DISTILAT
Jurnal Teknologi Separasi

Distilat. 2025, 11 (1), 173-184
p-ISSN : 1978-8789, e-ISSN : 2714-7649
http://jurnal.polinema.ac.id/index.php/distilat
DOI: https://doi.org/10.33795/distilat.v11i1.6993

SELEKSI PROSES DAN PENENTUAN KAPASITAS PABRIK KEJU *MOZZARELLA* DARI SUSU SAPI DENGAN PENAMBAHAN RENNET CAIR

Adelina Firdaus dan Dwina Moentamaria
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
adelinafirdaus11@gmail.com ; [dwina@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Industri keju di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini didorong oleh meningkatnya permintaan konsumen akan produk olahan susu, salah satunya adalah keju mozarella. Kapasitas produksi keju di Indonesia masih belum mencukupi untuk memenuhi permintaan tersebut dan masih didominasi oleh produk impor. Maka dari itu perlu dilakukan pengurangan impor keju dengan mendirikan pabrik keju di Indonesia. Tujuan penelitian ini untuk menentukan seleksi proses agar diperoleh kondisi optimal dalam pembuatan keju dan penentuan kapasitas produksi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pasar. Metode penelitian yang digunakan yaitu *Factor-Rating* untuk menentukan seleksi proses dan perhitungan pertumbuhan rata-rata berkaitan dengan penentuan kapasitas pabrik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan pabrik keju *mozarella* skala pabrik akan dilakukan dengan sistem *Semi Batch. S*uhu pasteurisasi 72 °C, proses koagulasi menggunakan asam sitrat teknis 0,05% (v/v) dan rennet *Mucor meihei* 0,5% (v/v), suhu air panas pemuluran 75 °C, penggaraman dengan larutan jenuh selama 15-20 menit. Kapasitas pabrik keju mozarella yang akan dibangun mempunyai kapasitas produksi 2.931,43 ton/tahun, dengan spesifikasi produk mempunyai kadar air 50% dan *yield 9*,10%.

***Kata kunci**: metode factor-rating, keju, seleksi proses, kapasitas pabrik*

ABSTRACT

The cheese industry in Indonesia has experienced significant growth in recent years. This is driven by increasing consumer demand for dairy products, one of which is mozzarella cheese. Cheese production capacity in Indonesia is still insufficient to meet this demand and is still dominated by imported products. Therefore, it is necessary to reduce cheese imports by establishing cheese factories in Indonesia. The purpose of this study is to determine the selection of the process in order to obtain optimal conditions in cheese making and to determine the production capacity needed to meet market needs. The research method used is Factor-Rating to determine the selection process and the calculation of average growth related to the determination of factory capacity. The results of this study show that the design of a factory-scale mozzarella cheese factory will be carried out with a Semi Batch system. Pasteurization temperature 72°C, coagulation process using citric acid te. Pasteurization temperature 72 °C, coagulation process using technical citric acid 0.05% (v/v) and Mucor meihei rennet 0.5% (v/v), emulsion hot water temperature 75 °C, salting with saturated solution for 15-20 minutes. The capacity of the mozzarella cheese factory to be built has a production capacity of 2,931.43 tons/year, with product specifications having a moisture content of 50% and a yield of 9.10%.

***Keywords**: factor-rating method, cheese, process selection, factory capacity.*

Corresponding author: Dwina Moentamaria
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
E-mail: dwina@polinema.ac.id

1. PENDAHULUAN

Industri keju di Indonesia telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, yang didorong oleh meningkatnya permintaan konsumen akan produk olahan susu. Keju *Mozzarella*, sebagai contoh, memiliki sifat mulur dan meleleh yang membuatnya populer di kalangan masyarakat Indonesia. Berdasarkan data statistik peternakan dan kesehatan hewan 2022, konsumsi keju di Indonesia mencapai 34.030,78 ton per tahun, menunjukkan bahwa industri keju di Indonesia perlu meningkatkan produksi untuk memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat [1].

Keju Merupakan salah satu hasil olahan susu yang dikenal masyarakat Indonesia. Keju berupa gumpalan (curd) dari proses koagulasi kasein susu menggunakan renin, asam laktat atau enzim lain yang dapat menggumpalkan kasein susu, selanjutnya mengalami proses pematangan atau tanpa pematangan [2]. Pada proses pengasaman dan koagulasi dalam pembuatan keju *Mozzarella* dapat menggunakan asam sitrat dan *Rennet*.

Rennet merupakan enzim yang berperan penting dalam pembuatan keju olahan, yaitu sebagai enzim yang berfungsi sebagai penggumpal/memadatkan susu. Umumnya *Rennet* diproduksi dari perut sapi atau kambing muda. Namun dewasa ini *Rennet* dari lambung anak sapi memiliki harga yang relatif mahal dan persediaannya semakin terbatas seiring dengan semakin terbatasnya jumlah anak sapi atau kambing muda [3]. Kondisi ini memacu pencarian sumber *Rennet* lainnya sebagai pengganti *Rennet* anak sapi. Untuk memenuhi kebutuhan *Rennet* digunakan koagulan baru seperti Microbial *Rennet* [4]. Microbial *Rennet* yang biasa digunakan dapat berasal dari jamur seperti *R. miehei, R. pusilus, and Parasitica coagulans*. *Rhizomucor miehei* mampu menghasilkan enzim *protease* dan enzim *lipase* dengan aktivitas yang rendah sehingga dapat digunakan pada pembuatan keju.

Kebutuhan keju saat ini sebagian besar merupakan hasil impor dari luar negeri sehingga menjadikan harga keju relatif mahal. Basis Data Ekspor-Impor Komoditi Pertanian, Jumlah konsumsi keju oleh masyarakat Indonesia cukup besar, ditandai dengan rata-rata persen pertumbuhan impor setiap tahunnya yang semakin meningkat. Rata-rata nilai impor keju dari tahun 2018-2022 sebesar 29.314,35 ton/tahun [5]. Peningkatan impor keju dari luar negeri ini memungkinkan bagi perusahaan keju *Mozzarella* lokal untuk dapat bersaing dan berkembang di Indonesia. Untuk mengurangi ketergantungan keju impor dilakukan perancangan pabrik pembuatan keju *Mozzarella* untuk mengurangi tingkat impor keju dari luar negeri. Dalam Perancangan suatu pabrik, perlu untuk melakukan pertimbangan dalam berbagai akspek, seperti seleksi proses dan penentuan kapasitas pabrik.

Seleksi proses berperan krusial dalam perancangan pabrik. Seleksi proses dilakukan untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi, sesuai permintaan pasar, dan menguntungkan bagi perusahaan. Dengan melakukan seleksi proses, perusahaan dapat mempertimbangkan proses yang paling baik agar pengaplikasiannya dapat dilakukan secara maksimal pada pabrik [6]. Metode *Factor-Rating* dapat digunakan dalam melakukan seleksi proses karena metode ini merupakan pendekatan yang sistematis dan objektif untuk mengevaluasi berbagai alternatif proses berdasarkan kriteria yang relevan, seperti efisiensi waktu, biaya produksi, dan kualitas produk. Kriteria evaluasi ini didasarkan pada prinsip-prinsip ilmiah dan metodologi yang teruji untuk memastikan pemilihan alternatif proses yang tepat. Alternatif terbaik kemudian dipilih dan diterapkan sehingga proses produksi menjadi lebih efisien, efektif, dan ekonomis [7].

Sedangkan Penentuan kapsitas pabrik dilakukan untuk untuk memastikan bahwa perusahaan dapat menghasilkan produk yang cukup untuk memenuhi permintaan pelanggan. Dengan mengetahui kapasitas produksi yang tersedia, perusahaan dapat merencanakan produksi dengan lebih baik dan memastikan bahwa produk selalu tersedia bagi pelanggan, memperoleh hasil yang maksimal dan meminimalisir kerugian. Penentuan kapasitas produksi yang tepat juga dapat membantu perusahaan mengoptimalkan biaya produksi. Kapasitas produksi yang terlalu besar dapat menyebabkan biaya overhead yang tinggi, seperti biaya penyimpanan dan pemeliharaan peralatan yang tidak terpakai [8].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan yaitu metode *Factor-Rating* untuk menentukan seleksi proses dan perhitungan pertumbuhan rata-rata untuk menentukan kapasitas pabrik. Metode *Factor-Rating* pada seleksi proses dilakukan dengan membandingkan data yang telah diperoleh dari studi literatur dan dipilih proses dengan Grade yang paling besar [9]. Sedangkan untuk perhitungan kapasitas dihitung menggunakan data ekspor, impor, dan produksi keju di Indonesia dalam 5 tahun terakhir [10].

2.1. Seleksi Proses

Seleksi proses merupakan suatu pengembangan proses yang diperlukan untuk memproduksi suatu produk dari bahan baku yang mencakup serangkaian keputusan mengenai tipe atau jenis proses produksi dan peralatan tertentu yang digunakan [11]. Seleksi proses dilakukan dengan menganalisis beberapa parameter dalam penelitian terdahulu, kemudian dipilih proses yang paling sesuai diantara data yang didapatkan [12]. Pada penelitian ini data yang digunakan bersumber dari beberapa penelitian terdahulu dan dipilih 3 dengan hasil akhir produk yang paling baik dan sesuai dengan standar pembuatan keju, untuk dilakukan penilaian dengan metode *Factor-Rating*.

2.2. Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi pabrik dilakukan dengan menghitung estimasi kapasitas produksi dari suatu pabrik yang akan berdiri pada tahun tertentu dengan acuan data yang sudah ada [13]. Rata-rata produksi dari beberapa industri penghasil keju di Indonesia sebesar 8.067 ton/tahun keju [14]. Penentuan kapasitas dilakukan dengan menghitung kenaikan setiap tahun kemudian dirata-rata untuk pertumbuhan setiap tahunnya menggunakan perhitungan metode linier dengan Persamaan (1) sebagai berikut [11]:

$$\mathrm{i} = \frac{\Sigma\%\mathrm{P}}{\mathrm{n}} \mathrm{x}\ 100 \qquad (1)$$

dimana:
P = Nilai pada tahun terakhir data sebelumnya
n = selisih tahun
i = Persen pertumbuhan rata-rata

Dengan kenaikan ekspor-impor, maka kebutuhan keju pada tahun 2025 dapat diprediksikan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F = P\ (1+i)n \qquad (2)$$

dimana:
F = Nilai pada tahun ke-(n)
P = Nilai pada tahun terakhir data sebelumnya (m)
n = Selisih tahun
i = Persen pertumbuhan rata-rata

Tabel 1. Data ekspor keju dari tahun 2018 – 2022 [5]

Tahun	Jumlah Ekspor (Ton/tahun)	Jumlah Impor (Ton/tahun)	% Pertumbuhan Ekspor	% Pertumbuhan Impor
2018	1.159,045	30.048,5	-	-
2019	1.250,72	30.124,3	0,00252	0,00252
2020	2.118,619	27.378,9	-0,09113	-0,09113
2021	2.260,088	30.439,7	0,11179	0,11179
2022	2.906.088	31.051,48	0,02009	0,02009
Rata-Rata			1,1257	0,04328
i			0,2814	0,01082

Untuk mengetahui kapasitas pabrik yang akan didirikan berdasarkan ekspor dan impor keju dengan kalkulasi sebagai berikut:

$$me_{2025} = me_{2022} (1+i)^n \quad (3)$$

$$mi_{2025} = mi_{2022} (1+i)^n \quad (4)$$

dimana:
me = Nilai ekspor pada tahun terakhir data sebelumnya
mi = Nilai impor pada tahun terakhir data sebelumnya

Untuk mengetahui kapasitas pabrik yang akan didirikan berdasarkan ekspor, impor, dan produksi keju dengan kalkulasi sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Produksi} = (m_{ekspor} + m_{konsumsi}) - (m_{impor} + m_{produksi}) \quad (5)$$

dimana:
m_{ekspor} = Nilai ekspor pada tahun terakhir data sebelumnya
$m_{konsumsi}$ = Nilai konsumsi pada tahun terakhir data sebelumnya
m_{impor} = Nilai impor pada tahun terakhir data sebelumnya
$m_{produksi}$ = Nilai produksi pada tahun terakhir data sebelumnya

Data konsumsi keju di Indonesia berdasarkan Data Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan tahun 2022 ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2. Data konsumsi keju di Indonesia produk pertanian tahun 2017-2021 [1]

Tahun	Jumlah (ton/tahun)
2017	6.795,24
2018	35.706,54
2019	36.086,49
2020	33.721,45
2021	34.030,78
Rata-rata	**29.268,10**

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Seleksi Proses

Seleksi proses dilakukan dengan metode *Factor-Rating* atau memberikan skor pada kriteria seleksi atau aspek-aspek tertentu dalam proses seleksi. Umumnya penggunaan proses *batch* dan *Semi Batch* dalam pembuatan keju *Mozzarella* lebih sering digunakan sehingga proses yang dilakukan tidak sepenuhnya otomatis atau *continue* karena pertimbangan ekonomi dan keamanan. Otomatisasi penuh tidak selalu menjadi solusi yang paling tepat biaya, sehingga pendekatan hibrid yang menggabungkan elemen manual dan otomatis menjadi lebih sesuai. Berikut tabel Perbandingan Proses *Batch* dan *Semi Batch* dalam Pembuatan Keju Mozarella:

Tabel 3. Perbandingan proses *batch* dan *semi batch* dalam pembuatan keju mozarella [15]

Faktor	Proses *Batch*	Proses *Semi Batch*	Rating
Waktu Siklus Proses	Lebih lama	Lebih pendek	*Semi Batch* lebih baik
Tingkat Penyelesaian Proses	Lebih rendah (tergantung pada kontrol)	Lebih tinggi (lebih terkontrol)	*Semi Batch* lebih baik
Tingkat Kesalahan Proses	Lebih rendah (tergantung pada kontrol)	Lebih tinggi (lebih terkontrol)	*Semi Batch* lebih baik (dengan asumsi kontrol yang baik)
Biaya Proses	Lebih tinggi (lebih banyak tenaga kerja dan peralatan)	Lebih rendah (lebih sedikit tenaga kerja dan peralatan)	*Semi Batch* lebih baik

Secara keseluruhan, proses *Semi Batch* umumnya lebih baik daripada proses *batch* dalam pembuatan keju *Mozzarella* seperti dapat dilihat pada Tabel 3 Proses *Semi Batch* menggabungkan langkah-langkah *batch* dan *continue*, memungkinkan produksi terus menerus dengan waktu siklus yang lebih pendek per *batch*. Proses *Semi Batch* menghasilkan kontrol proses yang lebih baik dan kondisi yang lebih seragam, sehingga tingkat penyelesaian proses lebih tinggi dengan tingkat kesalahan proses yang lebih

rendah. Proses *batch* lebih cocok untuk operasi skala kecil, sedangkan proses *Semi Batch* lebih cocok untuk operasi skala besar [16].

Seleksi pada proses pembuatan keju yang akan dilakukan menggunakan data dari hasil percobaan 3 penelitian terdahulu yaitu Primalasita (2021) sebagai rujukan 1 (R1), Rusdan dan Kusnadi (2017) sebagai rujukan 2 (R2), dan Umaro (2011) sebagai rujukan 3 (R3) [17], [18], [19]. Penelitian terdahulu ini dipilih berdasarkan kondisi operasi, koagulan, dan hasil akhir keju yang diperoleh. Dari 3 penelitian yang dipilih tersebut, ketiganya menghasilkan produk keju sesuai standar USDA [20].

Tabel 4. Kondisi fisik keju *mozzarella* (USDA, 2012) [20]

No	Karateristik	Syarat
1	**Komposisi**	
	1.1 Kadar lemak	>45% (b/b) dari kadar kering
	1.2 Kadar air	>52% dan <60%
	1.3 pH	>5.2 dan <5.4
2	**Kualitas**	
	2.1 Rasa	Rasa ringan, enak dan sedikit asam. Rasa cuka tidak diterima
	2.2 Bentuk	Bentuk pipih, iris, parut, dadu
	2.3 Tekstur	Tekstur fleksibel, lembut, mudah melentur, mudah dipotong dan tidak memiliki lubang
	2.4 Warna dan kenampakan	Putih sampai krem muda, cerah dan mengkilat
3	**Ukuran**	
	3.1 Parut *(Shredder)*	Tinggi dan panjangnya 3 atau 16 inchi dengan ketipisan 1,4 – 2,36 mm
	3.2 Dadu	Relatif terbagi
4	**Daya tahan**	Tidak kurang dari 5 hari pada Suhu (°C) 3,5 – 5,5 ^{o}C

Untuk dapat memilih proses yang paling baik dan optimal sebagai acuan dalam perancangan pembuatan keju mozarella skala pabrik, dilakukan *grading* atau pemberian nilai terhadap parameter yang tertera dalam 3 penelitian tersebut. Berikut tabel seleksi Proses Pembuatan Keju *Mozzarella* dengan Metode *Factor-Rating*:

Tabel 5. Seleksi proses pasteurisasi dalam pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor rating*

	Tahap Pasteurisasi			
Rujukan	**Suhu (°C)**	**Waktu**	**Grade**	**Keterangan**
R 1	65	3 menit	90	Penilaian berdasarkan kondisi operasi yang lebih hemat energi dan penggunaan waktu yang lebih efisien
R 2	72	5 menit	82	
R 3	70	-	83	

Suhu Pateurisasi 65°C dengan waktu 3 menit mendapat nilai tertinggi yaitu 90 karena dianggap sebagai suhu pasteurisasi yang paling baik dalam hal keseimbangan antara efektivitas dan efisiensi energi, nilai 90 ini kemudian dijadikan patokan untuk menghitung nilai dari suhu pasteurisasi lainnya berdasarkan kolerasi skala dari perbedaan suhu dan waktu yang digunakan. Kalkulasi yang digunakan sebagai berikut:

$$\frac{70\ °C}{65\ °C} = \frac{90}{x} \quad (6)$$

*Keterangan

x = Perolehan nilai untuk suhu 70 °C

Penilaian dilakukan dengan menentukan parameter yang memperoleh nilai tertinggi kemudian menjadikannya patokan untuk dilakukan perhitungan atau perbandingan nilai. Kalkulasi ini berlaku untuk tabel-tabel selanjutnya yang sejenis.

Tabel 6. Seleksi proses pendinginan dalam pembuatan keju mozarella dengan metode *factor-rating*

Tahap Pendinginan			
Rujukan	**Suhu (°C)**	**Grade**	**Keterangan**
R 1	32	86	Tahap pendinginan akan berpengaruh terhadap proses selanjutnya, pemberian nilai berdasarkan suhu optimal untuk inkubasi enzim renin yang akan digunakan pada proses pengasaman dan koagulasi
R 2	40	92	
R 3	35	94	

Tabel 7. Seleksi proses pengasaman dalam pembuatan keju mozarella dengan metode *factor-rating*

Tahap Pengasaman				
Rujukan	**Bahan**	**Konsentrasi**	**Grade**	**Keterangan**
R 1	Campuran asam sitrat dan bakteri Mesophilic M11	0:1	80	Pemberian nilai berdasarkan harga bahan di pasaran dan kemudahan dalam penggunaan bahan
R 2	Asam Sitrat Teknis	0,05% (v/v)	90	
R 3	Jus Jeruk	1,9% (v/v)	70	

Tabel 8. Seleksi proses koagulasi dalam pembuatan keju *mozarella* dengan *metode factor-rating*

Tahap Koagulasi				
Rujukan	**Bahan**	**Konsentrasi**	**Grade**	**Keterangan**
R 1	Enzim protease dari kiwi	1,25%	70	Pemberian nilai berdasarkan harga di pasaran, ketersediaan bahan, dan kemudahaan dalam penggunaan bahan
R 2	*Rennet* dari *Mucor miehei*	0,5% (v/v)	81	
R 3	*Rennet Calf*	0,05% (v/v)	83	

Tabel 9. Seleksi proses *curd cutting* dalam pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

Rujukan	Tahap Curd Cutting	Grade	Keterangan
R 1	dipotong 1 cm x 1 cm.	85	Penilaian berdasarkan kemudahan dalam pengaplikasian
R 2	dipotong 1 cm x 1 cm.	85	
R 3	dipotong 1 cm x 1 cm.	85	

Tabel 10. Seleksi proses pemisahan *whey* dalam pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

Tahap Pemisahan *Whey*				
Rujukan	**Alat**	**Suhu (°C)**	**Grade**	**Keteranagan**
R 1	Disaring dengan cheese cloth	45	88	Penilaian berdasarkan ketersediaan alat, kemudahan pengunaan, suhu yang aman saat pengoperasian.
R 2	Disaring dengan cheese cloth	40	90	
R 3	Disaring dengan cheese cloth	-	72	

Tabel 11. Seleksi proses pemuluran dalam pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

Rujukan	Tahap Pemuluran	Suhu (°C)	Grade	Keterangan
R 1	Penambahan air panas	90	75	Penilaian berdasarkan kemudahan pengaplikasian, suhu yang aman saat pengoperasian dan lebih hemat energi
R 2	Penambahan air panas	75	90	
R 3	Penambahan air panas	80	84	

Tabel 12. Seleksi proses penggaraman dalam pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

Tahap Penggaraman				
Rujukan	**Waktu**	**Konsentrasi**	**Grade**	**Keterangan**
R 1	480 menit	Larutan jenuh	80	Penilaian berdasarkan efisiensi waktu yang dibutuhkan untuk proses penggaraman serta kadar garam yang digunakan untuk proses penggaraman.
R 2	15-20 menit	Larutan jenuh	82	
R 3	-	0,8% dari berat curd	81	

Tabel 13. Seleksi proses penyimpanan dalam pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

Rujukan	Tahap Penyimpanan	Grade	Keterangan
R 1	Lemari es	90	Penilaian berdasarkan ketersediaan alat, fungsi dan kegunaanya untuk memperpanjang umur simpan dan menjaga kualitas keju
R 2	Lemari es	90	
R 3	Lemari es	90	

Tabel 14. Seleksi proses hasil percobaan pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

Hasil Percobaan						
Rujukan	**Kadar Air**	***Yield***	**Organoleptik**	***Stretching***	**Grade**	**Keterangan**
R 1	49,00%	10,16%	Kuning muda	>3 inchi	92	Penilaian berdasarkan besaran *yield* dan kesesuaian hasil dengan Kondisi Fisik Keju Mozzarella (USDA, 2012)
R 2	50%	9,10%	Kuning muda	>3 inchi	89	
R 3	50,05%	8,89%	Kuning muda	>3 inchi	87	

*Keterangan *range score:*

50-74 Data dianggap kurang Memenuhi parameter
75-84 Data dianggap cukup Memenuhi parameter
85-100 Data dianggap telah Memenuhi parameter

Tabel 15. Skor total seleksi proses pembuatan keju *mozarella* dengan metode *factor-rating*

No.	Proses	Rujukan		
		R1	R2	R3
1	Pasteurisasi	90	82	83
2	Pendinginan	86	92	94
3	Pengasaman	80	90	70
4	Koagulasi	70	81	83
5	Curd Cutting	85	85	85
6	Pemisahan Whey	88	90	72
7	Pemuluran	75	90	84
8	Penggaraman	80	82	81
9	Penyimpanan	90	90	90
10	Hasil Percobaan	92	89	87
Skor Total		**836**	**871**	**829**

Dalam proses pembuatan keju, terdapat dua faktor penting yang perlu diperhatikan, yaitu kondisi operasi dan koagulan yang digunakan [21]. Kedua faktor ini secara langsung memengaruhi pembentukan dadih keju dan karakteristik akhir keju yang dihasilkan. Kondisi operasi mengacu pada berbagai parameter yang dikontrol selama proses pembuatan keju, seperti suhu, waktu, keasaman, dan pengadukan. Setiap parameter ini memiliki pengaruhnya sendiri pada aktivitas enzim dan bakteri, struktur dadih, dan tekstur keju [22].

Koagulan, di sisi lain, adalah enzim yang digunakan untuk mengentalkan susu, sehingga membentuk dadih keju (*curd*). Jenis dan konsentrasi koagulan yang digunakan memengaruhi kecepatan pengentalan, struktur dadih, rasa, dan aroma keju. Pemilihan kondisi operasi dan koagulan yang tepat sangatlah penting untuk menghasilkan keju dengan karakteristik yang diinginkan, seperti rasa, aroma, tekstur, dan penampilan yang sesuai. dua faktor ini akan membantu pembuat keju dalam mengontrol proses pembuatan keju dan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi [3].

Suhu pasteurisasi pada rujukan 1 (R1) dinilai lebih singkat dan lebih hemat energi sehingga memperoleh nilai paling tinggi. Suhu pendinginan akan berpengaruh terhadap proses pengasaman dan koagulasi. Suhu pendinginan pada rujukan 3 (R3) memperoleh nilai paling tinggi karena paling mendekati suhu optimal untuk inkubasi enzim renin pada makanan yaitu suhu 37 °C [23].

Hasil percobaan pada rujukan 1 (R1) memperoleh yield paling tinggi yaitu 10,16%. Tapi, salah satu pertimbangan tidak digunakannya proses ini sebagai acuan adalah pengasaman dan koagulan yang digunakan. Pengasaman yang digunakan pada rujukan 1 (R1) menggunakan bakteri Mesophilic M11 yang terbilang mahal di pasaran. Perbandingan harga bakteri Mesophilic M 11 dengan asam sitrat yang digunakan untuk pengasaman pada rujukan 2 (R2) bisa mencapai 35:1 per gram di *online shop*. Sedangkan pada rujukan 3 (R3) pengasaman dilakukan dengan menambahkan jus jeruk, yang membutuhkan perlakuan lebih dalam pengolahan buah jeruk untuk mendapatkan jus jeruknya, sehingga dinilai kurang efisien. Oleh sebab itu, pengasaman pada rujukan 2 (R2) mendapat nilai paling tinggi.

Koagulan yang digunakan pada rujukan 1 (R1) berasal dari buah kiwi yang merupakan buah impor, serta dalam penggunaannya masih memerlukan perlakuan untuk mendapatkan enzim protease dari buah kiwi, sehingga penambahan perlakuan awal dinilai kurang efisien dan relatif mahal karena buah impor. Sedangkan koagulan yang digunakan pada rujukan 2 (R2) merupakan *Rennet* dari mikroba *Mucor Meihei* yang berasal dari jamur, *rennet ini* dapat digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan *Rennet calf*. *Rennet* dari mikroba *Mucor Meihei* baik untuk koagulasi, tanpa adanya hidrolisis lebih lanjut dari kasein menghasilkan keju dengan bau segar dan struktur yang baik. *Rennet* ini tidak bersifat toksik, daya proteolisisnya rendah, sehingga produk yang dihasilkan tanpa menimbulkan rasa pahit, biaya produksi ringan, dapat diproduksi dalam waktu yang singkat, serta mudah dikontrol [24]. Kemudian, pada rujukan 3 (R3) koagulan yang digunakan adalah *Rennet calf* atau *Rennet* yang berasal dari hewan, yang mana *rennet* ini cenderung langka dan relatif mahal [3].

Berdasarkan seleksi proses menggunakan metode *Factor-Rating,* proses dengan *total score* terbesarlah yang akan dipilih untuk digunakan sebagai acuan dalam produksi pembuatan keju *Mozzarella* skala pabrik. Rujukan 2 (R2) dipilih karena memperoleh *total score* paling tinggi diantara kedua proses lainnya. Tahapan yang dilakukan dalam rujukan 2 (R2) dinilai membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk menyelesaikan satu siklus produksi dibandingkan proses 1 dan 3. Hal ini sejalan dengan keinginan penulis untuk memilih proses yang efisien dan dapat meningkatkan produktivitas. Oleh sebab itu rujukan 2 (R2) dipilih sebagai acuan kondisi operasi yang akan diaplikasikan dalam skala pabrik.

3.2. Penentuan Kapasitas

Penentuan kapasitas produksi merupakan langkah yang harus dilakukan sebelum mendirikan pabrik. Kapasitas pabrik yang akan didirikan dilakukan kalkulasi berdasarkan data ekspor dan impor keju sebagai berikut:

$$me_{2025} = me_{2022}\,(1+i)^n \quad (3)$$
$$= 2.906{,}3\,(1+0{,}2859)^4$$
$$= 7.836{,}501 \text{ ton/tahun}$$

$$mi_{2025} = mi_{2022}\,(1+i)^n \quad (4)$$
$$= 31.051{,}4\,(1+0{,}0108)^4$$
$$= 32.417{,}298 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = (m_{\text{ekspor}} + m_{\text{konsumsi}}) - (m_{\text{impor}} + m_{\text{produksi}}) \quad (5)$$
$$= (7.836{,}501 + 29.268{,}10) - (32.417{,}298 + 8.067)$$
$$= -\,3.379{,}37 \text{ ton/tahun}$$

Dikarenakan stok keju terbanyak di Indonesia diperoleh dari impor, maka untuk mengurangi jumlah impor keju dibuat asumsi kapasitas produksi keju sebesar 10% dari rata-rata nilai impor, sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Produksi} = 10\% \times \text{rata-rata nilai impor}$$
$$= 10\% \times 29.314{,}34 \text{ ton/tahun}$$
$$= 2.931{,}43 \text{ ton/tahun}$$

Sehingga, dari perhitungan diperoleh kapasitas produksi sebesar 2.931,43 ton/tahun.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan metode *Factor-Rating* yang telah dilakukan untuk menentukan seleksi proses, perancangan pabrik keju mozarella skala pabrik akan dilakukan dengan sistem *Semi Batch* dan kondisi operasi diambil dari rujukan 2 (R2) dengan suhu pasteurisasi 72 °C, pengasaman dan koagulan asam sitrat teknis 0,05% (v/v) dan *Rennet Mucor meihei* 0,5% (v/v), Suhu air panas pemuluran 75 °C, penggaraman dengan larutan jenuh selama 15-20 menit, diperoleh hasil produk dengan kadar air keju 50% dan yield 9,10%. Sistem *Semi Batch* dan kondisi operasi pada rujukan 2 (R2) dipilih karena memperoleh *total score* paling tinggi. Berdasarkan perhitungan pertumbuhan rata-rata, kapasitas pabrik yang akan didirikan ialah 2.931,43 ton/tahun.

Data dari sumber referensi yang digunakan untuk melakukan perhitungan dalam penentuan kapasitas pabrik sebaiknya diperbanyak agar hasil yang diperoleh semakin akurat.

REFERENSI

[1] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2022 (Livestock and Animal Health Statistics 2022)*. Jakarta: Direktorat Jendral Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementrian RI, 2022.

[2] S. A. Estikomah, "Uji Kadar Lemak Keju Cheddar Dengan Variasi Bahan Baku (Sapi, Kambing) Serta Variasi Jenis Starter (Streptococcus lactis, Rhizophus oryzae)," *Pharmasipha: Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*, 2017.

[3] N. S. M. Rohmatussolihat, P. Lisdiyanti, Y. Widyastuti, dan E. Sukara, "Utilization of Milk Clotting Enzyme from Lactobacillus casei D11 for Mozzarella Cheese Making," *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, vol. 26, no. 1, hal. 63–71, 2015.

[4] I. Ana, E. Rita, dan S. Dewi, "Utilization of Various Microorganisms In Cheese Making As An Application Of Industrial Biotechnology," *International Journal of Society Reviews*, vol. 2, no. 1, 2024.

[5] Pusat Data dan Informasi Pertanian, "Basis Data Ekspor-Impor Komoditi Pertanian."

[6] D. R. Zalsabitha dan A. Susanti, "Seleksi Proses Dan Penentuan Kapasitas Pabrik Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 3, hal. 251–257, 2023.

[7] M. Mijan, M. Haque, M. Habib, dan M. Wadud, "Evaluation of quality of mozzarella cheese," *Bangladesh Veterinarian*, vol. 27, no. 1, hal. 36–42, 2010.

[8] M. H. P. G. Opeda, M. Mas'udah, dan S. Santosa, "Penentuan Kapasitas Produksi Dan Seleksi Proses Pra Rancangan Pabrik Kimia Enzim Papain Dari Getah Pepaya," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 4, hal. 425–432, 2023.

[9] N. C. Rafidanta, C. E. Lusiani, dan Naufal, "Penentuan Lokasi Pabrik Menggunakan Metode Factor Rating Pada Pra-Rancangan Pabrik Virgin Coconut Oil (VCO) Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 655–663, 2021.

[10] M. S. M. Hasibuan dan E. N. Dewi, "Penentuan Kapasitas Produksi Dan Seleksi Proses Prarancangan Pabrik Kimia Pupuk Organik Dari Sabut Kelapa Dan Jerami Padi Dengan Kapasitas 34.000 Ton/Tahun," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, hal. 180–187, 2024.

[11] A. Choirunnisa dan A. Mustain, "Penentuan Kapasitas Produksi Dan Seleksi Proses Pra Rancangan Pabrik Kimia Bioetanol Gel Kapasitas 5000 Ton/Tahun," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 86–93, 2022.

[12] E. B. A. Wijaya dan A. S. Suryandari, "Seleksi Proses Dan Penentuan Kapasitas Produksi Industri Sabun Cair Berbahan Baku Crude Palm Oil (CPO)," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 127–132, 2021.

[13] K. D. Nindyasari, Z. Irfin, D. Moentamaria, "Enzim Zingibain Sebagai Bahan Koagulasi Susu Untuk Pembuatan Keju Mozarella," vol. 8, no. 1, hal. 133–140, 2022.

[14] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, "Data Produksi Industri Penghasil Keju," https://kemenperin.go.id/statistik-industri.

[15] D. Bermúdez-Aguirre dan G. Barbosa-Cánovas, "Milk Pasteurization, Curdling and Salting: Steps which can Modify Omega-3-Fortified Cheese," *Processing and Impact on Active Components in Food*, hal. 199–206, 2015.

[16] M. F. Widyono dan N. Hendrawati, "Seleksi Proses Dan Penentuan Kapasitas Pabrik Kimia Pembuatan Yogurt Dari Bahan Baku Kedelai," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 664–670, 2021.

[17] D. V. Primalasita, "Pemanfaatan Enzim Protease dari Kiwi untuk Pembuatan Keju Mozarella dan Cheddar," Politeknik Negeri Malang, Malang, 2021. Diakses: 7 September 2024.

[18] I. H. Rusdan dan J. Kusnadi, "Production of Mozzarella Cheese Using Rennin Enzyme from Mucor miehei Grown at Rice Bran Molasses Medium," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 193, no. 1, 2017.

[19] D. Umaro, "Pembuatan Keju Mozzarella dengan Metode Pengasaman Langsung (Kajian Pengaruh Jenis Bahan Pengasam dan Jenis Rennet)," Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya, Malang, 2011.

[20] United States Departement of Agriculture (USDA), "Food Safety and Inspection Service (FSIS)," 2012.

[21] A. Yandi, "Peningkatan Kualitas Yoghurt Dengan Menggunakan Desain Eksperimen Taguchi," Thesis Sarjana, Universitas Brawijaya, Malang, 2018.

[22] T. Estiasih, A. Legowo, A. Hintono, A. Al-Baarri, dan S. Mulyani, "Teknologi Pengolahan Pangan : Produk Olahan Hewani," vol. 2, 2020, hal. 83–143.

[23] Mustakim, R. F. Muarifah, dan K. Al Awwaly, "Pembuatan keju dengan menggunakan enzim renin Mucor pusillus amobil," *Jurnal Ilmu-ilmu Peternakan*, vol. 19, no. 2, hal. 137–149, 2009.

[24] D. Muchtadi, N. S. Palupi, dan M. Astawan, "Profil Kolestrol, Kadar Air, dan Tekstur Keju Menggunakan Mucor miehei sebagai Sumber Koagulan," *Laboratorium Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro. Semarang*, 2009.