorgum namun memiliki kemampuan yang berbeda (Yuliana *et al.* 2019). Setiap isolat memiliki kemampuan yang berbeda-beda pada lingkungan fermentasi yang ditunjukkan oleh viabilitas sel bakteri yang berbeda-beda. Dalam proses fermentasi, starter berfungsi mendominasi proses sehingga akan menghasilkan produk yang konstan disetiap ulangnya, sehingga proses seleksi bakteri sebagai suatu starter menjadi penting (Yeni *et al.* 2016). Salah satu indikator pemilihan starter yang baik adalah dengan viabilitas sel yang tinggi, bebas kontaminasi, pertumbuhannya cepat, dan dapat dipertahankan stabilitasnya (Standbury dan Whitaker 1984).

Salah satu kriteria proses fermentasi adalah terjadinya perubahan pH substrat. Perubahan pH hanya terjadi pada perbedaan jenis tepung dan tidak pada lama waktu fermentasi. Terjadinya kenaikan nilai pH juga terjadi pada penelitian Yuliana *et al.* (2019) pada proses fermentasi biji sorgum. Kenaikan nilai pH dapat terjadi karena sifat bufer yang dihasilkan oleh sejumlah protein selama proses fermentasi yang membuat kondisi lingkungan fermentasi menjadi bersifat basa (McFall dan Montville 1989). Menurut Hounhouigan *et al.* (1993), pH tidak dapat menjadi indikator yang menggambarkan jumlah asam pada fermentasi jangka panjang (> 24 jam). Oleh karena itu, dalam penelitian ini terpilih isolat E1222 yang memiliki viabilitas sel tertinggi dan berbeda secara nyata.

Untuk melihat keberhasilan proses fermentasi diperlukan pengukuran jumlah asam yang dihasilkan pada fermentasi tepung gandum dan tepung terigu oleh isolat *Pediococcus pentosaceus* E1222. Tabel 4 menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, maka total asam produk akan semakin tinggi namun tidak menunjukkan perbedaan secara nyata. Menurut Yuliana *et al.* (2019), penambahan starter pada proses fermentasi dapat meningkatkan jumlah total asam pada cairan. Hal ini juga sejalan dengan pendapat Lengkey dan Belia (2014), bahwa total asam akan terus meningkat seiring lamanya waktu fermentasi hal ini dikarenakan semakin lama waktu fermentasi maka bakteri akan memecah substrat menjadi asam organik, sehingga total asam akan semakin meningkat. Bahan berpati yang digunakan berpengaruh terhadap nilai total asam. Bahan berpati yang digunakan pada penelitian ini yaitu tepung gandum dan tepung terigu. Tekstur tepung gandum cenderung lebih kasar karena hasil penggilingan biji gandum utuh, dan tekstur tepung

terigu lebih halus karena hasil dari penggilingan daging biji gandum. Penelitian Yuliana *et al.* (2019), menunjukkan bahwa tekstur pada tepung mempengaruhi total asam yang dihasilkan karena tepung dengan penyosohan memiliki total asam lebih tinggi dibanding tepung tanpa penyosohan. Tepung gandum merupakan hasil dari penggilingan biji gandum yang berisi kulit, dan biji sehingga menghasilkan tekstur yang lebih kasar dibandingkan tepung terigu, sedangkan tepung terigu berasal dari penggilingan biji gandum hal ini menyebabkan kandungan pati pada tepung terigu lebih banyak dibandingkan tepung gandum. Pati tersebut akan digunakan oleh BAL dan diubah menjadi asam organik.

Salah satu ciri keberhasilan proses fermentasi tepung adalah kemampuan pengembangan produk yang diukur menggunakan seed replacement (Budoyo *et al.* 2014). Pengukuran volume pengembangan adonan fermentasi menggunakan isolat E1222 dilakukan untuk melihat kemampuan adonan menahan dan mempertahankan gas hasil dari proses fermentasi antara bahan berpati dan isolat E1222. Gas tersebut terjebak dalam adonan dan tidak dapat dilepaskan ke udara bebas sehingga dapat mengembangkan adonan dan selama proses pemanggangan dengan oven pada suhu tinggi gas tersebut akan memuai sehingga pengembangan adonan semakin bertambah (Nyoman 2009).

Fermentasi tepung gandum menggunakan *P. pentasaceus* E1222 menghasilkan volume pengembangan terbaik pada jam ke- 24 (Tabel 5). Perlakuan fermentasi campuran tepung gandum dan terigu dengan fermentasi tepung terigu memiliki hasil yang tidak berbeda secara nyata. Perbedaan volume pengembangan terjadi karena tekstur tepung yang berbeda dalam menyerap air seperti adonan fermentasi tepung terigu yang memiliki sifat sedikit lengket dibandingkan tekstur adonan fermentasi tepung gandum. Hal tersebut bisa jadi dikarenakan penambahan air yang berlebihan ke dalam adonan dan menyebabkan sifat lengket dan dapat melemahkan adonan (Gao *et al.* 2010). Hal lain yang menjadi indikator perbedaan volume pengembangan adalah pemanggangan, dikarenakan suhu pemanggangan yang terlalu lama membuat adonan keras dan tidak mengembang, hal ini selaras menurut Farikha (2012), bahwa pemanggangan yang terlalu lama dapat menyebabkan kekerasan dan penampakan yang tidak baik. Tepung gandum memiliki volume pengembangan tertinggi hal ini dikarenakan tepung gandum yang tercampur dengan air akan menghasilkan gluten.

Ciri lain dari keberhasilan suatu proses fermentasi adalah peningkatan jumlah viabilitas sel bakteri. Fermentasi selama 24 jam masih memberikan kondisi lingkungan yang sesuai untuk berkembang biakan bakteri dengan peningkatan yang berbeda. Peningkatan

viabilitas sel bakteri pada setiap tepung, menunjukkan bahwa tepung tersebut memiliki ketersediaan nutrisi yang baik.

Perbedaan preferensi konsumen terhadap aroma sampel dapat dikarenakan perbedaan sensitivitas indra penciuman para panelis. Indra penciuman memainkan peran utama dalam perilaku makan seseorang karena bau dapat memicu nafsu makan. Namun aroma pada pemilihan makanan dapat bergantung pada kesadaran, intensitas aroma, dan berdasarkan ciri-ciri kepribadian dari konsumen (Boesveldt dan Graaf 2017). Indikator tekstur menunjukkan bahwa panelis menyukai sample B2 karena tekstur yang dihasilkan tidak keras seperti sampel C1. Hal ini dikarenakan sampel B2 memiliki tekstur yang sesuai dengan preferensi panelis karena roti tidak terlalu keras dan mengembang. Menurut Wijayanti (2007), perbedaan tingkat kekerasan dipengaruhi oleh volume roti dan kadar air. Volume roti yang baik memiliki pengembangan yang baik karena gas yang cukup yang dihasilkan selama fermentasi dan ditahan oleh gluten. Adanya pori-pori dalam roti menyebabkan tekstur menjadi lunak. Kadar air semakin tinggi akan membuat tekstur roti makin lunak. Hasil rata-rata pada indikator rasa menunjukkan bahwa panelis lebih menyukai sampel C2, dan kurang menyukai sampel A1. Menurut panelis rasa yang dihasilkan oleh sample C2 lebih unik dan tidak terlalu asam, dan rata-rata panelis menyatakan bahwa sampel A1 menghasilkan rasa yang terlalu asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto R, Wiraputra D, Jyoti MD, Andaningrum AZ. 2020. Total bakteri asam laktat, total asam, nilai pH, sineresis, total padatan terlarut dan sifat organoleptik yoghurt metode back slooping. *Agritechno* 13:105-111. <https://doi.org/10.20956/at.v13i2.358>
- Anindita NS, Novalina D, Shoolihah AN. 2021. Isolasi dan identifikasi fenotipik bakteri asam laktat (BAL) indigenous asal air susu ibu (ASI). *J Teknol Pangan* 5:18-23. <https://doi.org/10.14710/jtp.2021.22289>
- Bintsis T. 2018. Review Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *Microbiol* 4:665-684. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2018.4.665>
- Boesveldt S, Graaf K. 2017. The differential role of smell and taste for eating behavior. *Chemosens Percep* ... :1-13.
- Budoyo EA, Suseno TI, Widjajaseputra AI. 2014. Substitusi terigu dengan tepung labu kuning terhadap sifat fisik dan organoleptik muffin. *JTPG* 13:75-80.
- Clark S, Costello M, Drake M, Bodyfelt F. 2009. The Sensory Evaluation of Dairy Products. New York:Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-77408-4>
- Farikha D. 2012. Pengaruh pemanggangan terhadap kandungan gizi pada tepung [Skripsi]. Semarang, Indonesia: Universitas Diponegoro.
- Gao L, Ma W, Chen J, Wang K, Li J, Wang S. 2010. Characterization and comparative analysis of wheat high molecular weight glutenin subunit by SDS-PAGE, RP-HPLC, HPCE, and MALDI-TOF-MS. *J Agric Food Chem* 58:2777-2786. <https://doi.org/10.1021/jf903363z>
- Hamida F, Wiryawan KG, Meryandini A. 2015. Selection of lactic acid bacteria as probiotic candidate for chicken. *Media Peternakan* 38:138-144. <https://doi.org/10.5398/medpet.2015.38.2.138>

- Herawati N, Juniar H, Setiana SW. 2021. Pembuatan bioetanol dari pati ubi talas (*Colocasia L. Schoot*) dengan proses hidrolisis. *Distilasi* 6:7-17. <https://doi.org/10.31851/redoks.v6i1.5566>
- Hounhouigan DJ, Nout MJR, Nago CM, Houben JH, Rombout FM. 1993. Changes in the physico chemical properties of maize during natural fermentation of mawe. *J cereal Scie* 17:291-300. <https://doi.org/10.1006/jcres.1993.1027>
- Lengkey HAW, Balia RL. 2014. The effect of starter dosage and fermentation time on pH and lactic acid production. *Biotechnol Animal Husbandry* 30:339-347. <https://doi.org/10.2298/BAH1402339L>
- Mcfall SM, Montville TJ. 1989. pH mediated regulation of pyruvate catabolism in *Lactobacillus plantarum* chemostat cultures. *J Indust Microbiol* 4 335-340. <https://doi.org/10.1007/BF01569535>
- Mubin MF, Zubaidah E. 2016. Studi pembuatan kefir nira siwalan (*Borassus flabellifer*) (pengaruh pengenceran nira siwalan dan metode inkubasi). *JPA UB* 4:291-301.
- Muharram LH, Fauzi M, Saputri RF. 2020. Potensi antivirus dari bakteri asam laktat. *JSTE* 2:25-32.
- Nyoman SA. 1999. Pengendalian Proses Fermentasi Dalam Pengolahan Roti. Jakarta: Penelitian Balai Pertanian.
- Parente E, Cogan TM, Powell IB. 2017. Starter cultures: general aspects. *Di dalam: Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Fourth Edition, Vol 1*. London: Academic Press. p 201-226. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00008-9>
- Pérez-Alvarado O, Zepeda-Hernández A, Garcia-Amezquita LE, Requena T, Vinderola G, García-Cayuela T. 2022. Role of lactic acid bacteria and yeasts in sourdough fermentation during breadmaking: Evaluation of postbiotic-like components and health benefits. *Front Microbiol* 13:969460. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.969460>
- Ray RC, Montet D. 2016. Amylolytic Lactid Acid Bacteria Microbiology and Technological Interventions Infood Fermentations. Fermented foods 1st ed. Boca Raton: CRC Press.
- Rosyidah E, Meryandini A, Sunarti TC. 2013. The use of lactic acid bacteria and cellulolytic bacteria to improve the chemical properties of corn flour. *Makara J Sci* 17:75-80. <https://doi.org/10.7454/mss.v17i3.2944>
- Suarni. 2016. Gandum: Peluang Pengembangan di Indonesia. Jakarta: IAARD Press.
- Stanbury PF, Whitaker A. 1984. Principles of Fermentation Technology. (ENG): Pergamon Pr.
- Syarbini M. 2013. Referensi Komplet a-z Bakery Fungsi Bahan, Proses Pembuatan Roti, Panduan Menjadi Bakepreneur. Solo (ID): Tiga Serangkai Pustaka Mandiri.
- Türker C, Özcan BD. 2015. Isolation of alpha-amylase producing thermophilic bacillus strains and partial characterization of the enzymes. *Turk J Agric-Food Sci Technol* 3:387-393.
- Yeni, Meryandini A, dan Sunarti TC. 2016. Penggunaan substrat whey tahu untuk produksi biomassa oleh *Pediococcus pentosaceus* E.1222. *JTIP* 26:284-293.
- Yuliana M, Meryandini A, Sunarti TC. 2019. Seleksi bakteri asam laktat dan pemanfaatannya sebagai starter pada fermentasi biji sorgum. *JSDH* 5:35-42. <https://doi.org/10.29244/jsdh.5.1.35-42>
- Wijayanti. 2007. Substitusi Tepung Gandum (*Triticum aestivum* dengan Tepung Garut (*Marantha Arundinaceae L*) pada Pembuatan Roti Tawar. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Wulandari D, Purwaningsih D. 2019. Identifikasi dan karakterisasi bakteri amilolitik pada umbi *Colocasia esculenta L*. secara morfologi, biokimia, dan molekuler. *JBBI* 6:247-258.