



Pengaruh Konsentrasi CPO dan Garam terhadap Karakteristik Keju Vegan Berbasis Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L.) melalui Fermentasi *Lactobacillus Bulgaricus* dan *Streptococcus Lactis*

Adelia Anggreini^{1*}, Martha Aznury², Adi Syakdani³

¹⁻³Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia

*Penulis Korespondensi: adeliaanggreini82@gmail.com

Abstract. Vegan cheese is an alternative to plant-based foods that is increasingly in demand, but its availability is still limited. Green beans have the potential to be a raw material because they have a protein content of around 22% and prebiotic properties, but they are low in fat so that the addition of vegetable fats in the form of CPO is required. This study aims to examine the effect of the concentration of CPO (0%, 2%, 4%, 6%, 8%) and salt (1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%) on the chemical characteristics of green bean-based vegan cheese. The study used a factorial RAL of 5×5 with three repeats. The manufacturing process includes making mung bean milk, pasteurization, CPO processing, and fermentation at a temperature of 26°C for 10 hours using 15% inoculum. The parameters analyzed included moisture content, ash, protein, fat, and pH. The results showed that increasing CPO lowered water and protein content and increased fat content, while increasing salt increased ash content and lowered moisture content. Formulas A1 (0% CPO, 1% salt) and A2 (0% CPO, 1.5% salt) meet all SNI 2980:2018 parameters. Formula A1 produces 40.67% moisture, 0.84% ash, 20.02% protein, 25.56% fat, and pH 4.74, while A2 produces 40.65% moisture, 0.97% ash, 19.96% protein, 25.62% fat, and pH 4.77. The addition of CPO starting at 2% causes protein content to be below the SNI minimum limit.

Keywords: CPO; Green Beans; *Lactobacillus Bulgaricus*; *Streptococcus Lactis*; Vegan Cheese.

Abstrak. Keju vegan merupakan alternatif pangan nabati yang semakin diminati, tetapi ketersediaannya masih terbatas. Kacang hijau berpotensi sebagai bahan baku karena memiliki kandungan protein sekitar 22% dan sifat prebiotik, namun rendah lemak sehingga diperlukan penambahan lemak nabati berupa CPO. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh konsentrasi CPO (0%, 2%, 4%, 6%, 8%) dan garam (1%, 1,5%, 2%, 2,5%, 3%) terhadap karakteristik kimia keju vegan berbasis kacang hijau. Penelitian menggunakan RAL faktorial 5×5 dengan tiga kali ulangan. Proses pembuatan meliputi pembuatan susu kacang hijau, pasteurisasi, pengolahan CPO, dan fermentasi pada suhu 26°C selama 10 jam menggunakan inokulum 15%. Parameter yang dianalisis meliputi kadar air, abu, protein, lemak, dan pH. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan CPO menurunkan kadar air dan protein serta meningkatkan kadar lemak, sedangkan peningkatan garam meningkatkan kadar abu dan menurunkan kadar air. Formula A1 (CPO 0%, garam 1%) dan A2 (CPO 0%, garam 1,5%) memenuhi seluruh parameter SNI 2980:2018. Formula A1 menghasilkan kadar air 40,67%, abu 0,84%, protein 20,02%, lemak 25,56%, dan pH 4,74, sedangkan A2 menghasilkan kadar air 40,65%, abu 0,97%, protein 19,96%, lemak 25,62%, dan pH 4,77. Penambahan CPO mulai 2% menyebabkan kadar protein berada di bawah batas minimum SNI.

Kata Kunci: CPO; Kacang Hijau; Keju Vegan; *Lactobacillus Bulgaricus*; *Streptococcus Lactis*.

1. LATAR BELAKANG

Keju (*cheese*) merupakan produk pangan yang dihasilkan melalui proses koagulasi protein susu, baik dari susu sapi, kerbau, kambing, maupun domba. Proses penggumpalan tersebut dapat berlangsung melalui penggunaan enzim rennet, penambahan asam, maupun fermentasi oleh Bakteri Asam Laktat (BAL). Keju konvensional yang berasal dari bahan baku hewani mengandung laktosa dan kolesterol sehingga kurang sesuai bagi penderita intoleransi laktosa, alergi protein susu sapi, serta konsumen vegetarian dan vegan (Harper et al., 2022). Keju vegan (*vegan cheese*) atau keju nabati (*plant-based cheese*) merupakan alternatif keju yang seluruh bahan penyusunnya berasal dari sumber nabati tanpa penggunaan produk hewani. Bahan yang digunakan dapat berupa kacang-kacangan, seperti kedelai, kacang mete, dan

kacang hijau, biji-bijian, umbi-umbian, maupun minyak nabati yang difermentasi menggunakan BAL untuk menghasilkan karakteristik tekstur, cita rasa, dan fungsi yang menyerupai keju konvensional (Harper et al., 2022). Fermentasi pada keju vegan tidak hanya berperan dalam proses penggumpalan protein nabati, tetapi juga membantu membentuk cita rasa khas keju, memperpanjang umur simpan, serta meningkatkan nilai gizi melalui aktivitas metabolik BAL (Feng et al., 2021). Permintaan terhadap produk keju vegan terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2025, pasar keju vegan global mencapai USD 3,54 miliar dan diproyeksikan meningkat menjadi USD 6,74 miliar pada 2032 (360iResearch, 2025). Konsumsi produk nabati di Indonesia meningkat sekitar 25% per tahun, namun sebagian besar produk keju vegan masih berasal dari impor sehingga diperlukan inovasi dengan memanfaatkan sumber daya lokal. Kacang hijau (*Vigna radiata L.*) memiliki kandungan protein sekitar 22% dan menempati peringkat ketiga setelah kedelai dan kacang tanah (Pusdatin Kementan, 2024). Kandungan tersebut berpotensi memenuhi SNI 2980:2018 yang menetapkan kadar protein minimal sebesar 19,5% (Badan Standardisasi Nasional, 2018).

Selain protein, kacang hijau juga mengandung alfa-galaktooligosakarida yang bersifat prebiotik dan dapat mendukung pertumbuhan BAL. Media berbahan kacang hijau menghasilkan total sel dan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan susu UHT. Produktivitas kacang hijau Sumatera Selatan mencapai 12,96 ton/hektare dan menjadi yang tertinggi di Indonesia (Badan Standardisasi Nasional, 2021), sehingga berpotensi menjadi salah satu sumber bahan baku. Namun, kacang hijau memiliki kandungan lemak yang relatif rendah, yaitu sekitar 10 g/L susu, sedangkan SNI 2980:2018 menetapkan kadar lemak minimal sebesar 25% (Badan Standardisasi Nasional, 2018). Kondisi tersebut dapat menyebabkan tekstur keju menjadi kurang padat dan kurang lembut sehingga diperlukan penambahan sumber lemak nabati. Berdasarkan informasi kandungan gizi, susu kacang hijau memiliki kadar protein sebesar 22,0 g/L, lebih tinggi dibandingkan susu gandum sebesar 13 g/L, susu almond sebesar 8 g/L, dan susu beras sebesar 1 g/L. Akan tetapi, kandungan lemak susu kacang hijau hanya sebesar 10,0 g/L, lebih rendah dibandingkan susu almond sebesar 22 g/L dan relatif mendekati susu gandum sebesar 8 g/L serta susu beras sebesar 9 g/L. Kandungan karbohidrat susu kacang hijau mencapai 50,0 g/L, sedangkan susu gandum, almond, dan beras masing-masing sebesar 93, 3, dan 110 g/L. Rendahnya kandungan lemak pada susu kacang hijau menjadi salah satu keterbatasan karena lemak berperan dalam menghasilkan tekstur lembut (*creamy*), rasa gurih, dan emulsi yang stabil pada keju. Kekurangan lemak tersebut dapat menyebabkan keju berbasis kacang-kacangan memiliki tekstur yang kurang padat dan kurang lembut (Syamsu & Elshahida, 2018). Oleh karena itu, diperlukan sumber lemak nabati tambahan untuk memperbaiki

karakteristik keju tanpa mengurangi nilai gizinya. *Crude Palm Oil* (CPO) dipilih sebagai sumber lemak karena Indonesia merupakan produsen CPO terbesar di dunia. Sumatera Selatan memiliki produksi CPO lebih dari 4.000 ribu ton per tahun (Badan Standardisasi Nasional, 2021). Selain itu, pemerintah mendorong hilirisasi kelapa sawit untuk meningkatkan nilai tambah produk (ANTARA News, 2025). CPO memiliki kandungan asam lemak yang seimbang serta kaya akan beta-karoten dan vitamin E (Riestanti et al., 2025). Penelitian lain membuktikan penggunaan minyak sawit dapat meningkatkan *meltability* dan *stretchability* pada keju analog. Mutu CPO sendiri telah diatur dalam SNI 2901:2021 (Badan Standardisasi Nasional, 2021). Penelitian Septiani et al., (2025) menunjukkan bahwa substitusi CPO pada keju vegan berbasis kedelai menghasilkan kadar air dan pH yang sesuai dengan SNI, tetapi kadar protein tertinggi yang diperoleh hanya 18,53% sehingga masih berada di bawah persyaratan SNI. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya bahan baku dengan kandungan protein yang lebih tinggi, salah satunya kacang hijau. Fermentasi menggunakan BAL berperan penting dalam pembentukan *curd*.

Kombinasi *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis* memiliki hubungan mutualisme, yaitu *L. bulgaricus* berperan dalam memecah protein, sedangkan *S. lactis* menghasilkan asam laktat dan CO₂ (Harper et al., 2022). Putriana et al., (2025) melaporkan bahwa fermentasi kacang hijau menggunakan *L. bulgaricus* menghasilkan kadar protein tertinggi sebesar 22,01% dan rendemen *curd* sebesar 41,12%. Kombinasi kedua BAL tersebut juga telah diterapkan pada pembuatan keju kedelai dengan penambahan CPO. Selain bahan baku dan lemak, garam (NaCl) berperan sebagai pengemulsi sekaligus pengatur aktivitas enzim. Konsentrasi garam yang umum digunakan berada pada kisaran 1–3% (Syamsu & Elshahida, 2018). Oleh karena itu, variasi konsentrasi garam dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%. Berdasarkan uraian tersebut, masih terdapat kesenjangan penelitian mengenai pengembangan keju berbasis kacang hijau. Penelitian Putriana dkk. (2025) menghasilkan keju kacang hijau dengan kandungan protein tinggi tetapi tanpa penambahan lemak, sedangkan penelitian Septiani dkk. (2025) menggunakan CPO pada keju dengan kandungan protein yang masih rendah. Selain itu, kombinasi *L. bulgaricus* dan *S. lactis* belum diterapkan pada keju berbasis kacang hijau dengan penambahan CPO, sementara variasi konsentrasi garam juga belum dikaji secara bersamaan dengan kedua variabel tersebut. Kondisi Sumatera Selatan yang memiliki produktivitas kacang hijau tertinggi sekaligus ketersediaan CPO yang melimpah semakin mendukung relevansi penelitian ini.

2. KAJIAN TEORITIS

Keju Vegan

Keju vegan atau keju nabati (*plant-based cheese*) merupakan produk pangan yang seluruh bahan penyusunnya berasal dari tumbuhan tanpa menggunakan bahan hewani. Produk ini dikembangkan untuk menyerupai keju konvensional dari aspek tekstur, cita rasa, dan nilai gizi (Feng et al., 2021). Bahan bakunya dapat berupa kacang-kacangan, biji-bijian, minyak nabati, dan sumber pati yang selanjutnya dapat difermentasi menggunakan BAL untuk menghasilkan karakteristik yang menyerupai keju berbahan susu (Harper et al., 2022; Septiani et al., 2025). Dalam proses pembuatannya, ekstrak nabati dipasteurisasi kemudian ditambahkan sumber lemak, garam, dan kultur starter BAL. Fermentasi menghasilkan asam laktat yang menurunkan pH dan menyebabkan protein nabati menggumpal membentuk *curd* (Putriana et al., 2025). Keju vegan memiliki keunggulan bebas laktosa dan kolesterol, tetapi masih menghadapi keterbatasan berupa kandungan protein dan kemampuan leleh (*meltability*) yang belum optimal (Feng et al., 2021; Durak et al., 2025; Sanders et al., 2024).

Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*)

Kacang hijau (*Vigna radiata L.*) merupakan tanaman polong-polongan yang banyak dibudidayakan di Asia Tenggara, termasuk Indonesia (Nair & Schreinemachers, 2020). Kacang hijau memiliki kandungan protein sebesar 22,2 g/100 g dan lemak sekitar 1,2 g/100 g, sedangkan kandungan karbohidratnya mencapai 62,9 g/100 g (Pusdatin Kementan, 2024). Protein kacang hijau didominasi fraksi globulin sebesar 60-70% yang dapat mengalami koagulasi pada pH sekitar 4,5-4,6 sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku keju nabati (Yi-Shen dkk., 2018). Penurunan pH tersebut dapat diperoleh melalui fermentasi BAL yang menghasilkan asam laktat (Feng et al., 2021). Putriana dkk. (2025) melaporkan bahwa fermentasi susu kacang hijau menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* menghasilkan kadar protein 22,01% dan rendemen *curd* 41,12%. Kacang hijau juga mengandung α -galaktooligosakarida yang berperan sebagai prebiotik dan dapat mendukung pertumbuhan BAL (Nair & Schreinemachers, 2020; Harper et al., 2022). Widawati dan Retnaningrum (2022) menyatakan bahwa fermentasi susu kacang hijau menggunakan *Lactococcus lactis* menghasilkan total sel bakteri, kadar protein terlarut, dan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan susu UHT. Meskipun memiliki kandungan protein yang tinggi, rendahnya kadar lemak kacang hijau dapat menyebabkan tekstur keju kurang padat dan kurang lembut sehingga diperlukan penambahan sumber lemak nabati (Syamsu & Elshahida, 2018; Septiani et al., 2025).

Crude Palm Oil (CPO)

Crude Palm Oil (CPO) merupakan minyak nabati yang diperoleh dari ekstraksi daging buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dan memiliki komposisi asam lemak yang relatif seimbang antara fraksi jenuh dan tidak jenuh (Arifiyanto dkk., 2025). Asam lemak utama CPO terdiri atas asam palmitat sekitar 44% dan asam oleat sekitar 39% (Riestanti et al., 2025). Sebelum digunakan, CPO melalui proses *degumming* dan hidrolisis. *Degumming* dilakukan untuk menghilangkan *gum* dan kotoran, sedangkan hidrolisis bertujuan memecah trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol menggunakan asam fosfat sebagai katalis (Septiani et al., 2025). Penggunaan CPO pada keju vegan berbasis kedelai menghasilkan kadar air 23,16-36,28%, kadar abu 0,44-1,05%, dan pH 5 yang memenuhi SNI, tetapi kadar protein tertinggi hanya 18,53%.

Bakteri Asam Laktat (BAL)

Bakteri Asam Laktat (BAL) merupakan mikroorganisme gram-positif, tidak membentuk spora, dan menghasilkan asam laktat sebagai metabolit utama dari fermentasi karbohidrat (Harper et al., 2022). Dalam fermentasi pangan nabati, BAL berperan dalam menurunkan pH, meningkatkan nilai gizi, membentuk cita rasa, dan memperpanjang umur simpan produk (Feng et al., 2021). Penelitian ini menggunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis* yang bersifat homofermentatif. *L. bulgaricus* berperan dalam proteolisis, sedangkan *S. lactis* berperan dalam menghasilkan asam laktat dan menurunkan pH (Harper et al., 2022; Putriana et al., 2025; Septiani et al., 2025). Kedua bakteri tersebut dapat membentuk hubungan simbiosis mutualisme. *L. bulgaricus* memecah protein menjadi peptida dan asam amino yang dapat dimanfaatkan *S. lactis*, sedangkan *S. lactis* menghasilkan asam laktat dan CO₂ yang menurunkan pH serta membantu koagulasi protein hingga mencapai titik isoelektrik (Putriana et al., 2025; Septiani et al., 2025). Fermentasi dalam penelitian ini dilakukan pada suhu 26°C selama 10 jam dengan konsentrasi inokulum campuran 15% (v/v) (Septiani et al., 2025).

Garam

Garam (NaCl) berfungsi sebagai bahan tambahan dalam pembuatan keju, antara lain sebagai pemberi rasa, pengatur aktivitas enzim dan mikroba, penstabil emulsi, serta membantu pelepasan whey dari curd (Syamsu & Elshahida, 2018; Septiani et al., 2025). Interaksi ion Na⁺ dan Cl⁻ dengan air dan protein dapat mendukung pembentukan emulsi, sedangkan peningkatan sineresis membantu menurunkan kadar air dan meningkatkan kekompakan tekstur keju (Septiani et al., 2025; Syamsu & Elshahida, 2018). Konsentrasi garam yang terlalu rendah dapat

meningkatkan risiko pertumbuhan mikroba, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menghambat aktivitas BAL dan mengganggu proses fermentasi serta koagulasi protein.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan, yaitu April-Juni 2026 di Laboratorium Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya. Bahan yang digunakan meliputi kacang hijau kupas, *crude palm oil* (CPO), kultur *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis*, garam dapur (*food grade*), aquadest, serta bahan kimia yang digunakan dalam persiapan CPO dan analisis karakteristik keju. Peralatan utama yang digunakan meliputi blender, *hot plate magnetic stirrer*, termometer, timbangan analitik, pH meter, inkubator, set refluks, corong pisah, sentrifus, oven, tanur, dan set destilasi Kjeldahl. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi CPO sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% serta konsentrasi garam sebesar 1%, 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3%, yang dihitung berdasarkan volume susu kacang hijau. Variabel terkontrol meliputi rasio kacang hijau dan air 1:4 (b/v), konsentrasi inokulum campuran *L. bulgaricus* dan *S. lactis* sebesar 15% (v/v), suhu inkubasi 26°C, dan waktu inkubasi 10 jam. Karakteristik produk yang dianalisis meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan pH. Pembuatan susu kacang hijau dilakukan dengan mencuci dan merendam 500 g kacang hijau kupas selama 4-6 jam, kemudian membersihkan sisa kulit ari. Kacang dihaluskan dengan 2L air menggunakan blender, lalu disaring untuk memisahkan ampas. Susu kacang hijau yang diperoleh dipasteurisasi pada suhu 63°C selama 30 menit, kemudian didinginkan hingga 35-40°C. Persiapan asam lemak CPO dilakukan melalui proses *degumming* dan hidrolisis. Sebanyak 500 mL CPO dipanaskan pada suhu 70-80°C sambil diaduk, kemudian ditambahkan asam fosfat *food grade* 85% sebanyak 3% dari volume CPO dan diaduk selama 1 jam. Setelah didinginkan hingga 60°C, fase *refined* CPO dipisahkan dari *gum*. Sebanyak 250 mL *refined* CPO selanjutnya dihidrolisis dengan 7,5 mL asam fosfat *food grade* 85% pada suhu 80°C selama 7 jam. Setelah didinginkan hingga suhu ruang, campuran dipisahkan menggunakan corong pisah dan lapisan atas berupa asam lemak CPO digunakan dalam pembuatan keju vegan. Kultur starter disiapkan dengan mencampurkan 50 mL kultur *L. bulgaricus* dan *S. lactis* dengan 100 mL susu *plain* steril, kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 16-18 jam hingga aktif. Pembuatan keju dilakukan dengan mencampurkan 100 mL susu kacang hijau dengan asam lemak CPO sesuai variasi konsentrasi dan garam sesuai variasi perlakuan. Selanjutnya ditambahkan starter campuran *L. bulgaricus* dan *S. lactis* sebanyak 15% (v/v). Campuran dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu 26°C selama 10 jam hingga terbentuk *curd*. *Curd* dipisahkan dari *whey* menggunakan kain steril, kemudian dipres untuk

mengeluarkan sisa *whey*, dicetak, dan disimpan pada suhu 2-4°C hingga dianalisis. Analisis karakteristik keju meliputi kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, dan pH. Kadar air ditentukan dengan pengeringan 2 g sampel pada suhu 105°C hingga berat konstan, sedangkan kadar abu ditentukan dengan pengabuan 2 g sampel pada suhu 550°C. Kadar protein dianalisis menggunakan metode Kjeldahl melalui tahapan destruksi, destilasi, dan titrasi. Kadar lemak dianalisis melalui metode titrasi menggunakan petroleum eter atau kloroform, KOH alkoholik 0,1 N, dan HCl 0,1 N. Pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter yang telah dikalibrasi dengan buffer pH 4 dan pH 7.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum menganalisis pengaruh konsentrasi CPO dan garam terhadap karakteristik keju vegan, CPO terlebih dahulu diproses melalui tahap *degumming* dan hidrolisis. Proses *degumming* dilakukan untuk mengurangi senyawa pengotor seperti *gum*, fosfatida, protein, dan logam berat yang dapat memengaruhi mutu produk. CPO dipanaskan pada suhu 70-80°C, kemudian ditambahkan H₃PO₄ 85% *food grade* sebanyak 3% dan diaduk selama 1 jam.

Tabel 1. Hasil Analisa ALB pada *Crude Palm Oil* (CPO)

Perlakuan	Asam Lemak Bebas (%)
Sebelum	2,51
Sesudah	0,51

Sumber: Data Penelitian, 2026.

Hasil analisis pada di atas menunjukkan bahwa kadar asam lemak bebas (ALB) mengalami penurunan dari 2,51% sebelum proses menjadi 0,51% setelah proses. CPO selanjutnya dihidrolisis menggunakan H₃PO₄ 85% pada suhu 80°C selama 7 jam untuk menguraikan trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi hidrolisis tersebut ditunjukkan pada Persamaan.



Setelah proses hidrolisis selesai, campuran didinginkan kemudian dipisahkan menggunakan corong pisah. Lapisan atas yang berupa asam lemak CPO digunakan sebagai sumber lemak substitusi pada pembuatan keju vegan. Asam lemak tersebut kemudian dicampurkan dengan susu kacang hijau untuk menghasilkan karakteristik produk akhir sesuai perlakuan.

Pengaruh Konsentrasi CPO dan Garam terhadap *Yield*

Hasil *yield* keju vegan berbasis kacang hijau dengan variasi konsentrasi CPO dan garam disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. % Yield Produk Keju Vegan dari Kacang Hijau dan Asam Lemak CPO.

Sampel	Variabel	CPO (%)	Garam (%)	% Yield
A1	0	1,00	—	7,5
A2		1,50	—	8,0
A3		2,00	—	8,3
A4		2,50	—	8,8
A5		3,00	—	9,7
B1	2	1,00	—	7,5
B2		1,50	—	8,0
B3		2,00	—	8,4
B4		2,50	—	8,9
B5		3,00	—	9,8
C1	4	1,00	—	7,6
C2		1,50	—	8,0
C3		2,00	—	8,4
C4		2,50	—	9,1
C5		3,00	—	9,8
D1	6	1,00	—	7,6
D2		1,50	—	8,0
D3		2,00	—	8,4
D4		2,50	—	9,1
D5		3,00	—	9,9
E1	8	1,00	—	7,6
E2		1,50	—	8,0
E3		2,00	—	8,8
E4		2,50	—	9,6
E5		3,00	—	9,9

Sumber: Data Penelitian, 2026.

Secara umum, peningkatan konsentrasi CPO menghasilkan kecenderungan peningkatan *yield*. Penambahan CPO memberikan kontribusi terhadap massa total produk sehingga jumlah *curd* yang terbentuk menjadi lebih besar. Asam lemak CPO yang ditambahkan selama proses pembuatan dapat terperangkap dalam matriks protein pada saat koagulasi sehingga meningkatkan jumlah padatan produk. Selain CPO, peningkatan konsentrasi garam juga menunjukkan kecenderungan peningkatan *yield*. Pada konsentrasi CPO yang sama, penambahan garam dari 1% hingga 3% meningkatkan jumlah produk yang dihasilkan. Garam berperan dalam proses sineresis, yaitu pengeluaran air dari *curd*, sehingga padatan yang tertahan dalam produk menjadi lebih besar. Ion Na^+ dan Cl^- juga meningkatkan gaya osmotik yang mendorong keluarnya air dari matriks protein sehingga menghasilkan *curd* yang lebih padat dan kompak (Syamsu & Elshahida, 2018; Septiani dkk., 2025). Artinya, konsentrasi CPO dan garam menunjukkan pengaruh terhadap *yield* keju vegan. Peningkatan konsentrasi CPO

memberikan kontribusi terhadap peningkatan massa produk, sedangkan garam membantu proses sineresis sehingga lebih banyak padatan tertahan dalam *curd*.

Pengaruh Konsentrasi CPO dan Garam terhadap Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas, tekstur, daya simpan, dan kestabilan mikrobiologis keju vegan (Harper dkk., 2022; Septiani dkk., 2025). Berikut adalah rata-rata kadar air produk keju vegan dari susu kacang hijau dan asam lemak CPO.

Tabel 3. Rata-rata Kadar Air Produk Keju Vegan dari Susu Kacang Hijau dan Asam Lemak CPO.

Sampel (1)	CPO (%) (2)	Garam (%) (3)	Massa Awal (gr) (4)	Massa Akhir (gr) (5)	Rata-rata Kadar Air (%) (6)
A1	0	1,00	5,01	34,85	40,67
A2		1,50	5,01	35,05	40,65
A3		2,00	5,00	35,45	40,65
A4		2,50	5,00	35,27	40,61
A5		3,00	5,01	35,56	40,55
B1	2	1,00	5,01	35,06	40,52
B2		1,50	5,01	35,61	40,51
B3		2,00	5,00	36,06	40,47
B4		2,50	5,00	36,99	40,43
B5		3,00	5,00	36,74	40,42
C1	4	1,00	5,00	36,06	40,41
C2		1,50	5,01	35,13	40,40
C3		2,00	5,01	35,87	40,39
C4		2,50	5,00	35,51	40,36
C5		3,00	5,01	35,48	40,35
D1	6	1,00	5,01	35,88	40,35
D2		1,50	5,01	35,87	40,35
D3		2,00	5,00	37,14	40,25
D4		2,50	5,00	36,10	40,25
D5		3,00	5,01	36,58	40,23
E1	8	1,00	5,01	36,15	40,21
E2		1,50	5,00	35,59	40,19
E3		2,00	5,00	36,22	40,16
E4		2,50	5,01	35,88	40,14
E5		3,00	5,00	35,55	40,04

Sumber: Data Penelitian, 2026.

Berdasarkan tabel di atas, kadar air keju vegan yang dihasilkan berada pada rentang 40,04-40,67%. Nilai tersebut masih berada di bawah batas maksimum kadar air keju olahan berdasarkan SNI 2980:2018, yaitu 45%. Peningkatan konsentrasi CPO dari 0% hingga 8% menunjukkan kecenderungan penurunan kadar air. Pada konsentrasi garam 1%, kadar air menurun dari 40,67% pada CPO 0% menjadi 40,21% pada CPO 8%. Penurunan kadar air

berkaitan dengan sifat hidrofobik CPO yang memiliki kemampuan rendah dalam mengikat air. Penambahan CPO juga menggantikan sebagian komponen air dalam matriks produk sehingga kadar air relatif menjadi lebih rendah. Selain itu, CPO yang terperangkap dalam *curd* meningkatkan jumlah padatan produk sehingga secara proporsional menurunkan kadar air. Selain itu, peningkatan konsentrasi garam dari 1% hingga 3% juga menunjukkan kecenderungan penurunan kadar air. Pada CPO 0%, kadar air turun dari 40,67% pada garam 1% menjadi 40,55% pada garam 3%. Garam membantu proses sineresis selama pembentukan dan pengepresan *curd*. Ion Na^+ dan Cl^- meningkatkan gaya osmotik dalam matriks protein sehingga mendorong keluarnya air bebas dari struktur *curd* (Syamsu & Elshahida, 2018; Septiani et al., 2025). Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CPO maupun garam cenderung menurunkan kadar air produk. Meskipun demikian, seluruh formula yang dihasilkan masih memenuhi batas kadar air SNI 2980:2018.

Pengaruh Konsentrasi CPO dan Garam terhadap Kadar Abu

Kadar abu digunakan untuk mengetahui jumlah mineral anorganik yang tersisa setelah komponen organik dalam sampel mengalami pembakaran sempurna (Septiani dkk., 2025). Adapun rata-rata kadar abu dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Rata-rata Kadar Abu Produk Keju Vegan dari Susu Kacang Hijau dan Asam Lemak CPO.

Sampel (1)	CPO (%) (2)	Garam (%) (3)	Massa Awal (gr) (4)	Massa Akhir (gr) (5)	Rata-rata Kadar Abu (%) (6)
A1	0	1,00	35,27	32,33	0,84
A2		1,50	35,06	32,11	0,97
A3		2,00	36,99	34,05	1,15
A4		2,50	35,13	32,18	1,01
A5		3,00	37,13	34,20	1,68
B1	2	1,00	34,84	31,89	0,67
B2		1,50	35,04	32,10	1,01
B3		2,00	36,74	33,79	1,12
B4		2,50	35,47	32,53	1,34
B5		3,00	36,58	33,63	1,56
C1	4	1,00	35,45	32,50	0,79
C2		1,50	35,60	32,65	0,89
C3		2,00	36,06	33,11	1,01
C4		2,50	35,87	32,92	1,34
C5		3,00	36,09	33,14	1,45
D1	6	1,00	35,56	32,60	0,67
D2		1,50	35,50	32,55	0,78
D3		2,00	35,87	32,91	1,00
D4		2,50	36,21	33,26	1,23
D5		3,00	35,88	32,92	1,33

Sampel (1)	CPO (%) (2)	Garam (%) (3)	Massa Awal (gr) (4)	Massa Akhir (gr) (5)	Rata-rata Kadar Abu (%) (6)
E1	8	1,00	36,05	33,09	0,56
E2		1,50	35,87	32,90	0,78
E3		2,00	35,58	32,62	1,00
E4		2,50	36,15	33,18	1,11
E5		3,00	35,54	32,59	1,33

Sumber: Data Penelitian, 2026.

Berdasarkan tabel di atas, kadar abu seluruh sampel berada pada rentang 0,56-1,68%. Nilai tertinggi diperoleh pada formula A5 dengan CPO 0% dan garam 3%, yaitu 1,68%, sedangkan nilai terendah terdapat pada E1 dengan CPO 8% dan garam 1%, yaitu 0,56%. Seluruh formula masih memenuhi batas maksimum kadar abu SNI 2980:2018 sebesar 5,5%. Peningkatan konsentrasi garam menyebabkan peningkatan kadar abu. Pada CPO 0%, kadar abu meningkat dari 0,84% pada garam 1% menjadi 1,68% pada garam 3%. Kondisi tersebut berkaitan dengan kandungan Na^+ dan Cl^- pada NaCl yang termasuk mineral anorganik. Ion tersebut tidak menguap selama proses pembakaran sehingga tertinggal sebagai residu abu (Syamsu & Elshahida, 2018). Sebaliknya, peningkatan konsentrasi CPO cenderung menurunkan kadar abu. Pada konsentrasi garam 1%, kadar abu turun dari 0,84% pada CPO 0% menjadi 0,56% pada CPO 8%. CPO hampir tidak mengandung mineral anorganik sehingga peningkatan jumlah CPO menyebabkan terjadinya efek dilusi terhadap komponen mineral dalam produk (Riestanti dkk., 2025). Artinya, CPO dan garam memberikan kecenderungan pengaruh yang berlawanan terhadap kadar abu. Peningkatan garam meningkatkan kadar abu, sedangkan peningkatan CPO menurunkannya. Seluruh formula tetap berada di bawah batas maksimum SNI 2980:2018.

Pengaruh Konsentrasi CPO dan Garam terhadap Kadar Protein, Kadar Lemak, dan pH

Kadar protein merupakan salah satu parameter utama dalam menentukan nilai gizi keju vegan. Berdasarkan SNI 2980:2018, kadar protein minimum yang dipersyaratkan adalah 19,5%. Berikut rata-rata kadar protein, kadar lemak, serta pH dari produk keju vegan.

Tabel 5. Rata-Rata Kadar Protein, Kadar Lemak, serta pH dari Produk Keju Vegan.

Sampel (1)	CPO (%) (2)	Garam (%) (3)	Rata-rata Kadar Protein (%) (4)	Rata-rata Kadar Lemak (%) (5)	Rata-rata pH (6)
A1	0	1,00	20,02	25.56	4.74
A2		1,50	19,96	25.62	4.77
A3		2,00	19,89	25.68	4.80
A4		2,50	19,82	25.74	4.83
A5		3,00	19,81	25,80	4,86
B1	2	1,00	18,88	26.78	4.72
B2		1,50	18,86	26.85	4.75

Sampel (1)	CPO (%) (2)	Garam (%) (3)	Rata-rata Kadar Protein (%) (4)	Rata-rata Kadar Lemak (%) (5)	Rata-rata pH (6)
B3		2,00	18,86	26,91	4,78
B4		2,50	18,83	26,96	4,81
B5		3,00	18,83	27,02	4,84
C1	4	1,00	18,00	28,02	4,70
C2		1,50	17,94	28,06	4,73
C3		2,00	17,90	28,10	4,76
C4		2,50	17,80	28,19	4,79
C5		3,00	17,12	28,22	4,82
D1	6	1,00	17,06	29,24	4,68
D2		1,50	16,94	29,30	4,71
D3		2,00	16,59	29,35	4,74
D4		2,50	16,50	29,42	4,77
D5		3,00	15,71	29,47	4,80
E1	8	1,00	15,41	30,45	4,66
E2		1,50	15,31	30,54	4,69
E3		2,00	15,27	30,57	4,72
E4		2,50	15,12	30,67	4,75
E5		3,00	15,10	30,68	4,78

Sumber: Data Penelitian, 2026.

Berdasarkan tabel di atas, kadar protein keju vegan berada pada rentang 15,10-20,02%. Kadar protein tertinggi diperoleh pada perlakuan A1 dengan konsentrasi CPO 0% dan garam 1%, yaitu sebesar 20,02%, sedangkan kadar protein terendah terdapat pada perlakuan E5 dengan konsentrasi CPO 8% dan garam 3%, yaitu sebesar 15,10%. Pada konsentrasi garam 1%, peningkatan CPO dari 0% menjadi 8% menurunkan kadar protein dari 20,02% menjadi 15,41%. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CPO menyebabkan proporsi sumber protein dari kacang hijau menjadi lebih rendah. CPO berperan sebagai sumber lemak sehingga penambahannya dapat menurunkan persentase protein dalam produk. Pengaruh garam terhadap kadar protein relatif lebih kecil. Pada konsentrasi CPO 0%, peningkatan garam dari 1% menjadi 3% hanya menurunkan kadar protein dari 20,02% menjadi 19,81%. Berdasarkan SNI 2980:2018, kadar protein minimum keju olahan adalah 19,5%. Sehingga perlakuan A1 hingga A5 masih memenuhi persyaratan kadar protein, sedangkan penambahan CPO sebesar 2% atau lebih menyebabkan kadar protein berada di bawah batas yang ditetapkan. Berbeda dengan kadar protein, peningkatan konsentrasi CPO cenderung meningkatkan kadar lemak. Kadar lemak yang diperoleh berada pada rentang 25,56–30,68%. Pada konsentrasi garam 1%, peningkatan CPO dari 0% menjadi 8% meningkatkan kadar lemak dari 25,56% menjadi 30,45%. Peningkatan tersebut berkaitan dengan penambahan CPO sebagai sumber lemak pada formulasi keju vegan. Kacang hijau memiliki kandungan lemak yang relatif rendah, sehingga penggunaan CPO memberikan

kontribusi terhadap peningkatan kadar lemak produk. Sementara itu, peningkatan konsentrasi garam pada CPO 0% menghasilkan kenaikan kadar lemak dari 25,56% menjadi 25,80%. Garam dapat membantu kestabilan emulsi sehingga perubahan kadar lemak akibat variasi garam relatif kecil. Seluruh perlakuan memiliki kadar lemak di atas batas minimum SNI 2980:2018, yaitu 25%. Nilai pH keju vegan yang dihasilkan berada pada rentang 4,66–4,86. Pada konsentrasi garam 1%, peningkatan CPO dari 0% menjadi 8% menurunkan pH dari 4,74 menjadi 4,66. Penurunan pH menunjukkan bahwa proses fermentasi tetap berlangsung dan menghasilkan asam laktat selama fermentasi. Peningkatan konsentrasi CPO diduga dapat memberikan pengaruh terhadap aktivitas bakteri asam laktat dalam matriks produk. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi garam pada CPO 0% meningkatkan pH dari 4,74 pada garam 1% menjadi 4,86 pada garam 3%. Konsentrasi garam yang lebih tinggi dapat menghambat aktivitas bakteri asam laktat sehingga pembentukan asam laktat menjadi lebih rendah. Nilai pH yang diperoleh masih berada dalam rentang yang ditetapkan untuk keju olahan, yaitu 4,5-5,5, serta mendekati titik isoelektrik protein kacang hijau pada pH sekitar 4,5-4,6. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses fermentasi menghasilkan tingkat keasaman yang sesuai untuk pembentukan karakteristik produk keju vegan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, variasi konsentrasi CPO dan garam memengaruhi *yield* serta karakteristik kimia keju vegan berbasis kacang hijau. Peningkatan CPO cenderung menurunkan kadar air dan protein, tetapi meningkatkan kadar lemak, sedangkan peningkatan garam meningkatkan kadar abu dan menurunkan kadar air. Formula A1 (CPO 0%, garam 1%) merupakan perlakuan terbaik dengan *yield* 7,5%, kadar air 40,67%, abu 0,84%, protein 20,02%, lemak 25,56%, dan pH 4,74. Formula A1 dan A2 (CPO 0%, garam 1,5%) memenuhi seluruh parameter SNI 2980:2018. Penambahan CPO mulai 2% menyebabkan kadar protein berada di bawah batas minimum SNI 19,5%, sehingga penggunaannya perlu dikendalikan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji variasi rasio kacang hijau dan air serta penambahan sumber protein nabati lain untuk mempertahankan kadar protein ketika CPO digunakan. Selain itu, perlu dilakukan pengujian organoleptik, kemampuan leleh, dan stabilitas selama penyimpanan untuk melengkapi evaluasi mutu serta menentukan umur simpan keju vegan.

DAFTAR REFERENSI

- 360iResearch. (2025). *Vegan cheese market by product type, source, distribution channel, end user - Global forecast 2026–2032*. <https://www.giiresearch.com/report/ires2012307-vegan-cheese-market-by-product-type-source.html>
- Arifiyanto, D., Basyuni, M., Damanik, R. I. M., Rosmayati, Astari, R. P., Syahputra, I., & Affandi, D. (2025). Physicochemical qualities of low-lipase oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) during fruit ripening on tree. *OCL*, 32, 12. <https://doi.org/10.1051/ocl/2025011>
- Badan Standardisasi Nasional. (2021). *SNI 2901:2021. Syarat mutu minyak kelapa sawit mentah (Crude Palm Oil)*. <https://pesta.bsn.go.id/produk/detail/13323-sni29012021>
- Durak, S., Demirci, A. N., Çavdar, A., Yılmaz, Y., Andaç, S., & Tekiner, İ. H. (2025). Vegan cheese versus regular cheese: A nutritional and cytotoxic assessment. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 13(4), 1034–1041. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i4.1034-1041.7436>
- Feng, M., Lv, Y., Li, T., Li, X., Liu, J., Chen, X., Zhang, Y., Chen, X., & Wang, A. (2021). Postharvest treatments with three yeast strains and their combinations to control *Botrytis cinerea* of snap beans. *Foods*, 10(11), 2736. <https://doi.org/10.3390/foods10112736>
- Harper, A. R., Dobson, R. C. J., Morris, V. K., & Moggré, G. J. (2022). Fermentation of plant-based dairy alternatives by lactic acid bacteria. *Microbial Biotechnology*, 15(5), 1404–1421. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14008>
- Nair, R., & Schreinemachers, P. (2020). Global status and economic importance of mungbean (pp. 1–8). https://doi.org/10.1007/978-3-030-20008-4_1
- Pusdatin Kementan. (2024). *Peningkatan kualitas data produksi kacang hijau melalui perbaikan metode produktivitas*. <http://bit.ly/pemetaanlahanhortikultura>
- Putriana, A., Firdhausi, N. F., & Faizah, H. (2025). *Karakterisasi keju berbahan dasar kacang hijau (Vigna radiata L.) dengan variasi jenis bakteri asam laktat dan waktu fermentasi* [Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya]. <http://digilib.uinsa.ac.id/id/eprint/82699>
- Riestanti, L. U., Despal, Retnani, Y., & Andarwulan, N. (2025). *Modification of dairy milk production rich in conjugated linoleic acid (CLA) through protected fat supplementation* [Institut Pertanian Bogor (IPB University)]. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/169819>
- Septiani, N., Aznury, M., & Ekawati, L. (2025). Substitusi lemak dari crude palm oil dalam pembuatan keju vegan susu kedelai dengan fermentasi *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus lactis*. *Jurnal Serambi Engineering*, X(4), 15635–15642.
- Syamsu, K., & Elshahida, K. (2018). Pembuatan keju nabati dari kedelai menggunakan bakteri asam laktat yang di isolasi dari dadih. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 28(2), 154–161. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2018.28.2.154>
- Yi-Shen, Z., Shuai, S., & FitzGerald, R. (2018). Mung bean proteins and peptides: Nutritional, functional and bioactive properties. *Food & Nutrition Research*, 62(0). <https://doi.org/10.29219/fnr.v62.1290>