

# Kajian Keju Mozzarella Analog yang Disubstitusi dengan Pati Termodifikasi

A Study of Mozzarella Cheese Analogue Stability Substituted with Modified Starches

**Gusnilawati Gusnilawati<sup>1</sup>, Nur Wulandari<sup>1,2</sup>, Eko Hari Purnomo<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>2</sup>Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFast) Center, Institut Pertanian Bogor, Jl. Ulin No. 1, Gedung SEAFast Center, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

\*Penulis korespondensi: Eko Hari Purnomo, Email: h.purnomo@apps.ipb.ac.id

Submisi: 21 Desember 2019; Revisi: 7 Agustus 2020, 16 Februari 2021; Diterima: 12 Maret 2021

## ABSTRAK

Keju mozzarella analog (KMA) merupakan keju mozzarella imitasi yang telah menjadi perhatian beberapa tahun terakhir. Namun, keju mozzarella analog memiliki umur simpan yang pendek karena tekstur dan regangannya tidak stabil pada suhu tinggi. Tujuan penelitian ini adalah meningkatkan umur simpan keju mozzarella analog dengan mensubstitusi lemak menggunakan pati termodifikasi. Pada penelitian ini digunakan tiga tipe pati termodifikasi yaitu pati beras, pati jagung, dan pati kentang. Pada penelitian ini, kestabilan KMA terpilih dipelajari pada beberapa suhu penyimpanan berbeda yaitu 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35 °C. Kekerasan dan daya regang merupakan parameter yang diamati selama penelitian. Keju mozzarella analog terpilih pada penelitian ini adalah KMA yang disubstitusi dengan 5% pati beras termodifikasi. Kualitas KMA menurun seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Parameter regangan menurun lebih cepat dari pada parameter kekerasan. Laju penurunan kualitas kekerasan dan regangan pada suhu 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35 °C berturut-turut 0,017; 0,022; 0,105; dan 0,151% per hari dan 0,025; 0,028; 0,172; dan 0,222% per hari. Karakteristik penurunan kestabilan kekerasan dan regangan yang dipengaruhi oleh suhu disebut dengan energi aktivasi ( $E_a$ ) adalah 14378,64 kal/mol dan 14507,73 kal/mol. Stabilitas KMA meningkat berturut-turut 31 hari (46%), 10 hari (34%), 3 hari (22%), dan 1 hari (15%) pada masing-masing suhu penyimpanan 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35 °C. Kestabilan KMA terpilih pada suhu ruang (30 °C) meningkat 10%. Substitusi pati beras termodifikasi juga dapat mengurangi  $a_w$  dari 0,95 menjadi 0,92.

**Kata kunci:** Keju mozzarella analog; pati termodifikasi; akselerasi

## ABSTRACT

Analog mozzarella cheese (KMA) is an imitation mozzarella cheese that is increasingly popular in the last few years. However, analog mozzarella cheese has a short shelf life because its texture and stretching are not stable at higher temperatures. The purpose of this study was to increase the shelf life of analog mozzarella cheese by substitution of fat using modified starch. In this study, three types of modified starches were used, i.e., rice, corn, and potato starches. In this study, the stability of the selected cheese was studied at different temperatures, i.e., 5 °C, 15 °C, 25 °C, and 35 °C. Hardness and stretchability were the parameter studied during storage. The analog mozzarella cheese selected for this study was KMA substituted with 5% modified rice starch. The quality of KMA at various temperatures decreased with an increasing storage temperature. The stretchability parameter decreased

faster than the hardness parameter. The degradation value (k) for hardness and stretchability at 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C were 0.017, 0.022, 0.105, 0.151% per day and 0.025, 0.028, 0.172, 0.222% per day, respectively. The characteristic of the degradation in terms of the hardness and stretchability influenced by temperatures ( $E_a$ ) showed 14378.64 kal/mol and 14507.73 kal/mol. The stability of KMA increased 31 days (46 %), 10 days (34%), 3 days (22%), and 1 day (15%) when stored at temperatures of 5 °C, 15 °C, 25 °C, and 35 °C, respectively. Meanwhile, the stability at a room temperature (30 °C) increased 10 %. The modified rice starch substitution also reduced value of  $a_w$  from 0.95 to 0.92.

**Keywords:** Analog mozzarella cheese; modified starches; acceleration

## PENDAHULUAN

Keju analog atau keju imitasi merupakan keju yang sebagian atau keseluruhan komponen lemak susu atau protein susu di dalamnya disubstitusi dengan bahan yang bukan berasal dari susu, seperti bahan yang berasal dari tumbuhan (BPOM, 2016). Pembuatan keju analog telah menarik perhatian dalam beberapa tahun terakhir karena keju analog lebih mudah dan lebih cepat dalam proses pembuatannya, karakteristiknya dapat diubah sesuai keinginan, serta biaya produksinya dapat lebih ditekan.

Pati diketahui mempunyai peran yang besar dalam pembentukan tekstur keju olahan, karena dapat memengaruhi pembentukan ikatan silang di dalam matriks keju. Keju yang semula lunak, dapat ditingkatkan kekerasannya menjadi semi padat (Abbas dkk., 2010). Pati yang dapat digunakan dalam modifikasi tekstur keju berupa pati kentang termodifikasi, pati jagung termodifikasi, dan pati beras termodifikasi. Keuntungan membuat keju lebih padat adalah dapat disimpan pada suhu ruang karena kekerasan keju dapat dipertahankan seperti halnya ketika disimpan pada suhu dingin. Selain itu pengurangan lemak karena penambahan pati dapat mengubah tekstur keju analog pada parameter kekerasan, kemudahan diparut, rasa krim dimulut, dan kelengketan sehingga dapat meningkatkan daya terima terhadap keju olahan itu sendiri (Larsen, 2009). Soledad (2010) telah melakukan penelitian dengan mempelajari pengaruh kecepatan pengadukan dalam proses pengemulsian keju analog yang menggunakan pati sebagai salah satu bahan baku. Hasilnya menunjukkan pati bisa meningkatkan proses emulsifikasi pada keju. Namun penggunaan pati juga dapat mempengaruhi daya leleh keju itu sendiri (Mounsey dan O'Riordan, 2008; Badem dan Ucar 2016).

Penambahan pati dapat digunakan untuk klaim nutrisi sebagai pengganti lemak dalam keju olahan (Considine dkk., 2011). Kelebihan lain dari penggunaan pati menurut Mounsey (2009) adalah berperan dalam menggantikan sifat lemak sebagai pembentuk tekstur, pengatur umur simpan, bahkan aroma dalam suatu produk, sehingga dapat menggantikan produk yang lemaknya telah dikurangi tanpa menurunkan kualitasnya.

Keju mozzarella memiliki karakter semisolid pada suhu ruang dan akan meleleh pada suhu 60 °C. Suhu diketahui dapat mengubah struktur bahan, ikatan natrium-parakaseinat berangsur-angsur menurun seiring meningkatnya suhu, sehingga menyebabkan sifat fisik keju mozzarella berubah (Muliawan dan Hatzikiriakos, 2007). Guinee dkk. (2001) telah mempelajari pengaruh suhu pada saat proses *ripening* keju mozzarella. Meningkatnya suhu dapat mengurangi kekerasan keju, sedangkan karakteristik yang penting dari keju mozzarella adalah harus cukup keras sehingga bisa diparut dan dipotong. Dilaporkan atribut keju mozzarella yang paling penting bagi konsumen pizza adalah aroma, daya leleh, daya parut, elastisitas dan daya regang (Jana dan Mandal, 2011; AH, 2015).

Tekstur keju mozzarella analog perlu ditingkatkan agar menjadi lebih tahan selama penyimpanan pada suhu yang lebih tinggi. Penelitian Bi dkk. (2016), menggunakan inulin dan pati resisten sebagai substitusi lemak pada keju mozzarella analog, mendapatkan bahwa kekerasan keju mozzarella meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi, namun regangan (*stretching*) keju menjadi menurun.

Pati diharapkan dapat meningkatkan tekstur keju mozzarella analog agar tetap keras dan tidak meleleh ketika disimpan pada suhu yang lebih tinggi. Penggunaan pati termodifikasi diharapkan menghasilkan produk lebih stabil selama proses pengolahan dan penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh berbagai jenis pati termodifikasi yaitu pati beras, pati jagung dan pati kentang bila disubstitusikan ke dalam keju mozzarella analog (KMA). Pada penelitian ini juga dipelajari pengaruh beberapa suhu penyimpanan terhadap karakteristik produk yang dihasilkan terhadap parameter kelengketan dan daya regang.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tiga jenis pati modifikasi yang mempunyai kemampuan membentuk gel (*gelling starch*) dengan modifikasi asam

(*acid treated starch*) yaitu pati jagung termodifikasi, pati beras termodifikasi, dan pati kentang termodifikasi. Penelitian ini juga menggunakan *ediblerennet casein* (protein 80,4%), garam (kemurnian 98,5%), asam laktat (88%), natrium sitrat, minyak nabati (titik leleh 34 °C), dan pengawet (kalium sorbat).

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: thermomix (Vorwer) untuk pembuatan KMA, timbangan analitik (Metler Toledo), *stainle steel cup*, plastik LDPE untuk kemasan primer, karton *box* untuk kemasan sekunder, kulkas (Sharp), dan incubator (Memmert). Alat untuk analisa meliputi Texture Analyser TA.XT Express (*stable micro system*) untuk pengukuran kekerasan KMA, pH meter (Mettle Toledo) untuk pengukuran pH, penggaris besi untuk pengukuran panjang regangan, serta oven listrik (Memmert) untuk analisa kadar air, kulkas (Sharp), inkubator merek (Memmert) untuk penyimpanan suhu 25 °C dan 35 °C.

### Metode

Penelitian ini dilakukan dengan tiga tahapan sebagai berikut: (1) Formulasi *analog mozzarella cheese* untuk mendapatkan formula optimum yang diinginkan, (2) Stabilitas *analog mozzarella cheese* yang dihasilkan dengan cara menyimpan kontrol dan formula optimum terpilih pada berbagai suhu penyimpanan, (3) Karakterisasi *analog mozzarella cheese* terpilih dibandingkan dengan kontrol.

### Formulasi

Formulasi dilakukan untuk menentukan jenis pati dan konsentrasi pati yang disubstitusikan pada formula keju *mozzarella analog*. Pati digunakan sebagai substitusi minyak nabati, dinatrium fosfat 0,7%, trinantrium sitrat 1%, rennet kasein 20%, pengawet 0,2%, asam laktat 0,8 %, garam 0,6%, air 51,8%, pati termodifikasi sesuai dengan perlakuan dan minyak nabati ditambahkan hingga formula mencapai 100%.

Masing-masing formula ditimbang sebanyak 1000 g kemudian dicampur di dalam thermomix yang berkapasitas 2000 g. Campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 900 rpm selama dua menit, kemudian dilanjutkan dengan pemberian suhu hingga mencapai 85 °C. Setelah suhu tercapai, thermomix dibuka kemudian dilanjutkan dengan penambahan larutan asam laktat (1:1 w/v), pengadukan dilanjutkan hingga dua menit. Produk kemudian langsung dituangkan ke kemasan primer yaitu plastik LDPE 150 g dan dimasukkan ke dalam karton *box*. Penentuan jenis dan konsentrasi pati terpilih dilihat dari karakteristik KMA yang dihasilkan yaitu kekerasan keju dan daya regang (*stretching*) setelah disimpan selama

tujuh hari pada suhu penyimpanan 5 – 8 °C. Kekerasan KMA diukur dengan menggunakan *texture analyser* dan regangan keju diukur dengan menggunakan metode *fork test*. Konsentrasi terpilih dilihat dengan tekstur KMA yang paling keras dan daya regang paling panjang. Dalam penelitian ini kekerasan KMA dijadikan parameter penilaian utama dan daya regang dijadikan parameter penilaian yang kedua.

### Pengukuran Kekerasan Menggunakan *Texture Analyser*

KMA dipotong dengan ukuran 3 x 3 cm, ditempatkan di bawah *probe* P/0.5s dengan berat *load cell* 10 kg. *Probe* ditempatkan berjarak 5 cm diatas keju, setelah itu *probe* digerakkan dengan kecepatan 2 mm/s. Kemudian pada alat akan ditampilkan nilai kekerasan *force* (g) (Zheng dkk., 2016).

### Metode *Fork Test*

Daya regang KMA ditentukan dengan metode *fork test*. Sebanyak 20 g keju ditempatkan pada *stainless steel cup*. KMA dipanaskan dalam oven bersuhu 185 °C selama 5 menit, kemudian *stainless steel cup* dikeluarkan dari oven. Garpu diletakkan di tengah mengenai dasar *stainless steel cup*, kemudian KMA ditarik tegak lurus, setelah itu panjang regangan KMA diukur menggunakan penggaris (Fife dkk., 2002).

### Uji Stabilitas Keju *Mozzarella Analog* pada Beberapa Suhu Penyimpanan

Penelitian stabilitas keju *mozzarella analog* (KMA) terpilih dilakukan dengan menyimpan formula terpilih pada berbagai suhu penyimpanan yaitu 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35 °C. Suhu tersebut mewakili penyimpanan KMA pada suhu *chill*, kulkas, dan suhu ruang. Kekerasan dan regangan (*stretching*) keju diukur pada beberapa titik selama 60 hari penyimpanan. Analisa KMA yang disimpan pada berbagai suhu dilakukan pada waktu yang berbeda. Analisa penyimpanan pada suhu 5 °C dilakukan setiap 7 hari, pada suhu 15 °C dilakukan setiap 4 hari, pada suhu 25 °C dilakukan setiap 2 hari, sedangkan pada suhu 35 °C dilakukan setiap 2 hari.

Umur simpan keju *mozzarella analog* dilakukan berdasarkan parameter kekerasan dan regangan yang dihitung dengan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Test*). Parameter kritis ditentukan berdasarkan standar internal perusahaan yaitu 10 cm untuk panjang regangan dan nilai *force* (g) terkecil KMA yang sudah tidak bisa diparut.

### Karakteristik Keju *Mozzarella Analog* Terpilih

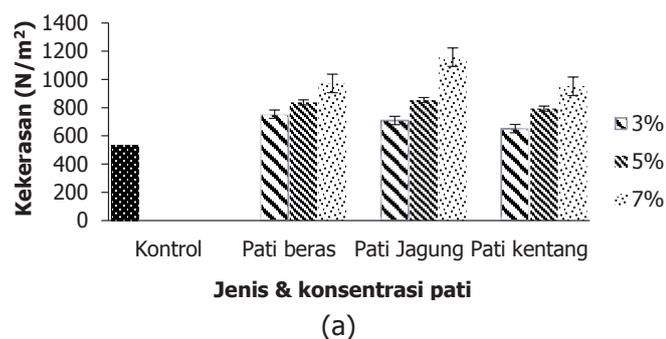
Pada tahap ini dilakukan karakterisasi KMA terpilih dan kontrol yang dihasilkan. Kadar air, pH, kadar protein,

lemak dan  $a_w$  dianalisa untuk kontrol dan fomula terpilih. Kadar air dianalisa dengan metode cawan kering, pH di analisa menggunakan pH meter, kadar lemak dianalisa dengan metode Kjeldahl, lemak dianalisa dengan metode Gerber (AOAC, 2002) dilute to 250 mL, and filter. (b).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Formula Keju Mozzarella Analog

Formulasi dilakukan untuk menentukan jenis dan konsentrasi pati terpilih. Data pengaruh jenis dan konsentrasi pati terhadap kekerasan dan daya regang KMA terdapat pada Gambar 1. Kekerasan KMA meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pati termodifikasi. Kekerasan tertinggi terdapat pada pati jagung yaitu 1157,5 g, diikuti oleh pati beras yaitu 971,9 g dan 951,2 g pati kentang pada masing-masing konsentrasi pati 7 %. Pati beras dan pati kentang memiliki kekerasan yang lebih rendah dari pati jagung termodifikasi pada konsentrasi 3%, 5% dan 7%. Hal ini karena pati jagung memiliki kandungan amilosa lebih tinggi dibandingkan dengan pati kentang dan pati beras sehingga menimbulkan efek gel yang lebih besar. Mounsey dan O'Lordan (1999), meneliti bahwa peningkatan konsentrasi pati termodifikasi menimbulkan peningkatan kekerasan keju analog karena semakin banyak ikatan hidrogen yang terjadi dan tekstur keju semakin padat. Menurut Alnemr dkk. (2015) meningkatnya kekerasan keju karena ada substituen pati yang bersinergi mengikat air di dalam matrik dan meningkatnya kekerasan keju karena berkurangnya kandungan lemak membuat matrik protein menjadi lebih padat disebabkan ruangan untuk globula lemak menjadi lebih turun. Regangan KMA pada konsentrasi pati tinggi (7%) menunjukkan hasil yang lebih rendah berturut-turut 31,5 cm, 23,5 cm, dan 31 cm untuk masing-masing pati beras, pati jagung dan pati kentang termodifikasi. Hal ini disebabkan oleh tekstur keju terlalu keras sehingga daya tarik menjadi lebih pendek.

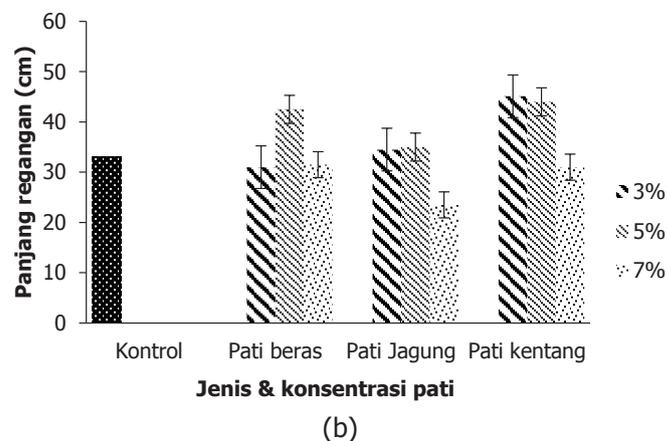


Pati jagung termodifikasi memberikan regangan (*stretching*) paling pendek yaitu 23 cm karena kekerasannya paling tinggi (1157,5 N/m<sup>2</sup>). Pati beras dan pati kentang termodifikasi pada konsentrasi tinggi (7%) memiliki kekerasan 951,2 N/m<sup>2</sup> dan 971,9 N/m<sup>2</sup> memberikan regangan hampir sama yaitu 31,0 dan 31,5 cm. Hasil penelitian ini sejalan dengan Monsey (2009) yang meneliti daya leleh dan regangan keju, bahwa keju yang mengandung tepung jagung dan kentang memiliki daya emulsifikasi yang kuat, hal ini terlihat dari hidrasi matrik proteinnya kurang baik saat dipanaskan, sehingga daya regangnya menjadi lebih pendek.

Penentuan terpilih berdasarkan parameter KMA yang paling keras namun regangan bukan yang paling pendek. Oleh karena itu, kekerasan keju yang terpilih adalah 837,2 N/m<sup>2</sup> dengan panjang regangan 42,5 cm pada konsentrasi pati beras termodifikasi yaitu 5%. Selain itu alasan pemilihan pati beras adalah memiliki ikatan yang baik dengan protein dalam KMA sehingga regangan yang dihasilkan lebih kuat. Menurut Larsen (2009), pati beras memiliki partikel yang lebih kecil dari pati jagung dan pati kentang, sehingga partikel pati tidak hanya berikatan pada permukaan matrik kasein, tapi juga di bagian dalam, dimana semakin kecil partikel, *intake* kasein yang berikatan dengan pati semakin banyak.

### Stabilitas keju pada berbagai suhu penyimpanan

KMA terpilih (pati beras termodifikasi dengan konsentrasi 5%) dan kontrol setelah disimpan pada berbagai suhu penyimpanan 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35 °C menunjukkan bahwa kekerasan dan regangan keju menurun seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan. Data kekerasan dan regangan keju pada berbagai suhu penyimpanan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Sampel pati beras termodifikasi pada konsentrasi 5% memiliki kekerasan yang lebih besar



Gambar 1. Pengaruh jenis dan konsentrasi pati terhadap KMA, (a) kekerasan, (b) daya regang

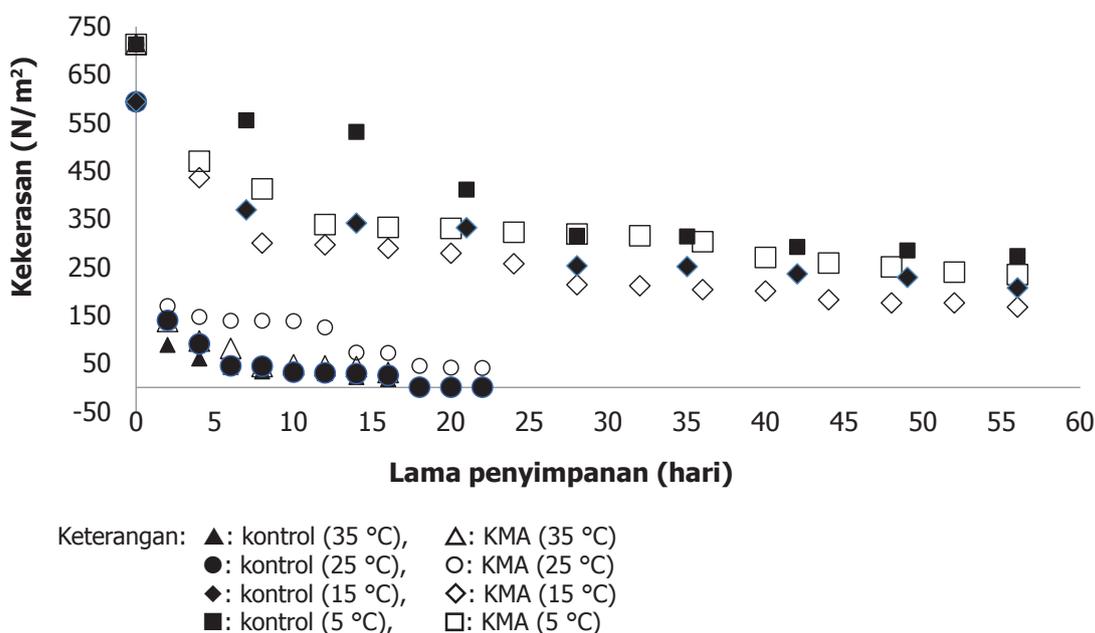
dari sampel kontrol pada perlakuan suhu yang sama. Hal ini karena dengan adanya pati dapat meningkatkan kekerasan keju analog. Ikatan hidrogen yang terdapat dalam pati membuat matrik keju menjadi rapat sehingga menghasilkan keju menjadi lebih padat. Selain itu, formula kontrol cenderung lebih lunak dibandingkan dengan formula pati beras termodifikasi (5%) karena kandungan lemaknya yang lebih tinggi. Penelitian ini sejalan dengan Enab dkk. (2012), perubahan tekstur keju menjadi lunak akan meningkat dengan meningkatnya suhu, umur simpan, proteolisis, peningkatan lemak, dan kandungan air. Gambar 2 menunjukkan hubungan antara lama penyimpanan dan kekerasan KMA yang disimpan pada berbagai suhu penyimpanan. Pada Gambar 3, regangan KMA juga menurun seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan dan lama penyimpanan. Penurunan kontrol lebih cepat dibandingkan dengan pati beras termodifikasi (5 %).

Pati beras memiliki kemampuan mempertahankan tekstur dan ikatan dalam KMA sehingga regangan dapat bertahan lebih lama, namun tetap menurun seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan dan lama penyimpanan. Menurut penelitian Ying dkk. (2011) dengan meningkatnya suhu, maka akan terjadi peningkatan proteolisis, sehingga regangan akan menjadi lebih rendah. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Ceruti dkk. (2012) dengan meningkatnya suhu dan waktu penyimpanan keju maka akan meningkatkan tingkat proteolisis produk, proteolisis tersebut mulai

terjadi pada suhu 20 °C pada waktu penyimpanan 4 minggu. Proteolisis menyebabkan protein lebih terhidrasi sehingga interkoneksi kasein menurun. Tingkat proteolisis yang rendah akan meningkatkan interkoneksi protein (Lamichhne dkk., 2019). Interkoneksi kasein sangat diperlukan untuk pembentukan regangan. Regangan akan hilang jika tidak ada interkoneksi kasein. Penambahan pati termodifikasi memberi pengaruh positif untuk mempertahankan interkoneksi kasein, sehingga *stretching* dapat bertahan. Menurut Lucey dkk. (2003), proteolisis dapat dihambat dengan menggunakan sedikit koagulan, dan pati dapat berfungsi sebagai koagulan. Koagulan berikatan dengan air membentuk ion-ion dan akan terjadi ikatan kimia untuk membentuk gumpalan di dalam matrik keju. Gumpalan tersebut membuat matrik protein lebih rapat dan terlindungi.

Produk pangan yang mudah mengalami kerusakan seperti denaturasi protein, oksidasi lemak, reaksi kimia dan reaksi mailard dapat menerapkan model Arrhenius untuk menentukan laju penurunan mutu. Reaksi kimia dipengaruhi oleh suhu maka simulasi model Arrhenius memerlukan percepatan pada suhu yang tinggi di atas suhu penyimpanan normal (Palupi dkk., 2010).

Penurunan mutu KMA dijelaskan dengan model reaksi ordo 1, dengan memplotkan kurva  $\ln k$  versus  $1/T$  ( $1/K$ ) diperoleh intersep yang merupakan nilai  $\ln k_0$ , dan  $k_0$  dapat dihitung, sedangkan dari slope yang merupakan nilai  $(-E_a/R)$  persamaan Arrhenius dapat ditentukan nilai energi aktivasi. Laju penurunan mutu ( $k$ ) untuk kekerasan dan regangan KMA pada suhu 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35



Gambar 2. Hubungan antara lama penyimpanan (hari) dan kekerasan keju mozzarella (N/m<sup>2</sup>) analog yang disimpan pada berbagai suhu penyimpanan

°C berturut-turut adalah 0,017; 0,022; 0,105; 0,151 dan 0,025; 0,028; 0,172; 0,222. Karakteristik laju penurunan stabilitas untuk kekerasan dan regangan karena adanya pengaruh suhu dapat dilihat dengan nilai energi aktivasi ( $E_a$ ). Nilai  $E_a$  untuk kekerasan dan regangan yaitu 14378,64 kal/mol dan 14507,73 kal/mol.

Penentuan umur simpan berdasarkan parameter kekerasan dan regangan, dilakukan terlebih dahulu dengan menentukan batas kritis parameter tersebut. Batas kritis adalah batas mulai ditolaknya suatu mutu oleh konsumen (Hough dkk., 2006). Berdasarkan standar internal perusahaan bahwa batas kritis untuk kekerasan keju ditentukan sampai dengan keju tersebut sudah tidak bisa diparut yaitu 44,33 g, sedangkan batas kritis untuk regangan adalah 10 cm.

Umur simpan KMA parameter kekerasan pada suhu penyimpanan 5 °C, 15 °C, 25 °C dan 35 °C berturut-turut 228, 92, 39 dan 18 hari sedangkan parameter regangan berturut-turut yaitu 99, 40, 17, dan 8 hari. Data ini menunjukkan bahwa semakin meningkat suhu penyimpanan untuk parameter kekerasan dan regangan maka umur simpan semakin pendek. Hal ini karena ikatan protein menjadi lebih lemah seiring dengan meningkatnya suhu penyimpanan dan juga terjadi proteolisis yang menyebabkan protein terpotong dan berubah menjadi asam amino (*casein intact* menurun) (Bontinis dkk., 2012). Umur simpan tersebut lebih lama dari kontrol berturut 192, 67, 25, dan 10 hari untuk parameter kekerasan dan 68, 30, 14, dan 7 hari untuk parameter regangan. Hal ini karena dengan adanya penambahan

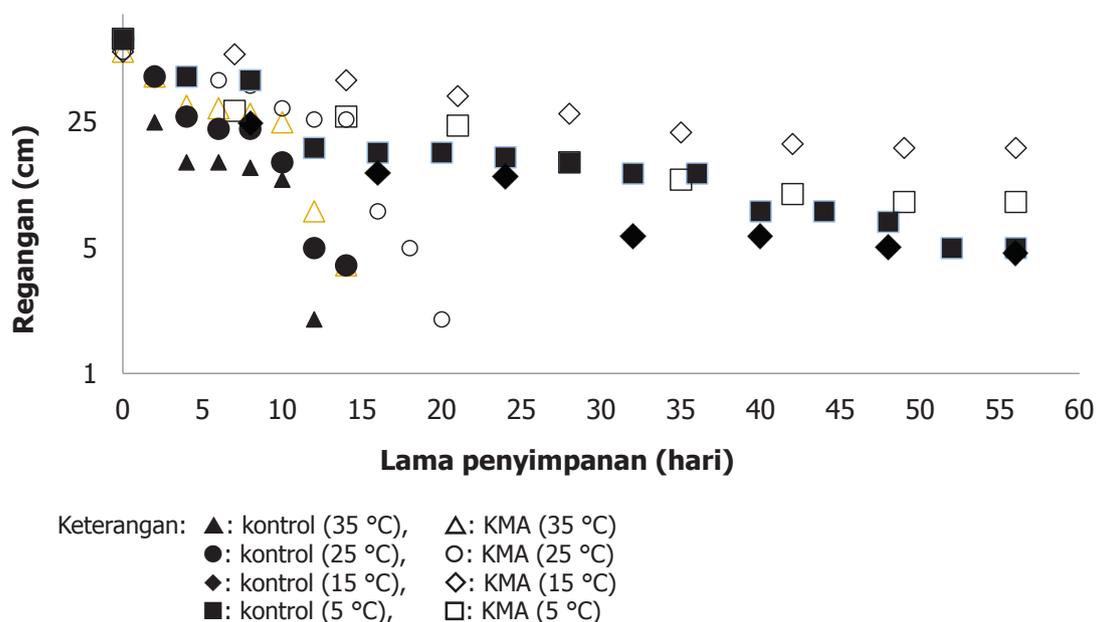
pati membuat ikatan dalam matrik keju menjadi lebih kuat, sehingga memperlambat hidrolisis protein. Umur simpan pada suhu ruang (30 °C) meningkat dari 10 hari menjadi 11 hari (10%). Pada suhu tinggi (35 °C) tidak terlihat pengaruh yang besar untuk meningkatkan umur simpan, hal ini diduga pati beras termodifikasi (5%) tidak mampu menahan proteolisis, dan ikatan hidrogen pati juga melemah sehingga tidak terlihat pengaruhnya dalam meningkatkan kestabilan keju mozzarella analog.

### Karakterisasi Keju Mozzarella Analog yang Dihasilkan

Karakteristik keju mozzarella analog yang dihasilkan pada Tabel 1. KMA yang dihasilkan dianalisa kandungan air, pH, protein, lemak dan  $a_w$ . Analisa sampel kontrol dan terpilih menunjukkan perbedaan pada kandungan lemak. Kandungan lemak kontrol lebih tinggi, hal ini berkontribusi pada kekerasan keju kontrol yang cenderung lebih lunak dari formula terpilih. Penambahan pati termodifikasi pada formula terpilih berpengaruh juga terhadap penurunan nilai aktivitas air ( $a_w$ ) dimana  $a_w$  dapat berkurang dari 0,95 menjadi 0,92 (3%). Hal ini disebabkan oleh pati mengikat air dalam KMA untuk membentuk gel, sehingga kandungan air bebas menjadi turun.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Substitusi keju mozzarella analog (KMA) terpilih menggunakan pati beras termodifikasi dengan



Gambar 3. Hubungan antara lama penyimpanan (hari) dengan panjang regangan (cm) keju mozzarella analog yang disimpan pada berbagai suhu penyimpanan

Tabel 1. Hasil pengecekan keju mozzarella analog terpilih

Parameter	Kontrol	KMA terpilih
Kadar air (%)	52,63	53,72
pH	5,62	5,64
Kadar lemak (%)	24,75	19,80
Kadar protein (%)	17,70	17,72
aw	0,95	0,92

konsentrasi 5% dapat menambah umur simpan pada suhu 5 °C, 15 °C, 25 °C, dan 35 °C berturut-turut sebesar 31 hari (46%), 10 hari (34%), 3 hari (22%), 1 hari (15%). Penambahan umur simpan pada suhu ruang (30 °C) yaitu 1 hari (10%). Penambahan pati juga dapat mengurangi nilai aktivitas air ( $a_w$ ) sebesar 3%. Penyimpanan KMA paling baik adalah pada suhu 5 °C. Pada penelitian selanjutnya agar dapat melakukan pengkajian terhadap mikro struktur KMA sehingga data diharapkan dapat dihubungkan dengan sifat fisika KMA yang dihasilkan. Peneliti menyarankan juga agar melakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan umur simpan keju KMA sehingga umur simpan tersebut lebih lama dan menguntungkan dalam industri.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada atasan-rekan kerja, kepada dosen pembimbing serta teman-teman yang membantu dalam penelitian ini.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyampaikan bahwa tulisan ini asli dan terbebas dari pihak-pihak yang berkepentingan. Tulisan ini hanya digunakan untuk kepentingan pengembangan ilmu dan teknologi.

## DAFTAR PUSTAKA

Abbas, K. A., Sahar, K., K., & Anis, S., M., H. (2010). Modified starches and their usages in selected food products: A review study. *Journal of Agricultural Science*, 2(2). <http://doi.org/10.5539/jas.v2n2p90>

AH, Jana. (2015). Influence of Rennet casein levels on the chemical, baking and sensory quality of mozzarella cheese analogue. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 2(3), 99–105. <http://doi.org/10.15406/jdvar.2015.02.00039>

Alnemr, T., Basoni, A., Hassan, A., & Alghanam, M. (2015). Effect of synergized filler as protein base substitution and replacer on technological properties of low-fat spreadable processed cheese analogue. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 2(5). <http://doi.org/10.15406/jdvar.2015.02.00051>

AOAC. (2002). 33.2.27A AOAC Official Method 2000.18 Fat Content of Raw and Pasteurized Whole Milk. AOAC International.

Bi, W., Zhao, W., Li, D., Li, X., Yao, C., Zhu, Y., & Zhang, Y. (2016). Effect of resistant starch and inulin on the properties of imitation mozzarella cheese. *International Journal of Food Properties*, 19(1). <http://doi.org/10.1080/10942912.2015.1013634>

Bontinis, T., Mallatou, H., Pappa, E., Massouras, T., & ALichanidis, E. (2012). Study of proteolysis, lipolysis and volatile profile of a traditional Greek goat cheese (xινόtyri) during ripening. *Food Research International*, 105(1–3), 193–201.

B POM. (2016). PerKa BPOM No 21 Tahun 2016. *Kategori Pangan Indonesia* 1–28.

Ceruti, J., Susanna, Z., & Guelerrmo, S. (2012). The influence of elevated initial ripening temperature on the proteolysis in Reggiano cheese. *Food Research International*, 48(1), 34–40.

Considine, T., Noisuwan, A., Hemar, Y., Wilkinson, B., Bronlund, J., & Kasapis, S. (2011). Rheological investigations of the interactions between starch and milk proteins in model dairy systems: A review. *Food Hydrocolloids*, 25, 8. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.09.023>

Enab, A. K., Hassan, F. A. M., & El-Gawad, M. A. M. A. (2012). Effect of Manufacture steps on cheese structure (review). *International Journal of Academic Research*. <http://doi.org/10.7813/2075-4124.2012/4-6/a.11>

Fife, R. L., McMahon, D. J., & Oberg, C. J. (2002). Test for measuring the stretchability of melted cheese. *Journal of Dairy Science*. [http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74444-5](http://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74444-5)

Guinee, T. P., Feeney, E. P., & Fox, P., F. (2001). Effect of ripening temperature on low moisture mozzarella cheese: 2. Texture and functionality. *Lait*, 81, 4. <https://doi.org/10.1051/lait:2001146>

Hough, G., Garitta, L., & Gómez, G. (2006). Sensory shelf-life predictions by survival analysis accelerated storage models. *Food Quality and Preference*, 17, 6. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.05.009>

Jana, A. H., & Mandal, P. K. (2011). Manufacturing and quality of mozzarella cheese: A review. *International Journal of Dairy Science*, 6, 4. <http://doi.org/10.3923/ijds.2011.199.226>

Lamichhne, P., Sharma, P., Kennedy, D., Kelly, A. L., & Sheehan, J. J. (2019). Microstructure and fracture

- properties of semi-hard cheese: Differentiating the effects of primary proteolysis and calcium solubilization. *Food Research International*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108525>
- Larsen, K. M. (2009). Effects of starch addition on low fat rennet curd properties and their partitioning between curd and whey. *Utah State*, 3–96.
- Mounsey, J. S., & O'Riordan, E. D. (1999). Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *Journal of Food Science*, 64, 4. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15114.x>
- Mounsey, J. S., & O'Riordan, E. D. (2008). Characteristics of Imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*, 22, 6. <http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.06.014>
- Muliawan, E. B., & Hatzikiriakos, S. G. (2007). Rheology of ozzarella cheese. *International Dairy Journal*, 17, 9. <http://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.01.003>
- Zheng, Y., Liu, Z. & Mo, B. (2016). Texture profile analysis of sliced cheese in relation to chemical composition and storage temperature. *Journal of Chemistry*, 2016. <http://doi.org/10.1155/2016/8690380>
- Soledad, M. C. (2010). Development of a reformed swiss cheese product without emulsifier salt [Disertasi, Ohio State University]. USA.