

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Limbah Cair Tempe

Produk makanan fermentasi seperti tempe merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia sehari-hari. Produksi tempe biasanya dilakukan di tingkat rumah tangga. Selain produk utama, proses pembuatan tempe juga menghasilkan produk samping yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah cair berasal dari proses perendaman kedelai, sedangkan limbah padat berupa kulit kedelai hasil penggilingan. Limbah padat, yang belum menimbulkan dampak nyata terhadap lingkungan, sering kali digunakan sebagai pakan ternak atau dijual. Namun limbah cair menimbulkan risiko lingkungan karena sering kali dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu (Eni, 2022).

Limbah padat diketahui belum memberikan dampak signifikan terhadap lingkungan karena masih memiliki nilai ekonomis sebagai pakan ternak yang kemudian dijual. Sebaliknya, limbah cair tidak memiliki nilai ekonomi sehingga sering kali tidak digunakan kembali, dibuang, atau terkadang digunakan sebagai pakan cair untuk ternak (Eni, 2022). Ini menunjukkan bahwa penanganan limbah cair dari tempe masih perlu diperbaiki, mengingat jumlahnya yang melimpah. Jika limbah cair tempe tidak dikelola dengan baik dan hanya dibuang ke perairan, hal ini dapat menyebabkan gangguan serius bagi lingkungan sekitarnya. Limbah cair yang langsung dibuang ke perairan dapat mencemari air dan menghasilkan bau yang tidak enak. Keberadaan limbah ini akan mempengaruhi kualitas air tersebut, yang dapat berdampak negatif baik pada lingkungan maupun kesehatan manusia. Oleh karena itu, penanganan yang tepat terhadap limbah ini sangat penting untuk dilakukan (Purnama, 2016).

Pemanfaatan limbah cair masih kurang optimal meskipun memiliki kualitas yang bermanfaat bagi tubuh, termasuk mengandung bakteri asam laktat (BAL). Limbah cair dari proses pembuatan tempe mengandung sekitar 0,11% karbohidrat, 0,13% lemak, 0,42% protein, 1,47% fosfor, 4,55% besi, dan 98,8% air. Selain itu, pH limbah cair cenderung turun menjadi sekitar 4,5-5,3 selama tahap pra-fermentasi kedelai, yang memfasilitasi pertumbuhan BAL. Meskipun demikian, pemanfaatan limbah cair ini masih rendah (Eni, 2022).

B. Yogurt

Menurut Putri et al., (2020) Yogurt merupakan produk fermentasi yang dibantu oleh bakteri asam laktat (BAL) sehingga memberikan aroma, sifat, dan rasa yang khas. Pemilihan BAL mempengaruhi hasil proses fermentasi. Penggunaan lebih dari satu jenis starter bakteri menghasilkan interaksi antar bakteri selama produksi yogurt. Selama proses fermentasi yogurt, pH menurun sehingga menghasilkan rasa asam yang khas. Komposisi yogurt umumnya mengandung 0,1-1% lemak, 0,6-1,3% asam laktat, 2-3% laktosa, 4-6% protein, dan pH 3,8-4. Yogurt menawarkan berbagai manfaat seperti melancarkan pencernaan, mencegah kanker, serta menjadi sumber vitamin dan mineral yang baik karena aktivitas antioksidannya yang tinggi (Wahyuningtyas, 2017).

Fermentasi susu adalah proses pengolahan susu yang dilakukan dengan cara memanfaatkan bakteri asam laktat untuk memperpanjang masa simpannya (Tianling et al., 2022). Yogurt merupakan salah satu produk hasil fermentasi susu dengan memanfaatkan bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Bakteri *S. thermophilus* berkembang biak dengan cepat, menghasilkan asam dan CO₂, yang kemudian merangsang pertumbuhan *L.*

bulgaricus. Aktivitas proteolitik *L. bulgaricus* menghasilkan peptida perangsang dan asam amino yang dimanfaatkan oleh *S. thermophilus*. Bakteri asam laktat ini berperan penting dalam membentuk tekstur dan rasa yogurt (Suhartatik et al., 2020).

Berikut adalah tabel syarat mutu yogurt berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), (2009) mengenai yogurt

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Yogurt

No	Kriteria Uji	Satuan	Yogurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi			Yogurt dengan perlakuan panas setelah fermentasi		
			Yogurt	Yogurt rendah lemak	Yogurt tanpa lemak	Yogurt	Yogurt rendah lemak	Yogurt tanpa lemak
1	Keadaan							
1.1	Penampakan	-	Cairan kental - Padat			Cairan kental – Padat		
1.2	Bau	-	Normal/Khas			Normal/Khas		
1.3	Rasa	-	Asam/Khas			Asam/Khas		
1.4	Konsistensi	-	Homogen			Homogen		
2	Kadar lemak (b/b)	%	Min. 3,0	0,6 – 2,9	Maks. 0,5	Min. 3,0	0,6 – 2,9	Maks. 0,5
3	Total padatan susu bukan lemak (b/b)	%	Min. 8,2			Min. 8,2		
4	Protein (Nx6,38)(b/b)	%	Min. 2,7			Min. 2,7		
5	Kadar abu (b/b)	%	Maks. 1,0			Maks. 1,0		
6	Keasaman (dihitung sebagai asam laktat)(b/b)	%	0,5-2,0			0,5-2,0		
7	Cemaran logam							
7.1	Timbal (Pb)	Mg/kg	Maks. 0,3			Maks. 0,3		
7.2	Tembaga (Cu)	Mg/kg	Maks. 20,0			Maks. 20,0		
7.3	Timah (Sn)	Mg/kg	Maks. 40,0			Maks. 40,0		
7.4	Raksa (Hg)	Mg/kg	Maks. 0,03			Maks. 0,03		
8	Arsen	Mg/kg	Maks. 0,1			Maks. 0,1		
9	Cemaran mikroba							
9.1	Bakteri <i>coliform</i>	APM/g atau koloni/g	Maks. 10			Maks. 10		
9.2	<i>Salmonella</i>	-	Negatif/25g			Negatif/25g		
9.3	<i>Listeria monocytogeneses</i>	-	Negatif/25g			Negatif/25g		
10	Jumlah bakteri starter	koloni/g	Min. 10 ⁷			-		

*sesuai dengan pasal 2 (istilah dan defnisi)

*(Standar Nasional Indonesia (SNI), 2009)

Kualitas yogurt dievaluasi melalui uji organoleptik, yang mengacu pada tingkat kepuasan konsumen. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI), (2009) yogurt yang baik memiliki penampilan yang kental hingga semi padat, aroma khas yogurt, dan rasa asam yang khas yogurt. Kultur starter memainkan peran penting dalam membentuk rasa dan aroma yogurt. Aroma yogurt dihasilkan oleh pembentukan senyawa-senyawa seperti asetaldehida, diasetil, dan asam asetat, selain asam laktat (Putri et al., 2020)

1. Jenis Yogurt

Terdapat berbagai jenis yogurt yang beredar dipasaran. Berdasarkan flavournya, yogurt dibedakan menjadi yogurt plain dan dengan perisa atau potongan buah (Rohman & Maharani, 2020). Yogurt yang terbuat berbagai jenis susu tersebut terbagi kedalam 2 jenis, yang pertama adalah yogurt plain (yogurt tanpa rasa tambahan). Yang kedua adalah drink yogurt, yogurt plain yang sudah ditambahkan dengan buah dan berbagai perisa dari buah-buahan oleh produsen (Marlina, 2021).

Yogurt dapat dibedakan berdasarkan proses pasca fermentasinya menjadi beberapa jenis:

- a. Yogurt Pasteurisasi: Yogurt yang telah melalui proses pasteurisasi untuk memastikan keamanan mikrobiologisnya.
- b. Yogurt Beku: Yogurt yang disimpan dalam keadaan beku untuk mempertahankan kesegarannya.
- c. Yogurt Dietetik: Yogurt dengan kandungan kalori dan laktosa rendah, seringkali ditambahkan dengan vitamin atau protein tambahan.

- d. Yogurt Konsentrat: Yogurt dengan total padatan sekitar 24%, atau yogurt kering dengan total padatan sekitar 90%-94% (Cn et al., 2016).

2. Manfaat Yogurt

Dalam pembuatan soyghurt, variasi kultur Bakteri Asam Laktat (BAL) yang memiliki sifat probiotik seperti *L. acidophilus* dapat digunakan untuk meningkatkan keseimbangan mikroflora dalam usus. Bakteri tersebut memiliki kemampuan untuk menguraikan gula susu menjadi asam laktat. Asam laktat berperan dalam memberikan yogurt rasa asam yang khas. Selama proses fermentasi, kadar laktosa dalam yogurt menurun, sehingga yogurt aman dikonsumsi oleh orang yang memiliki alergi terhadap susu atau oleh lansia. Dari segi gizi, yogurt tidak jauh berbeda dengan susu, namun karena mengalami proses fermentasi, beberapa zat gizi tertentu mungkin memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dalam yogurt dibandingkan susu, terutama terkait dengan gula (sukrosa), terlepas dari penambahan air atau tidak (Af'idah & Trimulyono, 2019).

Yogurt adalah salah satu sumber probiotik yang mengalami fermentasi oleh bakteri asam laktat. Selain itu, yogurt telah terbukti bermanfaat dalam meningkatkan kesehatan saluran pencernaan dan memiliki potensi untuk mencegah kanker. Yogurt juga kaya akan vitamin dan mineral yang penting untuk tubuh. Susu sapi yang difermentasi memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu yang tidak mengalami fermentasi (Wahyuningtyas, 2017).

C. Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat adalah mikroorganisme yang dapat hidup di berbagai lingkungan. Mereka digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengawetan

makanan, pembuatan kultur fermentasi, sebagai probiotik, dan dalam proses produksi asam organik yang mengurangi pH lingkungan dengan menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Dalam pembuatan minuman yogurt, digunakan starter bakteri asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus* (Suhartatik et al., 2020).

Dalam pembuatan minuman yogurt, susu difermentasi menggunakan starter bakteri asam laktat. Starter yang umum digunakan termasuk *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Bifidobacteria*, atau campuran dari beberapa jenis bakteri ini. Pemilihan jenis starter akan berpengaruh pada kualitas yogurt yang dihasilkan. Selain itu, bahan baku susu sebagai nutrisi bagi pertumbuhan mikroba juga memainkan peran krusial dalam proses fermentasi yogurt (Suhartatik et al., 2020).

1. *Lactobacillus acidophilus*

Menurut Wahyuningtyas, (2017) Penambahan bakteri probiotik seperti *Lactobacillus acidophilus* memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas produk yogurt dan kesehatan secara keseluruhan. Yogurt menyediakan lingkungan ideal bagi pertumbuhan bakteri probiotik ini, yang berperan penting dalam menjaga keseimbangan mikroflora dalam sistem pencernaan manusia.

Dalam pembuatan yogurt, diversifikasi kultur Bakteri Asam Laktat (BAL) yang memiliki sifat probiotik seperti *Lactobacillus acidophilus* dapat dilakukan untuk tujuan memperbaiki keseimbangan mikroflora usus.

2. *Lactobacillus bulgarius sp*

Lactobacillus bulgarius adalah bakteri gram positif berbentuk batang yang tidak membentuk endospora. Bakteri ini bersifat homofermentatif, artinya dalam

proses fermentasinya menghasilkan asam laktat sebagai produk utama. *Lactobacillus bulgarius* bersifat mikroaerofilik, tidak mampu mencerna kasein, tidak memproduksi indol dan H₂S, serta tidak menghasilkan enzim katalase. Secara alami, *Lactobacillus bulgarius* bukanlah patogen. Kondisi optimum untuk pertumbuhan *Lactobacillus bulgarius* adalah pada pH 5,5 dengan suhu sekitar 37°C (Hendarto et al., 2019)

3. **Streptococcus Thermophilus**

Streptococcus thermophilus adalah bakteri gram positif berbentuk bulat yang tidak membentuk spora, bersifat nonmotil, dan fakultatif anaerob (bisa hidup dengan atau tanpa oksigen). Bakteri ini tidak menghasilkan enzim katalase. Kondisi optimum untuk pertumbuhan *S. thermophilus* adalah pada pH 6,8 dengan suhu sekitar 37°C (Hendarto et al., 2019).

4. **Bifidobacterium**

Bifidobacterium sp. adalah probiotik alami yang menghasilkan asam asetat, asam laktat, dan senyawa antibakteri seperti bifidin. Kehadiran asam asetat dan asam laktat ini mempengaruhi pH lingkungan susu. Perubahan pH ini berdampak pada aktivitas enzim, karena gugus karboksil dan amino yang bersifat ionik mudah dipengaruhi oleh perubahan pH (Putri et al., 2020).

5. **Asam Laktat**

Bakteri asam laktat dalam yogurt menghasilkan asam laktat sebagai produk dari metabolisme selama proses fermentasi. Asam organik ini menurunkan pH yogurt. Namun, peningkatan kadar asam laktat juga berkontribusi pada peningkatan aktivitas antioksidan yogurt (Af'idah & Trimulyono, 2019).

D. Konjac Glukomanan

1. Pengertian Konjac Glukomanan

Tepung porang adalah produk olahan dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri Blume*) yang memiliki umur simpan relatif panjang dan potensi besar untuk dikembangkan dalam industri pangan. Tepung ini kaya akan glukomanan dengan kadar mencapai 64,98%. Glukomanan merupakan serat pangan larut air yang kuat sebagai hidrokoloid dan rendah kalori. Selain itu, glukomanan memiliki sifat fisik yang unik yaitu mampu mengembang dalam air hingga 138-200% (Widjanarko et al., 2015).

Tepung porang, yang juga dikenal sebagai *konjac flour*, merupakan bahan yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Jepang sebagai sumber serat untuk diet (*dietary fiber*). Tepung ini digunakan secara luas sebagai komponen utama dalam pembuatan konnyaku, makanan tradisional Jepang, dan sebagai agen pengental pada sajian penutup berbahan dasar jelly. Glukomanan, komponen utama dalam tepung porang, memberikan banyak manfaat dalam bidang kesehatan dan pangan. Glukomanan telah terbukti meningkatkan tekstur pada produk makanan seperti daging olahan, roti, mie, dan pasta. Selain itu, glukomanan juga berperan sebagai pengikat kolesterol pada produk roti dan dalam formulasi kapsul. Oleh karena itu, kadar glukomanan yang tinggi sangat penting dalam proses ekstraksi tepung porang (Pasaribu et al., 2020).

Umbi porang memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi. Dalam 100 gram umbi porang terdapat sekitar 76,5 gram pati, 9,20 gram protein, dan 20 gram serat. Lemaknya hanya sekitar 0,20 gram. Selain itu, setiap 100 gram umbi porang juga mengandung sekitar 1 gram protein, 0,1 gram lemak, 15,7 gram karbohidrat, 4,2 mg besi, 0,07 mg thiamine (vitamin B1), 5 mg asam askorbat (vitamin C),

0,19 gram kalsium oksalat, 3,58 gram glukomanan, dan 18,44 gram pati (Novita & Indriyani, 2013).

2. Sifat Konjac Glukomanan

Karakteristik tepung porang dianalisis secara kimia dan fisik. Hasil analisis bahan baku tepung porang ditampilkan pada Tabel 2.2. seperti berikut :

Tabel 2. 2 Sifat Fisik dan Kimia Tepung Porang

Parameter	Tepung porang kasar	
	Hasil analisis (%)	Literatur ^a (%)
Air	8,71	9,82
Abu	4,47	3,49
Pati	3,09	2,90
Protein	3,34	2,70
Lemak	2,96	1,69
Kalsium Oksalat	22,72	2,11
Glukomanan	43,98	64,77
Derajat Warna Putih	62,72*	49,49*
Viskositas	3313,00**	4800,00**
Keterangan:		
* : tanpa satuan, Dimana nilai 100 diasumsikan sebagai warna putih		
** : dalam satuan c.Ps		

*(Widjanarko et al., 2015)

Tabel diatas menunjukkan bahwa komponen dominan dalam bahan baku tepung porang adalah glukomanan sebesar 43,98%. Namun, menurut literatur, kandungan glukomanan dalam tepung porang biasanya berkisar antara 49% hingga 60%. Perbedaan kadar glukomanan antara hasil analisis dalam tabel dengan data literatur dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Ukuran Umbi: Umbi porang yang berbeda ukurannya dapat memiliki kadar glukomanan yang berbeda.

2. Umur Panen: Waktu panen umbi porang dapat mempengaruhi kadar glukomanan karena kandungan nutrisi dapat bervariasi seiring dengan umur tanaman.

3. Variasi Genetis Tanaman: Perbedaan genetik dalam varietas umbi porang dapat mempengaruhi komposisi kimianya, termasuk kadar glukomanan.

4. Proses Pengolahan: Proses dari umbi menjadi tepung porang, termasuk perlakuan pendahuluan (misalnya pengirisan), bagian umbi yang digiling, alat dan kecepatan penggilingan, semuanya dapat mempengaruhi tingkat glukomanan dalam tepung porang yang dihasilkan (Widjanarko et al., 2015)

Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan berbagai faktor ini dalam proses pengolahan umbi porang untuk mendapatkan kualitas tepung porang yang konsisten dengan kadar glukomanan yang diinginkan (Widjanarko et al., 2015)

Menurut Akbar, Hafiz; Supriyanto, Agus; Haryani, (2013) ada beberapa sifat Glukomanan:

- a. Sifat membentuk gel: Glukomanan dalam air dapat membentuk larutan yang sangat kental. Gel yang terbentuk memiliki sifat khas dan stabil.
- b. Sifat merekat: Glukomanan memiliki sifat merekat yang kuat dalam air. Namun, sifat ini dapat hilang jika Glukomanan ditambahkan dengan asam asetat.
- c. Sifat mengembang: Glukomanan dapat mengembang dalam air dengan tingkat pengembangan mencapai 138 hingga 200%. Hal ini jauh lebih besar dibandingkan dengan kemampuan pengembangan senyawa pati yang hanya sekitar 25%.

d. Sifat larut: Glukomanan larut dalam air dan dapat membentuk larutan yang sangat kental. Namun, jika larutan kental dipanaskan sampai membentuk gel, *Glukomanan* tersebut tidak dapat larut kembali dalam air.

e. Sifat mencair: Glukomanan memiliki sifat mencair seperti agar, sehingga dapat digunakan dalam media pertumbuhan mikroba.

f. Sifat transparan (membentuk film): Larutan Glukomanan dapat membentuk lapisan tipis (film) yang transparan. Film yang terbentuk dapat larut dalam air, cairan usus, dan asam lambung. Namun, jika film Glukomanan dibuat dengan menambahkan NaOH atau gliserin, film tersebut dapat menjadi kedap terhadap air.

Sifat-sifat ini membuat Glukomanan sangat berguna dalam berbagai aplikasi industri pangan dan farmasi.

3. Struktur Kimia Konjac Glukomanan

Glukomanan adalah komponen utama yang terdapat dalam umbi porang. Bila potongan umbi porang diamati di bawah mikroskop, sebagian besar umbi terdiri dari sel-sel Glukomanan. Ukuran sel-sel Glukomanan berkisar antara 0,5 hingga 2 mm, yang lebih besar sekitar 10 hingga 20 kali lipat dibandingkan dengan sel-sel pati. Setiap butir Glukomanan terdiri dari satu sel Glukomanan. Glukomanan adalah jenis hemiselulosa yang merupakan polisakarida, terdiri dari rantai yang terikat glukosa, galaktosa, dan mannososa. Glukosa dan mannososa merupakan ikatan rantai utamanya. Molekul Glukomanan memiliki berat molekul yang bervariasi, dengan rantai cabang yang sedikit, berkisar antara 200 kilodalton hingga 2000 kilodalton (Sukma et al., 2022)

Menurut Akbar, Hafiz; Supriyanto, Agus; Haryani, (2013) Glukomanan adalah heteropolisakarida yang memiliki struktur ikatan beta-1,4-glikosidik, terdiri dari D-glukosa dan D-mannosa dengan perbandingan 1:16. Struktur ini juga memiliki sedikit percabangan dengan ikatan beta-1,6-glikosidik. Pada rantai utamanya, Glukomanan memiliki cabang yang terletak pada C-3 dengan panjang cabang sekitar 2-3 unit. Bobot molekul Glukomanan berkisar antara $1,0 \times 10^4$ hingga $1,2 \times 10^4$ dalton. Komposisi kimia Glukomanan menunjukkan bahwa sekitar 67% adalah D-mannosa dan 33% adalah D-glukosa dalam satu molekul Glukomanan.

E. Penelitian Terdahulu

Menurut Jayanti et al., (2015) dalam pengaruh penambahan konsentrasi susu sapi dan waktu fermentasi terhadap kualitas soyghurt memanfaatkan limbah rebusan kedelai sebagai media bahan pembuatan soygurt. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh konsentrasi susu dan waktu fermentasi terhadap kadar total asam laktat, jumlah bakteri asam laktat dalam soyghurt, dan preferensi konsumen. Dalam penelitian ini, konsentrasi susu sapi yang digunakan adalah 10%, 20%, dan 30%, sementara waktu fermentasinya adalah 4, 6, 8, dan 10 jam. Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan 12 perlakuan dan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar asam laktat tertinggi terjadi pada soyghurt dengan penambahan susu sapi sebanyak 30% dan waktu fermentasi selama 10 jam. Meskipun demikian, jumlah bakteri asam laktat dari setiap perlakuan tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Hasil uji organoleptik menunjukkan bahwa soyghurt dengan penambahan susu sapi 30% dan waktu fermentasi 10 jam paling disukai oleh panelis. Dari hasil

penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi susu sapi dan waktu fermentasi mempengaruhi kadar asam laktat dan preferensi konsumen terhadap soyghurt, namun tidak mempengaruhi jumlah bakteri asam laktat yang dihasilkan (Jayanti et al., 2015)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Dai et al., (2016) tentang penggunaan *Konjac Glukomanan* sebagai pengganti lemak dalam yogurt rendah lemak dan skim telah diteliti dengan mempertimbangkan larutan *Konjac Glukomanan* pada konsentrasi 0,5% dan periode penyimpanan selama 0, 7, 14, dan 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan KGM pada yogurt memiliki dampak positif terhadap karakteristik tekstur yogurt skim, namun tidak efektif pada yogurt rendah lemak. Hal ini disebabkan oleh interaksi kompleks antara lemak, protein, dan polisakarida selama proses fermentasi.

Sehingga dengan penelitian Dai et al., (2016) bahwa Penambahan Konjac Glukomanan (KGM) dapat meningkatkan struktur yogurt selama masa penyimpanan. Yogurt yang ditambahkan dengan KGM menunjukkan struktur gel yang lebih baik dan stabil dibandingkan dengan yogurt kontrol tanpa KGM. Selain itu, penelitian juga menunjukkan bahwa yogurt dengan penambahan KGM cenderung memiliki warna yang lebih putih, hijau, dan kekuningan dibandingkan dengan yogurt tanpa KGM.