

Pemanfaatan Tepung Umbi Gembolo sebagai Prebiotik dan Pengaruh Waktu Inkubasi Pada Karakteristik Yoghurt Sinbiotik

*Utilization of Gembolo Tuber Flour (*Dioscorea bulbifera* L.) as a Prebiotic and the Effect of Incubation Time to Produce Synbiotic Yoghurt*

Winda Dwi Setiyo Rini*, Nur Aini, Prihananto

Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Abstract. *Gembolo tuber (*Dioscorea bulbifera* L.) has potential as a prebiotic ingredient due to its relatively high inulin content (10.96%) and the presence of glucomannan as a major polysaccharide. This study aimed to evaluate the effect of gembolo flour supplementation as a prebiotic in synbiotic yogurt containing *Bifidobacterium* sp. and *Lactobacillus acidophilus* on the physicochemical, microbiological, sensory characteristics, and antibacterial activity against *Escherichia coli*. A completely randomized design with two factors was applied: gembolo flour concentration (1, 2, and 3%) and incubation time (16 and 24 h). The resulting synbiotic yogurt was analyzed for pH, total titratable acidity, total lactic acid bacteria (LAB), antibacterial activity against *E. coli*, and sensory attributes using a scoring test. The best treatment was further evaluated for proximate composition, viscosity, syneresis, and energy content. The results showed that synbiotic yogurt containing gembolo flour had pH values ranging from 3.53 to 3.81, total titratable acidity of 1.5–1.8%, and total LAB counts of 8.72–9.22 log CFU/mL. Antibacterial activity against *E. coli* produced inhibition zones ranging from 11.42 to 17.77 mm. Both gembolo flour concentration and incubation time significantly influenced the characteristics of synbiotic yogurt. Based on the multi-attribute Zeleny method, the best treatment was yogurt containing 3% gembolo flour with 24 h incubation. This formulation showed a syneresis value of 8.9%, moisture content of 76.1%, ash content of 1.2%, protein 3.92%, fat 2.8%, carbohydrate 16.1%, and energy value of 103.56 kcal/100 g.*

Keywords: *gembolo, prebiotic, probiotic, synbiotic yogurt*

Abstrak. Umbi gembolo (*Dioscorea bulbifera* L.) memiliki potensi sebagai prebiotik karena mengandung inulin dalam jumlah cukup tinggi, yaitu 10,96% dengan karbohidrat sebagai pati sebesar 16,64%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek pemanfaatan tepung gembolo sebagai prebiotik pada yoghurt sinbiotik menggunakan bakteri asam laktat (BAL) berupa *Bifidobacterium* sp. dan *Lactobacillus acidophilus* terhadap kualitas fisikokimia, mikrobiologi, dan sensori yoghurt sinbiotik serta penghambatan terhadap bakteri *Escherichia coli*. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap dengan dua faktor, yaitu konsentrasi tepung gembolo 1, 2, dan 3% serta waktu inkubasi 16 dan 24 jam. Yoghurt sinbiotik dianalisis nilai pH, total asam tertitrasi, total bakteri asam laktat, antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan sensori (uji skoring). Perlakuan terbaik diuji proksimat, viskositas, sineresis, dan energi. Hasil pengujian menunjukkan yoghurt sinbiotik gembolo memiliki nilai pH berkisar 3,53–3,81, total asam tertitrasi 1,5–1,8%, total BAL 8,72–9,22 log CFU/mL, dan luas zona hambat antibakteri sebesar 11,42–17,77 mm. Penambahan tepung gembolo dan waktu inkubasi memberikan pengaruh terhadap karakteristik yoghurt sinbiotik. Sampel terbaik ditentukan menggunakan *multiple attributes zeleny* berdasar atribut fisikokimia dan sensori yoghurt dan didapatkan hasil yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo 3% dan lama inkubasi 24 jam. Nilai sineresis kombinasi perlakuan yoghurt ini sebesar 8,8%, serta memiliki kadar air 76,1%, kadar abu 1,2%, protein 3,9%, lemak 2,8%, karbohidrat 16,1%, dan energi 103,56 kal/100 g.

Kata kunci: gembolo, prebiotik, probiotik, yoghurt sinbiotik

Aplikasi Praktis: Penelitian ini memberikan informasi mengenai potensi kebermanfaatannya prebiotik dalam umbi gembolo (*Dioscorea bulbifera*) sebagai tanaman liar menjadi pangan fungsional. Diharapkan penelitian ini dapat diaplikasikan oleh industri agar menggunakan bahan pangan lokal sebagai sumber pangan fungsional dapat dioptimalkan, dan mampu meningkatkan nilai ekonomi umbi gembolo.

PENDAHULUAN

Yoghurt merupakan produk fermentasi susu menggunakan bakteri asam laktat (BAL) dengan atau tanpa penambahan bahan lain yang memiliki berbagai peranan bagi kesehatan tubuh. Yoghurt mampu men-

jaga keseimbangan mikroflora usus, mampu menurunkan kolesterol, meningkatkan kekebalan tubuh, serta aman dikonsumsi bagi penderita *lactose intolerance*. Rachman *et al.* (2015) menyatakan bahwa BAL yang memiliki ketahanan hidup lebih tinggi dalam saluran pencernaan manusia, seperti *Bifidobacterium* sp. dan

Lactobacillus acidophilus, dapat dikategorikan sebagai bakteri probiotik.

Probiotik merupakan mikroorganisme hidup dapat berupa BAL yang bermanfaat dan mempunyai efek positif bagi saluran pencernaan bila diberikan dalam jumlah tertentu (Setiarto *et al.* 2017a). Bakteri probiotik dapat memecah laktosa menjadi asam laktat dan menurunkan pH usus, mengaktifkan enzim pencernaan, dan membantu penyerapan nutrisi lebih optimal (Aprilia *et al.* 2021). Penambahan prebiotik dapat meningkatkan daya tahan bakteri probiotik karena substrat yang spesifik telah tersedia selama fermentasi. Kombinasi prebiotik dan probiotik pada yoghurt disebut yoghurt sinbiotik (Dunislawaska *et al.* 2017). Prebiotik adalah komponen bahan pangan yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan, tetapi dapat secara selektif menstimulasi pertumbuhan dan atau aktivitas bakteri menguntungkan di dalam usus.

Umbi gembolo (*Dioscorea bulbifera* L.) atau sering disebut kentang udara memiliki potensi sebagai sumber prebiotik karena mengandung glukomanan dan inulin. Namun potensinya belum dimanfaatkan secara maksimal oleh masyarakat melainkan hanya digunakan sebagai bahan pangan rumahan. Umbi gembolo mengandung inulin sebesar 10,96%, karbohidrat 16,64% (Kuncari 2023), dan glukomanan. Kandungan polisakarida inulin dalam gembolo berpotensi sebagai sumber prebiotik. Umur simpan umbi gembolo yang tergolong singkat mendorong perlunya upaya untuk meningkatkan umur simpan umbi. Salah satunya inovasi pengolahan umbi gembolo menjadi tepung. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ihsan *et al.* (2017) menyebutkan penggunaan tepung gembolo sebanyak 2% sebagai prebiotik yogurt dengan lama penyimpanan optimum pada suhu 4 °C menunjukkan jumlah BAL dalam yogurt sebanyak 10⁹ CFU/mL dan menghasilkan pH terbaik dibanding perlakuan lainnya.

Proses dan waktu fermentasi yoghurt sinbiotik akan mempengaruhi kualitas fisikokimia dan sensori yoghurt. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nasarani dan Winarti (2023) mengenai yoghurt probiotik dari filtrat biji dan daging labu madu menunjukkan lama fermentasi 24 jam menghasilkan total bakteri asam laktat tertinggi yaitu 9,46±0,01 log CFU/mL. Waktu fermentasi akan berpengaruh terhadap nilai pH yoghurt, jumlah koloni bakteri, rasa asam, dan konsistensi yoghurt yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan menentukan formulasi optimum, menganalisis pengaruh penambahan tepung gembolo dan waktu inkubasi yoghurt, serta mengevaluasi karakteristik (fisik, kimia, mikrobiologi, sensori) dan daya hambat yoghurt sinbiotik terhadap bakteri *Escherichia coli* untuk mengetahui potensinya sebagai pangan fungsional.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Pembuatan yoghurt sinbiotik menggunakan bahan di antaranya umbi gembolo yang diperoleh dari petani gembolo di daerah Malang, Jawa Timur. Bahan lain adalah susu *ultra high temperature* (UHT), sukrosa, karagenan kappa, dan susu skim. Starter BAL komersial yang digunakan berisi bakteri probiotik *Lactobacillus acidophilus* dan *Bifidobacterium sp* (Origin Denmark). Bahan untuk analisis adalah aquades, larutan *phenolphthalein* (Prima, Indonesia), larutan buffer asam (Prima, Indonesia), larutan NaOH Merck pharma grade (Jerman), NaCl Merck pharma grade (Jerman), agar MRSA (*de Man Rogosa Sharpe Agar*) merek Merck (Jerman), isolat bakteri *Escherichia coli* FNCC-0091 diperoleh dari Agavi-Lab, media NA (*Nutrient Agar*) merek Merck (Jerman), media MHA (*Muller Hinton Agar*) merek Merck (Jerman).

Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor yaitu konsentrasi tepung gembolo 1, 2, dan 3% serta waktu inkubasi 16 dan 24 jam dengan pengulangan sebanyak tiga kali. Berdasarkan faktor tersebut didapatkan 18 unit percobaan. Adapun kombinasi percobaan perlakuan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan

Penambahan Tepung Gembolo (G)	Lama Inkubasi (W)	
	16 jam (W ₁)	24 jam (W ₂)
1% (G ₁)	G ₁ W ₁	G ₁ W ₂
2% (G ₂)	G ₂ W ₁	G ₂ W ₂
3% (G ₃)	G ₃ W ₁	G ₃ W ₂

Pembuatan tepung gembolo

Umbi gembolo dikupas kulitnya dan dicuci menggunakan air mengalir, kemudian dipotong menjadi 2–4 bagian dan dicuci kembali hingga getah hilang. Umbi dikukus selama 12 menit, kemudian diangin-anginkan dan diiris dengan ketebalan ±0,5 cm. Irisan umbi gembolo ditata di atas loyang dan dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* (OB 100 stainless steel) suhu 60 °C selama 18 jam (Agustin *et al.* 2019). Gembolo kering dihaluskan menggunakan blender selama 3 menit dan diayak menggunakan ayakan ukuran 80 mesh, sehingga diperoleh tepung gembolo dengan ukuran yang seragam. Tepung gembolo (Gambar 1) kemudian dimasukkan dalam plastik *zip lock* dan disimpan dalam wadah tertutup menggunakan *silica gel*.

Pembiakan starter bakteri asam laktat

Susu UHT sebanyak 200 mL dipanaskan menggunakan *hot plate magnetic stirrer* (CAPP CRS-22H, Jerman) hingga suhu mencapai 83 °C. Susu didinginkan

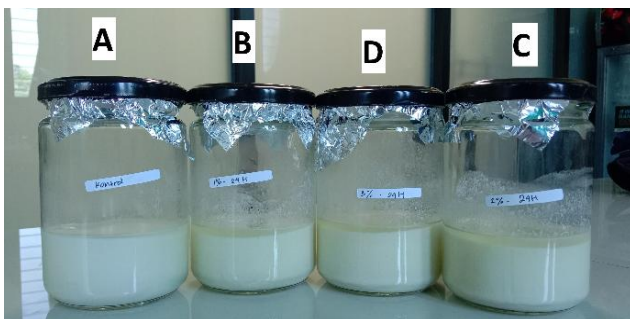
kan hingga suhu 40–43 °C dengan kondisi tertutup. Susu kemudian diinokulasi menggunakan campuran starter bakteri *Lactobacillus acidophilus* dan *Bifidobacterium sp* sebanyak 1 g dan diinkubasi pada inkubator (Mettler, Jerman) suhu 37 °C selama 24 jam, sehingga dihasilkan starter F1. Pembuatan starter F2 dilakukan dengan cara yang sama dan susu UHT 100 mL diinokulasi menggunakan F1 sebanyak 3%. Pemiakan starter terus dilakukan hingga dihasilkan starter kerja F3, sehingga didapatkan formulasi starter BAL dengan karakteristik yang diinginkan, yaitu starter tidak terlalu padat dan rasa asam tidak terlalu pekat.



Gambar 1. Tepung gembolo ukuran 80 mesh

Pembuatan yoghurt sinbiotik gembolo

Susu UHT 250 mL, sukrosa 8%, susu skim 8%, karagenan kappa 0,04%, dan tepung gembolo sesuai perlakuan (1, 2, 3%) dicampurkan pada gelas beaker, dan khusus karagenan kappa dilarutkan terlebih dahulu dalam susu sebelum dicampurkan. Campuran bahan dihomogenkan menggunakan *hot plate magnetic stirrer* selama 5 menit dan dipanaskan hingga suhu mencapai 83 °C. Campuran bahan didinginkan hingga suhu 40–43 °C, kemudian diinokulasi menggunakan starter F3 sebanyak 5% dan diinkubasi pada inkubator suhu 37 °C selama 16 dan 24 jam. Penampakan yoghurt sinbiotik gembolo disajikan pada Gambar 2.



Keterangan: A = kontrol; B = yoghurt sinbiotik gembolo 1% inkubasi 24 jam; C = yoghurt sinbiotik gembolo 2% inkubasi 24 jam; D = yoghurt sinbiotik gembolo 3% inkubasi 24 jam

Gambar 2. Yoghurt sinbiotik gembolo

Kadar air tepung gembolo

Pengukuran kadar air tepung gembolo mengacu pada penelitian Damayanti dan Suwita (2018). Cawan porselen bersih dikeringkan dalam oven (Mettler, Jerman) selama 1 jam, kemudian ditimbang beratnya. Tepung gembolo ditimbang sebanyak 2,00 g dan dimasukkan dalam cawan porselen yang telah dikeringkan. Sampel dan cawan dikeringkan dalam oven suhu 105 °C selama 6 jam. Sampel dan cawan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang beratnya. Sampel dan cawan dikeringkan kembali hingga diperoleh bobot konstan (selisih bobot dari jam ke jam berikutnya 0,0002 g). Perhitungan kadar air menggunakan metode gravimetri dengan persamaan 1.

$$\% \text{ Kadar air} = \frac{(A+B)-C}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: A= bobot cawan kosong (g), B= bobot sampel sebelum dikeringkan (g), C= bobot sampel dan cawan kering (g)

Nilai pH

Alat OHAUS ST20 digital pH meter (Amerika Serikat) dikalibrasi menggunakan larutan buffer yang mewakili pH rendah (4,00) dan pH netral (7,00). Sebanyak 25 mL sampel yoghurt sinbiotik dimasukkan dalam gelas beaker 100 mL, lalu elektroda pH meter dimasukkan ke dalam sampel dan nilai pH dibaca pada alat.

Total asam tertitrasi

Total asam tertitrasi (TAT) diukur mengacu pada prosedur yang dilakukan oleh Mustika *et al.* (2019). Sebanyak 5 g sampel yoghurt sinbiotik dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan akuades 100 mL dan dihomogenisasi menggunakan *plate stirrer*. Sampel diambil sebanyak 10 mL dan diteteskan 3 tetes indikator *phenolphthalein* 1%. Sampel dititrasi dengan larutan NaOH 0,1 N yang telah terstandarisasi sampai terbentuk warna merah muda yang tidak hilang hingga 20 detik. Total asam tertitrasi dihitung dengan persamaan 2.

$$\text{TAT (\%)} = \frac{V \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times 90 \times \text{FP}}{V \text{ sampel} \times 1000} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: V NaOH= volume NaOH yang digunakan untuk titrasi, N NaOH= normalitas NaOH, BM asam= 90, FP= faktor pengenceran

Total bakteri asam laktat

Pengukuran total BAL pada yoghurt sinbiotik gembolo dilakukan menggunakan prosedur dari Sari *et al.* (2021). Sampel diencerkan dengan pengenceran desimal 10^{-1} sampai 10^{-7} dalam NaCl steril 0,85%.

Pengenceran dilakukan untuk memperkecil jumlah mikroorganisme yang terlarut dalam media sehingga perhitungan koloni dapat dilakukan sesuai standar (30–300 koloni per cawan). Pengenceran 10^{-6} dan 10^{-7} diinokulasi pada media MRSA (*de Man Rogosa Sharpe Agar*) steril menggunakan metode *pour plate*, dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu $37\text{ }^{\circ}\text{C}$. Perhitungan total bakteri dilakukan dengan mengacu pada morfologi koloni yang tumbuh menggunakan *colony counter* (By One, RRC) dan dinyatakan dalam (CFU)/mL. Rumus yang digunakan adalah persamaan 3.

Jumlah koloni per mL=

$$\frac{\text{Jumlah koloni} \times \text{Volume yoghurt yang ditanam}}{\text{Faktor pengenceran}} \dots (3)$$

Peremajaan *Escherichia coli*

Media NA bersuhu $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kultur bakteri *Escherichia coli* FNCC-0091 diambil menggunakan jarum ose steril dimasukkan ke dalam media NA dan diaduk. Tabung reaksi kemudian ditutup, dimiringkan, dan didiamkan hingga set. Peremajaan bakteri menggunakan NB dilakukan dengan pengambilan kultur bakteri *Escherichia coli* menggunakan jarum ose dan dimasukkan ke dalam media NB, diaduk, kemudian ditutup. Media NA dan NB diinkubasi pada suhu $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 48 jam.

Pengujian antibakteri *Escherichia coli*

Pengujian antibakteri terhadap *Escherichia coli* mengacu pada penelitian oleh Nurhayati *et al.* (2020). Sebanyak 20 mL media MHA steril dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan set atau mengeras. Suspensi *Escherichia coli* diinokulasikan ke dalam cawan petri steril sebanyak $50\ \mu\text{L}$, diratakan dengan pengaduk kaca segitiga dan didiamkan hingga kering. Pengenceran sampel yoghurt dilakukan dengan rasio 10^{-1} yaitu dengan mengambil 1 mL yoghurt dan ditambahkan 9 mL akuades steril, kemudian dihomogenkan. Kertas cakram steril berukuran 6 mm direndam pada setiap pengenceran sampel selama 30 menit. Kertas cakram yang telah direndam selanjutnya ditiriskan dan ditempatkan pada permukaan media secara aseptik. Media berisi bakteri dan kertas cakram diinkubasi pada suhu $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, kemudian diukur diameter zona hambat yang terbentuk menggunakan jangka sorong.

Pengujian sensori

Uji sensori dilakukan menggunakan uji skoring terhadap 20 panelis terlatih, yaitu mahasiswa Teknologi Pangan Universitas Jenderal Soedirman yang telah mendapatkan pembekalan mengenai evaluasi sensori.

Uji sensori dilakukan dengan memberikan umbi gembolo sebagai pengenalan dan pembanding rasa asli umbi gembolo, yoghurt sinbiotik gembolo, dan *form* penilaian yang berisi penilaian terhadap atribut warna, *flavor*, rasa, kekentalan, dan kesukaan. Panelis diminta untuk mencoba sampel yoghurt sinbiotik gembolo dan memberi penilaian.

Analisis data

Paramater uji total asam tertitrasi, nilai pH, total BAL, dan antibakteri *Escherichia coli* dianalisis menggunakan *two-way analysis of varians* (ANOVA) dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila hasil pengujian mengindikasikan pengaruh signifikan, selanjutnya dilakukan uji *Duncan's multiple range test* (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95%. Pada faktor pengujian waktu inkubasi jika hasil menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan maka dilanjutkan menggunakan uji T-test untuk mengidentifikasi perbedaan nyata antara dua faktor uji. Uji sensori ditentukan menggunakan analisis ragam satu arah (*one-way ANOVA*) pada tingkat kepercayaan 95% untuk menentukan perbedaan antar perlakuan dan menghasilkan efisiensi analisis. Jika hasil menunjukkan pengaruh signifikan dilanjutkan menggunakan uji *Duncan multiple range test* (DMRT) pada tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui perbedaan antar sampel uji.

Penentuan perlakuan terbaik

Penentuan perlakuan sampel terbaik dilakukan menggunakan *multiple attributes zeleny*. Dilakukan pemilihan nilai ideal pada setiap kombinasi perlakuan. Nilai ideal minimal ditentukan dengan memperhatikan pengharapan suatu paramater uji. Selanjutnya dilakukan perhitungan derajat kerapatan setiap kombinasi perlakuan dengan perhitungan jika nilai ideal minimal maka nilai kenyataan yang mendekati ideal dibagi dengan nilai ideal masing-masing perlakuan, sedangkan jika nilai ideal maksimal ditentukan dengan nilai ideal masing-masing perlakuan dibagi dengan nilai kenyataan yang mendekati ideal. Dilakukan perhitungan jarak kerapatan dengan asumsi semua parameter penting. Jarak kerapatan dihitung berdasarkan jumlah parameter dan didapatkan nilai L_1 , L_2 , dan L_{∞} (tidak terhingga). Perlakuan dengan ranking L_1 , L_2 , dan L_{∞} (tidak terhingga) terkecil atau minimum merupakan perlakuan terbaik (Tantrayana dan Zubaidah 2015). Sampel yang menunjukkan hasil terbaik selanjutnya dianalisis meliputi kadar air, abu, sineresis, viskositas, protein, lemak, karbohidrat, dan energi.

Kadar abu

Penentuan kadar abu dilakukan dengan metode pengabuan kering berdasarkan AOAC (1995). Perhitungan kadar abu menggunakan rumus pada persamaan 4.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: Berat abu= berat cawan dan sampel setelah pengeringan–berat cawan kosong, berat sampel= berat cawan dan sampel sebelum pengeringan–berat cawan kosong

Disiapkan cawan porselen dan dibakar dalam tanur, didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang beratnya. Ditimbang sebanyak 5 g sampel dalam cawan tersebut, kemudian dimasukkan dalam tanur pengaburan, dibakar hingga didapatkan abu berwarna abu-abu atau hingga beratnya konstan. Pengaburan dilakukan dalam dua tahap, yaitu diabukan pada suhu 400 °C kemudian pada suhu 550 °C. Sampel dikeluarkan dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang.

Sineresis

Analisis sineresis yoghurt sinbiotik dilakukan dengan prosedur oleh Korengkeng *et al.* (2020) dengan modifikasi. Tabung ulir dan sampel ditimbang sebanyak 5 gr. Dimasukkan ke dalam sentrifuge dengan kecepatan 6000 rpm selama 15 menit. Cairan yang terpisah dari endapan yoghurt dipisahkan, kemudian ditimbang endapan dalam tabung ulir. Dihitung sineresis menggunakan rumus pada persamaan 5.

$$\text{Sineresis} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: A= berat awal sampel sebelum disentrifuge (g) B= berat akhir sampel sebelum disentrifuge (g)

Viskositas

Viskositas dihitung menggunakan Brookfield Viscometer. Diaduk rata sampel yoghurt yang akan diukur menggunakan viscosimeter hingga merata. Disiapkan beaker gelas 250 mL, dimasukkan sampel ke dalam beaker gelas. Dipasang jarum spindle nomer 1 pada viscosimeter dan diatur kecepatan pemutaran menjadi 60 rpm selama 59 detik. Skala yang ditunjuk pada alat dibaca setelah jumlah putaran tertentu. viskositas sampel ditunjukkan pada angka yang muncul pada alat viscosimeter, dinyatakan dalam centipoise (cP). Viskositas dihitung dengan angka pembacaan dikali dengan faktor kalibrasi (Sutedjo dan Nisa 2015)

Kadar protein

Sebanyak 0,2 g sampel dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Ditambahkan 0,7 g katalis N (250 g Na₂SO₄+5 g CuSO₄+0,7 g selenium/TiO₂) kemudian ditambahkan 4 mL H₂SO₄ pekat. Didestruksi hingga

warna berubah menjadi hijau jernih kemudian didinginkan dan ditambahkan 10 mL aquades. Didestilasi dengan menambahkan 20 mL NaOH–Tio (NaOH 40% +Na₂S₂O₃ 5%) dan destilat ditampung menggunakan H₃BO₃ yang telah diberi indikator Mr-BCG. Dilakukan destilasi hingga volume destilat mencapai 60 mL (warna berubah dari merah menjadi biru), dititrasi menggunakan larutan standar HCL 0,02N hingga titik akhir titrasi (warna larutan biru berubah menjadi merah muda). Dicatat volume titrasi yang diperoleh dan dihitung kadar protein menggunakan rumus dengan persamaan 6.

Kadar protein (%)=

$$\frac{\text{Volume titrasi} \times \text{Normalitas HCl} \times \text{Berat atom nitrogen}}{\text{Berat sampel (mg)}} \times 100\% (6)$$

Keterangan: Normalitas HCl= 0,02 N, berat atom nitrogen= 14,008 u

Kadar lemak

Analisis kadar lemak dilakukan menggunakan metode Soxhlet berdasarkan AOAC (2005) dengan perhitungan menggunakan persamaan 7.

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{c-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan: a= berat sampel (g), b= berat labu lemak dan lemak (g), c= berat labu lemak kosong (g)

Dikeringkan labu lemak dalam oven suhu 105 °C selama 30 menit, didinginkan selama 15 menit dalam desikator dan ditimbang beratnya. Ditimbang sebanyak 1–2 g sampel yang telah dihaluskan dan dibungkus menggunakan kertas saring berbentuk selongsong (*thimble*), kemudian ditutup bagian atas menggunakan kapas bebas lemak dan dilipat rapat. Dimasukkan ke dalam tabung Mikro-Soxhlet. Dihubungkan ujung bawah tabung dengan labu lemak yang telah dikeringkan. Dihubungkan bagian atas ekstraktor Mikro Soxhlet dengan pendingin balik yang telah dirangkai di atas waterbath. Dituangkan petroleum benzena kurang lebih 2 kali volume tabung dan dialirkan melalui ujung pendingin balik (Pargiyanti 2019) Ekstraksi dilakukan selama 6 jam (15 kali sikulasi) sampai pelarut turun kembali melalui sifon ke dalam labu lemak berwarna jernih. Hasil ekstraksi lemak dipisahkan antara heksan dan lemak hasil ekstraksi menggunakan *rotary evaporator* (rpm 50, suhu 69 °C). Lemak yang telah terpisah dipanaskan dalam oven suhu 105 °C selama 1 jam. Labu lemak didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang (W3). Dilakukan pemanasan kembali ke dalam oven suhu 105 °C selama 1 jam, apabila selisih penimbangan hasil ekstraksi terakhir

dengan penimbangan sebelumnya belum mencapai 0,0002 g.

Kadar karbohidrat

Kadar karbohidrat ditentukan dengan metode *by difference*, yaitu dengan mengurangkan 100% dengan kadar air, abu, protein, dan lemak. Perhitungan kadar karbohidrat menggunakan persamaan 8.

$$\text{Kadar karbohidrat (\%)} = 100\% - (\% \text{ kadar air} + \% \text{ kadar abu} + \% \text{ kadar protein} - \% \text{ kadar lemak}) \dots\dots\dots (8)$$

Energi

Kadar energi dihitung berdasarkan kandungan zat gizi makro dalam sampel, yaitu karbohidrat, protein, dan lemak. Nilai energi total dihitung menggunakan persamaan 9.

$$\text{Energi (kal/100 g)} = (\text{kadar protein} \times 4,27) + (\text{kadar lemak} \times 9,05) + (\text{kadar karbohidrat} \times 3,85) \dots\dots\dots (9)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar air tepung gembolo

Kadar air bahan pangan didefinisikan sebagai banyaknya air yang terkandung dalam bahan pangan. Nilai rata-rata kadar air tepung gembolo pada penelitian ini sebesar 6,1%. Sebagai pembanding adalah kadar air tepung ubi jalar menurut Dhani (2020) adalah maksimal 10%. Artinya kadar air tepung gembolo dalam penelitian ini memenuhi standar yang berlaku. Kadar air yang cenderung rendah dapat meningkatkan umur simpan, mencegah pertumbuhan mikroorganisme, serta dapat mempertahankan kualitas fisik dan kimia lebih lama ketika disimpan.

Perlakuan *steam blanching* yang digunakan dalam pembuatan tepung gembolo mengakibatkan uap air yang digunakan untuk pemanasan akan lebih mudah masuk ke dalam jaringan umbi dan memengaruhi permeabilitas sel bahan. Permeabilitas yang terjadi akan menyebabkan umbi gembolo menjadi lunak dan pori-pori terbuka lebar serta mengurangi daya absorpsi sehingga sebagian air dalam umbi berkurang akibat penguapan. Damayanti dan Suwita (2018) menyatakan suhu pengeringan umbi jalar kuning yang rendah (70 °C) hanya dapat menguapkan sebagian air di permukaan bahan, sehingga penurunan kadar air relatif kecil. Suhu pengeringan umbi yang relatif tinggi (80–90 °C) menyebabkan panas yang diterima oleh bahan dapat menguapkan air di permukaan bahan serta air yang terikat di dalam bahan, sehingga penurunan kadar air dapat lebih besar dibandingkan pengeringan menggunakan suhu rendah. Kadar air yang cenderung rendah dapat menjaga kualitas tepung gembolo selama penyimpanan dan meminimalisir kerusakan yang dapat terjadi.

Nilai pH yoghurt

Penambahan tepung gembolo dan waktu inkubasi memiliki pengaruh yang nyata terhadap nilai pH yoghurt sinbiotik. Pada penelitian didapatkan data nilai pH pada perlakuan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam menunjukkan hasil terbaik yaitu 3,53. Tepung gembolo sebagai sumber prebiotik berperan dalam meningkatkan aktivitas dan perkembangbiakan BAL. Ketersediaan nutrisi selama fermentasi meningkatkan jumlah sel bakteri dan berdampak terhadap perombakan gula menjadi maksimal (Savitry *et al.* 2017). Peningkatan BAL menyebabkan penurunan pH secara signifikan, karena aktivitas dan pertumbuhan BAL mampu menghasilkan degradasi laktosa dan produksi asam laktat.

Waktu inkubasi yang digunakan dapat berpengaruh terhadap nilai pH yoghurt. Semakin lama waktu inkubasi, yoghurt akan mengalami penurunan pH semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh perbanyakan jumlah dan aktivitas BAL yang memanfaatkan karbohidrat dan protein pada bahan pembuatan yoghurt (Pamela *et al.* 2022) yaitu susu skim dan sukrosa, untuk dirombak menjadi asam, sehingga menyebabkan peningkatan total asam dan penurunan nilai pH.

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu inkubasi 24 jam yang digunakan menyebabkan penurunan pH semakin besar (Tabel 2). Pada perlakuan tepung gembolo 1% dengan waktu inkubasi 16 jam memiliki rata-rata nilai pH lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Hal ini disebabkan karena kontrol menggunakan waktu inkubasi lebih lama, yaitu 24 jam, sehingga BAL memiliki waktu yang lebih lama untuk berkembangbiak dan merombak bahan menjadi asam sehingga penurunan pH dapat lebih banyak terjadi. Pamela *et al.* (2022) menyatakan bertambahnya waktu inkubasi yang digunakan pada pembuatan yoghurt mampu meningkatkan aktivitas dan jumlah mikroba sehingga menyebabkan perubahan kimia pada komponen gula menjadi komponen asam dan berakibat pada penurunan pH yoghurt.

Total asam tertitrasi yoghurt

Total asam tertitrasi didefinisikan sebagai total asam laktat yang terbentuk selama proses fermentasi yoghurt berlangsung. Pada penelitian ini didapatkan penambahan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam memiliki peningkatan total asam lebih tinggi dibanding perlakuan lain. Nilai asam yoghurt tepung gembolo berturut turut didapatkan 1,5–1,9%. Keasaman total yoghurt yang dapat dititrasi dipengaruhi oleh aktivitas BAL yang mendegradasi laktosa menjadi asam laktat. Kadar asam yang dititrasi diasumsikan sebagai kadar asam total yoghurt yang terdiri dari asam laktat dan sebagian kecil asam organik lain sebagai produk samping hasil metabolisme bakteri asam laktat (Safari *et al.* 2016).

Tabel 2. Hasil analisis pengaruh penambahan tepung gembolo dan waktu inkubasi yoghurt terhadap variabel fisikokimia dan mikrobiologi yoghurt sinbiotik gembolo

Penambahan Tepung (%) dan Waktu Inkubasi (jam)	pH	Total Asam Titrasi (%)	Total Bakteri Asam Laktat (CFU/mL)	Zona Hambat terhadap <i>E. coli</i> (mm)
1 dan 16	3,81±0,16	1,5±0,00	8,72±0,18	11,42±1,29
2 dan 16	3,73±0,12	1,7±0,00	8,92±0,14	12,58±1,16
3 dan 16	3,72±0,13	1,7±0,00	8,96±0,17	14,71±2,16
1 dan 24	3,58±0,05	1,6±0,00	8,98±0,12	13,25±1,66
2 dan 24	3,55±0,02	1,8±0,00	9,13±0,11	14,23±2,37
3 dan 24	3,53±0,07	1,8±0,00	9,21±0,24	17,77±4,03

Pada penelitian yang dilakukan menunjukkan semakin tinggi penambahan tepung gembolo akan meningkatkan total asam yoghurt sinbiotik (Tabel 2). Penambahan tepung gembolo sebagai prebiotik mampu meningkatkan jumlah BAL yoghurt. Inulin dalam gembolo difermentasi oleh BAL, sehingga menghasilkan asam laktat dan asam-asam lemak rantai pendek lainnya, seperti asam asetat, asam butirat, dan asam propionat (Mukhoiyaroh *et al.* 2020). Hal tersebut akan meningkatkan nilai asam dalam yoghurt sinbiotik sehingga total asam yang dititrasi semakin meningkat pula.

Penambahan inulin dalam yoghurt sinbiotik gembolo digunakan sebagai sumber karbon dan sumber energi bakteri *Lactobacillus acidophilus* untuk pertumbuhannya. Hasil samping hidrolisis inulin oleh bakteri *Lactobacillus acidophilus* menghasilkan asam laktat sebagai asam lemak rantai pendek (Setiarto *et al.* 2017b). Menurut Putri *et al.* (2020) penggunaan *Bifidobacterium sp* sebagai starter yoghurt mampu menghasilkan asam laktat dalam jumlah tinggi, karena *Bifidobacterium sp* berperan dalam perombakan laktosa, sukrosa, galaktosa, serta menghasilkan asam laktat dan asam asetat selama fermentasi yang ditandai dengan peningkatan asam laktat dalam persen.

Total bakteri asam laktat yoghurt

Pada pengujian total BAL yang dilakukan didapatkan bahwa total BAL meningkat seiring penambahan konsentrasi tepung gembolo dan waktu inkubasi yang digunakan (Tabel 2). Rata-rata total BAL terendah terdapat pada yoghurt penambahan tepung gembolo 1% dengan waktu inkubasi 16 jam, yaitu 8,72 log CFU/mL, sedangkan rata-rata total BAL tertinggi terdapat pada yoghurt penambahan tepung gembolo 3% dengan waktu inkubasi 24 jam, sebesar 9,22 log CFU/mL. Pertumbuhan BAL dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi selama fermentasi. Adanya kandungan inulin dalam gembolo yang berlaku sebagai sumber prebiotik mampu menstimulasi pertumbuhan dan atau aktivitas BAL. Bakteri asam laktat memanfaatkan laktosa susu dan inulin sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya. Hal ini menyebabkan pertumbuhan BAL bertambah seiring besarnya konsentrasi tepung gembolo yang ditambahkan dalam yoghurt sinbiotik. Pada penelitian yang dilakukan oleh Desnilasari dan

Lestari (2014) mengenai minuman sinbiotik dengan penambahan puree pisang ambon dan inulin menunjukkan penambahan puree pisang dan inulin menyebabkan kenaikan total bakteri asam laktat menjadi $3,6 \times 10^9$ CFU/mL.

Kombinasi *Bifidobacterium sp.* dan *Lactobacillus acidophilus* dapat menguntungkan satu sama lain, *Lactobacillus acidophilus* memproduksi asam laktat melalui fermentasi karbohidrat dan sebagian kecil asetat melalui jalur heksosa difosfat (HDP), sedangkan *Bifidobacterium sp.* dapat menghasilkan asam laktat dari fermentasi karbohidrat melalui jalur heksosa monofosfat (HMP) (Setiarto *et al.* 2017a). Penambahan inulin yang terkandung dalam tepung gembolo pada pembuatan yoghurt sinbiotik akan memberikan nutrisi selama fermentasi. Hidrolisis inulin dalam sel bakteri *Lactobacillus acidophilus* sebagai sumber karbon mampu menghasilkan energi untuk pertumbuhan, reproduksi sel, maupun aktivitas bakteri probiotik (Setiarto *et al.* 2017b).

Bertambahnya jumlah BAL dipengaruhi pula oleh waktu fermentasi, semakin lama waktu fermentasi, maka BAL memiliki waktu lebih banyak untuk berkembangbiak. Pada waktu inkubasi 24 jam berbeda sangat nyata dan menunjukkan rata-rata jumlah BAL terbaik dibanding 16 jam. Winarti *et al.* (2018) menyatakan waktu inkubasi yang semakin lama, menyebabkan BAL memiliki waktu lebih banyak untuk menghidrolisis gula menjadi komponen sederhana seperti asam laktat, CO₂, H₂O, serta menghasilkan energi yang dimanfaatkan selama sintesis sehingga jumlah sel bakteri menjadi meningkat.

Antibakteri yoghurt terhadap *Escherichia coli*

Seluruh perlakuan yoghurt sinbiotik memiliki kemampuan antibakteri terhadap pertumbuhan *Escherichia coli* yang ditunjukkan dengan adanya zona hambat yang terbentuk. Hal tersebut menunjukkan bahwa starter bakteri yang digunakan pada pembuatan yoghurt sinbiotik yaitu *Bifidobacterium sp* dan *Lactobacillus acidophilus* memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Escherichia coli*. Penggunaan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam menunjukkan pembentukan zona hambat terluas sebesar 17,7 mm dibandingkan perlakuan lain. Luas zona hambat terkecil ditunjukkan pada perlakuan tepung gembolo 1%, dan waktu inkubasi 16 jam sebesar 11,4 mm.

Penambahan tepung gembolo dalam yoghurt sinbiotik mampu menstimulasi bakteri probiotik selama pertumbuhannya sehingga viabilitas bakteri probiotik semakin tinggi. Selain itu, umbi gembolo memiliki senyawa diterpenoid antimikroba bernama *bafoudiosbulbins* A, B, C, F, G, dan 2,7-dihydroxy-4-methoxyphenanthrene yang memiliki aktivitas antimikroba terhadap *mycobacteria* dan bakteri Gram-negatif.

Pada pengujian penghambatan terhadap *Escherichia coli* didapatkan bahwa penambahan tepung gembolo dengan konsentrasi semakin tinggi menghasilkan zona hambat yang semakin besar pula (Tabel 2). Hermawati *et al.* (2016) menyatakan konsentrasi penghambatan minimum dari susu probiotik menggunakan *Lactobacillus acidophilus* sebanyak 3,12% memiliki aktivitas menghambat *Escherichia coli* ATCC 8739 dengan diameter sebesar 11 mm yang tergolong lemah.

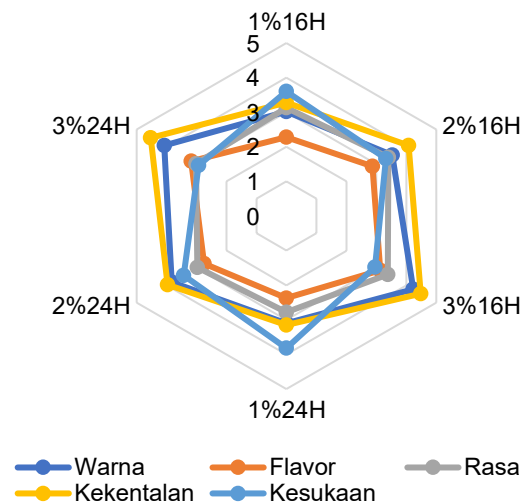
Bakteri *Bifidobacterium sp* mampu memproduksi zat antimikroba seperti antibiotik, asam organik, dan bakteriosin. *Bifidobacterium sp* memiliki sifat heterofermentatif yang diketahui menghasilkan asam asetat tinggi yang dapat memengaruhi pertumbuhan bakteri patogen serta bersifat bakteriostatik dan bakterisida (Oedjijono *et al.* 2023). Bakteri *Lactobacillus acidophilus* diketahui mampu menghasilkan bakteriosin yang disebut laktasin B dan asidosin A yang mampu menghasilkan efek antimikroba melawan bakteri patogen.

Penghambatan bakteri patogen seperti *Escherichia coli* disebabkan oleh penurunan pH akibat produksi asam, sekresi peroksida, dan pelepasan antibiotik alami (bakteriosin) dari probiotik yang distimulasi secara selektif oleh prebiotik. Nugrahani *et al.* (2020) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa aktivitas bakteriosin terhadap bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli* yaitu dengan mengganggu liposakarida dan menghambat sintesis dinding sel bakteri. Kerusakan yang terjadi menimbulkan ketidakseimbangan membran sel yang menyebabkan terbentuknya pori-pori menyebabkan kebocoran sel dan keluarnya nutrisi, menyebabkan terganggunya stabilitas membran dan kerusakan terjadi.

Waktu inkubasi yoghurt sinbiotik berpengaruh terhadap luas zona hambat bakteri *Escherichia coli* yang terbentuk. Waktu inkubasi 24 jam menghasilkan rata-rata zona hambat bakteri *Escherichia coli* lebih besar dibandingkan dengan waktu inkubasi 16 jam. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan BAL pada waktu inkubasi 24 jam lebih optimal, sehingga bakteri probiotik mampu menghasilkan bakteriosin lebih banyak. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugrahani *et al.* (2020) menyatakan bahwa pada waktu inkubasi 24 jam, bakteri berada pada fase stasioner sehingga laju pertumbuhan bakteri seimbang dengan kematian bakteri, menyebabkan terjadinya penipisan nutrisi dan aktivitas bakteriosin yang terbentuk semakin meningkat sebagai bentuk mempertahankan diri.

Kualitas sensori

Berdasarkan analisis ragam satu arah (*one-way ANOVA*) pada Gambar 3 didapatkan hasil seluruh parameter uji sensori menunjukkan adanya pengaruh nyata antar kombinasi perlakuan. Nilai rata-rata warna yoghurt sinbiotik gembolo bervariasi berkisar antara putih pekat hingga putih kekuningan dengan rentang nilai 3,0–4,2 dari skala 1–5. Parameter warna dengan nilai tertinggi ditunjukkan oleh kombinasi perlakuan tepung 3%, dan waktu inkubasi 16 jam dan nilai terendah ditunjukkan oleh penambahan tepung 1%, dan waktu inkubasi 16 jam. Warna asli umbi gembolo adalah putih kuning kehijauan. Pada penepungan gembolo dilakukan proses blansir pada gembolo, sehingga terjadi proses penonaktifan *enzyme polyphenoloksidase* yang menghambat reaksi pencoklatan pada tepung, sehingga dihasilkan tepung yang memiliki kecerahan warna yang lebih tinggi (Agustin *et al.* 2019). Penggunaan tepung gembolo dengan konsentrasi semakin tinggi memengaruhi warna yoghurt sinbiotik menjadi putih kekuningan menuju kehijauan.



Keterangan: konsentrasi tepung gembolo (1; 2; 3%); waktu inkubasi (16 dan 24 jam)

Gambar 3. Hasil uji organoleptik terhadap warna, *flavor*, rasa, kekentalan, dan kesukaan yoghurt sinbiotik gembolo

Flavor merupakan kombinasi rasa dan aroma yang dapat diterima oleh indera manusia pada saat mengonsumsi suatu produk pangan. *Flavor* pula dapat diartikan sebagai suatu kombinasi kompleks antara indera penciuman dan indera perasa yang dapat dirasakan pada saat mengonsumsi suatu produk pangan. Nilai rata-rata *flavor* khas gembolo pada yoghurt memiliki rentang nilai 2,3–3,1, artinya yoghurt yang terbentuk memiliki *flavor* khas gembolo yang tidak kuat hingga agak kuat. Kombinasi perlakuan yang memiliki nilai tertinggi adalah penambahan tepung gembolo 3%, dan inkubasi 24 jam yang memiliki *flavor* khas gembolo

dalam yoghurt paling kuat dibanding kombinasi perlakuan lainnya. Penambahan tepung gembolo sebagai prebiotik dapat meningkatkan jumlah BAL yang menyebabkan peningkatan produksi asam laktat dalam yoghurt sehingga yoghurt menjadi asam. Semakin lama waktu inkubasi yang digunakan dalam pembuatan yoghurt akan menyebabkan yoghurt yang dihasilkan memiliki rasa yang lebih asam.

Penggunaan starter BAL *Lactobacillus acidophilus* yang bersifat homofermentatif dan *Bifidobacterium sp* yang bersifat heterofermentatif dapat pula menimbulkan rasa asam yang berbeda. Metabolit utama BAL homofermentatif menghasilkan asam laktat 80% dari total asam yoghurt, sedangkan bakteri heterofermentatif akan menghasilkan asam organik lain seperti asam suksinat dan asam format atau etanol (Imelda dan Purwandani 2017). Selain itu penggunaan bahan lain dalam pembuatan yoghurt gembolo seperti susu skim dan sukrosa memengaruhi rasa yoghurt yang dihasilkan.

Nilai rata-rata kekentalan tertinggi didapatkan pada kombinasi penambahan tepung 3%, dan waktu inkubasi 24 jam. Kekentalan yoghurt disebabkan oleh penurunan pH yang terjadi akibat akumulasi asam laktat akibat metabolisme BAL. Kondisi asam menyebabkan protein susu terkoagulasi membentuk struktur gel. Penggunaan susu skim pada yoghurt dapat meningkatkan jumlah protein yang terkoagulasi selama fermentasi dan menghasilkan yoghurt dengan tekstur yang semakin kental (Pamela *et al.* 2022).

Variasi konsentrasi glukomanan dalam tepung gembolo yang ditambahkan pada yoghurt sinbiotik dapat memengaruhi kekentalan yoghurt sinbiotik. Hal ini dikarenakan glukomanan memiliki berat molekul dan viskositas sangat tinggi, yaitu 30.000 cP yang berkaitan dengan sifat penyerapan air yang tinggi (Aryanti *et al.* 2015). Kandungan glukomanan tersebut menyebabkan terjadinya penyerapan air bahan lebih tinggi dalam pembuatan yoghurt, sehingga semakin tinggi jumlah tepung gembolo yang ditambahkan maka kekentalan yoghurt semakin meningkat.

Perbedaan tingkat kesukaan yoghurt oleh panelis berkaitan erat dengan *flavor* dan rasa yoghurt sinbiotik gembolo. Panelis lebih menyukai yoghurt dengan penambahan tepung gembolo dengan konsentrasi terendah yaitu 1%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan penambahan tepung gembolo yang semakin tinggi menyebabkan terdapatnya cita rasa gembolo dan tekstur bergumpal khas tepung glukomanan yang semakin terasa. Selain itu, waktu inkubasi juga memengaruhi tingkat kesukaan panelis. Penggunaan waktu inkubasi 24 jam menunjukkan hasil tingkat kesukaan paling rendah, karena waktu fermentasi BAL yang semakin lama akan menghasilkan asam yang lebih tinggi. Pada tingkat keasaman yang tinggi akan menurunkan tingkat penerimaan panelis. Namun seluruh kombinasi

perlakuan yoghurt sinbiotik gembolo dapat diterima oleh panelis dengan nilai rata-rata 3,4 yaitu agak suka.

Yoghurt sinbiotik dengan penambahan gembolo dan waktu fermentasi terbaik

Hasil analisis *multiple attributes zeleny* yoghurt sinbiotik gembolo dengan variasi jumlah penambahan tepung gembolo dan perbedaan waktu fermentasi dapat dilihat pada Tabel 3. Perlakuan terbaik didapatkan pada kombinasi tepung gembolo 3%, dan lama inkubasi 24 jam. Kombinasi perlakuan ini memiliki nilai pengujian fisikokimia dan mikrobiologi terbaik dibanding perlakuan lain, dengan hasil sensori agak disukai oleh panelis. Kombinasi perlakuan ini memiliki nilai pH dan total asam terbaik, yaitu 3,5 dan 1,8%. Total BAL perlakuan ini menunjukkan nilai terbesar, yaitu 9,22 log CFU/mL dan luas zona hambat terluas, yaitu 17,77 mm. Hasil analisis kandungan gizi yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam ditunjukkan pada Tabel 4.

Sineresis yoghurt

Sineresis merupakan peristiwa pemisahan *whey* dari koagulan yoghurt. Sineresis dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya tingkat keasaman yoghurt, pH, daya ikat air, kandungan protein bahan baku dan bahan tambahan serta kandungan bahan pengikat air lainnya dalam yoghurt. Sineresis terjadi akibat penyusutan struktur tiga dimensi dari protein, menyebabkan menurunnya kekuatan ikatan *whey* protein sehingga terpisah dari yoghurt. Penggunaan tepung gembolo sebanyak 3% dalam pembuatan yoghurt sinbiotik gembolo menyebabkan sineresis yoghurt semakin rendah, yaitu 8,8%. Kandungan glukomanan dalam gembolo, menyebabkan pengikatan air dalam yoghurt semakin tinggi. Inulin dalam gembolo pada pembuatan yoghurt selain meningkatkan probiotik juga dapat menyebabkan meningkatnya nilai total padatan yang dihasilkan. Inulin dapat mengikat polisakarida ekstraseluler dan protein sehingga menyebabkan kekencangan jaringan (Mukhoiyaroh *et al.* 2020).

Waktu inkubasi memengaruhi persentase sineresis yoghurt, dan pada penggunaan waktu inkubasi 24 jam menunjukkan hasil sineresis sebesar 8,8%. Semakin lama waktu inkubasi yang digunakan akan menurunkan nilai sineresis karena peningkatan jumlah dan aktivitas probiotik dan menimbulkan tekstur yoghurt semakin kental. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Sari *et al.* (2019), yaitu penggunaan waktu inkubasi yang semakin lama menunjukkan penurunan sineresis semakin besar. Penurunan sineresis yoghurt yang semakin besar menunjukkan semakin tinggi mutunya, karena penyusutan struktur tiga dimensi dari jaringan protein tidak banyak terjadi sehingga kemampuan daya ikat air semakin besar.

Tabel 3. Hasil penentuan perlakuan terbaik

Penambahan Tepung (%) dan Waktu Inkubasi (jam)	L1	L2	L ∞	Jumlah
1 dan 16	0,145	0,004	0,034	0.183
2 dan 16	0,102	0,002	0,032	0,136
3 dan 16	0,099	0,002	0,032	0,133
1 dan 24	0,127	0,003	0,034	0,164
2 dan 24	0,101	0,002	0,024	0,127
3 dan 24	0,067	0,002	0,029	0,098*

Keterangan: Tanda bintang (*) menunjukkan kombinasi perlakuan dengan nilai terbaik; nilai L = nilai penyesuaian, menunjukkan jarak kerapatan berdasarkan jumlah parameter (semakin rendah nilai L, menunjukkan semakin tinggi kesesuaian kombinasi perlakuan dengan kondisi ideal yang diharapkan)

Tabel 4. Hasil analisis yoghurt sinbiotik dengan 3% tepung gembolo yang difermentasi selama 24 jam

Variabel Pengamatan	Kadar
Fisik	
Sineresis (%)	8,7
Viskositas (cP)	4318
Proksimat	
Air (%)	76,1
Abu (%)	1,2
Protein (%)	3,9
Lemak (%)	2,8
Karbohidrat	16,1
Energi	103,6

Viskositas yoghurt

Viskositas didefinisikan sebagai ukuran kekentalan suatu produk (Setyawardani *et al.* 2021), semakin besar viskositas suatu produk maka semakin sulit untuk mengalir. Penggunaan tepung gembolo sebanyak 3% menyebabkan viskositas yoghurt menjadi tinggi akibat kandungan glukomanan di dalamnya. Glukomanan memiliki viskositas sangat tinggi, yaitu 30.000 cP. Tingginya viskositas glukomanan berkaitan dengan sifat penyerapan air yang tinggi, yaitu per 1 g glukomanan dapat menyerap 100 g air dan memiliki berat molekul tinggi, akibatnya penggunaan tepung gembolo meningkatkan nilai viskositas yoghurt. Damayanti *et al.* (2020) menjelaskan viskositas terjadi ketika protein susu mencapai titik isoelektrik akibat suasana asam yang terjadi selama fermentasi sehingga protein terkoagulasi dan mengalami penggumpalan.

Waktu inkubasi selama 24 jam menyebabkan BAL memiliki waktu lebih lama untuk merombak karbohidrat menjadi asam laktat. Asam laktat yang terbentuk meningkatkan total asam yoghurt sehingga kasein (protein susu) mengalami koagulasi dan membentuk gel, akibatnya tekstur yoghurt menjadi semi padat dan viskositas meningkat (Jonathan *et al.* 2022).

Nilai gizi yoghurt

Yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo 3%, dan lama inkubasi 24 jam menghasilkan kadar air sebesar 76,1%. Penambahan tepung gembolo sebanyak 3% mengandung glukomanan yang cukup tinggi. Ketersediaan glukomanan dalam gembolo memberikan pengaruh rendahnya kadar air yoghurt karena sifat glukomanan yang menyerap air. Selain itu, gembolo mengandung inulin yang berperan sebagai

prebiotik menyebabkan penurunan kadar air. Mukhoiyaroh *et al.* (2020) mengatakan penambahan inulin pada yoghurt sinbiotik menyebabkan penurunan kadar air dan peningkatkan total padatan.

Kadar abu Yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam sebesar 1,2%, sedangkan kadar abu yoghurt sesuai standar SNI maksimal 1,00%. Umbi gembolo mengandung mineral berupa kalsium, besi, fosfor, dan yodium (Trimanto dan Hapsari 2015). Bakteri asam laktat pada proses fermentasi dapat menghasilkan mineral seperti magnesium sebagai hasil samping fermentasi susu (Failasufa *et al.* 2015).

Protein pada yoghurt merupakan jumlah total dari protein bahan pembuatan yoghurt dan protein BAL di dalamnya. Penambahan prebiotik dapat meningkatkan kandungan protein yoghurt sinbiotik, akibat keberadaan prebiotik mampu meningkatkan viabilitas BAL dalam yoghurt. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Mukhoiyaroh *et al.* (2022) penambahan prebiotik dengan konsentrasi tertinggi menghasilkan kadar protein tertinggi pula. Penggunaan prebiotik inulin komersial 2% menghasilkan protein terendah yaitu 1,9% sedangkan prebiotik tepung suweg 4% menghasilkan protein sebesar 3,2%.

Waktu inkubasi juga memengaruhi besar kecilnya protein pada yoghurt sinbiotik gembolo. Semakin lama waktu inkubasi mengakibatkan BAL memiliki waktu yang lebih panjang untuk berkembang biak dan mengalami peningkatan jumlah. Namun proses fermentasi juga dapat menurunkan kadar protein yoghurt karena adanya aktivitas katabolisme BAL yang dapat menguraikan protein menjadi polipeptida.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2981-2009 yoghurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi memiliki standar kadar lemak minimal 3,0% (BSN 2009). Kadar lemak yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam memiliki kadar lemak 2,8%. Artinya, kadar lemak yoghurt sinbiotik gembolo lebih rendah dari standar yang telah ditetapkan. Namun kadar lemak ini telah memenuhi standar yoghurt rendah lemak, yaitu berkisar 0,6–2,9% berdasarkan SNI yoghurt. Rendahnya kadar lemak yoghurt disebabkan oleh adanya aktivitas lipolitik BAL yang mendegradasi lemak menjadi asam laktat sehingga kadar asam laktat

meningkat sedangkan kadar lemaknya menurun (Ngatini *et al.* 2018). Semakin lama waktu fermentasi, BAL akan menghasilkan enzim lipase semakin banyak seiring dengan perkembangbiakan BAL yang meningkat, sehingga lemak yang terdegradasi menjadi asam semakin banyak pula (Puspa *et al.* 2022).

Kadar karbohidrat pada yoghurt sinbiotik berasal dari bahan baku serta bahan tambahan yang digunakan. Umbi gembolo sebagai bahan pembuatan yoghurt mengandung karbohidrat sebesar 16,6% (Kuncari, 2023), menyumbang sumber karbohidrat pada yoghurt yang dihasilkan. Penggunaan susu skim pada pembuatan yoghurt pula turut menjadi sumber karbohidrat pada produk yoghurt.

Energi merupakan salah satu hasil metabolisme karbohidrat, protein, dan lemak, berfungsi sebagai zat tenaga yang diperlukan untuk metabolisme tubuh. Energi diperoleh dari kandungan karbohidrat, lemak, dan protein yang ada dalam suatu bahan pangan. Nilai energi yoghurt sinbiotik gembolo dengan penambahan tepung gembolo 3%, dan lama inkubasi 24 jam sebesar 103,56 kal/100 g. Makanan dapat dianggap rendah energi apabila mengandung energi sebesar 40 kkal (Wening *et al.* 2022), artinya yoghurt sinbiotik gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam dapat dianggap memiliki energi yang tergolong tinggi.

KESIMPULAN

Penambahan tepung gembolo dan waktu inkubasi memberi pengaruh terhadap nilai pH, total asam, total BAL, dan penghambatan *Escherichia coli*. Kombinasi perlakuan terbaik terdapat pada yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo 3%, dan waktu inkubasi 24 jam. Karakteristik fisikokimia yoghurt sinbiotik gembolo ini memiliki nilai pH 3,53, total asam 1,8%, total BAL 9,22 log CFU/mL, dan zona hambat bakteri *Escherichia coli* terluas sebesar 17,77 mm. Karakteristik sensorinya mendapatkan *flavor* khas gembolo paling kuat dan tekstur paling kental. Nilai sineresis kombinasi perlakuan yoghurt ini sebesar 8,9% dan viskositas 4318 cP, serta memiliki kadar air 76,1%, kadar abu 1,2%, protein 3,9%, lemak 2,8%, karbohidrat 16,1%, dan energi 103,56 kal/100g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada PT Indofood Sukses Makmur Tbk pada Program Indofood Riset Nugraha 2023–2024 yang telah membiayai seluruh pelaksanaan penelitian dan Universitas Jenderal Soedirman yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2009. SNI 2981:2009. Syarat Mutu Yoghurt. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- Agustin ND, Saragih B, Prabowo S. 2019. Pengaruh lama blansir terhadap karakteristik fisikokimia dan sensoris tepung kentang udara (*Dioscorea bulbifera* L.). *J Tropical Agrifood*. 1 (1): 29–35. doi: 10.35941/jtaf.1.1.2019.2413.29-35
- Aprilia R, Mahfudz LD, Sunarti D, Kismiati S. 2021. Pemanfaatan sinbiotik ekstrak inulin umbi gembili dengan *Lactobacillus plantarum* terhadap kualitas interior telur itik pengging. *J Sain Peternakan Indonesia*. 16 (2): 186–193. doi: 10.31186/jspi.id.16.2.186-193
- Aryanti N, Abidin KY. 2015. Ekstraksi glukomanan dari porang lokal (*Amorphophallus oncophyllus* dan *Amorphophallus muerelli* blume). *METANA*. 11 (01): 21–30.
- Damayanti NH, Setyawardani T, Widayaka K. 2020. Viskositas dan total padatan yogurt susu kambing dengan penambahan ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*). *J Animal Science and Technology*. 2 (3): 251–258.
- Damayanti RW, Suwita IK. 2018. Pengaruh lama blanching uap terhadap kandungan kadar β -karoten, kadar air, daya serap air, densitas kamba dan rendemen tepung ubi jalar kuning (*Ipomea batatas* L.). *J Agromix*. 9 (2): 99–110. doi: 10.35891/agx.v9i2.1424
- Desnilasari D, Lestari NPA. 2014. Formulasi minuman sinbiotik dengan penambahan puree pisang ambom (*Musa paradisiaca* var *sapientum*) dan inulin menggunakan inokulum *Lactobacillus casei*. *Agritech*. 34 (3): 257–265. doi: 10.22146/agritech.9453
- Dhani AU. 2020. Pembuatan tepung ubi ungu dalam upaya diversifikasi pangan pada industri rumah tangga ukm griya ketelaqu di kelurahan plalangan kecamatan gunungpati kota semarang. *J Agribisnis dan Sosial Ekonomi Pertanian UNPAD*. 5 (1): 70–78. doi:10.24198/agricore.v5i1.27701
- Dunislawska A, Slawinska A, Stadnicka K, Bednarczyk M, Gulewicz P, Jozefiak D, Siwek M. 2017. Synbiotics for broiler chickens-*In vitro* design and evaluation of the influence on host and selected microbiota populations following in ovo delivery. *PLoS ONE*. 12 (1): e0168587. doi: 10.1371/journal.pone.0168587
- Failasufa MK, Sunarto W, Pratojo W. 2015. Analisis proksimat yoghurt probiotik formulasi susu jagung manis-kedelai dengan penambahan gula kelapa

- (*Cocos nucifera*) granul. *Indo J Chem Sci.* 4 (2): 117–121.
- Hermawati AH, Aryati, Isnaeni. 2016. Inhibitory activity of probiotic fermented milk against *Escherichia coli* ATCC 6538 and *Staphylococcus aureus* ATCC 8739. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi.* 5 (2): 8–10.
- Ihsan RZ, Cakrawati D, Handayani MN, Handayani S. 2017. Penentuan umur simpan yoghurt sinbiotik dengan penambahan tepung gembolo modifikasi fisik. *Edufortech.* 2 (1): 1–6. doi: 10.17509/edufortech.v2i1.6168
- Imelda F, Purwandani L. 2017. Karakteristik sensori yoghurt sinbiotik ubi jalar. *Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi 2017.* hal 113-117.
- Jonathan HA, Fitriawati IN, Arief II, Soenarno MS, Mulyono RH. 2022. Fisikokimia, mikrobiologi dan organoleptik yogurt probiotik dengan penambahan buah merah (*Pandanus conodeous* L.). *J Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan.* 10 (1): 34–41. doi: 10.29244/jipthp.10.1.34-41
- Korengkeng AC, Yelnetty A, Hadju R, Tamasoleng M. 2020. Kualitas fisikokimia dan mikrobial yoghurt sinbiotik yang diberi pati termodifikasi umbi uwi ungu (*Dioscorea Alata*) dengan level berbeda. *Zootec.* 40 (1): 124–133. doi: 10.35792/zot.40.1.2020.26922
- Kuncari ES. 2023. Nutrition value and phytochemical screening of gembolo (*Dioscorea bulbifera* L.) bulbils and tubers from Bogor, West Java. *J Ilmu Pertanian Indonesia.* 28 (1): 18–25. doi: 10.18343/jipi.28.1.18
- Mukhoiyaroh S, Novikasari NAM, Lusiana LE, Nurdyansyah F. 2020. Pengaruh pengembangan yoghurt probiotik dengan penambahan inulin sebagai antihiperkolesterolemia. *Science and Engineering National Seminar.*
- Mukhoiyaroh S, Nurdyansyah F, Ujianti RMD, Affandi AR. 2022. Pengaruh penggunaan berbagai sumber prebiotik terhadap karakteristik kimia yoghurt sinbiotik. *J Teknologi Pangan.* 16 (1): 124–140. doi:10.33005/jtp.v16i1.2884
- Mustika S, Yasni S, Suliantari. 2019. Pembuatan yoghurt susu sapi segar dengan penambahan puree ubi jalar ungu. *J Pendidikan Teknologi Kejuruan.* 2 (3): 97–101. doi:10.24036/jptk.v2i3.5923
- Nasarani EEB, Winarti S. 2023. Karakteristik yoghurt probiotik dari filtrat biji dan daging buah labu madu dengan lama fermentasi yang berbeda. *G-Tech: J Teknologi Terapan.* 7 (3): 1051–1060. doi:10.33379/gtech.v7i3.2695
- Ngatini, Purwijantiningsih E, Pranata FS. 2018. Kualitas yoghurt sinbiotik dengan kombinasi tepung kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) dan sari buah mangga (*Mangifera indica* var. arumanis). *Biota.* 3 (1): 33–43.
- Nugrahani G, Apridamayanti P, Sari R. 2020. Aktivitas antibakteri yogurt hasil fermentasi *Lactobacillus plantarum* terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *J Cerebellum.* 6 (2): 55–58. doi:10.26418/jc.v6i2.45306
- Nurhayati LS, Yahdiyani N, Hidayatulloh A. 2020. Perbandingan pengujian aktivitas antibakteri starter yogurt dengan metode difusi sumuran dan metode difusi cakram. *J Teknologi Hasil Peternakan.* 1 (2): 41. doi: 10.24198/jthp.v1i2.27537
- Oedjijono O, Kusharyati DF, Ryandini D, Pramono H. 2023. Inhibition of Multi Drug-Resistant (MDR) *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* by bacteriocin bifidobacteria and the viability of selected bifidobacteria encapsulated with tapioca. *Biodiversitas.* 24 (7): 4175–4182. doi: 10.13057/biodiv/d240762
- Pamela VY, Riyanto RA, Kusumasari S, Meindrawan B, Diwan AM, Istihamsyah I. 2022. Karakteristik sifat organoleptik yoghurt dengan variasi susu skim dan lama inkubasi. *Nutriology: Jurnal Pangan, Gizi, Kesehatan.* 3 (1): 18–24. doi: 10.30812/nutriology.v3i1.1963
- Pargiyanti. 2019. Optimasi waktu ekstraksi lemak dengan metode soxhlet menggunakan perangkat alat mikro soxhlet. *Indonesian Journal of Laboratory.* 1 (2): 29–35. doi: 10.22146/ijl.v1i2.44745
- Puspa SK, Rosida, Ayu R. 2022. Pembuatan yoghurt sinbiotik mangga arumanis (*Mangifera indica* L.) (dengan kajian penambahan ekstrak jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dan lama fermentasi). *J Sains dan Teknologi Pangan (JSTP).* 7 (6): 5749–5765.
- Putri YS, Kusharyati DF, Pramono H. 2020. Kualitas yoghurt dengan penambahan *Bifidobacterium sp.* Bb2E. *BioEksakta: J Ilmiah Biologi Unsoed.* 2 (1): 49–55. doi:10.20884/1.bioe.2020.2.1.1802
- Rachman SD, Djajasoepeana S, Kamara DS, Idar, Sustriana R, Safari A, Suprijana O, Ishmayana S. 2015. Kualitas yoghurt yang dibuat dengan kultur dua (*Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*) dan tiga bakteri (*Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus acidophilus*). *Chimica et Natura Acta.* 3 (2): 76–79. doi: 10.24198/cna.v3.n2.9192

- Safari A, Ghina SF, Djajasoepena S, Suprijana O, Indrawati I, Rachman SD, Kamara DS, Ishmayana S. 2016. Penggunaan bahan organik dan kombinasinya perubahan komposisi kimiawi produk yogurt dengan penambahan kalsium karbonat pada kultur starter campuran. *J Natur Indonesia*. 17 (1): 5–12. doi: 10.31258/jnat.17.1.5-12
- Sari D, Purwadi, Thohari I. 2019. Upaya peningkatan kualitas yoghurt set dengan penambahan pati kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*). *J Ilmu-Ilmu Peternakan*. 29 (2): 131–142. doi: 10.21776/ub.jiip.2019.029.02.04
- Sari R, Bintari YR, Damayanti DS. 2021. Pengaruh variasi konsentrasi sukrosa terhadap derajat keasaman dan total bakteri asam laktat kombucha daun sirsak (*Annona muricata* L.). Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang.
- Savitry NI, Nurwantoro, Setiani BE. 2017. Total bakteri asam laktat, total asam, nilai pH, viskositas, dan sifat organoleptik yoghurt dengan penambahan jus buah tomat. *J Aplikasi Teknologi Pangan*. 6 (4): 184–187.
- Setiarto RHB, Widhyastuti N, Fairuz I. 2017a. Pengaruh starter bakteri asam laktat dan penambahan tepung talas termodifikasi terhadap kualitas yogurt sinbiotik. *J Riset Teknologi Industri*. 11 (1): 18–30.
- Setiarto RHB, Widhyastuti N, Saskiawan I, Safitri RM. 2017b. Pengaruh variasi konsentrasi inulin pada proses fermentasi oleh *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. *Biopropal Industri*. 8 (1): 1–17.
- Setyawardani E, Rahardjo AHD, Setyawardani T. 2021. Pengaruh jenis susu terhadap sineresis, water holding capacity, dan viskositas yogurt. *J Animal Science and Technology*. 3 (3): 242–251.
- Sutedjo KSD, Nisa FC. 2015. Konsentrasi sari belimbing (*Averrhoa carambola* L) dan lama fermentasi terhadap karakteristik fisiko-kimia dan mikrobiologi yoghurt. *J Pangan Agroindustri*. 3 (2): 582–593.
- Tantrayana PB, Zubaidah E. 2015. Karakteristik fisik-kimia ekstrak salak gula pasir dengan metode maserasi. *J Pangan Agroindustri*. 3 (4): 1608–1619.
- Trimanto, Hapsari L. 2015. Diversity and utilization of *Dioscorea spp.* tuber as alternative food source in Nganjuk Regency, East Java. *Agrivita*. 37 (2): 97–107. doi:10.17503/Agrivita-2015-37-2-p097-107
- Wening DK, Purbowati, Nafisah. 2022. Optimization soygurt (*Glycine Max* L) high fiber and protein. *Amerta Nutrition*. 6 (1): 194–199. doi: 10.20473/amnt.v6i1SP.2022.194-199
- Winarti S, Sarofa U, Rodiyah KF. 2018. Karakteristik jelly drink sinbiotik dari susu kedelai dan ekstrak buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Agrointek*. 12 (1): 61–72. doi: 10.21107/agrointek.v12i1.3806

JMP-05-25-07-Naskah diterima untuk ditelaah pada 1 Mei 2025. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 4 Februari 2026. Versi Online: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmpi>