

Pengaruh Perbedaan Kadar Protein dan Lama Waktu Fermentasi Terhadap Karakteristik Fisikokimia Caspian Sea Yoghurt Teh Hijau

Effect of Differences in Protein Levels and Length of Fermentation Time on Physicochemical Characteristics of Caspian Sea Yoghurt Green Tea

Safitri¹, Nabila Khairunnisa Mansoor¹, Alvin Fajar Iqbal Faturohman¹, Nabila Sekar Putri¹, Lili Nailufhar², M Iqbal Prawira-Atmaja³, Shinta Maharani^{1a}

¹Prog Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia; Jl. Dr. Setiabudhi No. 207 Bandung, Jawa Barat 40154

²Prog Studi Magister Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University; Jl. Raya Dramaga Bogor, Jawa Barat 16680

³Dept. Pengolahan Hasil dan Enjinering, Pusat Penelitian Teh dan Kina; Gambung, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40010

^aKorespondensi: Shinta Maharani, E-mail: shinta.maharani@upi.edu

Diterima: 12 - 10 - 2023 , Disetujui: 30 - 08 - 2024

ABSTRACT

Caspian Sea yoghurt has been widely used for yogurt production, but it is rarely used in making green tea powder (GTP) yoghurt using milk with different protein content. This study aims to determine the changes in the characteristics of GTP yoghurt with Caspian Sea yoghurt using low-fat UHT milk (SLF) or full cream UHT milk (SFC) during the fermentation period at 0 and 16 hours. The results showed that using different types of UHT milk affected physicochemical characteristics. Fermentation for 16 hours caused a decrease in the pH of the sample to pH 4.3-4.4, but it was negatively correlated with an increase in acidity. In addition, fermentation increased the value of L* (brightness). The SLF sample has a greener color than the SFC sample. The viscosity of GTP yoghurt increased significantly at 16 hours in SFC and SLF samples. After 16 hours of fermentation, the TPC became 4.15 mg GAE/g and 4.45 mg GAE/g with IC₅₀ values of 37.51 g/mL and 23.95 g/mL in SLF and SFC samples. The high protein content in UHT milk affected the high acidity, viscosity, and syneresis values resulting in a decrease in the TPC of GTP yoghurt.

Keywords: *Caspian Sea yoghurt*, fermentation time, green tea powder, protein content

ABSTRAK

Yoghurt *Caspian Sea* telah dimanfaatkan secara luas untuk produksi yoghurt, namun masih sedikit dimanfaatkan pada pembuatan yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu dengan kandungan protein yang berbeda. Penelitian ini bertujuan mengetahui perubahan karakteristik yoghurt bubuk teh hijau dengan yoghurt *Caspian Sea* menggunakan jenis susu UHT *low-fat* (SLF) atau susu UHT *full cream* (SFC) selama masa fermentasi jam ke-0 dan jam ke-16. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan jenis susu UHT yang berbeda berpengaruh terhadap karakteristik fisikokimia. Fermentasi selama 16 jam menyebabkan penurunan pH sampel menjadi pH 4,3-4,4, namun berkorelasi negatif dengan peningkatan asam yang dititrasi. Selain itu, fermentasi menghasilkan peningkatan nilai L* (kecerahan). Sampel SLF memiliki warna lebih hijau dibandingkan dengan sampel SFC. Viskositas yoghurt bubuk teh hijau meningkat signifikan pada jam ke-16 pada semua sampel SFC dan SLF. Setelah fermentasi selama 16 jam kandungan total polifenol menjadi 4,15 mg GAE/g dan 4,45 mg GAE/g dengan nilai IC₅₀ sebesar 37,51 µg/mL dan 23,95 µg/mL pada sampel SLF dan SFC. Tingginya kadar protein pada susu UHT akan berdampak terhadap nilai tingkat keasaman, viskositas, dan sineresis yang tinggi mengakibatkan penurunan kadar polifenol yoghurt bubuk teh hijau.

Kata kunci: bubuk teh hijau, kadar protein susu, waktu fermentasi, yoghurt *Caspian Sea*

Safitri, S., Mansoor, N.K., Faturohman, A.F.I., Putri, N.S., Nailufhar, L., Prawira-Atmaja, M.I., & Maharani, S. (2024). Pengaruh perbedaan kadar protein dan lama waktu fermentasi terhadap karakteristik fisikokimia *caspian sea yoghurt* teh hijau. *Jurnal Agroindustri Halal*, 10 (2), 152 - 162.

PENDAHULUAN

Yoghurt merupakan produk fermentasi susu dan/atau susu rekonstitusi dengan menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* dan/atau bakteri asam laktat lain yang sesuai, dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diizinkan oleh undang-undang (SNI, 2009). Dalam melakukan preparasi *starter* ataupun inokulasi bakteri pada susu, kedua bakteri ini perlu diinkubasi pada suhu 37°C untuk mencapai pertumbuhan yang optimal (Handayani, 2021). Namun saat ini, terdapat *Caspian Sea yoghurt* yang dihasilkan dari fermentasi susu menggunakan bakteri asam laktat *Lactococcus lactis ssp. cremoris* dan *Acetobacter orientalis* pada suhu ruang (30°C) (Maharani et al., 2020), sehingga cocok untuk diaplikasikan di Indonesia (Herlambang et al., 2018).

Yoghurt dapat ditambah dengan berbagai jenis teh seperti teh pu-erh (Najgebauer-Lejko et al., 2014), teh hijau, teh putih, dan teh hitam (Muniandy et al., 2017), serta *Chinese sweet tea* (Abdel-Hamid et al., 2020). Teh merupakan salah satu senyawa bioaktif dengan kandungan polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan dan penangkal radikal bebas, karena adanya gugus hidroksil fenolik (Cabrera et al., 2013). Bubuk teh hijau yang ditambahkan pada yoghurt tipe set dengan bakteri *L. acidophilus* (35%), *B. longum* (30%), dan *S. thermophilus* (35%) dapat meningkatkan aktivitas antioksidan, pertumbuhan BAL, dan efek anti-inflamasi (Jeong et al., 2018). Aktivitas antioksidan meningkat seiring bertambahnya kandungan polifenol (Romero et al., 2021). Namun, hasil penelitian yang dilakukan Dönmez et al. (2017) menunjukkan bahwa ikatan polifenol cenderung mengubah struktur protein yang mengarah pada peningkatan stabilisasi protein sedangkan kapasitas penangkapan radikal bebas untuk polifenol secara bertahap menurun.

Adanya penambahan teh hijau selama fermentasi memengaruhi peningkatan pertumbuhan mikroba yang kemudian akan membentuk senyawa metabolik dengan aktivitas antioksidan. Selain itu, senyawa fenolik dari teh hijau akan dipecah menjadi senyawa fenol seperti konjugat asam quinik, gallo katekin, dan epikatekin. Lama waktu fermentasi juga memengaruhi konstituen bioaktif dalam teh hijau (Muniandy et al., 2016). Fatmawati et al. (2013) mengemukakan, kadar asam laktat, jumlah mikroba asam laktat total, dan pH yoghurt dipengaruhi oleh proses difermentasi yoghurt yang dibuat dari berbagai jenis susu, seperti susu kedelai, susu kambing, susu sapi segar, susu skim nabati, dan susu UHT selama 15 jam pada suhu 37°C.

Komponen kimia susu pada yoghurt dan senyawa fenolik yang terkandung dalam teh memiliki suatu interaksi. Pada beberapa penelitian menyatakan adanya perubahan struktur, stabilitas, daya cerna, sifat fungsional protein, sifat antioksidan dan bioavailabilitas fenolat (Yildirim-Elikoglu & Erdem, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Chen et al., (2020) menunjukkan bahwa yoghurt yang ditambahkan teh hitam menunjukkan aktivitas pemulungan DPPH yang lebih rendah dibandingkan yoghurt teh hijau. Perbedaan antioksidan ini masih dari segi penggunaan bahan tambahan saja, belum banyak penelitian yang melibatkan perbedaan kadar protein susu, lama penyimpanan, dan pengaruhnya terhadap sifat fisik kimia *Caspian Sea yoghurt* teh hijau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan kadar protein dan lama waktu fermentasi terhadap karakteristik fisikokimia *Caspian Sea yoghurt* teh hijau.

MATERI DAN METODE

Alat dan Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah *starter Caspian Sea* untuk pembuatan yoghurt. Yoghurt dibuat dari susu UHT *ful cream* (SFC) dengan kandungan protein 3,2% dan susu UHT *low fat* (SLF) dengan kandungan protein 3,6%. Sedangkan bubuk teh hijau berasal dari klon GMB 3 yang diperoleh dari Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK), Gambung. Bahan

kimia yang digunakan adalah: Folin-Ciocalteu (Merck), Natrium karbonat (Merck), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-Aldrich), dan natrium hidroksida (Merck). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH meter digital (Mediatech), Spektrofotometer (UV-1100 Mapada), Viskometer (Brookfield DVERVTJ0), Sentrifus (Gyrozen 406), dan unit alat titrasi.

Tahapan Penelitian

Pembuatan Starter Caspian Sea Yoghurt

Sebanyak 3 g *starter* bubuk Caspian Sea yoghurt dimasukkan ke dalam 1000 mL susu UHT *full cream*. Kemudian, susu diaduk menggunakan sendok yang sudah disterilkan. Selanjutnya, susu yang mengandung *starter* diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam.

Pembuatan yoghurt bubuk teh hijau

Pembuatan yoghurt bubuk teh hijau mengacu pada Maharani *et al.* (2020) dengan menggunakan *starter Caspian Sea*. Sebanyak 1000 mL SFC (protein 3,2%, lemak 3,2%, dan karbohidrat 5,2%) atau SLF (protein 3,6%, lemak 1,2%, dan karbohidrat 5,2%) ditambahkan gula pasir (8%, b/v). Susu diaduk dan ditambahkan *starter Caspian Sea* (10%, b/v) dan diikuti dengan penambahan bubuk teh hijau (1,5%, b/v). Selanjutnya susu diinkubasi pada suhu $30 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 16 jam dalam stoples kaca steril. Sampel yoghurt dianalisis pada jam ke-0 dan ke-16 fermentasi.

Penentuan pH dan keasaman yoghurt

Sebanyak 50 mL yoghurt bubuk teh hijau diukur dengan pH meter (dikalibrasi larutan bufer pH 7 dan 4) hingga diperoleh pembacaan yang stabil (Adrianto *et al.*, 2020). Penentuan keasaman yoghurt bubuk teh hijau diukur menggunakan titrasi asam laktat dengan metode titrasi NaOH (Jeong *et al.*, 2018). Sebanyak 10 g sampel yoghurt bubuk teh hijau ditambahkan dengan 10 mL akuades pada erlenmeyer, aduk hingga homogen kemudian di titrasi dengan NaOH 0,1 N. Titrasi dihentikan apabila pH telah mencapai 8,3. Total asam tertitrasi dihitung berdasarkan asam laktat tertitrasi (%).

$$TA\% = \left[\frac{NaOH (mL)}{Berat Sampel (g)} \times 0.009 \right] \times 100\% \quad (1)$$

Warna

Pengujian warna dilakukan dengan kromameter (VTSYIQI JZ-300) mengacu pada Maharani *et al.* (2020). Warna yang ditunjukkan oleh nilai L* (kegelapan/kecerahan), nilai a* (kehijauan/kemerahan), dan nilai b* (kebiruan/kekuningan).

Viskositas dan Sineresis

Viskositas yoghurt bubuk teh hijau diukur menggunakan viskometer (Brookfield DVERVTJ0) dengan kecepatan 60 rpm selama 1 menit. Sebanyak 250 mL sampel yoghurt dimasukkan ke dalam wadah gelas dan spindle yang disesuaikan dengan kekentalan yoghurt. Viskositas yoghurt ditentukan dengan satuan cP.

Pengukuran sineresis dilakukan dengan metode Setyawardani *et al.*, (2021) dengan modifikasi. Sebanyak 5 g sampel yoghurt bubuk teh hijau disentrifuse menggunakan Sentrifus (Gyrozen 406) dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Pengukuran sineresis diambil berdasarkan berat filtrat yang diambil dan ditimbang setelah sentrifugasi.

Sineresis diukur berdasarkan persen sineresis yang dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Sineresis (\%)} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat akhir}} \times 100 \quad (2)$$

Kadar Polifenol dan Aktivitas Antioksidan

Ekstraksi sampel yoghurt mengacu pada Keshavarzi et al. (2021) dengan sedikit modifikasi. Sebanyak 10 g sampel yoghurt bubuk teh hijau ditambahkan dengan 2,5 mL aquades. Ekstrak yoghurt digunakan untuk analisis total polifenol dan juga aktivitas antioksidan.

Total polifenol dianalisis menggunakan metode Folin-Ciocalteu (Keshavarzi et al., 2021). Sebanyak 1 mL ekstrak yoghurt dengan faktor pengenceran 50x ditambahkan dengan 0,5 mL Folin-Ciocalteu 100%, didiamkan selama 5 menit sebelum ditambahkan Na₂CO₃ 1 N sebanyak 1 mL. Sampel diinkubasi pada tempat gelap selama 2 jam pada suhu ruang. Sampel diukur menggunakan spektrofotometer (UV-1100 Mapada) pada panjang gelombang 725 nm. Total polifenol ditentukan berdasarkan persamaan linier kurva standar asam galat dengan konsentrasi 25-100 mg/g.

Pengujian aktivitas antioksidan merujuk pada Romero et al. (2021) dengan menggunakan *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH). Sebanyak 2 mL ekstrak sampel yoghurt dengan 5 konsentrasi berbeda ditambahkan dengan 3 mL DPPH 0,1 mM (Sigma-Aldrich). Absorbansi sampel diukur menggunakan spektrofotometer (UV-1100 Mapada) pada panjang gelombang 515 nm. Metanol 70% digunakan sebagai blanko. Nilai persen penghambatan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \left(\frac{\text{Abs kontrol} - \text{Abs sampel}}{\text{Abs kontrol}} \right) \times 100\%$$

(3)

Nilai IC₅₀ dihitung berdasarkan persamaan kurva regresi linier $Y = bx + a$

Analisis Data

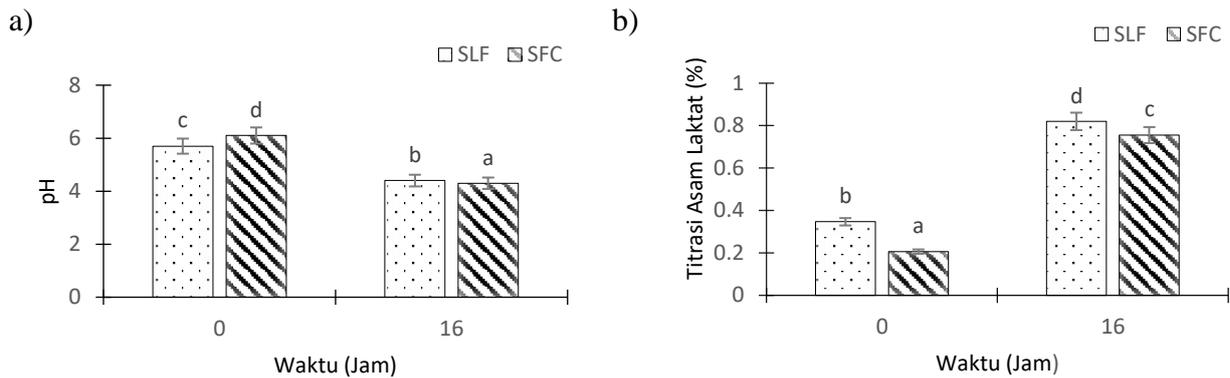
Data yang diperoleh pada penelitian diuji sebanyak tiga kali ulangan dengan analisis ANOVA *single factor* dan uji lanjut Duncan taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH dan Keasaman

Nilai pH dan keasaman merupakan parameter utama dalam produk yoghurt. Selama proses fermentasi terjadi penurunan derajat keasaman yoghurt bubuk teh hijau dengan nilai pH 4,3-4,4 (Gambar 1a). Proses dan lama fermentasi berperan dalam penurunan nilai pH pada yoghurt. Hal tersebut dikarenakan terjadinya peningkatan jumlah bakteri dari *starter Caspian Sea* seperti: *Lactococcus lactis ssp. cremoris* dan *Acetobacter orientalis* yang menghidrolisis laktosa menjadi asam laktat (Handayani, 2021). Penambahan *starter Caspian Sea* menyebabkan kenaikan protein pada yoghurt yang berasal dari degradasi protein mikrobial oleh enzim-enzim protease selama fermentasi. Perbedaan kadar protein berpengaruh terhadap penurunan nilai pH karena proses fermentasi pada yoghurt mampu mengaktifkan protein sehingga terbentuk molekul yang lebih kecil dan aktif yang diakibatkan oleh aktivitas proteolitik (Purwantiningsih et al., 2022). Berdasarkan perbandingan dari hasil penelitian Najgebauer-Lejko et al. (2014) nilai penurunan pH yoghurt teh hijau dengan *starter Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* tidak berbeda signifikan dengan nilai pH *Caspian Sea* yoghurt bubuk teh hijau yaitu 4,30-4,35.

Penambahan bubuk teh hijau berpengaruh terhadap penurunan nilai pH yoghurt. Hasil penelitian Jeong et al. (2018) penambahan teh hijau pada yoghurt dapat mempercepat tingkat fermentasi yoghurt. Kandungan bioaktif teh hijau dapat membantu memproduksi asam laktat dan merangsang pertumbuhan bakteri selama fermentasi sehingga meningkatkan keasaman pada yoghurt (Maharani et al., 2020).



Gambar 1. Nilai pH (a) dan Persentase titrasi asam laktat (b) yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea* pada jam ke-0 dan ke-16 fermentasi. Data merupakan rerata±standar deviasi dari tiga ulangan. SLF: yoghurt dengan susu *low-fat*; SFC: yoghurt dengan susu *full cream*. Notasi yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara jam fermentasi pada $p < 0.05$ berdasarkan DMRT.

Gambar 1b menunjukkan asam tertitrasi dari yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea*. Penurunan nilai pH yoghurt bubuk teh hijau berkorelasi negatif dengan peningkatan asam yang tertitrasi. Setelah 16 jam fermentasi dihasilkan peningkatan nilai asam tertitrasi pada yoghurt bubuk teh hijau dari SFC dan SLF. Hal tersebut berbanding lurus dengan hasil penelitian Najgebauer-Lejko *et al.* (2014) bahwa yoghurt dengan tambahan ekstrak teh hijau menunjukkan kadar asam laktat yang lebih tinggi dibandingkan yoghurt *plain*. Perbandingan signifikan pada persentase titrasi asam laktat dan nilai pH dipengaruhi kadar protein pada setiap jenis susu. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Maharani *et al.* (2020) menunjukkan bahwa selama fermentasi, pH yoghurt menurun sebanding dengan peningkatan persentase asam laktat. Aktivitas bakteri asam laktat menyebabkan terjadinya proses perombakan laktosa menjadi asam laktat menyebabkan pH susu menurun seiring dengan meningkatnya keasaman, sehingga kasein menjadi tidak stabil dan terkoagulasi (Maharani *et al.*, 2019).

Warna

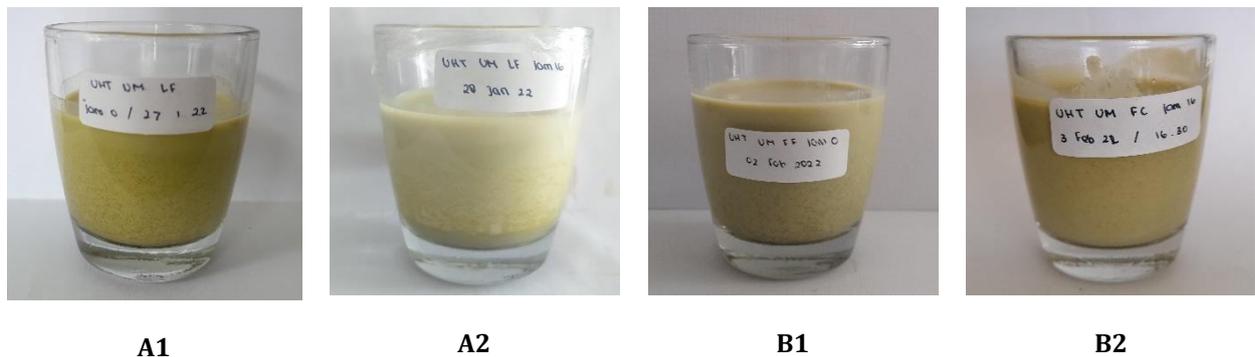
Warna merupakan salah satu atribut visual yang sangat penting pada yoghurt. Tabel 1 menunjukkan hasil nilai pengukuran warna pada *Caspian Sea* yoghurt bubuk teh hijau pada jam ke-0 dan 16 fermentasi. Terdapat peningkatan nilai L^* pada kedua sampel yang menunjukkan bahwa proses fermentasi meningkatkan kecerahan yoghurt (lebih putih). Nilai a^* yang negatif menunjukkan adanya warna hijau dan nilai b^* yang positif menunjukkan warna kuning. Hal tersebut sejalan dengan hasil pengujian Najgebauer-Lejko *et al.* (2014) yang menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*, dimana penambahan ekstrak teh hijau menurunkan nilai kecerahan yoghurt, dengan nilai a^* yang semakin negatif (hijau), dan mempengaruhi nilai b^* kearah positif (kuning).

Tabel 1. Perubahan nilai warna yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea* pada jam ke-0 dan ke-16 fermentasi dengan menggunakan jenis susu UHT berbeda.

Nilai Warna	SLF		SFC	
	Jam ke-0	Jam ke-16	Jam ke-0	Jam ke-16
L^*	61,77±1,10 ^a	67,27±0,32 ^b	75,03±0,85 ^c	78,87±0,75 ^d
a^*	-1,3±0,12 ^b	-1,6±0,00 ^a	0,53±0,25 ^c	0,13±0,06 ^d
b^*	22,73±1,31 ^a	24,53±0,1 ^{ab}	26,90±1,32 ^{bc}	31,67±2,02 ^d

Data merupakan rerata±standar deviasi dari tiga ulangan. SLF: yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu UHT *low fat*; SFC: yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu UHT *full cream*. Notasi yang berbeda antar baris menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara jam fermentasi pada $p < 0.05$ berdasarkan DMRT.

Nilai a^* pada sampel SFC lebih tinggi dibandingkan sampel SLF, karena tingginya kadar protein mempengaruhi partikel yang mengandung sedikit warna kehijauan (nilai a^* yang semakin menjauhi nilai nol atau nilai a^* positif) (Romero et al., 2021). Peningkatan nilai warna diakibatkan oleh adanya oksidasi enzimatis pada polifenol yang membentuk senyawa kimia berwarna seperti theaflavins (TFs) dan thearubigin (TRs) yang memengaruhi karakteristik warna dan kecerahan pada produk yang dihasilkan (Świąder et al., 2020). Yoghurt dengan penambahan bubuk teh hijau akan berwarna kehijauan dan hijau kekuningan akibat kandungan senyawa klorofil, flavonol, dan flavon (Najgebauer-Lejko et al., 2014). Penampakan visual yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. penampakan visual yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea*. A1) yoghurt bubuk teh hijau dengan SLF pada jam ke-0; A2) yoghurt bubuk teh hijau dengan SLF pada jam ke-16; B1) yoghurt bubuk teh hijau dengan SFC pada jam ke-0; dan B2) yoghurt bubuk teh hijau dengan SFC pada jam ke-16.

Viskositas dan Sineresis

Viskositas dan sineresis memiliki kaitan yang erat dengan sifat fisik kimia yoghurt. Viskositas yoghurt bubuk teh hijau meningkat signifikan pada jam ke-16 pada semua jenis susu SFC dan SLF. Produk yoghurt bubuk teh hijau (pada jam ke-16) dari susu rendah lemak (SLF) memiliki nilai sineresis lebih besar jika dibandingkan yoghurt bubuk teh hijau dari susu *full cream* (SFC). Sineresis adalah peristiwa keluarnya air dari gel. Pada yoghurt, biasanya sineresis diusahakan terjadi seminimal mungkin untuk bisa mempertahankan konsistensi gel produk yoghurt dengan waktu penyimpanan yang lama. Peningkatan viskositas dan sineresis dapat terjadi akibat persentase protein yang terkandung pada jenis susu yang digunakan. Perubahan viskositas dan sineresis yoghurt bubuk teh hijau dengan starter *Caspian sea* tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Perubahan viskositas dan sineresis yoghurt bubuk teh hijau dengan starter *Caspian sea* pada jam ke-0 dan setelah jam ke-16 fermentasi dengan menggunakan jenis susu UHT berbeda.

Parameter	SLF		SFC	
	Jam ke-0	Jam ke-16	Jam ke-0	Jam ke-16
Viskositas (Cp)	21,33±0,23 ^{ab}	2266,50±6,50 ^d	19,20±0,00 ^a	2140,00±17,00 ^c
Sineresis (%)	0,00±0,00 ^{ab}	48,68±1,02 ^d	0,00±0,00 ^a	39,54±0,05 ^c

Data merupakan rerata±standar deviasi dari tiga ulangan. SLF: yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu UHT *low fat*; SFC: yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu UHT *full cream*. Notasi yang berbeda antar baris menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara jam fermentasi pada $p < 0.05$ berdasarkan DMRT.

Bakteri *Caspian Sea* mempunyai viskositas yang lebih tinggi dibandingkan bakteri lainnya (Larasati *et al.*, 2016). Interaksi misel kasein ini juga dipengaruhi oleh pH yang dihasilkan *Caspian Sea*. Menurut Setianto *et al.* (2014), penurunan pH yang menyebabkan interaksi hidrofobik pada misel kasein dapat membentuk struktur dan konsistensi yang lebih kental, sehingga meningkatkan viskositas. Kandungan protein yang tinggi juga akan menghasilkan sineresis yang lebih banyak. Hal ini terjadi akibat interaksi antara protein-protein yang lebih banyak dibandingkan interaksi protein dengan air dan menyebabkan presipitasi, sehingga jaringan protein mempunyai kecenderungan untuk melepaskan air.

Dalam perbandingan lama waktu fermentasi, yoghurt jam 0 memiliki hasil sineresis yang lebih rendah dibandingkan yoghurt jam ke-16 karena ikatan protein masih kuat menahan air. Selain itu, menyusutnya struktur tiga dimensi dari jaringan protein selama masa fermentasi mengakibatkan terjadinya penurunan terhadap kekuatan ikatan *whey* protein susu, sehingga air dapat keluar dari yoghurt (Bahrami *et al.*, 2013). Penggunaan bubuk teh hijau memberikan padatan yang lebih banyak pada yoghurt, sehingga yoghurt menjadi lebih kental. Terjadinya peningkatan pada viskositas dan sineresis pada yoghurt teh hijau selaras dengan penelitian Dönmez *et al.* (2017) dengan menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*, yang membuktikan bahwa penambahan konsentrasi teh hijau dan lama waktu penyimpanan akan meningkatkan kedua sifat fisik tersebut.

Kadar Total Polifenol dan Aktivitas Antioksidan

Tabel 5 menunjukkan total polifenol dan aktivitas antioksidan (nilai IC₅₀) dari yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea*. Total polifenol pada sampel dengan kandungan protein yang lebih rendah (SFC) lebih besar dari pada SLF karena pada kondisi konsentrasi protein yang rendah, situs pengikatan pada protein akan tersaturasi oleh flavonoid. Pada kondisi konsentrasi protein yang rendah, situs pengikatan protein dipenuhi dengan flavonoid dan jembatan antara ikatan polipeptida akan terbentuk terlebih dahulu, sebelum akhirnya agregat-agregat besar terbentuk pada konsentrasi flavonoid yang sangat tinggi. Sebaliknya, pada kondisi konsentrasi protein yang tinggi, flavonoid cenderung membentuk jembatan antar ikatan polipeptida dengan lebih cepat bahkan sebelum mencapai titik jenuh, hal ini mengakibatkan pembentukan agregat terjadi pada konsentrasi flavonoid yang lebih rendah (Yildirim-Elikoglu & Erdem, 2018).

Kadar total polifenol yang menurun setelah 16 jam fermentasi dapat diakibatkan karena adanya senyawa fenolik pada ekstrak teh hijau yang tidak terdeteksi pada sampel yoghurt dengan penambahan teh hijau. Hal ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Muniandy *et al.* (2016), dimana terdapat penurunan kadar total polifenol seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi karena senyawa fenolik dalam ekstrak teh hijau berubah menjadi senyawa turunan yang terbentuk dari metabolisme protein susu oleh bakteri yoghurt. Akibatnya, terdapat senyawa fenolik yang awalnya terukur pada proses absorbansi di jam ke 0 menjadi tidak terukur pada proses absorbansi di jam ke 16. Jika dibandingkan dengan penelitian Ünal *et al.* (2018), yang menggunakan bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* sebagai inokulum dalam pembuatan yoghurt nya, nilai kadar total polifenol cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya lama waktu fermentasi. Hasil penelitian yang bertentangan ini dapat terjadi karena adanya perbedaan kadar bubuk teh hijau yang digunakan, dimana penelitian yang dilakukan oleh Ünal *et al.* (2018) menggunakan bubuk teh hijau 2% lebih tinggi dibanding yang digunakan dalam penelitian ini. Selain itu, disebutkan juga bahwa kadar senyawa katekin dan fenolik yang tinggi pada teh hijau berhasil meningkatkan nilai kadar total polifenol pada yoghurt.

Tabel 5. Kadar total polifenol dan aktivitas antioksidan yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea* pada jam ke-0 dan setelah jam ke-16 fermentasi dengan menggunakan jenis susu UHT berbeda.

Parameter	SLF		SFC	
	Jam ke-0	Jam ke-16	Jam ke-0	Jam ke-16
Total Polifenol (mg GAE/g)	4,69±0,04 ^c	4,15±0,01 ^a	5,27±0,06 ^d	4,45±0,01 ^b
Nilai IC ₅₀ Antioksidan (µg/mL)	27,90	37,51	36,35	23,95

Data merupakan rerata±standar deviasi dari tiga ulangan. SLF: yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu UHT *low-fat*; SFC: yoghurt bubuk teh hijau menggunakan susu UHT *full cream*. Notasi yang berbeda antar baris menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara jam fermentasi pada $p < 0.05$ berdasarkan DMRT.

Pada tabel 5 disajikan data aktivitas antioksidan sampel yoghurt teh hijau yang diamati dari nilai IC₅₀ hasil pengujian dengan reagen DPPH. Dari kedua sampel yang dibuat diperoleh interpretasi bahwa sampel SLF memiliki kecenderungan peningkatan nilai IC₅₀ sedangkan sampel SFC memiliki kecenderungan penurunan nilai IC₅₀. Semakin rendah nilai IC₅₀ pada hasil pengujian, maka aktivitas antioksidan semakin kuat (Leslie & Gunawan, 2019). Merujuk pada teori tersebut, maka sampel SFC mengalami peningkatan aktivitas antioksidan. Peningkatan aktivitas antioksidan sangat mungkin terjadi seiring meningkatnya kandungan polifenol selama waktu penyimpanan pada proses fermentasi (Ramos et al., 2017).

Akan tetapi, penelitian lainnya menunjukkan terjadinya penurunan aktivitas antioksidan selama fermentasi yoghurt pada hari ke-21 yang disebabkan karena kecenderungan degradasi epikatekin saat penambahan ekstrak anggur pada susu (Romero et al., 2021). Penelitian Romero ini serupa dengan fenomena sampel SLF yang justru mengalami penurunan aktivitas antioksidan setelah mengalami fermentasi hingga jam ke-16. Fenomena ini tentunya menunjukkan perbedaan tren aktivitas antioksidan dengan sampel SFC selama masa fermentasi. Selain itu, Muniandy et al. (2016) mengungkapkan bahwa proses fermentasi dapat memecah protein menjadi sejumlah asam amino yang berkontribusi terhadap peningkatan antioksidan. Oleh karena itu, penurunan antioksidan pada sampel SLF boleh jadi dikarenakan proteolisis selama fermentasi tidak berlangsung sempurna, sehingga tidak menghasilkan peningkatan signifikan terhadap aktivitas antioksidan.

Apabila fenomena pengujian dua sampel dari jenis yoghurt Caspian Sea teh hijau ini dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ünal et al. (2018) mengenai pengujian aktivitas antioksidan menggunakan DPPH pada jenis yoghurt drink komersial dengan tambahan ekstrak teh dan memainkan peran *Lactobacillus bulgaricus* menunjukkan fluktuasi pada hasil penangkalan radikal DPPH selama waktu penyimpanan, sehingga tampak tren antioksidan yang variatif untuk sejumlah sampel (ada yang meningkat dan menurun). Namun, terdapat faktor lain yang memengaruhinya yaitu diakibatkan oleh ketidakmampuan bakteri starter pada jenis susu untuk mempertahankan katekin dari proses oksidasi selama penyimpanan/fermentasi.

KESIMPULAN

Penambahan bubuk teh hijau pada pembuatan yoghurt berperan terhadap total polifenol dan aktivitas antioksidan. Penggunaan jenis susu UHT yang berbeda (susu *low fat* atau *full cream*) berpengaruh terhadap nilai pH, asam tertitrasi, viskositas, kandungan total polifenol dan aktivitas antioksidan yoghurt bubuk teh hijau dengan *starter Caspian Sea*. Tingginya kadar protein dan lemak pada susu UHT akan berdampak terhadap nilai tingkat keasaman, viskositas, dan sineresis yang tinggi yang berdampak turunnya kadar polifenol

pada yoghurt bubuk teh hijau. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sifat fluktuatif antioksidan dari yoghurt bubuk teh hijau dengan penggunaan *starter Caspian Sea*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Hamid, M., Huang, Z., Suzuki, T., Enomoto, T., Hamed, A. M., Li, L., & Romeih, E. (2020). Development of a multifunction set yogurt using *Rubus suavissimus* S. Lee (Chinese Sweet Tea) extract. *Foods*, 9(9), 1163.
- Adrianto, R., Wiraputra, D., Jyoti, M. D., & Andaningrum, A. Z. (2020). Total bacteria of lactic acid, total acid, pH value, syneresis, total dissolved solids and organoleptic properties of yoghurt back slooping method. *Jurnal Agritechno*, 13(2), 105–111. <https://doi.org/10.20956/at.v13i2.358>
- Amirdivani, S., & Baba, A. S. H. (2015). Green tea yogurt: major phenolic compounds and microbial growth. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4652–4660. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1670-6>
- Bahrami, M., Ahmadi, D., Alizadeh, M., & Hosseini, F. (2013). Physicochemical and sensorial properties of probiotic yogurt as affected by additions of different types of hydrocolloid. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33(3), 363–368. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2013.33.3.363>
- Cabrera, C., Artacho, R., & Giménez, R. (2013). Beneficial effects of green tea—a review. *Journal of the American College of Nutrition*, 25(2), 79–99. <https://doi.org/10.1080/07315724.2006.10719518>
- Chen, H., Zheng, H., Brennan, M. A., Chen, W., Guo, X., & Brennan, C. S. (2020). Effect of black tea infusion on physicochemical properties, antioxidant capacity and microstructure of acidified dairy gel during cold storage. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060831>
- Dönmez, Ö., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2017). Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 901–907. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11262>
- Fatmawati, U., Prasetyo, F. I., Supia, M. T. ., & Utami, A. N. (2013). Karakteristik Yogurt yang Terbuat dari Berbagai Jenis Susu dengan Penambahan Kultur Campuran *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. *Bioedukasi*, 6(2), 1–9. <https://media.neliti.com/media/publications/59868-ID-none.pdf>
- Handayani, K. R. (2021). Pengaruh Komposisi Bakteri pada Yogurt Difortifikasi Buah Jamblang (*Syzygium cumini* L.) terhadap Karakteristik Organoleptik dan Tingkat Kesukaan Yogurt. *Jurnal Ilmiah Pharmacy*, 8(1), 27–35. <https://doi.org/10.52161/jiphar.v8i1.333>
- Herlambang, D., Rif'ah, H. I., & Kusnadi, J. (2018). (Kajian Proporsi Penambahan Sukrosa dan Susu Skim serta Jenis Kedelai) Antibacterial Activity Caspian Sea Soyghurt (Study On Sugar and Skim Milk Proportion and Soybean Varieties). *JFLS*, 2(1), 29–44.
- Jeong, C. H., Ryu, H., Zhang, T., Lee, C. H., Seo, H. G., & Han, S. G. (2018). Green tea powder supplementation enhances fermentation and antioxidant activity of set-type yogurt. *Food Science and Biotechnology*, 27(5), 1419–1427. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0370-9>
- Keshavarzi, M., Sharifan, A., & Yasini Ardakani, S. A. (2021). Effect of the ethanolic extract and

- essential oil of *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss. on protein, physicochemical, sensory, and microbial characteristics of probiotic yogurt during storage time. *Food Science and Nutrition*, 9(1), 197–208. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1984>
- Larasati, T. Kusnadi, J., & Widyastuti, E. (2016). Pemanfaatan Whey dalam Pembuatan Caspian Sea Yogurt dengan Menggunakan Isolat *Lactobacillus Cremoris* dan *Acetobacter Orientalis*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 1(1), 201–210.
- Leslie, P. J., & Gunawan, S. (2019). Uji Fitokimia dan Perbandingan Efek Antioksidan Pada Daun Teh Hijau, Teh Hitam, dan Teh Putih (*Camellia Sinensis*) dengan Metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). *Tarumanagara Medical Journal*, 1(2), 383–388.
- Maharani, S., Rahayu, A., Azizah, D. N., Rahayu, D. L., Pendidikan, U., & Bandung, I. (2019). Perbandingan Penambahan Ekstrak Teh pada Karakteristik Kimia Caspian Sea Yoghurt. *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 3(2), 138–149. <https://doi.org/10.26877/jiphp.v3i2.5072>
- Maharani, S., Sari, N. A., Rahayu, A., Prawira-Atmaja, M. I., & Ana, A. (2020). Physicochemical characteristic of tea infusion yoghurt inoculated with caspian Sea Yoghurt. *Sains Malaysiana*, 49(12), 2951–2961. <https://doi.org/10.17576/jsm-2020-4912-07>
- Muniandy, P., Shori, A. B., & Baba, A. S. (2016). Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.02.002>
- Muniandy, P., Shori, A. B., & Baba, A. S. (2017). Comparison of the effect of green, white and black tea on *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus* spp. in yogurt during refrigerated storage. *Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, 22, 26–30. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2015.11.002>
- Najgebauer-Lejko, D., Zmudziński, D., Ptaszek, A., & Socha, R. (2014). Textural properties of yogurts with green tea and pu-erh tea additive. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(4), 1149–1158. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12411>
- Purwantiningsih, T. I., Bria, M. A. B., & Kia, K. W. (2022). Kadar Protein dan Lemak Yoghurt yang Terbuat dari Jenis dan Jumlah Kultur yang Berbeda. *Journal of Tropical Animal Science and Technology*, 4(1), 66–73. <https://doi.org/10.32938/jtast.v4i1.967>
- Ramos, L. R., Santos, J. S., Daguier, H., Valese, A. C., Cruz, A. G., & Granato, D. (2017). Analytical optimization of a phenolic-rich herbal extract and supplementation in fermented milk containing sweet potato pulp. *Food Chemistry*, 221, 950–958. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.069>
- Romero, M. L. M., Staszewski, M. von, & Martínez, M. J. (2021). The effect of green tea polyphenols addition on the physicochemical, microbiological and bioactive characteristics of yogurt. *British Food Journal*, 123(7), 2380–2397. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2020-0648>
- Setianto, Y. C., Pramono, Y. B., & Mulyani, S. (2014). Nilai pH, Viskositas, dan Tekstur Yoghurt Drink dengan Penambahan Ekstrak Salak Pondoh (*Salacca zalacca*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 3(3), 110–113.
- Setyawardani, E., Rahardjo, D. H. A., & Setyawardani, T. (2021). Pengaruh Jenis Susu Terhadap

- Sineresis, Water Holding Capacity, Dan Viskositas Yogurt The Effect of Milk Type on Syneresis, Water Holding Capacity, and Yogurt Viscosity. *Journal of Animal Science and Technology*, 3(3), 242–251.
- Świąder, K., Florowska, A., Konisiewicz, Z., & Chen, Y. P. (2020). Functional tea-infused set yoghurt development by evaluation of sensory quality and textural properties. *Foods*, 9(12), 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods9121848>
- Ünal, G., Karagözlü, C., Kinik, Ö., Akan, E., & Akalin, A. S. (2018). Effect of supplementation with green and black tea on microbiological characteristics, antimicrobial and antioxidant activities of drinking Yoghurt. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(2), 153–161. <https://doi.org/10.15832/ankutbd.446430>
- Yildirim-Elikoglu, S., & Erdem, Y. K. (2018). Interactions between milk proteins and polyphenols: Binding mechanisms, related changes, and the future trends in the dairy industry. *Food Reviews International*, 34(7), 665–697. <https://doi.org/10.1080/87559129.2017.1377225>