

Perbandingan *Whey* Keju Dan Susu Segar Terhadap Karakteristik *Stirred Yoghurt* Probiotik Dengan *Lacticaseibacillus paracasei* RB210

Cheese Whey and Fresh Milk Proportions Affecting the Characteristics of Probiotic *Stirred Yoghurt* with *Lacticaseibacillus paracasei* RB210

Putri Suci Maharani, Ni Nyoman Puspawati*, Sayi Hatiningsih

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana

*Corresponding Author: Ni Nyoman Puspawati, email: puspawati@unud.ac.id

Disetujui: 20 Maret 2026 / Diterima: 1 Juni 2026

Abstract

The utilization of cheese whey as a raw material for stirred yoghurt production has potential as an alternative waste management solution. Whey has weak protein aggregation properties, thus it needs to be combined with fresh milk, which contains casein with stronger hydrophobic interactions, to improve yoghurt structure. This study aimed to evaluate the effect of cheese whey and fresh milk ratios on the characteristics of probiotic stirred yoghurt and to determine the optimal ratio using *Lacticaseibacillus paracasei* RB210. Completely Randomized Design (CRD) was used with five treatments cheese whey to fresh milk ratios of 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, and 40:60. Each treatment was repeated three times (15 experimental units). Observed variables included total lactic acid bacteria (LAB), total acidity, pH, fat content, viscosity, and sensory attributes (color, aroma, texture, taste, and overall acceptance). Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) when significant effects were found. The results showed that the whey-to-milk ratio significantly affected total acidity, pH, fat content, viscosity, and sensory properties, but not total LAB. The best treatment was the 60:40 ratio, producing yoghurt with 9.32 log CFU/ml LAB, 0.51% acidity, pH 4.55, 0.15% fat, viscosity of 1.23 P.as, and favorable sensory characteristics yellowish-white color, sour taste, slightly thick texture, and good overall acceptance.

Keywords: *Lacticaseibacillus paracasei* RB210, probiotic, stirred yoghurt, cheese whey

Abstrak

Pemanfaatan *whey* keju sebagai bahan baku pembuatan *stirred yoghurt* berpotensi menjadi alternatif pemanfaatan limbah. *Whey* memiliki sifat agregat protein yang tidak kokoh. Pada pembuatan *stirred yoghurt*, *whey* perlu dikombinasikan dengan susu segar karena kandungan kasein susu segar memiliki sifat hidrofobik yang lebih kuat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan *whey* keju dan susu segar terhadap karakteristik *stirred yoghurt* probiotik serta menentukan perbandingan *whey* keju dan susu segar yang paling tepat untuk menghasilkan *stirred yoghurt* probiotik dengan karakteristik terbaik menggunakan bakteri *Lacticaseibacillus paracasei* RB210. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 taraf perlakuan, yaitu perbandingan *whey* keju dengan susu segar 80:20; 70:30; 60:40; 50:50 dan 40:60. Perlakuan diulang sebanyak 3 ulangan sehingga diperoleh 15 unit percobaan. Variabel yang diamati meliputi total LAB, total asam, pH, kadar lemak, viskositas, dan evaluasi sensoris yang meliputi warna, aroma, tekstur, rasa dan penerimaan keseluruhan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh terhadap variabel yang diamati dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan *whey* keju dan susu segar berpengaruh nyata terhadap total asam, pH, kadar lemak, viskositas dan sensoris, namun tidak berpengaruh nyata terhadap total LAB. *Stirred yoghurt* probiotik terbaik diperoleh pada perlakuan perbandingan *whey* keju dan susu segar 60:40 dengan karakteristik total LAB 9,32 log CFU/ml, total asam 0,51%; pH 4,55; kadar lemak 0,15%; viskositas 1,23 P.as; warna disukai dengan kriteria putih kekuningan; aroma disukai; tekstur disukai dengan kriteria agak kental; rasa disukai dengan kriteria asam; penerimaan keseluruhan disukai.

Kata kunci: *Lacticaseibacillus paracasei* RB210, probiotik, stirred yoghurt, whey keju

PENDAHULUAN

Industri pembuatan keju menghadapi permasalahan berupa limbah *whey* yang hadir setelah proses produksinya. *Whey* adalah hasil samping (*by-product*) dari proses pembuatan keju yang sering kali dibuang dan belum dimanfaatkan secara efisien. Menurut Khirzin et al. (2024) *whey* keju mengandung *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Dissolved Oxygen* (DO). Jika dibuang tanpa pengolahan yang tepat *whey* dapat merusak lingkungan. Proses pembuatan keju akan menghasilkan 85-90% *whey* dengan 55% kandungan nutrisi dari total nutrisi susu (Kafiya, 2022). *Whey* mengandung sekitar 0,85% protein, 4,85% laktosa, 0,6% lemak, dengan pH 6,40 (Saufani et al., 2021). *Whey* juga mengandung laktosa dalam jumlah banyak sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon oleh mikroba (Nursiwi et al., 2015). Kandungan gizi yang terkandung pada *whey* berpotensi dalam pengembangan produk pangan seperti produk olahan susu.

Salah satu olahan susu yang digemari masyarakat adalah yoghurt. Yoghurt merupakan produk olahan susu yang melalui tahap fermentasi dengan melibatkan aktivitas bakteri asam laktat (BAL) yang memproduksi asam laktat dan menurunkan pH sehingga terjadi koagulasi protein (Ramadhani et al., 2024). Proses fermentasi pada yoghurt dipercaya dapat meningkatkan kandungan nutrisi dan membuat yoghurt lebih mudah dicerna oleh

tubuh (Surono, 2016). Berdasarkan karakteristik fisiknya yoghurt dibedakan menjadi beberapa jenis, salah satunya *stirred* yoghurt. Pada dasarnya, proses fermentasi *stirred* yoghurt sama dengan yoghurt jenis lainnya, namun pada *stirred* yoghurt dilakukan proses pengadukan setelah proses inkubasi (Tamime & Robinson 1999). Tekstur yang dimiliki *stirred* yoghurt adalah lebih kental jika dibandingkan dengan *drink* yoghurt namun lebih cair dibandingkan *set* yoghurt. Umumnya *stirred* yoghurt dibuat dengan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* sebagai starter utama pada proses fermentasinya. Namun, kedua BAL tersebut memiliki kelemahan yakni tidak bersifat probiotik karena tidak mampu berkembang di dalam saluran pencernaan (Oktaviana et al., 2018). Penelitian Puspawati dan Arihantana (2016) melaporkan bahwa terdapat isolat probiotik seperti *Lc.paracasei* RB210 yang diisolasi dari teh kombucha yang merupakan salah satu isolat terbaik dan memiliki sifat probiotik. Sifat probiotik yang dimiliki oleh *Lc. paracasei* RB210 dapat membantu *stirred* yoghurt menjadi produk yang baik bagi kesehatan. Selain itu, *Lc. paracasei* RB210 dapat dijadikan pengganti bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* sebagai starter utama karena mampu menurunkan pH susu sehingga dapat mengkoagulasi susu dan dapat bertahan dan berkembang pada saluran pencernaan karena bersifat probiotik (Sukarya et al., 2021).

Selain jenis bakteri yang digunakan, kandungan bahan baku seperti protein, kadar lemak dan total padatan juga sangat mempengaruhi kualitas *stirred* yoghurt yang dihasilkan.

Whey mengandung protein sebesar 0,8% sedangkan susu segar mengandung protein sebesar 3,2% (Anon, 2018; Saufani et al. 2021). Protein *whey* termasuk kategori globular yang bersifat larut dalam air, contoh jenis protein *whey* seperti β -laktoglobulin, α -laktoalbumin, albumin, laktoferrin, dan immunoglobulin (Sulmiyati, 2017). Menurut Mudjiarti (1983) dalam Malaka (2015) sebagian besar protein globular akan membentuk agregat dengan jaringan yang tidak kokoh pada suhu 65°C. Pada pembuatan *stirred* yoghurt tekstur kental sulit dicapai apabila hanya menggunakan *whey* sebagai bahan dasar karena sifat agregat proteinnya. *Whey* masih perlu dikombinasikan dengan susu segar karena memiliki kandungan kasein yang memiliki sifat hidrofobik lebih kuat (Sukaryawan & Sari, 2021). Selain sifat proteinnya, *whey* keju memiliki kandungan nutrisi terlarut lebih rendah dibanding susu segar. Hal tersebut dapat mempengaruhi viskositas jika digunakan langsung dalam proses pembuatan yoghurt sehingga diperlukan adanya proses pemanasan pendahuluan untuk meningkatkan *total soluble solid* (TSS) serta penambahan total padatan seperti penambahan susu skim. Disamping itu, susu segar memiliki kadar lemak sebesar

3,8%, lebih tinggi dibanding *whey* keju yang memiliki kadar lemak sekitar 0,6% (Anjarsari, 2010; Nurminabari, 2018). Rendahnya kandungan lemak pada *whey* berpotensi sebagai bahan baku untuk menghasilkan produk rendah lemak seperti yoghurt rendah lemak.

Penelitian Larasati et al. (2016) menunjukkan formulasi perlakuan terbaik *caspian sea* yoghurt dengan bakteri *Lactobacillus cremoris* dan *Acetobacter orientalis* adalah *whey* keju:susu segar 25:75. Pada beberapa penelitian, *whey* dalam proporsi tinggi menghadapi berbagai kendala, seperti viskositas yoghurt yang rendah dan penerimaan organoleptik yang kurang baik. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan *whey* dengan susu segar yang optimal dalam pembuatan *stirred* yoghurt sehingga diperoleh *stirred* yoghurt probiotik dengan karakteristik terbaik.

METODE

Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah kultur *Lc. paracasei* RB210 koleksi Laboratorium Mikrobiologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, *whey* segar yang dibeli di PT. Gioia Cheese Bali, susu segar (Greenfields), sukrosa (Gulaku), susu skim bubuk (Tropicana Slim), CMC (Koepoe Koepoe). Bahan yang digunakan untuk analisis yakni alkohol 70% (OneMed), spiritus (Teratai),

NaCl 0,85% (Merck), media MRS Broth (Merck), bubuk kjeldahl (Merck), bacteriological agar (Himedia), aquades (Sekawan Bali Sejahtera), heksana (ProShield), larutan PP (Merck), H₂SO₄ (Merck), NaOH 0,1 N dan asam borat 3% (Merck).

Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah jar kaca, panci, sendok, *thermometer* (Boeco), *homogenizer*, tabung *centrifuge* (Eppendorf), *centrifuge* (Centurion), *laminar air flow* (Kojair), inkubator (Memmert), gelas ukur (Pyrex), timbangan analitik (Shimadzu), pH meter (*smart sensor*), cawan petri (Pyrex), autoklaf (Gee Medical), *micropipette* (DragonLab), pipet tip (Biologix), batang bengkok (Pyrex), jarum ose, corong, vortex (Thermolyne Maxi Mix II), refraktometer (Atago), *microtip* (OneMed), viskometer, gelas beaker (Pyrex), bunsen, labu ukur (Pyrex), erlenmeyer (Pyrex), buret (Pyrex), desikator, oven (Glotech), labu lemak (Pyrex), pipet tetes, aluminium foil (*Best Fresh*), tabung reaksi (Pyrex), kompor (Rinnai), *waterbath*, kertas saring (Whatman) dan corong pisah.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 taraf perlakuan perbandingan *whey* keju:susu segar, setiap perlakuan dilakukan 3 kali ulangan sehingga diperoleh 15 unit percobaan. Taraf perlakuan adalah sebagai berikut:

W1 = Perbandingan *whey* keju:susu segar (80:20)

W2 = Perbandingan *whey* keju:susu segar (70:30)

W3 = Perbandingan *whey* keju:susu segar (60:40)

W4 = Perbandingan *whey* keju:susu segar (50:50)

W5 = Perbandingan *whey* keju:susu segar (40:60)

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini mencakup 3 proses utama yaitu, penyegaran kultur bakteri, pembuatan starter yoghurt, dan pembuatan *stirred* yoghurt probiotik. Penyegaran kultur bakteri mengacu pada penelitian Puspawati et al. (2022). Proses penyegaran kultur *Lc. paracasei* RB210 dimulai dengan mengambil 4 butir manik-manik menggunakan batang ose dari kultur stok isolat yang sebelumnya disimpan dalam gliserol 20%. Manik-manik tersebut diinokulasikan ke dalam media MRS Broth sebanyak 5 ml kemudian diinkubasi selama 24 jam dengan suhu 37°C. Setelah inkubasi, pertumbuhan bakteri dalam media ditandai dengan adanya peningkatan kekeruhan.

Pembuatan starter yoghurt mengacu pada penelitian Aldianto et al. (2023) yang dimodifikasi. Proses pembuatan starter dimulai dengan pencucian sel. Kultur bakteri sebanyak 4 ml diambil dari MRS Broth serta dibagi ke dalam 4 tabung eppendorf, masing-masing berisi 1 ml kultur. Kultur disentrifugasi pada kecepatan

5000 rpm dengan suhu 4°C selama 12 menit. Supernatan dalam eppendorf dikeluarkan. Kemudian massa sel dilakukan pencucian sel menggunakan NaCl 0,85% lalu divortex dan disentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 12 menit dengan suhu 4°C. Pencucian sel dilakukan sebanyak 2 kali dan supernatan yang terbentuk dibuang. Massa sel yang dihasilkan siap digunakan. Proses pembuatan starter diawali dengan 6% sukrosa dan 5% susu skim ditambahkan ke dalam 100 ml susu segar, yang dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 30 menit. Setelah pasteurisasi, susu dihomogenkan dengan homogenizer selama 15 menit lalu dipindahkan ke dalam jar steril. Selanjutnya susu didinginkan dan diinokulasi dengan 4% *Lc. paracasei* RB210, lalu dilakukan tahap inkubasi pada suhu 40°C selama 12 jam.

Pembuatan *stirred* yoghurt probiotik diawali dengan pemanasan *whey* yang bertujuan untuk meningkatkan total padatan *whey*. *Whey* disiapkan sebanyak 1

liter. Selanjutnya *whey* dipanaskan dengan teknik *double boiler* selama 2 jam pada suhu 80°C. Setelah pemanasan selesai *whey* didinginkan sampai mencapai suhu 40°C. Pembuatan *stirred* yoghurt probiotik mengacu pada Lee & Lucey (2010) yang dimodifikasi. Sukrosa sebanyak 3%, susu skim 5% dan CMC 0,3% dimasukkan pada campuran *whey* dan susu segar dengan perbandingan sesuai perlakuan (80:20, 70:30, 60:40, 50:50 dan 40:60). Selanjutnya campuran dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 30 menit, lalu dihomogen dengan homogenizer selama 15 menit. Selanjutnya didinginkan hingga suhu 40°C. Setelah suhunya mencapai 40°C diinokulasi starter *Lc. paracasei* RB210 4%. Proses inkubasi dilakukan pada suhu 40°C selama 24 jam. Saat inkubasi selesai yoghurt diaduk secara merata. Pembuatan *stirred* yoghurt probiotik dengan perbandingan *whey* dan susu segar dibuat berdasarkan formulasi pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi Pembuatan *Stirred* Yoghurt Probiotik

Komposisi	Perlakuan				
	W1	W2	W3	W4	W5
<i>Whey</i> (%)	80	70	60	50	40
Susu Segar (%)	20	30	40	50	60
Sukrosa (%)	3	3	3	3	3
Susu Skim (%)	5	5	5	5	5
CMC (%)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam atau ANOVA (*Analysis of Variance*). Jika

hasil analisis menunjukkan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$), maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan. Analisis data dilakukan menggunakan *software* SPSS

IBM 25 (Gomez dan Gomez, 1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Hasil analisis kimia bahan baku meliputi TSS, kadar protein, dan pH disajikan dalam Tabel 2. Proses pemanasan pendahuluan *whey* selama 2 jam pada suhu 80°C bertujuan agar total padatan *whey* mengalami peningkatan melalui proses penguapan. Berdasarkan Tabel 2 pemanasan

whey selama 2 jam dengan suhu 80°C mengalami peningkatan TSS dari 7,2°Brix $\pm$ 0,33 menjadi 11,2°Brix $\pm$ 0,39. Peningkatan ini disebabkan oleh rekonsentrasi akibat penguapan air selama pemanasan. Volume *whey* mengalami penyusutan dari 1 liter menjadi 828 ml. Saat air menguap, padatan seperti laktosa, mineral, dan senyawa organik kecil menjadi lebih terkonsentrasi dalam volume yang lebih kecil, sehingga meningkatkan nilai dari TSS.

Tabel 2. Nilai Rata-rata TSS, Protein dan pH Bahan Baku

Bahan Baku	TSS (°Brix)	Protein (%)	pH
<i>Whey</i> sebelum pemanasan 2 jam	7,2 $\pm$ 0,33	1,20 $\pm$ 0,12	5,44 $\pm$ 0,17
<i>Whey</i> setelah pemanasan 2 jam	11,2 $\pm$ 0,39	2,29 $\pm$ 0,27	5,41 $\pm$ 0,16
W1 (80:20)	14,7 $\pm$ 0,43	2,97 $\pm$ 0,44	5,49 $\pm$ 0,18
W2 (70:30)	15,6 $\pm$ 0,37	3,22 $\pm$ 0,41	5,51 $\pm$ 0,18
W3 (60:40)	16,3 $\pm$ 0,49	3,27 $\pm$ 0,40	5,55 $\pm$ 0,18
W4 (50:50)	17,9 $\pm$ 0,40	3,36 $\pm$ 0,43	5,59 $\pm$ 0,17
W5 (40:60)	20,0 $\pm$ 0,41	4,85 $\pm$ 0,46	5,62 $\pm$ 0,18

Hasil ini didukung oleh penelitian Warji et al. (2018) bahwa pemanasan *whey* protein isolat (WPI) dengan suhu 80°C selama beberapa jam menyebabkan peningkatan viskositas larutan. Peningkatan viskositas ini menunjukkan adanya konsentrasi padatan dalam larutan *whey* yang semakin tinggi setelah dipanaskan. Pada bahan baku *stirred* yoghurt probiotik sebelum difermentasi, nilai TSS mengalami peningkatan yang berkisar antara 14,7°Brix $\pm$ 0,43 hingga 20°Brix $\pm$ 0,41. Hal ini dapat terjadi karena total padatan susu segar yang lebih tinggi dibanding *whey* sehingga saat dilakukan pencampuran akan meningkatkan

total padatan seiring meningkatnya susu segar. Subagyo et al. (2022) mengatakan susu segar memiliki total padatan sekitar 10–12%, sedangkan *whey* yang hanya mengandung total padatan sekitar 6–7%.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kadar protein *whey* mengalami peningkatan setelah dilakukan pemanasan dari 1,20% $\pm$ 0,12 menjadi 2,29% $\pm$ 0,27. Peningkatan ini diduga terjadi akibat pemanasan yang menyebabkan sebagian air menguap, sehingga mengakibatkan konsentrasi protein dalam larutan meningkat. Selain itu, suhu pemanasan 80 °C berada di atas suhu denaturasi protein globular yang

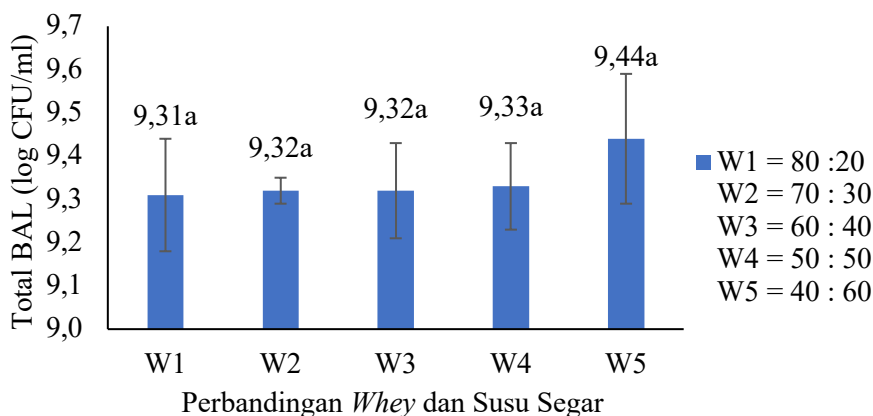
menyebabkan struktur protein terbuka sehingga molekul akan saling berinteraksi dan membentuk agregat. Hal ini sesuai dengan Considine et al. (2007), protein globular seperti β -laktoglobulin dan α -laktalbumin mulai terdenaturasi pada suhu 70–75 °C. Pada bahan baku *stirred* yoghurt probiotik sebelum difermentasi, kadar protein meningkat seiring bertambahnya proporsi susu segar yakni dari $2,97\% \pm 0,44$ hingga $4,85\% \pm 0,46$. Meningkatnya kadar protein tersebut berpotensi memperkuat struktur gel yoghurt karena lebih banyak protein yang tersedia untuk membentuk jaringan koagulasi selama fermentasi. Pada penelitian Haque & Kinsella (1988) saat proses pasteurisasi, β -laktoglobulin dan α -laktalbumin pada *whey* dapat berinteraksi dengan kasein melalui ikatan disulfida sehingga agregat protein kompleks akan terbentuk. Interaksi tersebut dapat mempengaruhi tingkat viskositas dan tekstur pada yoghurt. Penelitian Zhao et al (2016) menyatakan bahwa pemanasan campuran susu skim dan *whey* pada suhu 95°C selama 5 menit menyebabkan denaturasi *whey* protein dan meningkatkan interaksi dengan kasein pada susu melalui pembentukan ikatan disulfida dan hidrofobik.

Nilai pH *whey* sebelum dilakukan pemanasan adalah sebesar $5,44 \pm 0,17$ dan setelah dipanaskan mengalami penurunan menjadi $5,41 \pm 0,16$. Penurunan pH setelah

proses pemanasan menunjukkan adanya perubahan yang terjadi secara kimia akibat perlakuan panas. Hal tersebut dapat terjadi diduga karena adanya pelepasan ion hidrogen (H^+) dari gugus fungsional seperti asam karboksilat ($-COOH$) yang menjadi lebih aktif pada suhu tinggi. Pemanasan diduga dapat mempercepat pelepasan ion tersebut, sehingga konsentrasi H^+ dalam larutan meningkat. Penelitian Zhao et al. (2016) menyebutkan bahwa saat *whey* dipanaskan menyebabkan struktur protein terbuka dan gugus asam ($-COOH$) menjadi lebih aktif. Gugus ini melepaskan ion hidrogen (H^+) lebih cepat dan intens ke dalam larutan, sehingga keasaman meningkat dan pH menurun. Pada bahan baku *stirred* yoghurt probiotik sebelum di fermentasi, nilai pH mengalami peningkatan dari $5,49 \pm 0,18$ hingga $5,62 \pm 0,18$. Peningkatan ini disebabkan oleh pH awal susu segar yang lebih tinggi dibandingkan *whey* yang berkisar antara 6,3- 6,75 (Umar & Novita, 2014).

Total BAL

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap total BAL *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata total BAL dapat dilihat pada Gambar 1.



Ket: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Gambar 1. Nilai rata-rata total BAL stirred yoghurt probiotik

Berdasarkan Gambar 1 total BAL berkisar dari 9,31 log CFU/ml hingga 9,44 log CFU/ml. Total BAL pada starter mengandung populasi sebesar 8,22 log CFU/ml. Setelah diinokulasi dan diinkubasi selama 24 jam, total BAL mengalami peningkatan dari 10^8 CFU/ml menjadi 10^9 CFU/ml.

Populasi BAL menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan antar perlakuan. Hal ini diduga karena kecukupan nutrisi untuk pertumbuhan dan metabolisme BAL sudah terpenuhi sehingga BAL mampu tumbuh dengan baik. Salah satu substrat yang mendukung pertumbuhan BAL adalah laktosa. *Whey* keju masih mengandung laktosa sekitar 4,85% hampir setara dengan laktosa yang dikandung susu segar 5,3% (Anon 2018; Saufani et al., 2021). Seluruh perlakuan memiliki jumlah laktosa yang

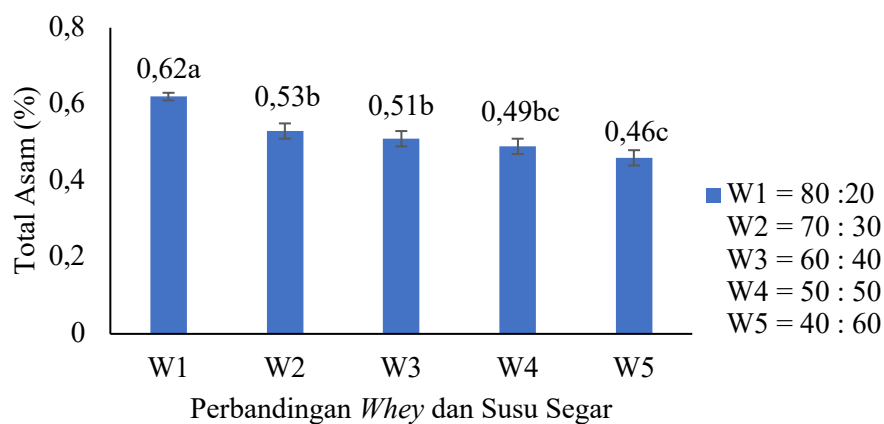
cukup ditunjukkan oleh hasil total BAL yang dapat tumbuh dengan baik dan berada di atas syarat minimum. Selain laktosa komponen lain seperti sukrosa juga mempengaruhi total BAL yang dihasilkan. Sukrosa yang dipecah menjadi glukosa berpotensi menjadi sumber energi BAL. Pada penelitian ini kadar sukrosa yang ditambahkan seragam untuk seluruh perlakuan. Mahdian dan Tehrani (2007) menyatakan bahwa berbagai faktor seperti komposisi kimiawi bahan baku, substrat, inokulum yang digunakan, suhu dan waktu fermentasi, serta lama inkubasi dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Nurhartadi et al. (2017) mendukung hasil penelitian ini dengan menyatakan bahwa penggunaan *whey* dalam pembuatan yoghurt menghasilkan total BAL yang stabil. Nugroho et al. (2023) juga menyebutkan bahwa ketika ketersediaan substrat seperti

laktosa terpenuhi BAL akan mengalami peningkatan jumlah populasi. Total BAL pada semua perlakuan telah memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI 2981:2009 untuk yoghurt yaitu minimal 10^7 CFU/ml. Seluruh perlakuan *stirred* yoghurt probiotik telah mencerminkan keberhasilan

proses fermentasi dan memenuhi standar kelayakan jumlah mikroorganisme.

Total Asam

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap total asam *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata total asam dapat dilihat pada Gambar 2.



Ket: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Gambar 2. Nilai rata-rata total asam *stirred* yoghurt probiotik

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan adanya penurunan total asam seiring meningkatnya susu segar dalam formulasi *stirred* yoghurt. Total asam berkisar antara 0,46% hingga 0,62%. Nilai total asam tertinggi terdapat pada perlakuan W1 sebesar $0,62 \pm 0,01\%$. Total asam terendah diperoleh perlakuan W5 sebesar $0,46 \pm 0,02\%$ dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan W4.

Kadar total asam pada *stirred* yoghurt semakin menurun seiring meningkatnya susu segar dalam formulasi.

Hal ini diduga karena sifat asam yang dimiliki oleh *whey*. *Whey* memiliki keasaman 5,41 sedangkan BAL tumbuh optimum pada keasaman 5,5 hingga 5,6. Sifat asam yang cukup tinggi dalam *whey* sebelum difermentasi memungkinkan bakteri bekerja secara optimal, sehingga akumulasi asam laktat terjadi lebih cepat dan dalam jumlah lebih tinggi dibandingkan formulasi sedikit *whey*. Hal ini didukung oleh Rahman et al. (2014) yang mengatakan *whey* sudah bersifat asam sejak awal karena sudah melewati proses fermentasi dalam

pembuatan keju. Selain sifat *whey* yang asam, produksi asam laktat dipengaruhi oleh pertumbuhan BAL yang menjadikan laktosa sebagai substrat utama.

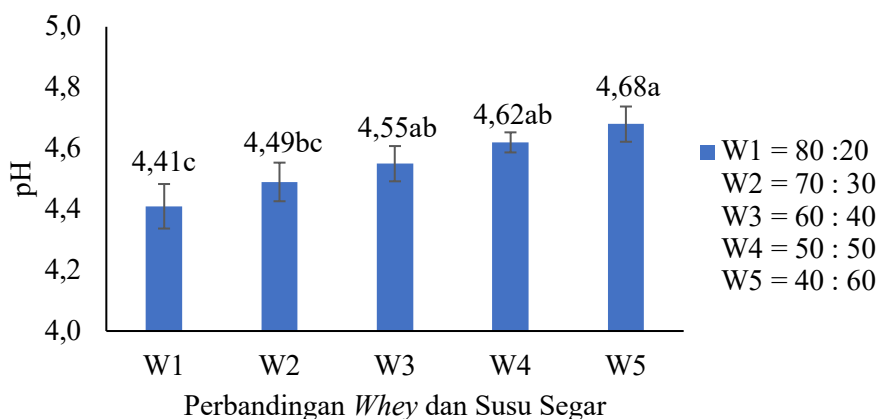
Whey memiliki kadar laktosa yang hampir setara dengan laktosa susu segar. *whey* mengandung laktosa sekitar 4,85% hampir setara dengan laktosa yang dikandung susu segar 5,3% (Anon 2018; Saufani et al., 2021). Laktosa akan diurai menjadi glukosa dan galaktosa melalui aktivitas enzim β -galaktosidase, kemudian masuk ke jalur glikolisis untuk menghasilkan piruvat. Pada kondisi anaerob, piruvat diubah menjadi asam laktat sebagai produk akhir utama. Sifat *whey* yang asam dan kadar laktosa *whey* yang hampir setara dengan susu segar dapat meningkatkan kadar total asam pada formulasi *stirred* yoghurt probiotik. Koswara (2009) menyebutkan bahwa dalam jalur glikolisis, glukosa dikonversi menjadi asam piruvat yang kemudian berperan sebagai akseptor hidrogen. Proses fermentasi menghasilkan asam laktat sebagai produk akhirnya melalui reduksi asam piruvat oleh NADH_2 . Berdasarkan SNI 2981:2009, kadar total asam yoghurt berkisar 0,5%–2% b/b. Mengacu syarat tersebut, perlakuan W1, W2, dan W3 dinyatakan memenuhi standar, sementara W4 dan W5 tidak memenuhi karena memiliki kadar total asam di bawah batas minimum standar.

Derajat Keasaman (pH)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap pH *stirred* yoghurt probiotik. Rata-rata nilai pH dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan adanya peningkatan nilai pH seiring dengan meningkatnya proporsi susu segar dalam formulasi *stirred* yoghurt. Nilai pH berkisar antara 4,41 hingga 4,68. Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan W5 dengan nilai pH sebesar $4,68 \pm 0,06$ dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan W3 dan W4. Nilai pH terendah diperoleh pada perlakuan W1 sebesar $4,41 \pm 0,07$.

Semakin tinggi proporsi susu segar dalam formulasi menunjukkan semakin tinggi nilai pH *stirred* yoghurt probiotik. Hal ini disebabkan karena pH awal susu segar lebih tinggi dibanding *whey*. *Whey* memiliki pH 5,24 sebelum difermentasi dan menurun menjadi 4,41 hingga 4,68 setelah difermentasi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa fermentasi terjadi dalam lingkungan yang sudah memiliki suasana asam. Lingkungan tersebut dapat mempercepat aktivitas BAL dalam memproduksi asam sehingga penurunan pH pada *stirred* yoghurt dengan proporsi *whey* yang tinggi terjadi lebih cepat. Aktivitas fermentasi berperan dalam menentukan nilai pH yang dihasilkan pada *stirred* yoghurt.



Ket: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Gambar 3. Nilai rata-rata pH *stirred* yoghurt probiotik

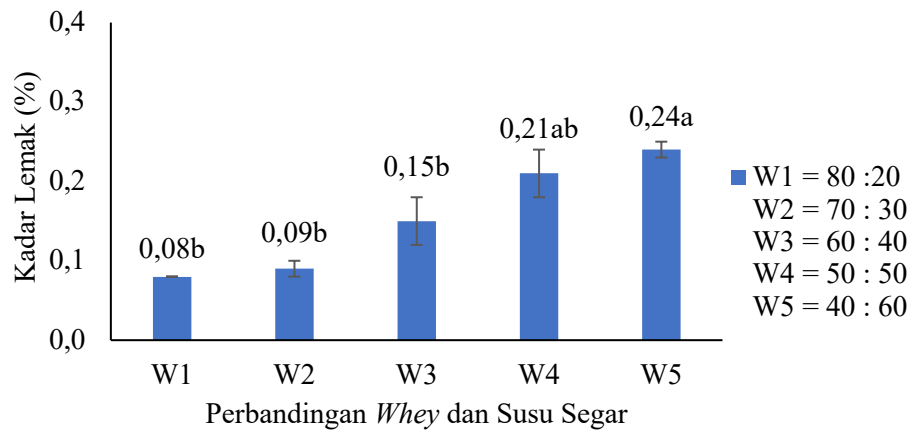
Bakteri asam laktat berkontribusi dalam peningkatan jumlah ion H^+ terlarut sehingga nilai pH akan menurun dan menghasilkan rasa asam pada yoghurt (Majdiyyah & Farida., 2023). Hal ini sejalan dengan Khalil & Anwar (2016) BAL tumbuh secara optimum pada suasana asam dengan pH 5,5 – 6,0. *Whey* dapat dimanfaatkan sebagai media fermentasi alami yang efisien dalam menurunkan pH akhir yoghurt.

Kadar Lemak

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kadar lemak *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata kadar lemak dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 kadar lemak *stirred* yoghurt menunjukkan peningkatan seiring dengan meningkatnya proporsi susu segar dalam formulasi. Kisaran kadar lemak berada antara 0,08% hingga 0,34%. Kadar lemak tertinggi terdapat pada perlakuan W5 sebesar $0,24 \pm 0,01\%$ dan tidak berbeda

nyata dengan W4. Kadar lemak terendah terdapat pada perlakuan W1 sebesar $0,08 \pm 0,00\%$ dan tidak berbeda nyata dengan W2, W3 dan W4. Semakin tinggi proporsi susu segar dalam formulasi maka kadar lemak *stirred* yoghurt semakin meningkat. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kadar lemak susu segar dibandingkan *whey*. Susu segar yang digunakan pada penelitian ini mengandung lemak sebesar 3,5%, sementara *whey* hanya mengandung lemak sekitar 0,6% (Saufani, 2018). Oleh karena itu, ketika *whey* dan susu segar digabungkan dalam suatu formulasi, kadar lemak cenderung meningkat seiring bertambahnya proporsi susu segar.

Berdasarkan SNI 2981:2009 syarat mutu kadar lemak yoghurt dibagi menjadi 3 yakni yoghurt utuh minimal 3%, yoghurt rendah lemak berkisar antara 0,6% hingga 2,9% dan yoghurt tanpa lemak maksimum 0,5%.



Ket: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

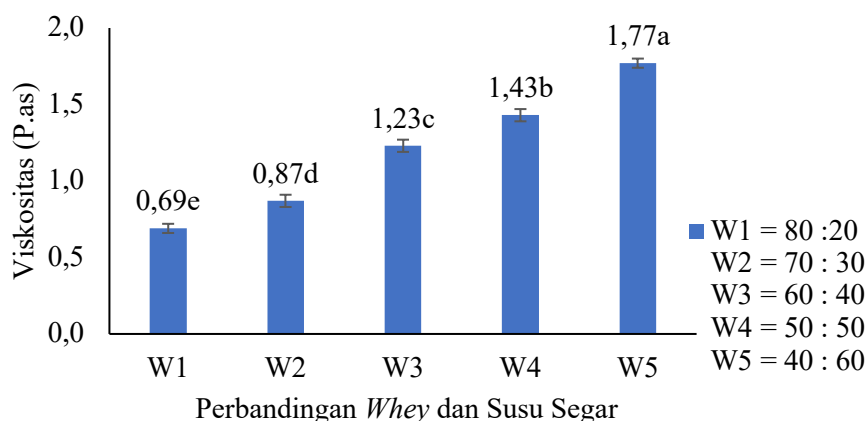
Gambar 4. Nilai rata-rata kadar lemak *stirred* yoghurt probiotik

Seluruh *stirred* yoghurt probiotik memiliki kadar lemak lebih rendah dari 0,6% sehingga seluruh perlakuan berada pada kategori yoghurt tanpa lemak. Hal tersebut menjadi salah satu keunggulan dari produk ini karena yoghurt tanpa lemak umumnya lebih diminati oleh orang yang memperhatikan asupan lemak harian atau sedang menjalani program diet. Hal ini sesuai dengan El-Kholy et al. (2014), orang yang menerapkan kebiasaan diet meningkatkan konsumsi yoghurt tanpa lemak. Penelitian Towil & Pramono (2014) menunjukkan yoghurt tanpa lemak aman dikonsumsi oleh penderita hiperkolesterolemia serta mampu mendukung efektivitas sinbiotik dalam menurunkan kadar kolesterol LDL secara signifikan.

Viskositas

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan whey dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap viskositas *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata viskositas dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan kekentalan *stirred* yoghurt meningkat seiring bertambahnya proporsi susu segar dalam formulasi. Viskositas *stirred* yoghurt berkisar antara 0,69 Pa.s hingga 1,77 Pa.s. Perlakuan tertinggi terdapat pada perlakuan W5 dengan viskositas $1,77 \text{ Pa.s} \pm 0,03$. Viskositas terendah ditunjukkan oleh perlakuan W1 dengan nilai $0,69 \text{ Pa.s} \pm 0,03$.

Viskositas *stirred* yoghurt probiotik mengalami peningkatan seiring meningkatnya proporsi susu segar. Hal ini disebabkan oleh hasil koagulasi protein.



Ket: Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)

Gambar 5. Nilai rata-rata viskositas *stirred* yoghurt probiotik

Whey mengandung protein dalam jumlah lebih sedikit dibanding susu segar yakni sebesar 1,3% b/b sebelum dipanaskan 2 jam dan 2,6% b/b setelah dipanaskan 2 jam. Sedangkan susu segar yang digunakan dalam penelitian ini mengandung protein 3,3% b/b. Jenis protein yang terkandung dalam *whey* adalah protein larut seperti β -laktoglobulin dan α -laktalbumin. Jenis protein tersebut memiliki struktur globular yang berpotensi lebih kecil untuk membuat gel yang kuat karena sifatnya yang memiliki struktur yang lebih sederhana dan tidak dapat membentuk ikatan hidrogen yang kuat sehingga sulit terkoagulasi. Selain itu *whey* memiliki TSS yang lebih rendah dibanding susu segar yakni 7,2°Brix sebelum dipanaskan selama 2 jam dan 11,2°Brix setelah dipanaskan 2 jam. Hal tersebut dapat mempengaruhi viskositas *stirred* yoghurt yang dihasilkan. Semakin tinggi *whey* dalam formulasi maka akan menghasilkan viskositas yang semakin rendah dan semakin

tinggi susu segar yang digunakan maka viskositas *stirred* yoghurt probiotik akan meningkat. Hal ini disebabkan karena kasein berperan penting dalam pembentukan struktur gel selama proses fermentasi dan total padatan yang lebih tinggi dapat meningkatkan viskositas yoghurt. Hasil ini sesuai dengan Tamime & Robinson (1991), kandungan protein merupakan faktor terpenting yang menentukan tingkat viskositas pada produk fermentasi

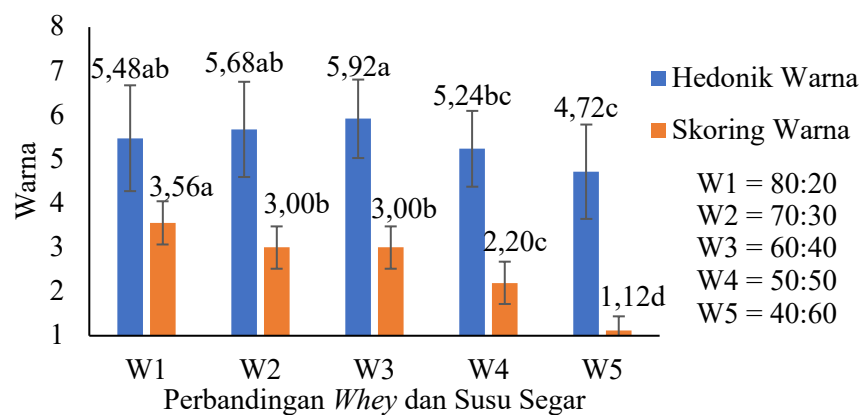
Penurunan viskositas pada perlakuan dengan proporsi *whey* yang lebih tinggi sejalan dengan temuan Magenit et al. (2006) bahwa yoghurt dengan *whey* retentate memiliki viskositas lebih rendah akibat kandungan protein dan padatan yang lebih kecil dibanding yoghurt dari susu retentate. Penelitian Soares (2011) menunjukkan bahwa viskositas pada yoghurt berbasis *whey* meningkat secara signifikan karena adanya peningkatan perlakuan susu bubuk yang kandungan utamanya adalah kasein.

Menurut Anon (2018) standar viskositas *stirred* yoghurt adalah 1500 mPa.s atau setara dengan 1,5 Pa.s. Berdasarkan hasil penelitian perlakuan yang memenuhi kriteria tersebut adalah perlakuan W5. Pada perlakuan W1 hingga W4 belum memenuhi kriteria karena nilai viskositas belum memenuhi standar.

Evaluasi Sensoris

Warna

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kesukaan dan skoring warna *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata sensoris warna dapat dilihat pada Gambar 6.



- Ket: - Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik: 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka
 - Kriteria skoring: 4 = kuning muda, 3 = putih kekuningan, 2 = agak putih, 1 = putih

Gambar 6. Nilai rata-rata sensoris warna *stirred* yoghurt probiotik

Berdasarkan Gambar 6 nilai uji hedonik *stirred* yoghurt menunjukkan peningkatan penerimaan terhadap warna sampai titik tertentu yang selanjutnya menurun. Kesukaan warna *stirred* yoghurt probiotik berkisar antara 4,72 hingga 5,92 dengan kriteria agak suka sampai suka. Nilai hedonik tertinggi terdapat pada perlakuan W3 sebesar $5,92 \pm 0,89$ dengan kriteria suka dan tidak berbeda nyata dengan W1 dan W2, sedangkan nilai hedonik terendah terdapat pada perlakuan W5 sebesar $4,72 \pm 1,07$

dengan kriteria agak suka dan tidak berbeda nyata dengan W4. Nilai uji skoring *stirred* yoghurt probiotik berkisar antara 1,12 hingga 3,56 dengan kriteria putih sampai kuning muda. Nilai skoring tertinggi terdapat pada perlakuan W1 sebesar $3,56 \pm 0,49$ dengan kriteria kuning muda, sedangkan nilai skoring terendah terdapat pada perlakuan W5 sebesar $1,12 \pm 0,32$ dengan kriteria putih.

Penilaian atribut kesukaan warna pada *stirred* yoghurt probiotik menunjukkan

peningkatan hingga perlakuan tertentu serta mengalami penurunan pada uji skoring seiring meningkatnya proporsi susu segar. Secara visual peningkatan proporsi *whey* dalam formulasi menyebabkan warna yoghurt menjadi lebih kuning yang disebabkan oleh kandungan ribovlafin pada *whey*, sedangkan peningkatan konsentrasi susu segar pada perlakuan W4 dan W5 menyebabkan warna yoghurt menjadi lebih putih dan pucat sehingga dinilai kurang menarik bagi panelis. Perlakuan W3 menunjukkan rata-rata kesukaan tertinggi karena warna putih kekuningan yang dihasilkan lebih seimbang dan dinilai lebih menarik oleh panelis. Hasil ini sejalan dengan Handayani & Wulandari (2016) panelis paling menyukai warna soyghurt dengan penambahan susu kental manis, karena warnanya putih kekuningan. Zhao et al. (2016) menyatakan bahwa rasio *whey* protein dan kasein mempengaruhi persepsi visual yoghurt, *whey* dalam jumlah sedikit meningkatkan kecerahan warna, namun dalam jumlah banyak menghasilkan warna kuning berlebih yang kurang disukai. Sugiyono (2010) dalam Rohman dan Shinta (2020) menyatakan, warna putih kekuningan pada yoghurt umumnya disebabkan oleh pigmen alami pada lemak susu seperti β -karoten dan riboflavin yang terdapat dalam bagian whey.

Aroma

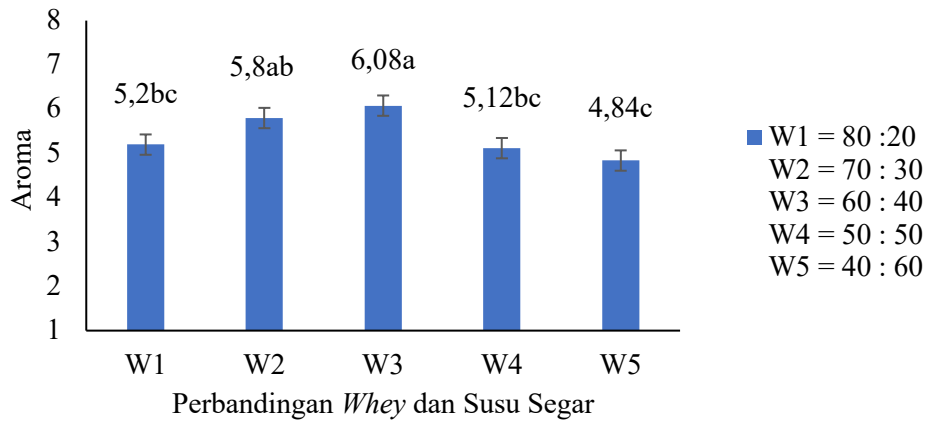
Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar

berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kesukaan aroma *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata sensoris aroma dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan bahwa kesukaan panelis terhadap aroma meningkat seiring meningkatnya proporsi susu segar, namun setelah mencapai perlakuan W3 tingkat kesukaan panelis menjadi menurun. Nilai hedonik aroma pada *stirred* yoghurt berkisar antara 4,84 sampai 6,08 dengan kriteria agak suka sampai suka. Nilai tertinggi dicapai oleh perlakuan W3 dengan nilai rata-rata $6,08 \pm 0,79$ kategori suka dan tidak berbeda nyata dengan W2. Sementara nilai terendah diperoleh pada perlakuan W5 yang memiliki nilai rata-rata $4,84 \pm 1,48$ dengan kategori agak suka dan tidak berbeda nyata dengan W1 dan W4.

Peningkatan proporsi susu segar menyebabkan peningkatan kesukaan panelis terhadap aroma *stirred* yoghurt probiotik hingga titik tertentu. Hal ini disebabkan oleh aroma asam khas *stirred* yoghurt yang tajam hingga perlakuan W3, akibat meningkatnya aktivitas fermentasi yang dipicu oleh kandungan laktosa dalam susu segar dan *whey*. Berdasarkan mekanismenya, BAL mengubah laktosa menjadi senyawa volatil seperti asam laktat dan asetaldehid yang memberikan aroma segar dan khas. Namun, setelah titik tersebut, intensitas aroma asam mulai melemah yang dianggap kurang menarik sehingga tingkat kesukaan panelis menurun. Menurut Nurminabari et al.

(2018), aroma khas yoghurt terbentuk akibat berbagai asam yang dihasilkan selama proses fermentasi, yang berasal dari laktosa dan lemak. Layadi et al. (2009) melaporkan

aroma yang terbentuk pada soyghurt dipengaruhi oleh keberadaan asam laktat yang dihasilkan selama fermentasi.



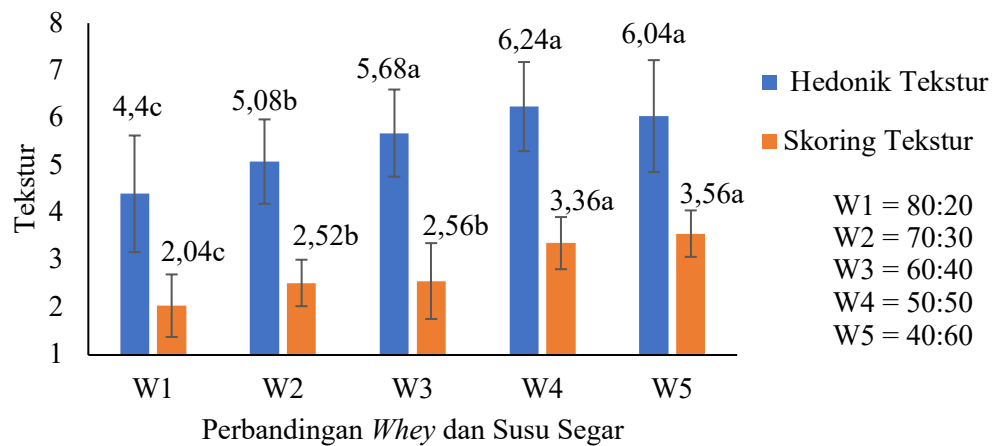
Ket: - Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
 - Kriteria hedonik: 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka

Gambar 7. Nilai rata-rata hedonik aroma *stirred* yoghurt probiotik

Tekstur

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan whey dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kesukaan dan skoring tekstur *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata sensoris tekstur dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8 menunjukkan kisaran nilai uji hedonik tekstur *stirred* yoghurt berada antara 4,4 hingga 6,24 dengan kriteria netral sampai suka. Nilai hedonik tekstur tertinggi terdapat pada perlakuan W4 sebesar $6,24 \pm 0,94$ dengan kriteria suka dan tidak berbeda nyata dengan W3 dan W5, sedangkan nilai hedonik tekstur terendah terdapat pada perlakuan W1 sebesar $4,4 \pm 1,23$ dengan kriteria netral.

Nilai uji skoring tekstur *stirred* yoghurt berkisar antara 2,04 sampai 3,56. Nilai skoring tekstur tertinggi terdapat pada perlakuan W5 sebesar $3,56 \pm 0,49$ dengan kriteria sangat kental dan tidak berbeda nyata dengan W4, sedangkan nilai skoring tekstur terendah terdapat pada W1 sebesar $2,04 \pm 0,66$ dengan kriteria agak kental. Seiring dengan meningkatnya proporsi susu segar, kesukaan panelis terhadap tekstur *stirred* yoghurt meningkat hingga perlakuan tertentu. Hal ini disebabkan oleh peningkatan kekentalan tekstur akibat kandungan kasein yang dimiliki susu segar, sehingga menghasilkan yoghurt dengan konsistensi yang lebih disukai panelis.



- Ket: - Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik: 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka
 - Kriteria skoring: 4 = sangat kental, 3 = kental, 2 = agak kental, 1 = tidak kental

Gambar 8. Nilai rata-rata sensoris tekstur *stirred* yoghurt probiotik

Pada penelitian Anggraini (2018) panelis lebih menyukai tekstur yoghurt kacang tolo dan susu sapi yang lebih lembut dan kental. Perlakuan W4 mendapatkan rata-rata uji hedonik tertinggi yang disebabkan karena tekstur kental yang dihasilkan memberikan kesan yang seimbang dan paling sesuai dengan kategori *stirred* yoghurt. Pada perlakuan W5 tingkat kesukaan panelis sedikit menurun diduga diakibatkan oleh tekstur yang dihasilkan terlalu berat sehingga tidak memberikan sensasi *mouthfeel* yang lembut. Hasil ini sejalan dengan Handayani et al. (2017) dalam penelitian yoghurt kulit semangka panelis lebih menyukai tekstur yoghurt yang lembut, tidak berat dan homogen.

Berdasarkan hasil uji skoring

menunjukkan bahwa peningkatan proporsi susu segar yang ditambahkan dalam formulasi akan meningkatkan tekstur pada *stirred* yoghurt probiotik yang berbanding lurus dengan peningkatan viskositas. Hal tersebut disebabkan oleh semakin tinggi proporsi susu segar dalam formulasi maka kasein yang terkoagulasi akan semakin banyak sehingga membentuk struktur gel yang lebih kokoh. Hal ini sesuai dengan Sukaryawan & Sari, (2021) kasein dapat membentuk struktur gel kokoh karena sifatnya hidrofobik yang kuat. Menurut Jayanti et al. (2015), koagulasi protein kasein oleh asam akan membentuk gel dengan tekstur semi padat, yang berkontribusi dalam kekentalan yoghurt.

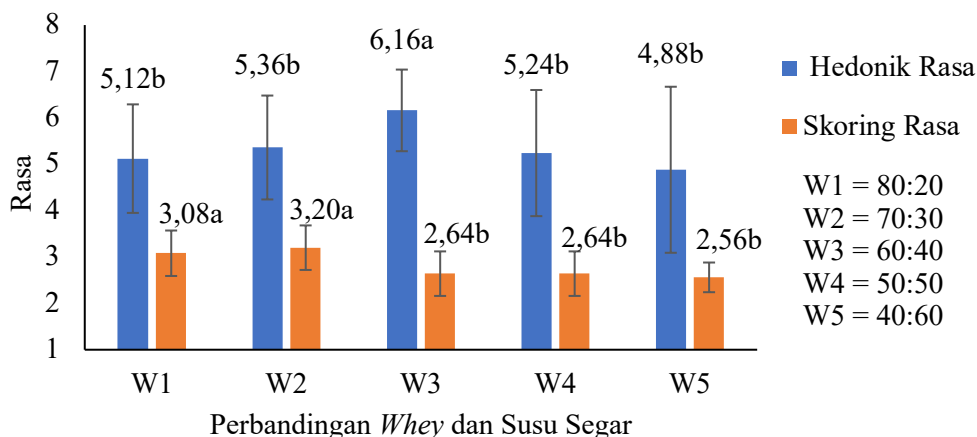
Rasa

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kesukaan dan skoring rasa *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata sensoris rasa dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan Gambar 9 menunjukkan kisaran nilai uji hedonik rasa *stirred* yoghurt berada antara 4,88 hingga 6,16 dengan kriteria agak suka sampai suka. Nilai hedonik rasa tertinggi terdapat pada perlakuan W3 sebesar $6,16 \pm 0,88$ dengan kriteria suka, sedangkan nilai hedonik rasa terendah terdapat pada perlakuan W5 sebesar $4,88 \pm 1,79$ dengan kriteria agak suka dan tidak berbeda nyata dengan W1, W2 dan W4. Nilai uji skoring *stirred* yoghurt berkisar antara 2,56 hingga 3,2 dengan kriteria asam. Nilai skoring rasa tertinggi terdapat pada perlakuan W2 sebesar $3,2 \pm 0,48$ dengan kriteria asam dan tidak berbeda nyata dengan W3, sedangkan nilai skoring rasa terendah terdapat pada perlakuan W5 sebesar $2,56 \pm 0,32$ dengan kriteria asam dan tidak berbeda nyata dengan W1.

Seiring meningkatnya proporsi susu segar dalam formulasi, kesukaan panelis terhadap rasa *stirred* yoghurt meningkat hingga perlakuan tertentu. Hal ini disebabkan oleh intensitas rasa asam yang berkurang seiring meningkatnya susu segar,

sehingga rasa yang dihasilkan lebih seimbang dan tidak terlalu tajam. Perlakuan W3 menunjukkan perlakuan yang paling disukai yang mengindikasikan bahwa tingkat kesukaan panelis tidak secara langsung ditentukan oleh tingginya intensitas rasa asam, melainkan keseimbangan cita rasa yang memberikan kenyamanan indera pengecap serta representatif terhadap rasa *stirred* yoghurt pada umumnya. Hal ini sejalan dengan Setyawardani et al. (2018) yoghurt yang memiliki keseimbangan cita rasa asam dan manis lebih disukai panelis. Penelitian Suciati et al. (2022) melaporkan bahwa panelis lebih menyukai yoghurt nanas dengan penambahan gula pasir karena memiliki rasa asam khas namun seimbang dengan rasa manis.

Hasil uji skoring menunjukkan bahwa peningkatan proporsi susu segar menyebabkan penurunan rasa keasaman *stirred* yoghurt probiotik. Penurunan intensitas rasa asam tersebut sejalan dengan kadar total asam yang dihasilkan. Hal ini terjadi karena susu segar memiliki tingkat keasaman yang lebih rendah dibanding *whey*. *Whey* terbentuk dari fermentasi keju yang sudah mengandung rasa asam sebelum difermentasikan dalam pembuatan *stirred* yoghurt probiotik. Setelah dilakukan fermentasi,



- Ket: - Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
- Kriteria hedonik: 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka
 - Kriteria skoring: 4 = sangat asam, 3 = asam, 2 = agak asam, 1 = tidak asam

Gambar 9. Nilai rata-rata sensoris rasa *stirred* yoghurt probiotik

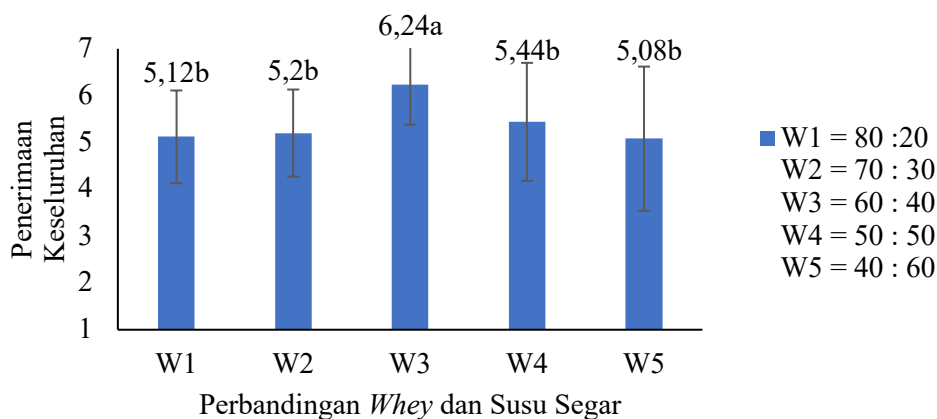
Formulasi dengan proporsi *whey* yang lebih banyak menghasilkan rasa asam yang lebih tinggi yang disebabkan karena adanya pemecahan laktosa yang menghasilkan asam laktat serta lingkungan yang asam dapat mempercepat aktivitas BAL dalam memproduksi asam. Rahman et al. (2014) menyatakan *whey* memiliki rasa asam karena sudah melewati tahap fermentasi dalam pembuatan keju.

Penerimaan Keseluruhan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perbandingan *whey* dan susu segar berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kesukaan penerimaan keseluruhan *stirred* yoghurt probiotik. Nilai rata-rata sensoris

penerimaan keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan kisaran nilai uji hedonik penerimaan keseluruhan *stirred* yoghurt berada antara 5,08 hingga 6,24 dengan kriteria agak suka sampai suka. Nilai rata-rata penerimaan keseluruhan tertinggi dicapai oleh perlakuan W3 sebesar $6,24 \pm 0,86$ dengan kriteria suka. Nilai terendah penerimaan keseluruhan terdapat pada perlakuan W5 dengan rata-rata $5,08 \pm 1,54$ dengan kriteria agak suka dan tidak berbeda nyata dengan W1, W2 dan W4. Penerimaan keseluruhan merupakan penilaian sensoris secara komprehensif yang tergabung dari beberapa atribut seperti warna, aroma, tekstur, dan rasa.



Ket: - Notasi yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$)
 - Kriteria hedonik: 7 = sangat suka, 6 = suka, 5 = agak suka, 4 = netral, 3 = agak tidak suka, 2 = tidak suka, 1 = sangat tidak suka

Gambar 10. Nilai rata-rata penerimaan keseluruhan *stirred* yoghurt probiotik

Tingkat kesukaan panelis terhadap penerimaan keseluruhan meningkat hingga perlakuan W3 lalu mengalami penurunan pada W4. Hal ini disebabkan karena saat proporsi susu segar meningkat hingga perlakuan W3 warna yang dihasilkan tidak pucat dan kuning, aroma yang khas yoghurt, tekstur yang lembut dan cukup kental serta rasa asam yang kuat namun tidak berlebihan. Hal tersebut membuat *stirred* yoghurt W3 lebih disukai panelis dibandingkan perlakuan lainnya. Tingginya proporsi *whey* pada perlakuan W1 dan W2 menyebabkan viskositas kurang kental, rasa asam dan aroma yang terlalu tajam, sedangkan pada W4 dan W5 yang mengandung banyak susu segar, rasa dan aroma menjadi kurang mencerminkan karakteristik *stirred* yoghurt pada umumnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan perbandingan antara *whey* keju dan susu segar pada *stirred* yoghurt probiotik berpengaruh nyata terhadap total asam, pH, viskositas, kadar lemak dan evaluasi sensoris meliputi hedonik warna, aroma, tekstur, rasa penerimaan keseluruhan dan skoring warna, tekstur serta rasa namun tidak berpengaruh nyata terhadap total BAL. *Stirred* yoghurt probiotik terbaik diperoleh pada perlakuan perbandingan *whey* dengan susu segar 60:40 (W3) dengan karakteristik total BAL 9,32 log CFU/ml, total asam 0,51%; pH 4,55; kadar lemak 0,15%; viskositas 1,23 P.as; warna disukai dengan kriteria putih kekuningan; aroma disukai; tekstur disukai dengan kriteria agak kental; rasa disukai dengan kriteria asam; penerimaan keseluruhan disukai.

DAFTAR PUSTAKA

- Aldianto, M. T., Nocianitri, K. A., & Sugitha, I. M. (2024). Pengaruh Penambahan Jenis Stabilizer terhadap Karakteristik Yoghurt Susu Kambing Etawa dengan Isolat *Lactobacillus rhamnosus* SKG34. *Jurnal ITEPA*, 13(1), 64–78. DOI: <https://doi.org/10.24843/tepa.2024.v13.i01.p05>
- Anggraini, E. K. (2018). Analisis Kualitas Yoghurt dengan Variasi Rasio Susu Kacang Tolo (*Vigna unguiculata* (L.) Walp ssp) dan Susu Sapi (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Malang) <http://repository.um.ac.id/id/eprint/48500>
- Anjarsari, B. (2010). Pangan Hewani Fisiologi Pasca Mortem dan Teknologi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Considine, T., Patel, H. A., Anema, S. G., Singh, H., & Creamer, L. K. (2007). Interactions of Milk Proteins During heat and High Hydrostatic Pressure Treatments A Review. *Innovative food science & emerging technologies*, 8(1), 1-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.08.003>
- El-Kholy, A., El-Safty, M., & Mokbel, S. (2014). Using buttermilk in making fat-free yoghurt. *Ismailia Journal of Dairy Science & Technology*, 1(1), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.21608/ijds.2014.8076>
- Handayani, M. N., & Wulandari, P. (2016). Pengaruh Penambahan berbagai Jenis Susu terhadap Karakteristik Soyghurt. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 10(2), 62-70. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrointek.v10i2.2467>
- Handayani, Z., Prasetyo, J. Y., & Harismah, K. (2017). Uji Organoleptik dan Kadar Glukosa Yoghurt Kulit Semangka dengan Substitusi Pemanis Sukrosa dan Ekstrak Daun Stevia (*Stevia rebaudiana*). *URECOL*, 147-156. <https://journal.unimma.ac.id/index.php/urecol/article/view/1298>
- Haque Z, Kinsella JE. Interaction between Heated κ -casein and β -lactoglobulin: Predominance of Hydrophobic Interactions in the Initial Stages of Complex Formation. *Journal of Dairy Research*. 1988;55(1):67-80. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029900025863>
- Jayanti, S., S. H Bintari, dan R. S. Iswari. 2015. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Susu Sapi dan Waktu Fermentasi terhadap Kualitas Soyghurt. *Journal of Life Science*. 4(2): 79-84. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci>
- Kafiya, M. (2022). Karakteristik Fisik Edible Film Whey Keju dengan Penambahan Minyak Atsiri Sereh Dapur (*Cymbopogon Citratus*). *Agroindustrial Technology Journal*, 6(2), 126-133. DOI: <https://doi.org/10.21111/atj.v6i2.8694>
- Kementerian Kesehatan RI. (2018). Tabel Komposisi Pangan. Data Komposisi Pangan Indonesia. <https://www.panganku.org/id-ID/view>
- Khalil, I., & Anwar, N. (2016). Isolation, Identification and Characterization of Lactic Acid Bacteria from Milk and Yoghurts. *Research & Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 4(3), 17-26. https://www.researchgate.net/publication/311843195_Isolation_Identification_and_Characterization_of_Lactic_Acid_Bacteria_from_Milk_and_Yoghurts
- Khirzin, M. H., Hilmi, M., Triasih, D., & Rofiqi, A. A. (2024). Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Isolat Protein Whey Keju dan Tahu Sebagai Suplemen Pangan. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 3(7), 117-124. DOI: <https://doi.org/10.56799/jim.v3i7.3781>
- Koswara, S. (2009). *Teknologi Pengolahan Susu*. Ebook pangan.

- https://www.academia.edu/9765468/TEKNOLOGI_PENGOLAHAN_SU_SU
- Larasati, T., Kusnadi, J., & Widyastuti, E. (2015). Pemanfaatan Whey Dalam Pembuatan Caspian Sea Yogurt Dengan Menggunakan Isolat *Lactobacillus Cremoris* Dan *Acetobacter Orientalis* [In Press Januari 2016]. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 4(1).
<https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/320>
- Layadi, N., Sedyandini, P., Aylianawati dan Soetaredjo, F.E. 2009. Pengaruh Waktu Simpan Terhadap Kualitas Soyghurt Dengan Penambahan Gula dan Stabilizer. *Widya Teknik*. Vol 8. No 1. Hal 1-11. DOI: <https://doi.org/10.33508/wt.v8i1.1277>
- Magenis, R. B., Prudêncio, E. S., Amboni, R. D., Cerqueira Júnior, N. G., Oliveira, R. V., Soldi, V., & Benedet, H. D. (2006). Compositional and Physical Properties of Yogurts Manufactured from Milk and Whey Cheese Concentrated by Ultrafiltration. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(5), 560-568. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01100.x>
- Mahdian, E., & Tehrani, M. M. (2007). Evaluation of the Effect of Milk Total Solids on the Relationship between Growth and Activity of Starter Cultures and Quality of Concentrated Yogurt. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 2(5), 587-592. [http://www.idosi.org/aejaes/jaes2\(5\)/20.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes2(5)/20.pdf)
- Majdiyyah, M., & Farida, E. (2023). Pengaruh Masa Simpan terhadap Karakteristik Fisik dan Mikrobiologi Yoghurt Sinbiotik Ubi Jalar Kuning (*Ipomoea batatas L.*). *Indonesian Journal of Public Health and Nutrition*, 3(1), 80-87. DOI: <https://doi.org/10.15294/IJPHN.V3I1.60012>
- Malaka, R., Baco, S., & Prahesti, K. I. (2015). Karakteristik dan Mekanisme Gelatinasi Curd Dangeke Melalui Analisis Fisiko Kimia dan Mikrostruktur. *Jitp*, 4(2), 56-62.
- Nurhartadi, E., Nursiwi, A., Utami, R., & Widayani, E. (2018). Pengaruh Waktu Inkubasi dan Konsentrasi Sukrosa terhadap Karakteristik Minuman Probiotik dari Whey Hasil Samping Keju. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 11(2), 73-93. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/jthp.v11i2.29056>
- Nurminabari, I. S., & Sumartini & Arifin, D. P. P. (2018). Kajian Penambahan Skim dan Santan terhadap Karakteristik Yoghurt dari Whey. *Artikel Pasundan Food Technology Journal*, 5(1). DOI: <https://doi.org/10.23969/pftj.v5i1.810>
- Nursiwi, A., Utami, R., Andriani, M., & Sari, A. P. (2015). Fermentasi Whey Limbah Keju untuk Produksi Kefiran oleh Kefir Grains. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 8(1), 37-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.20961/jthp.v0i0.12794>
- Oktaviana, A. Y., Arief, I. I., & Batubara, I. (2018). Potensi Yogurt Rosella Probiotik *Lactobacillus plantarum* IIA-1A5 atau *Lactobacillus fermentum* B111K dalam Mengasimilasi Kolesterol. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(3). DOI: <https://doi.org/10.17728/jatp.2760>
- PCM. (2018). Set, Stirred, and Drinking Yoghurt. <https://www.pcm.eu/en>
- Puspawati, N.N., Sugitha, I.M., & Arihantana, N.M.I.H. (2022). Pengembangan Greek Yoghurt Sinbiotik dari Isolat *Lactobacillus* Strain Lokal dan Labu Kuning (*Cucubita moschata*) sebagai Pangan Fungsional Berbasis Susu. Laporan Hasil Penelitian. Hibah Unggulan Program Studi. Universitas Udayana. *Unpublish*.
- Rahman, A., Taufik, E., Purwantiningasih, S., & Purwanto, B. P. (2014). Kajian potensi whey yoghurt sebagai bahan alami pencegah jerawat. *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil*

- Peternakan*, 2(1), 238-242.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/ipt/article/view/15572>
- Ramadhani, D.Y, Murtono, A, & Saukani, I. (2024). Sistem Kendali Suhu Susu pada Pembuatan Yoghurt. *Kohesi: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(1), 41–50. DOI: <https://doi.org/10.3785/kohesi.v4i1.4625>
- Rohman, E., dan Shinta, M. (2020). Peranan Warna, Viskositas, dan Sineresis Terhadap Produk Yoghurt. *EDUFORTECH*, 5 (2) : 1-11. DOI: <https://doi.org/10.17509/edufortech.v5i2.28812>
- Saufani, I. A., Mirnawati, M., & Syahrial, S. (2021). Pengaruh Penambahan Jus Jambu Biji (*Psidium guajava* L) terhadap Mutu Organoleptik dan Vitamin C minuman Fruity-Whey. *Darussalam Nutrition Journal*, 5(2), 129-139. DOI: <https://doi.org/10.21111/dnj.v5i2.6807>
- Setyawardani, T., Sulistyowati, M., Widayaka, K., & Sumarmono, J. (2018, December). Sifat Sensoris Yogurt dengan Perbedaan Tingkat Kemanisan. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)* (Vol. 6, pp. 347-353).
<https://jnp.fapet.unsoed.ac.id/index.php/psv/article/view/185>
- Soares, D. S., Fai, A. E. C., Oliveira, A. M., Pires, E. M. F., & Stamford, T. L. M. (2011). Aproveitamento de soro de queijo para produção de iogurte probiótico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 63(4), 996–1002. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002202992300057X>
- Standar Nasional Indonesia No. 3141.1. (2011). Susu Segar bagian 1. Badan Standardisasi Indonesia.
- Subagyo, Y., Nugroho, S., Widodo, H. S., Syamsi, A. N., Ifani, M., & Yusan, R. T. (2022, June). Total Total Solid dan Berat Jenis Susu Segar di Kecamatan Sumbang dan Baturraden Kabupaten Banyumas. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)* (Vol. 9, pp. 86-93).
<https://jnp.fapet.unsoed.ac.id/index.php/psv/article/view/1577>
- Suciati, F., Ratnasari, U., Fathurohman, F., Ramadhan, M. G., & Purwasih, R. (2022). Pengaruh Penambahan Jenis Gula yang Berbeda Terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Yoghurt Nanas. *Buletin Peternakan Tropis*, 3(2), 143-148. DOI: <https://doi.org/10.31186/bpt.3.2.143-148>
- Sukarya, I.B.J., Pratiwi, I.D.P.K., Hapsari, N.M.I., & Puspawati, N. N (2021). Antibiotic Resistance of Indigenous Lactic Acid Bacteria Isolates of Kombucha and Dadih. *Universitas Udayana*. 10(4), 734-745. DOI: <http://dx.doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i04.p18>.
- Sukaryawan, M., & Sari, D. K. (2021). Buku Ajar Praktikum Biokimia 1 Berbasis Konstruktivisme. Universitas Sriwijaya, Program Studi Pendidikan Kimia FKIP.
- Sulmiyati, R. M. (2017). Pemberian Whey-Dangke dalam Air Minum Menekan Kadar Kolesterol, Trigliserida dan Lipoprotein Darah Ayam Broiler. *Jurnal Veteriner Juni*, 18(2), 257-262. DOI: <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2017.18.2.257>
- Surono, I. S. (2016). Ethnic Fermented Foods and Beverages of Indonesia. *Ethnic Fermented Foods and Alcoholic Beverages of Asia*, 341-382. DOI: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2800-4_14
- Tamime, A. Y. dan R. K. Robinson. 1999. *Yoghurt: Science and Technology*. 2nd edition. *Woodhead Publishing*, England
- Towil, A. S., & Pramono, A. (2015). Pengaruh Pemberian Yoghurt Sinbiotik Tanpa Lemak ditambah Tepung Gembili terhadap Kadar

- Kolesterol LDL Tikus
Hiperkolesterolemia. *Jurnal Gizi Indonesia*, 3(1), 46-51. DOI:
<https://doi.org/10.14710/jgi.3.1.135-140>.
- Umar, R., & Novita, A. (2014). Derajat Keasaman dan Angka Reduktase Susu Sapi Pasteurisasi dengan Lama Penyimpanan yang Berbeda. *Jurnal Medika Veterinaria*, 8(1), 43-46. <https://jurnal.usk.ac.id/JMV/article/download/3334/3126>
- Warji, W., Purwanti, N., Mardjan, S. S., & Yuliani, S. (2021, September). Temperature and Heating Time of Forming Process of Nanofibrils of Whey Protein Isolate. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 830, No. 1, p. 012067). IOP Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/830/1/012067>
- Zhao, L. L., Wang, X. L., Tian, Q., & Mao, X. Y. (2016). Effect of Casein to Whey Protein Ratios on the Protein Interactions and Coagulation Properties of Low Fat Yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 7768–7775. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10794>