

# Formulasi Keju Mozzarella Dengan Ekstrak Papain Sebagai Alternatif Koagulan Susu

Ajeng Daniarsih<sup>12\*</sup>, Muh. Ade Artasasta<sup>2</sup>, Farid Akhsani<sup>2</sup>, Zahra Firdaus<sup>2</sup>, M Iqbal Najib Fahmi<sup>2</sup>, Halimatus Sa'diyah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Malang; Jl. Cakrawala No.5, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, (0341) 551312  
e-mail: \* [ajeng.daniarsih.fmipa@um.ac.id](mailto:ajeng.daniarsih.fmipa@um.ac.id)

<sup>2</sup>Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

## Abstrak

Industri keju tradisional seringkali menggunakan rennet, sebuah enzim yang diperoleh dari perut hewan ruminansia, sebagai koagulan untuk menggumpalkan susu. Penggunaan rennet pada beberapa kasus menimbulkan potensi alergi pada beberapa konsumen. Papain adalah sejenis enzim proteolitik yang ditemukan dalam pepaya. Enzim proteolitik memiliki kemampuan untuk memecah protein, dalam proses pembuatan keju protein utama yang terdapat dalam susu adalah kasein. Kasein bertanggung jawab untuk membentuk gumpalan atau koagulan pada susu saat proses pembuatan keju mozzarella. Sehingga enzim papain dapat mengganti peran rennet dalam proses penggumpalan susu menjadi keju. Tujuan penelitian ini adalah melihat efektivitas waktu, temperature, dan konsentrasi papain yang tepat sebagai alternatif koagulan keju. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal. Perlakuan yang diberikan yaitu waktu, temperature, dan konsentrasi papain yang digunakan. Masing-masing faktor diulang sebanyak 3 kali. Variasi waktu yang digunakan adalah 20, 30, dan 40 menit. Variasi temperature pada 30, 34, dan 37°C. Sedangkan variasi konsentrasi ekstrak papain 0.2, 0.3, dan 0.4%. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analysis Of Variance (ANOVA). Hasil penelitian waktu optimum yaitu 30 menit dengan suhu 34°C dan konsentrasi papain 0,4%. Kesimpulan dari penelitian ini, dengan menggunakan konsentrasi, temperature dan waktu optimal akan cenderung menghasilkan keju dengan tekstur yang lebih lembut atau lebih kenyal. Peningkatan konsentrasi papain menyebabkan lebih banyak ikatan protein kasein dalam susu terurai, yang pada gilirannya dapat menghasilkan gumpalan keju yang lebih halus dan struktur yang lebih renggang.

**Kata kunci**— papain, koagulan, keju mozzarella

## 1. PENDAHULUAN

Produk pangan lezat hasil olahan susu yang saat ini semakin diminati banyak orang adalah keju. Keju tidak hanya populer sebagai tambahan rasa dalam berbagai hidangan, tetapi juga sering dijadikan pelengkap makanan, seperti topping, dipping, hingga berbagai dessert. Koagulasi enzimatis dari susu menjadi salah satu proses penting dalam pembuatan keju. Proses ini membuat keju memiliki kaya

akan nutrisi. Studi [1] menunjukkan keju sebagai sumber kalsium, vitamin A, riboflavin, dan vitamin B12. Dalam proses pembuatan keju, *rennet* bertindak sebagai koagulan yang esensial. *Rennet* dapat diperoleh dari hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme, menawarkan beragam pengaruh terhadap kualitas keju [2]. *Rennet* dari anak sapi, atau *calf rennet*, selama ini mendominasi industri keju. Akan tetapi, pasokan terbatas *calf rennet*, yang hanya

mampu memenuhi 20-30% dari total kebutuhan [2].

Tumbuhan menjadi focus perhatian dalam mencari pengganti *rennet*. Papain merupakan enzim proteolitik yang dihasilkan dari lateks pepaya, terkenal karena resistensinya terhadap kondisi asam dan suhu yang tinggi [1][3]. Hal tersebut menunjukkan prospek positif sebagai alternatif *rennet* yang tidak hanya efektif, tetapi juga ekonomis dalam produksi keju. Mengingat pasokan dan biaya *rennet* dari anak sapi yang tinggi dan terbatas, sangat krusial untuk mengetahui kesesuaian papain sebagai pengganti *rennet* dalam produksi keju [4].

Sebagai upaya meningkatkan kualitas keju di tengah peningkatan produksi global, banyak penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi faktor-faktor yang memengaruhi karakteristik keju. Salah satu faktor yang memiliki dampak signifikan adalah konsentrasi *rennet*, yang mempengaruhi proses koagulasi dan kualitas akhir produk [5]. Faktor lain seperti komposisi susu dan metode produksi juga berperan penting dalam membentuk sifat keju [6][7]. Konsentrasi *rennet* juga memengaruhi tekstur keju, dengan perannya dalam memisahkan dan menghubungkan peptida dalam fase serum [8]. Jenis dan konsentrasi *rennet* berdampak pada tekstur, rasa, dan karakteristik keju [9]. Waktu koagulasi dan suhu juga berpengaruh terhadap kelembaban dan kekenyalan keju [10]. Penggunaan *rennet* dalam konsentrasi tinggi pada suhu yang lebih tinggi menghasilkan keju yang lebih keras, karena pembentukan agregat dan rongga yang lebih besar dalam jaringan protein [11]. Kekasaran keju juga berkaitan dengan suhu koagulasi, di mana kekencangan meningkat seiring dengan suhu [12].

Penelitian ini berfokus pada mengetahui konsentrasi papain, suhu koagulasi, dan waktu koagulasi yang tepat dalam pembuatan keju menggunakan enzim papain. Hal ini dapat digunakan untuk meningkatkan pemahaman mengenai faktor-faktor yang mengendalikan rasa dan tekstur keju.

*Kolaborasi Menuju Akselerasi Inovasi Sains untuk  
Kemandirian Kesehatan dan Kemajuan Ekonomi Hijau*

## 2. METODE

### Bahan Percobaan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan antara lain susu sapi segar, garam, dan enzim papain.

### Alat Percobaan

Adapun alat yang dibutuhkan adalah kain saring, kompor, panci, pengaduh, sendok, dan wadah penyimpanan keju.

### Prosedur Pembuatan Keju

Prosedur pembuatan keju dimodifikasi dari penelitian sebelumnya [13]. Pertama, setiap 1 liter susu segar dipasteurisasi pada suhu 65°C selama 30 detik kemudian didinginkan hingga suhu 37°C. Setelah itu dimasukkan konsentrasi papain yang berbeda (0,2, 0,3, dan 0,4%) per liter dengan suhu koagulasi (30, 34, dan 37 °C) dan waktu koagulasi (20, 30, dan 40 menit). Dilakukan 3 kali pengulangan pada setiap perlakuan. Jika sudah *curd* yang terbentuk akan dipisahkan dengan whey menggunakan kain saring hingga tiris. *Curd* yang diperoleh akan dimasukkan pada wadah penyimpan keju.

### Analisis Statistik

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktor tunggal. Terdapat 3 perlakuan meliputi waktu, *temperature*, dan konsentrasi papain yang digunakan. Masing-masing faktor diulang sebanyak 3 kali. Variasi waktu yang digunakan adalah 20, 30, dan 40 menit. Variasi *temperature* pada 30°C, 34°C, dan 37°C. Sedangkan variasi konsentrasi ekstrak papain 0.2%, 0.3%, dan 0.4% per liter. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Analysis Of Variance (ANOVA).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

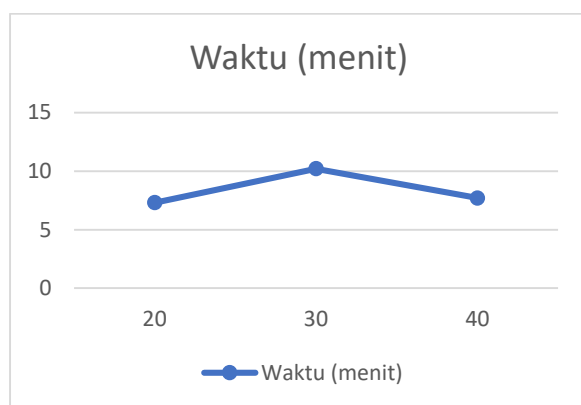
Berdasarkan hasil penelitian, hasil waktu optimum yaitu 30 menit dengan suhu 34°C dan konsentrasi papain 0,4%/liter. Berdasarkan variasi waktu tingkat elastisitas keju berada di rentang 7,3-10,2 cm.

Tanggal terbit: 30 Desember 2023

Berdasarkan variasi suhu tingkat elastisitas keju berada di rentang 7,8-9,8 cm. Berdasarkan variasi konsentrasi tingkat elastisitas keju berada di rentang 9-11,2 cm.

**Tabel 1.** Elastisitas Keju Berdasarkan Variasi Waktu

Waktu (menit)	Panjang (cm)
20	7,3
30	10,2
40	7,7



**Gambar 1.** Grafik Elastisitas Keju Berdasarkan Variasi Waktu

Gambar 1. menunjukkan elastisitas keju bertambah pada 30 menit dan mencapai jumlah optimum, setelah waktu dinaikkan menjadi 40 menit elastisitas keju yang terbentuk semakin menurun.

Lama waktu dalam proses koagulasi mampu mempengaruhi tekstur dari keju yang dibuat. Koagulasi menjadi proses yang penting dalam pembuatan keju dimana protein kasein pada susu akan menggumpal menghasilkan *curd* yang akan diolah menjadi keju [14]. Waktu koagulasi mempengaruhi seberapa padat dan besar gumpalan *curd* yang terbentuk. Waktu yang lebih lama cenderung menghasilkan gumpalan *curd* yang lebih besar dan lebih padat dengan elastisitas tinggi, sementara waktu yang lebih singkat dapat menghasilkan gumpalan yang lebih kecil dan lebih lembut dengan elastisitas rendah [13].

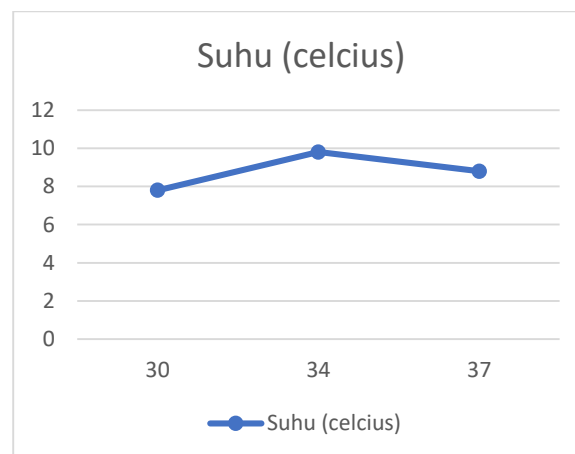
Penelitian [13] mengungkapkan waktu koagulasi juga berpengaruh nyata terhadap kekerasan keju selama proses pemasakan, dengan waktu 20 menit, 30 menit, dan 40 menit

menghasilkan keju dengan nilai kekerasan masing-masing 3,78, 12,25, dan 17,86 N bahwa kekerasan meningkat seiring bertambahnya waktu pemasakan dengan hilangnya kadar air selama pemasakan. Penelitian lain dari Purwadi [15] menunjukkan bahwa waktu optimum untuk pembuatan keju *mozzarella* dengan enzim papain dan asam sitrat adalah 30 menit. Waktu ini dipilih karena dapat menghasilkan keju dengan kandungan protein dan kalsium yang tinggi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa waktu yang optimal untuk membuat keju adalah 30 menit. Pada waktu ini, proses koagulasi dan pembentukan *curd* berlangsung dengan optimal dan menghasilkan keju dengan elastisitas yang baik.

**Tabel 2.** Elastisitas Keju Berdasarkan Variasi Suhu

Suhu (°C)	Panjang (cm)
30	7,8
34	9,8
37	8,8



**Gambar 2.** Grafik Elastisitas Keju Berdasarkan Variasi Suhu

Gambar 2. menunjukkan elastisitas keju bertambah hingga suhu 34°C mencapai jumlah optimum dan setelah suhu dinaikkan menjadi 37°C elastisitas keju yang terbentuk semakin menurun.

Suhu memiliki pengaruh penting pada pembentukan tekstur dan elastisitas keju *mozzarella*. Jika suhu yang digunakan terlalu

tinggi akan mengakibatkan susu pecah. Pemanasan susu hingga pecah atau menggumpal yang signifikan dapat mengganggu proses pembentukan *curd* dan menghasilkan keju yang tidak memiliki tekstur yang lembut dan elastis yang khas dari *mozzarella* [16]. Saat susu dipanaskan, protein kasein dalam susu mengalami perubahan struktural dan mulai menggumpal. Pemanasan yang terlalu tinggi atau terlalu lama dapat mengakibatkan gumpalan yang kasar dan pecah, yang menghasilkan keju dengan tekstur yang buruk [17].

Suhu koagulasi yang optimal memungkinkan enzim renin atau koagulan lainnya untuk bekerja dengan efisien dalam membentuk *curd* dan mengontrol pengeluaran *whey*. Selain itu, suhu yang tepat juga memengaruhi kadar air yang terikat dalam *curd* [18]. Suhu yang tepat juga memengaruhi sejauh mana *whey* dapat dipisahkan dari *curd*. Secara umum suhu yang lebih tinggi selama koagulasi cenderung menghasilkan keju yang lebih keras, suhu rendah cenderung menghasilkan keju yang lembut dan kurang padat karena *curd* yang dibentuk memiliki struktur yang lebih longgar, sedangkan suhu optimum membentuk tekstur keju yang elastis [15].

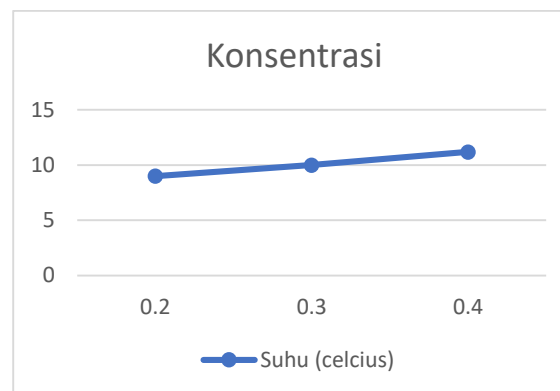
Penelitian oleh [19] menggunakan 3 perlakuan suhu dan diperoleh hasil suhu 32°C berbeda sangat nyata dengan suhu 37°C dan 42°C dalam mempengaruhi teksturnya. Suhu 37°C menghasilkan keju dengan kualitas baik. Penelitian lain dari [13] menggunakan 3 perbedaan suhu dan ditemukan keelastisitasan keju ditemukan lebih tinggi pada suhu 34°C dan 37°C dibandingkan pada suhu 30°C. Kekenyalan ini meningkat tidak hanya karena suhu, tetapi juga karena aktivitas enzim papain [19]. Sedangkan penelitian oleh [11] menunjukkan bahwa suhu optimum pembuatan keju *mozzarella* dengan enzim papain terdapat pada suhu 35°C dapat menghasilkan keju dengan elastisitas, protein, dan lemak yang tinggi.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa suhu yang optimal untuk membuat keju adalah 34-35°C. Pada suhu ini, proses koagulasi dan

pembentukan *curd* berlangsung dengan baik dan menghasilkan keju dengan kualitas yang baik.

**Tabel 3.** Elastisitas Keju Berdasarkan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi (%) per liter	Panjang (cm)
0,2	9
0,3	10
0,4	11,2



**Gambar 3.** Grafik Elastisitas Keju Berdasarkan Variasi Konsentrasi

Gambar 3. menunjukkan elastisitas keju bertambah seiring dengan konsentrasi enzim papain yang digunakan serta pada konsentrasi 0,4%/liter menunjukkan konsentrasi terbaik.

Enzim papain merupakan enzim proteolitik yang berasal dari getah pepaya [20]. Enzim ini dapat digunakan sebagai koagulan dalam pembuatan keju. Proses koagulasi dalam pembuatan keju merupakan proses menggumpalnya protein kasein susu yang menghasilkan *curd* dan *whey* sebagai produk akhirnya [16]. *Curd* yang terbentuk selanjutnya akan diproses menjadi keju.

Konsentrasi enzim papain yang digunakan dalam pembuatan keju akan berpengaruh terhadap proses koagulasi [21]. Konsentrasi enzim papain yang rendah akan mengakibatkan proses koagulasi berlangsung lebih lama. Hal ini disebabkan oleh aktivitas enzim yang tidak optimal untuk terjadinya reaksi penggumpalan. Sebaliknya, konsentrasi enzim papain yang tinggi akan mengakibatkan proses koagulasi berlangsung lebih cepat [22]. Hal ini disebabkan oleh aktivitas enzim yang

Tanggal terbit: 30 Desember 2023

terlalu tinggi sehingga menyebabkan kasein terhidrolisis secara berlebihan.

Keju *mozzarella* adalah keju yang terbuat dari *rennet* dan asam sitrat. *Rennet* adalah enzim yang digunakan untuk memisahkan bagian padat dan cair susu. *Rennet* didapatkan dari lambung mamalia yang mencerna susu, sehingga sulit ditemukan dan harganya mahal. Enzim papain memiliki fungsi yang sama dengan *rennet*, sehingga dapat dijadikan alternatif pengganti *rennet*. Sedangkan jeruk nipis dapat menggantikan asam sitrat.

Penelitian yang berjudul “Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Enzim Papain dan Ekstrak Jeruk Nipis” membahas tentang pembuatan keju *mozzarella* menggunakan enzim papain dan ekstrak jeruk nipis sebagai pengganti *rennet* dan asam sitrat. Penelitian ini menggunakan metode percobaan faktorial 3 x 3 dengan 3 kali pengulangan yang terdiri atas 2 faktor, yakni jumlah enzim papain (P) P1 = 0 %, P2 = 0,1 %, P3 = 0,2 % dan ekstrak jeruk nipis (J) J1 = 3 %, J2 = 3,5 %, J3 = 4 %. Variabel yang diukur adalah nilai rendemen dan uji organoleptik warna, aroma, rasa, dan tekstur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan penggunaan konsentrasi enzim papain dan ekstrak jeruk nipis berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen dan hasil uji organoleptik kecuali aroma. Enzim *rennet* ditambahkan ke dalam susu untuk membuatnya menggumpal atau mengalami koagulasi. Setelah susu menggumpal menjadi *curd*, susu dipanaskan kembali hingga suhu sekitar 38 derajat Celsius untuk memisahkan whey dari *curd*.

Perbedaan suhu pada setiap tahapan ini mempengaruhi reaksi kimia dan biokimia yang

terjadi selama pembuatan keju. Suhu yang berbeda dapat menghasilkan tekstur, rasa, dan aroma yang berbeda pada keju. Penelitian oleh [23] menggunakan konsentrasi enzim papain sebesar 0,1%, 0,2%, 0,3%, dan 0,4% per liter untuk membuat keju *mozzarella*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi enzim papain yang optimal untuk membuat keju *mozzarella* adalah 0,2%. Pada konsentrasi ini, proses koagulasi berlangsung selama 17 jam, waktu pemisahan *curd* dan whey berlangsung selama 10 menit, dan rendemen keju adalah 9,05%.

Penelitian oleh Sari [24] menggunakan konsentrasi enzim papain sebesar 0,2%, 0,4%, 0,6%, dan 0,8% per liter untuk membuat keju cottage. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi enzim papain yang optimal untuk membuat keju cottage adalah 0,4%. Pada konsentrasi ini, waktu koagulasi berlangsung selama 15 jam, rendemen keju adalah 10,2%, dan tekstur keju adalah lembut.

Penelitian oleh Mukhlisah [25] menggunakan konsentrasi enzim papain sebesar 0,2%, 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1%, 3%, dan 5% per liter untuk membuat dangke. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi enzim papain yang optimal untuk membuat dangke adalah 0,4%. Pada konsentrasi ini, waktu koagulasi berlangsung selama 15 jam, rendemen dangke adalah 12,5%, dan tekstur dangke adalah lembut.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi enzim papain yang optimal untuk membuat keju adalah 0,2% - 0,4%. Pada konsentrasi ini, proses koagulasi berlangsung dengan baik dan menghasilkan keju dengan kualitas yang baik.

**Tabel 4. Hasil Uji Normalitas**

Variabel	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.	
Elastisitas	Waktu	.191	3	.	.997	3	.900
	Suhu	.343	3	.	.842	3	.220
Konsentrasi		.196	3	.	.996	3	.878

a. Liliefors Significance Correction

**Tabel 5. Hasil Uji Anova**

Elastisitas

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.587	2	2.293	1.358	.326
Within Groups	10.133	6	1.689		
Total	14.720	8			

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistika menggunakan analisis ragam ANOVA (*One Way Analysis of Variance*) dengan hasil nilai signifikansi  $0.326 > 0,05$ , dapat disimpulkan bahwa dari variabel waktu, suhu, dan konsentrasi rata-rata ketiga variabel tersebut tidak berbeda signifikan. Penggunaan waktu, suhu, dan *temperature* optimal akan cenderung menghasilkan keju dengan tekstur yang lebih lembut atau lebih kenyal.

Dalam industri keju tradisional, *rennet*, enzim yang berasal dari perut hewan ruminansia, telah lama menjadi bahan utama dalam proses penggumpalan susu [26]. Kekhawatiran tentang potensi alergi yang mungkin muncul pada beberapa konsumen akibat penggunaan *rennet* dari hewan ruminansia [27]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa orang dapat mengalami reaksi alergi terhadap *rennet* hewan ruminansia. Reaksi alergi ini dapat berupa gejala ringan seperti gatal-gatal dan ruam kulit hingga gejala berat seperti anafilaksis [28]. Kebutuhan untuk mencari alternatif koagulan yang lebih aman.

Proses pembuatan keju melibatkan proses koagulasi yaitu penggumpalan protein kasein susu yang menghasilkan *curd* dan keju. Proses ini dapat berlangsung selama berbagai waktu tergantung pada berbagai faktor, seperti jenis enzim yang digunakan, suhu, dan pH susu [29]. Kecepatan pembentukan produk dalam reaksi yang dipercepat oleh enzim dipengaruhi oleh jumlah substrat dengan meningkatnya jumlah substrat, kecepatan reaksi cenderung meningkat [30]. Tekstur keju yang dihasilkan menggunakan koagulan papain ini memiliki tekstur yang lebih lembut. karena memiliki kadar air yang lebih tinggi. Pengolahan keju yang menggunakan susu asli akan memiliki kadar air sebanyak 49,3%-62,4% [22]. Proses penggumpalan yang kurang sempurna dan

dapat mempertahankan air yang lebih banyak menghasilkan tekstur produk yang kurang kompak dan cenderung lembek [31]. Secara umum, tekstur yang dihasilkan oleh keju dipengaruhi oleh faktor kadar air, kandungan lemak dan protein, garam, dan pH [23]. Pengolahan keju dengan ekstrak papain ini menghasilkan keju yang cenderung lembut namun sedikit lembek dengan elastisitas yang sama dengan keju yang dibuat dengan koagulan *rennet*.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi enzim papain, waktu optimum, dan suhu yang tepat digunakan pada pembuatan keju *mozzarella* secara berturut-turut adalah 0,4% pada waktu 30 menit dengan suhu 34°C. Keju *mozzarella* yang dihasilkan memiliki tekstur yang lembut dan kenyal. Peningkatan enzim papain dengan suhu dan waktu yang tepat dapat mempercepat proses koagulasi, meningkatkan pembentukan gumpalan *curd* yang padat, dan menghasilkan *curd* yang lebih elastis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arlene, A., Kristijarti, A. P., & Ardelia, I. (2015). The effects of the types of milk (cow, goat, soya) and enzymes (*rennet*, papain, bromelain) toward Cheddar cheese production. *Makara Journal of Technology*, 19(1), 7.
- [2] Alihanoğlu, S., Ektiren, D., Akbulut Çakır, Ç., Vardin, H., Karaaslan, A., & Karaaslan, M. (2018). Effect of *Oryctolagus cuniculus* (rabbit) *rennet* on the texture, rheology, and sensory properties of white cheese. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 1100-1108.

- [3] Singla, M., & Sit, N. (2023). Isolation of papain from ripe papaya peel using aqueous two-phase extraction. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(2), 1685-1692.
- [4] Henggu, K. U., & Nurdiansyah, Y. (2021). Review dari Metabolisme Karbohidrat, Lipid, Protein, dan Asam Nukleat. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 3(2), 9-17.
- [5] Santoso, A., Wijaya, A. R., Permatasari, Y., Anisa, T. N., & Sumari, S. (2020, April). The effect of starter concentration variations and rennet on cheese characteristics of cow milk. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2231, No. 1). AIP Publishing.
- [6] Pazzola, M., Stocco, G., Dettori, M. L., Bittante, G., & Vacca, G. M. (2019). Effect of goat milk composition on cheesemaking traits and daily cheese production. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3947-3955.
- [7] Tilocca, B., Costanzo, N., Morittu, V. M., Spina, A. A., Soggiu, A., Britti, D., ... & Piras, C. (2020). Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production. *Journal of Proteomics*, 210, 103534.
- [8] Kethireddipalli, P., & Hill, A. R. (2015). Rennet coagulation and cheesemaking properties of thermally processed milk: Overview and recent developments. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 63(43), 9389-9403.
- [9] Britten, M., & Giroux, H. J. (2022). Rennet coagulation of heated milk: A review. *International Dairy Journal*, 124, 105179.
- [10] Miloradovic, Z., Kljajevic, N., Miocinovic, J., Tomic, N., Smiljanic, J., & Macej, O. (2017). High heat treatment of goat cheese milk. The effect on yield, composition, proteolysis, texture and sensory quality of cheese during ripening. *International Dairy Journal*, 68, 1-8.
- [11] Patahanny, T., Amar Hendrawati, L., & Nurlaili. (2019). Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Enzim Papain dan Ekstrak Jeruk Nipis *Mozzarella* Cheese Making with Enzyme Papain and Lime Juice. *Jurnal Agriekstensi*, 18(2), 135-141.
- [12] Nicosia, F. D., Puglisi, I., Pino, A., Caggia, C., & Randazzo, C. L. (2022). Plant milk-clotting enzymes for cheesemaking. *Foods*, 11(6), 871. Panthi, R. R., Kelly, A. L., Sheehan, J. J., Bulbul, K., Vollmer, A. H., & McMahon, D. J. (2019). Influence of protein concentration and coagulation temperature on rennet-induced gelation characteristics and curd microstructure. *Journal of dairy science*, 102(1), 177-189.
- [13] Li, L., Chen, H., Lü, X., Gong, J., & Xiao, G. (2022). Effects of papain concentration, coagulation temperature, and coagulation time on the properties of model soft cheese during ripening. *LWT*, 161, 113404. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.113404>
- [14] Wardhani, D. H., Jos, B., Abdullah, Suherman, & Cahyono, H. (2018). Komparasi Jenis Koagulan dan Konsentrasinya Terhadap Karakteristik *Curd* Pada Pembuatan Keju Lunak Tanpa Pemeraman. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 13(2), 209-216.
- [15] Purwadi. (2008). Kombinasi Suhu Koagulasi Dan Suhu Pemuluran Terhadap Kualitas Kimiawi Keju *Mozzarella* Dengan Bahan Pengasam Jus Jeruk Nipis. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 3 No 1 (ISSN : 1978-0303), 9-14.
- [16] Rifnida, R., Purwadi, & Susilo, A. (2014). Konsentrasi Berbeda Pada Dangke Ditinjau Dari Waktu Penggumpalan, Kadar Abu Dan Mutu Organoleptik Effect Of Averrhoa Blimbi Juice Addition On Cloting Time, Ash Content And Organoleptic Quality Of Dangke Rena Rifnida, Purwadi, Agus Susilo. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 03 No 02, 59-68.
- [17] Kindstedt, P. S. (2010). *Mozzarella* cheese: Impact of coagulant level on curd

- formation and pasta filata cheese quality. *Journal of Dairy Technology*, 63(3), 324–328.
- [18] Mustakim, M., Muarifah, R. F., & Awwaly, K. U. Al. (2009). Pembuatan keju dengan menggunakan enzim renin *Mucor pusillus* amobil. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan (Indonesian Journal of Animal Science)*, 19(2), 137–149. <https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/106>
- [19] Gumus, P., & Hayaloglu, A. A. (2019). Effects of blends of camel and calf chymosin on proteolysis, residual coagulant activity, microstructure, and sensory characteristics of Beyaz peynir. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 5945–5956. <https://doi.org/10.3168/JDS.2018-15671>
- [20] Solichatun, S., Pitoyo, A., Etikawati, N., Herawati, E., & Ardo, T. (2020). Penerapan Teknologi Kultur Jaringan Bagi Petani Anggrek Di Desa Berjo, Karanganyar. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*, 3, 217–223. <https://doi.org/10.37695/PKMCSR.V3I0.935>
- [21] Ardat, M. A., Wulandari, Z., & Arief, I. I. (2022). Efektivitas Konsentrat Papain Bubuk, Getah Pepaya Segar, dan Papain Komersial sebagai Koagulan dalam Pembuatan Dangke. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(4), 620–626. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.4.620>
- [22] Musra, N. I., Yasni, S., & Syamsir, E. (2021). Karakterisasi keju dangke menggunakan enzim papain komersial dan perubahan fisik selama penyimpanan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 32(1), 27-35.
- [23] Darmawan, A., Sulistyowati, E., & Nurhayati, E. (2019). Pengaruh konsentrasi enzim papain terhadap kualitas keju *mozzarella*. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 14(1), 88-95.
- [24] Sari, D. M., Herlina, I., & Rosita, A. (2022). Pengaruh konsentrasi enzim papain terhadap kualitas keju cottage. *Jurnal Ilmu Ternak Tropis*, 19(1), 1-10.
- [25] Mukhlisah, A. N., Arief, I. I., & Taufik, E. (2017). Physical, microbial, and chemical qualities of dangke produced by different *temperatures* and papain concentrations. *Media Peternakan*, 40(1), 63-70.
- [26] Geantaresa, E., & Supriyanti, F. T. (2010). Pemanfaatan ekstrak kasar papain sebagai koagulan pada pembuatan keju cottage menggunakan bakteri. *Jurnal sains dan teknologi kimia*, 1(1), 38-43.
- [27] Bezie, A., & Regasa, H. (2019). The role of starter culture and enzymes/*rennet* for fermented dairy products manufacture-A Review. *Nutr. Food Sci. Int. J*, 9, 21-27.
- [28] Lajnaf, R., Feki, S., Ameer, S. B., Attia, H., Kammoun, T., Ayadi, M. A., & Masmoudi, H. (2023). Cows' milk alternatives for children with cows' milk protein allergy-Review of health benefits and risks of allergic reaction. *International Dairy Journal*, 105624.
- [29] Zakariah, M. A., Malaka, R., Laga, A., & Ako, A. (2019). Effect of banana leaf and plastic material packaging on microbial contamination dangke fresh white cheese. *Int J Eng Adv Technol*, 8(4), 204-6.
- [30] Wulandari, E., Harlia, E., & Permatasari, M. C. (2021). Karakteristik fisik dan kimia fresh cheese dengan ekstrak stroberi (*Fragaria ananassa*) sebagai koagulan. *Jurnal Ilmu Ternak*, 21 (2), 117-123.
- [31] Achyar, A. M., Wulandari, Z., & Arief, I. I. (2022). Efektivitas Konsentrat Papain Bubuk, Getah Pepaya Segar, dan Papain Komersial sebagai Koagulan dalam Pembuatan Dangke. *Indonesian Journal of Agricultural Sciences/Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(4).