

LEMBAR KERJA

PEMANFAATAN KONSEP BUFFER DALAM PEMBUATAN KEJU DI INDUSTRI PANGAN

SMA KELAS XI/FASE F

Nama :

1.

2.

3.

Kelas :





TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Peserta didik menjelaskan dan memprediksi secara ilmiah pentingnya pengendalian pH dalam pembuatan keju di industri pangan berdasarkan fenomena pada gambar dan teks yang disajikan.
2. Peserta didik merumuskan pertanyaan ilmiah terkait pemanfaatan buffer alami dan buffer sintetis dalam pengendalian pH pada proses pembuatan keju di industri pangan.
3. Peserta didik menafsirkan informasi secara ilmiah mengenai konsep, jenis, serta fungsi buffer alami dan buffer sintetis yang dimanfaatkan dalam pembuatan keju di industri pangan.
4. Peserta didik menafsirkan informasi secara ilmiah tahapan pembuatan keju alami (Cheddar) dan keju olahan, serta mengidentifikasi jenis buffer dan perannya pada setiap tahapan dan pada uji fosfatase produk keju.
5. Peserta didik menganalisis pH optimal pada setiap tahap pembuatan keju alami Cheddar berdasarkan data pada teks dan tabel yang disajikan.
6. Peserta didik menganalisis pemanfaatan sistem buffer dalam proses pembuatan keju serta keterkaitannya dengan pencapaian SDGs dan penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam industri pangan.
7. Peserta didik mengevaluasi dan menyimpulkan secara ilmiah peran sistem buffer dalam pengendalian pH untuk menjaga mutu dan ketahanan produk keju, serta keterkaitannya dengan SDGs dan ekonomi sirkular, didukung oleh data, argumen, dan teori.



PETUNJUK PENGGUNAAN LANGKAH KERJA

1. Tuliskan identitas berupa nama dan kelas
2. Pahami tujuan pembelajaran serta petunjuk pengerjaan lembar kerja elektronik
3. Pengisian lembar kerja elektronik diisi langsung menggunakan live worksheet
4. Cermati setiap perintah dan pertanyaan yang terdapat pada lembar kerja elektronik
5. Tanyakan kepada guru apabila mengalami kesulitan dalam mengerjakan lembar kerja elektronik
6. Pastikan semua pertanyaan pada lembar kerja elektronik sudah terisi sebelum dikumpulkan
7. Kumpulkan lembar kerja elektronik jika sudah selesai mengerjakan

Analisis tabel 1 di bawah ini mengenai pH optimal pada tahapan utama pembuatan keju alami!

Tabel 1. pH Optimal pada Tahapan Pembuatan Keju Alami

Tahapan	pH Optimal	Penjelasan
Pasteurisasi	6,6 – 6,8	pH susu awal sekitar 6,6–6,8. Memanaskan susu dilakukan untuk membunuh patogen, menonaktifkan enzim, dan menyiapkan kondisi yang stabil sebelum fermentasi & koagulasi. Susu mengandung sistem buffer alami (fosfat, kasein) yang menahan perubahan pH meski terjadi pemanasan, sehingga pH tetap stabil. Selama pasteurisasi, pH susu relatif tetap karena adanya sistem penyangga alami dan proses ini tidak menambahkan atau menghilangkan asam maupun basa. Susu mengandung buffer fosfat ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$) yang menetralkan perubahan ion H^+ saat pemanasan, serta protein kasein yang memiliki gugus $-\text{COOH}$ dan $-\text{NH}_3^+$ sehingga dapat mengikat atau melepaskan H^+. Selain itu, terdapat kesetimbangan antara kalsium fosfat terlarut dan yang terikat pada misel kasein, yang hanya sedikit bergeser selama pasteurisasi sehingga tidak menyebabkan perubahan pH yang signifikan
Penambahan starter bakteri	6,5–6,7	Bakteri menghasilkan asam laktat. Kesiapan susu untuk menerima rennet mulai terbentuk

Koagulasi
(Rennet)

6,0–6,3

pH 6,0–6,3 mempercepat koagulasi & memperkuat gel. Sedangkan pH < 6,0 melemahkan gel. Buffer alami menjaga pH tetap 6,0–6,3 sehingga koagulasi curd berlangsung baik. Pra-pengasaman dengan BAL membuat waktu koagulasi lebih singkat dan dadih lebih kuat (optimal pH 6,0–6,3) karena partikel kasein tidak terlalu saling tolak-menolak, sehingga lebih mudah menggumpal. Jika pH < 6,0, dadih melemah karena CCP terlalu banyak larut, sehingga ikatan antartpartikel kasein berkurang.

Pada pH normal susu, kasein bermuatan negatif sehingga antartpartikel kasein saling tolak-menolak dan tetap tersuspensi. Ketika asam laktat menurunkan pH, muatan negatif kasein berkurang sehingga gaya tolak-menolak antar partikel kasein melemah. Akibatnya kasein lebih mudah saling mendekat dan beragregasi, sehingga terbentuk dadih (curd).

Syneresis
(Pengeluaran
Whey)

pH turun →
syneresis
naik

pH 6,5 → 6,3 mengurangi syneresis karena gel makin kaku.

pH 5,2 meningkatkan syneresis karena asam laktat melarutkan sebagian CCP → ikatan kasein melemah → curd menyusut dan memadat → whey keluar lebih cepat.

Penggaraman	5,0–5,3 (brine salted) 5,4–5,5 (dry salted)	Keju yang digarami dengan larutan garam, laju penyerapan garam menurun ketika pH meningkat. Sebaliknya, pada keju yang digarami kering (seperti Cheddar), penyerapan garam meningkat ketika pH meningkat
Pematangan Keju	5,1–5,5	Pada awal pematangan, pH keju keras (seperti cheddar) dan semi-keras berkisar sekitar 5,1 dan secara bertahap dapat meningkat hingga 5,5 seiring berjalannya waktu.

(Bansal dan Veena, 2024).

Setelah menganalisis tabel di atas, jawablah pertanyaan di bawah ini!

11) Jelaskan secara kimia mengapa pH susu tetap relatif stabil pada kisaran 6,6–6,8 selama pasteurisasi?

12) Susu dilakukan pra-pengasaman dengan bakteri starter/ BAL sehingga pH turun 0,1–0,2 sebelum rennet ditambahkan. Jelaskan pengaruhnya terhadap waktu koagulasi dan kekuatan dadih, serta alasan mengapa pH yang terlalu rendah ($<6,0$) membuat dadih menjadi lemah!

13) Bagaimana penurunan pH oleh asam laktat dapat menyebabkan kasein yang awalnya tersuspensi dalam susu berubah menjadi dadih (curd)?

Scan QR di bawah ini untuk mengakses cara pembuatan keju olahan secara lengkap.

SCAN HERE ↗



14) Jelaskan tahapan pembuatan keju olahan dalam industri pangan disertai dengan penjelasannya!

Tahapan	Penjelasan
Penggilingan Keju Alami	
Penambahan dengan air, pewarna, NaCl, emulsifier	
Pemanasan & Pengadukan	
Pengemasan	
Pendinginan	
Penyimpanan	

TAHUKAH KAMU?

Dalam pembuatan keju olahan, garam fosfat atau garam sitrat digunakan sebagai pengemulsi untuk menstabilkan campuran protein dan lemak. Secara kimia, ketika dua jenis garamnya dicampurkan (misalnya **NaH_2PO_4 dengan Na_2HPO_4** atau **$\text{Na}_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ dengan $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$**), pasangan ini membentuk sistem buffer yang berfungsi menjaga kestabilan pH selama proses pemanasan dan pendinginan. Dengan demikian, secara teknologi pangan disebut sebagai emulsifier, sedangkan secara kimia berperan sebagai buffer, dan keduanya saling berkaitan dalam menjaga mutu keju olahan.

15) Jelaskan jenis penyangga apa yang terbentuk dari pasangan NaH_2PO_4 dan Na_2HPO_4 !

16) Jelaskan jenis penyangga apa yang terbentuk dari pasangan $\text{Na}_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ / $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$!

Teks 4

Apakah kamu tahu apa itu uji fosfatase? Bacalah teks 4 dan scan QR tentang uji fosfatase di bawah ini!

UJI FOSFATASE

Untuk mendapatkan produk pangan yang berkualitas, termasuk susu dan olahannya, kualitas bahan baku harus terjamin. Salah satu uji penting adalah tes fosfatase, yang digunakan untuk memastikan apakah susu telah dipasteurisasi dengan benar. Enzim fosfatase secara alami terdapat dalam susu mentah dan harus hilang setelah pasteurisasi. Pada pengujian, larutan buffer digunakan untuk mendeteksi keberadaan enzim ini: bila fosfatase masih ada, akan terbentuk senyawa kuning fosfor nitrofenol. Jika warna kuning muncul, itu menandakan pasteurisasi tidak sempurna atau ada campuran susu mentah pada susu pasteurisasi. Dengan demikian, tes fosfatase berfungsi sebagai indikator keamanan dan mutu proses pasteurisasi (Laboratorium Turc, 2025).



Larutan buffer yang umum digunakan dalam uji fosfatase pada produk keju adalah buffer natrium karbonat-bikarbonat. Pada prinsipnya, buffer lain dapat digunakan dalam uji fosfatase selama buffer tersebut mampu menjaga pH tetap sesuai untuk aktivitas enzim fosfatase, yaitu pada kondisi basa sekitar pH 9,55 (F. V. Kosikowsky & A. C. Dahlberg, 1998).

17) Bagaimana perubahan warna kuning fosfor nitrofenol pada uji fosfatase digunakan untuk menganalisis keberhasilan proses pasteurisasi susu dalam pembuatan keju?

18) Jenis larutan buffer apa yang digunakan dalam uji fosfatase pada produk keju? Jelaskan!

19) Jelaskan jenis penyangga yang terbentuk dari pasangan tersebut!