

**STUDI PENGGUNAAN MIKROBIAL *TRANSGLUTAMINASE*
PADA PROSES PEMBUATAN KEJU DARI SUSU SAPI**

“The Study Effect Of Microbial Transglutaminase for The Manufacturing Dairy Cheese”

Mus Nilamcaya*

Departemen Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
nilambalqiis@gmail.com

ABSTRAK :

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan enzim mikrobial *transglutaminase* (MTG) pada proses pembuatan keju segar dari susu sapi terhadap *yield*, komposisi dan karakteristik keju. Materi berupa susu sapi segar diperoleh dari Experimental Farm, Fakultas Peternakan. Enzim yang digunakan adalah *water solution* MTG (Activa TG-BW-MH), dan mikrobial rennet berbentuk tablet kering. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Terdapat 5 macam perlakuan yang diuji, yang meliputi penambahan MTG sebanyak 0,1; 0,2; 0,3 dan 0,4% (w/w) dari bobot susu sapi yang digunakan; dengan satu perlakuan kontrol yaitu tanpa penambahan MTG. Penambahan MTG dilakukan pada susu pasteurisasi (suhu 50°C), kemudian susu didiamkan selama satu jam. Selanjutnya, susu ditambah dengan kultur cair bakteri asam laktat dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu 37°C, kemudian ditambah dengan koagulan (rennet). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan MTG sampai level 0,4% pada proses pembuatan keju dapat meningkatkan *yield* sampai 34%, namun peningkatan level MTG dari 0,1% sampai dengan 0,4% tidak memberikan pengaruh yang nyata. Penambahan MTG meningkatkan kadar air, namun di sisi lain menurunkan kadar protein keju. Kadar lemak dan mineral keju yang dibuat dengan penambahan MTG menunjukkan nilai yang relatif sama dengan kontrol. Sama halnya dengan *yield*, peningkatan level MTG dari 0,1% sampai dengan 0,4% tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air, protein, lemak dan mineral. Tingkat keasaman (pH) keju dan whey tidak dipengaruhi oleh penambahan MTG. Pengamatan secara visual menunjukkan bahwa *whey* dari proses pembuatan keju yang ditambah MTG terlihat lebih jernih dibandingkan dengan kontrol. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan MTG pada proses pembuatan keju segar dari susu sapi mampu meningkatkan *yield* namun tidak banyak mempengaruhi komposisi dan karakteristik keju.

Kata kunci : susu sapi, mikrobial *transglutaminase*, keju, *whey*, *yield*

**“The Study Effect Of Microbial Transglutaminase for
The Manufacturing Dairy Cheese”**

Mus Nilamcaya*

Departemen Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
nilambalqiis@gmail.com

ABSTRACT :

The objective of the study was to evaluate the effect of microbial transglutaminase (MTG) addition during cheese processing from cow's milk on yield, composition and characteristics of fresh cheese. Fresh cow's milk was obtained from the Experimental Farm, Faculty of Animal Science. Enzymes used were water solution MTG (Activa TG-BW-MH), and dry-tableted microbial rennet. The experiment was conducted experimentally using a Completely Randomized Design (CRD). There were 5 treatments consisted of MTG addition which were 0.1; 0.2; 0.3; and 0.4% (w/w) from the weight of cow's milk; with one control treatment that was without addition of MTG. MTG was added to pasteurized milk (50°C), 60 minutes prior to coagulation stage. Fermentation was done by adding lactic acid bacteria culture starter followed by 2 hours incubation at 37°C, and after that the coagulant was added. Each treatment has 4 replications. Results showed that MTG addition during cheese processing significantly improved cheese yield (34%), but the yield was not affected by differences in MTG levels (0.1 up to 0.4%). Addition of MTG increased moisture content of fresh cheese, but decreased crude protein content. However, total fat and mineral contents of treated cheese was similar to control. Similar to yield, increasing MTG levels from 0.1 up to 0.4% did not significantly affected moisture, crude protein, total fat and mineral contents of cheese. Cheese and whey acidity was not affected by MTG addition. Visual observation on whey showed that MTG addition resulted in more clear whey than control. In conclusion, MTG addition during cheese processing from cow's milk considerably improves cheese yield, that 0,4% MTG increased 34% yield, whereas composition and characteristics of cheese was only slightly changed.

Key word : dairy milk, microbial transglutaminase, cheese, whey, yield

PENDAHULUAN

Keju salah satu teknologi pengolahan susu yang berpotensi disimpan jangka panjang. Bahan baku pembuatan keju dari 10 kg susu menghasilkan 1 kg keju, sisanya 9 kg whey. Whey mengandung sekitar 50% padatan susu yang masih bermanfaat, seperti 90% dari total laktosa, 20% dari total protein, 10% dari total lemak (Fox *et al*, 2000). Protein whey termasuk berbagai padatan yang terlarut dalam cairan whey diupayakan agar menggumpal maningkatkan yield keju. Protein whey adalah komponen yang berkontribusi mempengaruhi rasa, tekstur dan gizi pada aplikasi pengolahan pangan. Kandungan tingkat asam amino esensial yang tinggi, terutama asam amino berantai cabang, membuat protein whey menjadi bahan gizi yang dicari. Sifat fisik protein whey memberi pengaruh fleksibel pada aplikasi

produk pangan. Peran protein erat terkaitannya dengan kemampuan protein membentuk struktur baru. Protein yang belum terhidrolisa, tidak memberi efek karakteristik makanan.

Protein bisa dimodifikasi dengan tiga cara: secara kimiawi, fisik dan enzimatik. Enzim MTG dapat merubah karakteristik spesifik sehingga banyak digunakan pada pengolahan pangan dan non pangan. Penggunaan enzim *cross-link* MTG pada pengolahan makanan lebih menguntungkan dari metode kimia dan fisik yang lebih tradisional, karena enzim memerlukan kondisi reaksi ringan; sangat spesifik dan hanya memerlukan jumlah sangat kecil yang diperlukan untuk reaksi (Walsh, 2007). Reaksi enzim ini tidak menghasilkan produk beracun, sehingga penting untuk aplikasi makanan (Singh, 1991).

Sebagai enzim eksogenus, MTG memiliki rantai polipeptida tunggal dengan bobot molekul kurang lebih 38 KD, mengandung 331 asam amino dan memiliki titik isoelektrik pada pH 8 (Ozrenk, 2006). Penggunaan MTG lebih efisien dan aman, namun reaksi enzim mikrobaini bersifat *reversible* (dapat balik) (Polainna and MacCabe, 2007). Kemampuan MTG mengemulsi tekstur gelasi dan dapat meningkatkan hasil dengan memacu terjadinya ikatan silang protein (*enzymatic crosslink*), melalui pembentukan ikatan antar molekul protein, peptide atau antar asam amino (Ozrenk, 2006 ; Pierro *et al.*, 2010).

Penambahan MTG pada susu sapi ditargetkan sebagai pembentuk – kekompakan gel dan elastisitas produk susu termasuk keju - menahan air (*water holding*) - pengawetan – peningkatan hasil *yield* - stabilitas panas (Yuksel and Erdem, 2010; Ozer *et al.*, 2013). Permasalahannya: berapa pemberian MTG dapat membersihkan *whey* ; bagaimana pengaruhnya terhadap karakteristik kimia, fisik dan *yield* keju.

METODE PENELITIAN

Materi yang digunakan berupa susu sapi dari *Experimental farm*, Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman. Enzim yang digunakan adalah MTG (Activa TG-BW-MH dari Ajinomoto, *water solution type*) aktif pada pH 4,0–9,0 dan temperatur 0–70 °C tanpa purifikasi. BAL berupa kultur kering dari *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus acidophilus* (*Yogourmet freeze-dried starter*), susu skim (Sunlac - Malaysia). *Rennet* (mikroba *rennet* komersial) (Danisco).

Penelitian dilakukan dengan metoda eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (Steel and Torrie, 1996), terdiri atas 5 jenis perlakuan berupa perlakuan MTG : 0% (kontrol) : 0,1% ; 0,2% ; 0,3% ; 0,4% MTG (w/w). Perlakuan MTG dibiarkan satu jam sebelum tahap penggumpalan. Tiap perlakuan diulang 4 kali. Peubah yang diamati meliputi pH, karakteristik kimia keju dan karakteristik fisik keju. Derajat keasaman diukur menggunakan pH meter digital (Hanna Hi 98-107). yang dikalibrasi dengan pH buffer 7 (buffer fosfat) sampai mendapat angka stabil. Pengukuran kimiawi yaitu kadar Air, kadar protein (metoda Kjeldahl), kadar abu, kadar lemak (metode Soxhlet), kadar kasein sesuai petunjuk Sudarmadji *etal.*, (1997). Karakteristik fisik keju meliputi pengamatan terhadap bobot *whey*, bobot keju dan perhitungan terhadap *yield*. Perbedaandiujikan dengan orthogonal polinomial dan uji kontras antara kelompok perlakuan.

Tahap persiapan meliputi pembuatan kultur starter BAL dibuat susu skim rekonstitusi dengan cara 40 g susu skim bubuk diaduk ke dalam 400 ml aquades, dipanaskan mencapai suhu 100 °C - 30 menit sambil diaduk. Suhu 40 °C, dimasukan 2 g kultur kering dan diaduk

rata, kemudian diinkubator suhu 37 °C - 8 jam. Kultur starter cair kemudian disimpan pada suhu 5 °C sampai saatnya digunakan. Kultur starter BAL dibuat baru setiap kali ulangan.

Tahap penelitian berupa susu sapi 5kg dipasteurisasi, untuk perlakuan MTG pada suhu 72°C -15 detik (de Kruif, 2002). Susu dibagi menjadi 5 bagian pada panci *stainless* tertutup, masing-masing 1000g, kemudian ditambahkan MTG perlakuan (0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 % (w/w) pada susu 50°C. Setelah diaduk homogen, susu didiamkan 1 jam dalam inkubator bersuhu 37°C. Kultur starter BAL cair sebanyak 5% (w/w) ditambahkan pada susu, kemudian diinkubasi selama 2 jam pada suhu 37°C. Selanjutnya ditambah *rennet* sebanyak 2 mg yang telah dicairkan dengan akuades, diaduk rata dan diinkubasi lagi selama 2 jam. *Curd* yang terbentuk dipotong dengan pisau dengan ukuran 2 x 2 cm, kemudian diaduk dengan pengaduk kayu untuk mempercepat pengeluaran *whey*. *Whey* dipisahkan dari *curd* dengan menggunakan kain saring dan *curd* dibiarkan tetap di kain saring selama 1 jam, kemudian dipindahkan ke dalam panci *stainless*, ditambah dengan air panas 72°C selama 5 menit untuk menonaktifkan MTG. Setelah ditiriskan selama satu jam dalam kain saring, kemudian *curd* di pres dengan beban 5 kg selama satu jam sehingga dihasilkan keju segar. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis variansi, dilanjutkan dengan uji BNJ dan orthogonal polinomial dan uji kontras

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Kimia Keju

Enzim MTG sebagai senyawa protein organik mikroba yang berperan sebagai katalisator (pemercepat suatu reaksi). Susu sapi yang diberiperlakukan enzim mikrobial *transgutaminase* (MTG), selama satu jam sebelum terjadi penggumpalan keju, hasil menunjukkan rata-rata pH *whey* berkisar 4,85 – 5,06 dan pada pH keju 4,58 – 4,63. Pengamatan terhadap derajat keasaman tidak menunjukkan perbedaan ($P > 0,05$) terhadap tingkat keasaman (pH) *whey* dan keju.

Susu sapi yang mendapat penambahan enzim mikroba *transgutaminase* (MTG), dengan konsentrasi yang berbeda, menunjukkan rata-rata hasil beragam pada kandungan kimia keju, dapat dilihat pada Tabel 1, selengkapnya dibahas poin-poin berikutnya.

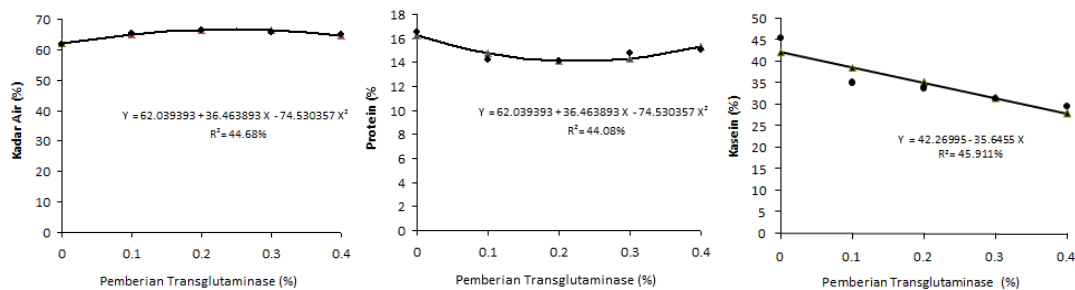
Tabel 1 Rataan Kualitas Kimiawi Keju (%)

MTG	KA*	Protein*	Protein (BK sama)	Lemak	Abu	Kasein*
0	61,9 ± 3,7 ^b	16,5 ± 1,3 ^a	14,8	18,8 ± 1,9	0,8 ± 0,1	51,0 ± 8,9 ^a
0,1%	65,2 ± 1,9 ^{ab}	14,2 ± 0,9 ^b	14,0	17,6 ± 1,3	1,0 ± 0,3	33,8 ± 17,9 ^{ab}
0,2%	66,5 ± 1,2 ^a	14,2 ± 0,9 ^b	14,5	16,5 ± 1,7	1,0 ± 0,2	31,1 ± 2,9 ^{ab}
0,3%	65,3 ± 0,7 ^{ab}	14,8 ± 0,7 ^{ab}	14,8	16,9 ± 0,4	1,1 ± 0,2	27,2 ± 1,9 ^b
0,4%	64,9 ± 0,5 ^{ab}	15,0 ± 0,6 ^{ab}	14,7	18,1 ± 0,9	1,0 ± 0,2	24,6 ± 5,4 ^b
Rataan MTG	65,43 ± 1,1	14,6 ± 0,8		17,3 ± 1,1	1,0 ± 0,2	29,2 ± 7,1

Angka diikuti superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

A. Kadar Air Keju

Tabel 1 menunjukkan bahwa penambahan MTG menunjukkan rata-rata kadar air keju berkisar 64,9 – 66,5 % dengan rata-rata keju MTG 65,43 %, lebih tinggi dari keju kontrol (61,9%). Hasil analisa variansi menunjukkan penggunaan 0,2% MTG berbeda nyata ($P < 0,05$) dibanding kontrol (66,5% vs 61,9%). Persamaan regresi bersifat kuadrat (Tabel 3), dengan titik optimum dicapai pada penambahan 0,24% MTG, menghasilkan kadar air maksimal (66,5 %), kemudian kadar air menurun kembali (Gambar 1). Penambahan MTG mampu meningkatkan ikatan hidrogel (*water bond*) keju membentuk emulsi yang kompak berbentuk agar-agar. MTG bekerja pada protein sebagai substrat donor di dalam air sebagai substrat aseptor membentuk deaminasi protein.



Gambar 1. Grafik Pengaruh Mikrobial transglutaminase terhadap Kadar Air, Protein dan Kasein Keju

Menurut Dickson (2002), ada empat ikatan yang berperan utama dalam meningkatkan kekuatan interaksi, yaitu kekuatan hidrofobik, ikatan hidrogen, interaksi elektrostatik dan interaksi kovalen terhadap interaksi intermolekuler hidrofobik yang ditimbulkan. Tatsuki and Mori (2002) berpendapat bahwa MTG berperan aktif sebagai hidrogen akseptor atau donor. Reaksi ikatan hidrogen yang terjadi akan meningkat sampai penambahan 0,24% MTG, setelah titik tersebut dapat mengurangi reaksi MTG, terlihat kadar air yang menurun lagi. Hasil keju MTG mengandung kadar air yang tinggi dengan ikatan air yang kompak (*water-bond*) sehingga saat pencucian keju dengan air 70°C – 5 menit untuk menonaktifkan enzim MTG, keju yang dihasilkan tetap terlihat kompak dengan air pencucian tetap bening, sedangkan keju tanpa perlakuan MTG, keju yang dihasilkan dapat larut dalam air pencucian.

Telah dilaporkan bahwa enzim MTG digunakan untuk meningkatkan reaksi fungsional seperti kelarutan, kemampuan hidrasi, sifat rheological dan pengemulsi, dan stabilitas panas (De Jong dan Koppelman, 2002; Lee dan Chin, 2010; Tang *et al.*, 2011).

B. Kadar Kasein dan Protein Keju

Hasil rata-rata kadar protein keju MTG berkisar 14,18 – 15 % dengan rata-rata keju MTG sebesar 14,54 %, lebih rendah dari keju kontrol (16,48%). Pengamatan rata-rata kelompok

level 0,1% + 0,2% MTG (14,18%) lebih rendah dari rata-rata kelompok level (0,3% + 0,4%) MTG (14,91%). Perlakuan MTG 0,3% dan 0,4% berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kasein keju kontrol, sementara MTG 0,1% dan 0,2% berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap protein keju kontrol. Berdasarkan uji regresi besarnya pengaruh MTG terhadap kadar protein sebesar 44,08 % dan bahwa titik balik minimal terjadi pada MTG 0,23% dengan kadar protein pada titik terendah (14,08 %). Penambahan MTG berikutnya kadar protein akan meningkat kembali dengan batas yang belum diketahui. Enzim MTG mampu mengkatalisis protein *whey* pada kedua sisi rantai asam amino antara glutamin dan lisin, diduga protein keju dipecah menjadi ikatan mikro dan nanostruktur. Penggunaan MTG memberi pengaruh yang berbeda dibanding dengan penggunaan *transglutaminase eukariota*. Menurut Ozer (2013), TG dapat meningkatkan level protein, berbeda dengan yang terlihat pada kurva. Menendez Aguirre (2006) menyatakan bahwa protein susu (kasein) adalah substrat yang cocok untuk MTG, dengan ditandai tingginya kandungan asam amino residu glutamin dan lisin. Pierro (2010) menegaskan *cross link* protein *whey* menjadi *curd* melalui pembentukan homo dan/atau hetero-polimer.

Perlakuan MTG memberi respon yang menurun secara linear terhadap kadar kasein. Perbedaan nyata terjadi pada keju 0,3% MTG dengan kontrol, juga keju 0,4 % MTG dengan keju kontrol. Penilaian protein dengan BK yang sama menunjukkan kadar protein sebenarnya tetap sama, bahwa kasein terlihat kurva linier menurun menunjukkan pemecahan rantai protein ke penyederhanaannya menjadi peptide dan asam amino. Kurva kuadrater yang terbentuk pada protein menunjukkan protein yang mengalami fermentasi diubah bentuk ke peptide dan asam amino, kemudian MTG setelah titik balik lebih aktif membentuk *crosslink* terhadap peptide dan asam amino terutama glutamine dan lisin menjadi ikatan protein bentuk baru. Susu yang mendapat perlakuan MTG, akan membentuk ikatan silang kasein dan menurut Hinz (2003) residu glutamine dan lisin lebih mudah diakses. Hal ini didukung pendapat Gerrard (2002) bahwa kasein merupakan substrat yang lebih baik bagi MTG dibanding protein *β -laktoglobulin*. Bioaktif peptida banyak dibentuk dalam susu fermentasi, termasuk keju dengan pemberian MTG.

B Pengamatan Fisik Keju.

Teknologi yang diterapkan pembuatan keju adalah yang dapat meningkatkan nilai ekonomis. Penelitian pembuatan keju dengan perlakuan mikrobial *transglutaminase* sampai level 0,4% MTG (w/w) secara enzimatik menunjukkan perbedaan hasil yang nyata ($P < 0,05$) terhadap bobot *whey*, bobot keju dan yield, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Rataan Bobot *Whey*, Bobot Keju dan *Yield*

MTG	Bobot <i>Whey</i> (g)	Bobot Keju (g)	<i>Yield</i> (%)
0	739,0 ± 21,1 ^a	167,00 ± 1,2 ^b	15,87 ± 1,55 ^b
0,1%	715,0 ± 39,8 ^{ab}	205,00 ± 3,2 ^{ab}	19,49 ± 2,97 ^{ab}
0,2%	675,5 ± 13,4 ^{ab}	221,90 ± 26,0 ^{ab}	21,10 ± 2,54 ^a
0,3%	663,5 ± 70,3 ^{ab}	211,73 ± 31,1 ^{ab}	20,13 ± 2,56 ^{ab}

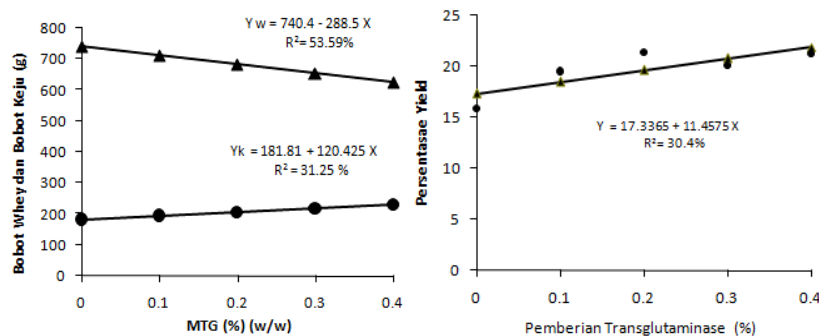
0,4% 620,5 ± 47,2^b 223,85 ± 21,9^a 21,28 ± 2,08^a

Angka diikuti superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata (P < 0,05)

Padatan (*totalsolid*) *whey* terintegrasi ke dalam keju, meningkatkan *yield* dan menyebabkan perubahan sifat fungsional dengan mengikat protein dari cairan *whey*, menggumpal menjadi komposisi keju. Bobot *whey* kontrol lebih berat dari bobot *whey* perlakuan MTG, bobot *whey* paling sedikit terlihat dari perlakuan MTG 0,4 % (739,0 g berbanding 620,5 g). Hasil pengamatan bobot keju menunjukkan perbedaan nyata terjadi pada keju perlakuan MTG 0.4% lebih berat dibanding keju kontrol(223,85 g vs 167,00 g). *Whey* 0,4% MTG terlihat paling jernih, sedangkan *whey* kontrol terlihat putih keruh.

Penambahan level MTG semakin meningkat, akan menghasilkan cairan *whey* semakin sedikit dan lebih bening, sedangkan bobot keju semakin berat dan lebih kompak, Pemberian MTG pada bobot *whey* menunjukkan grafik linear menurun, sedangkan bobot keju terjadi grafik linier meningkat (Gambar 2). Peran enzim MTG dapat mengurangi padatan yang terlarut dalam cairan *whey* dan membentuk *curd* keju sehingga bobot keju meningkat. Perlakuan MTG menghasilkan ikatan *curd* yang kompak. Pencucian keju dengan air panas 70°C - selama 5 menit untuk menonaktifkan MTG, menunjukkan hasil keju MTG tetap kompak dan air cuci yang tetap bening. Keju tanpa perlakuan MTG, hasil keju nya larut ke dalam air saat proses pencucian sehingga air cucian menjadi keruh.

Menurut Dube (2006), penggunaan MTG pada bahan pangan berbahan dasar protein dapat meningkatkan tekstur, stabilitas dan pengikat air (*water bond*). Sakamoto *et al.* (1995) berpendapat bahwa MTG menyebabkan kasein dan protein *whey* mengalami polimerisasi ikatan sederhana dan tidak menjadi glikoprotein kompleks. Ketegaran keju merupakan kemampuan keju mempertahankan bentuk pada saat terjadi tekanan (Kapoor dan Metzger, 2008). Keju yang dihasilkan dari penggunaan MTG membentuk ikatan gel kompak dan konsistensi krim berkurang (Lorenzen *et al.*, 2002). Keju perlakuan MTG cenderung tekstur yang terbentuk tidak bersifat elastis seperti karet tetapi cenderung pecah pada pengamatan *penetrometer*, sehingga tidak disarankan pada pembuatan keju *Mozarella* karena kurang memiliki sifat *meltability* (sifat meleleh seperti karet).



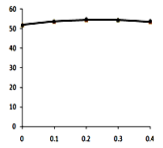
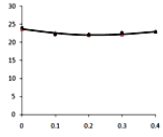
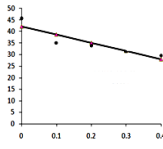
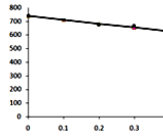
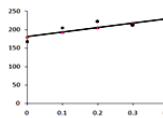
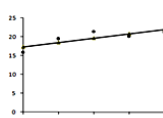
Gb 2. Hubungan Mikrobial *Transglutaminase* terhadap Bobot *Whey*, Keju dan *Yield*

Hal ini sesuai dengan pendapat Hindrichs (2001) bahwa peran penambahan perlakuan MTG dapat membersihkan protein *whey* menjadi *curd* dan dapat meningkatkan hasil *yield*

dan menjadi bagian dari nutrisi keju, menyebabkan hilangnya protein *whey* seimbang dengan penambahan jumlah *yield* keju (Ando et al., 1989).

Pengamata ujiortogonal polinomial terhadap peubah-peubah yang dipengaruhi oleh perlakuan MTG terhadap perubahan keju yang dihasilkan menunjukkan sifat yang beragam, Keragaman ditunjukkan dengan sifat rumus regresi yang dihasilkan, koefisien determinasi (R), hubungan keeratan (r) dan kurva berbentuk kuadrater dan linier, dapat dilihat pada table 4.

Tabel 3 Hasil Uji Regresi Komposisi Kimia Keju MTG

Peubah Berpengaruh	Rumus Regresi	(R ²) (%)	(r)	Titik balik	Kurva
Kadar Air	$Y = 62,1 + 36,5X - 74,5 X^2$	44,7	0,67	(0,24MTG; 66,5% kadar air)	
Kadar Protein	$Y = 16,2 - 18,8X + 41,2 X^2$	44,1	0,66	(0,23 MTG ; 14,08% protein)	
Kadar Kasein	$Y = 45,5 - 59,5 X$	46,2	0,68	—	
Bobot Whey	$Y = 740,4 - 288,5X$	53,59	0,73	—	
Bobot Keju	$Y = 181,8 + 120,4 X$	31,25	0,56	—	
Yield	$Y = 17,3 + 11,5 X$	30,4	0,55	—	

Peran enzim MTG untuk membersihkan padatan dari cairan *whey* membentuk bagian dari keju menjadi pertimbangan secara nilai perubahan tekstur makanan.

Perbedaan nyata (P < 0,05) yang terjadi pada kadar air, protein, kasein dan *yield*, kemudian dilakukan uji kontras untuk mengetahui perbedaan keragaman antara kelompok.

Hasil uji ortogonal kontras diperoleh perbedaan sangat nyata ($P < 0,01$) antara keju kontrol dibandingkan dengan keju MTG terhadap semua variable kadar air, protein, kasein, *yield* dan bobot keju. Hasil penilaian orthogonal kontras antara perlakuan tidak terdapat perbedaan ($P > 0,05$). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Pertimbangan penggunaan enzim MTG pada pembuatan keju ada tiga hal penting :
 (a) Kadar protein yang dihitung dengan bahan kering yang sama menghasilkan kadar yang sama dengan kontrol. Kadar kasein secara linier menurun diduga karena MTG terjadi pemecahan rantai utuh protein, berubah bentuk menjadi rantai peptida dan asam-asam amino. Bersamaan dengan itu perlakuan MTG membentuk protein dipecah ke bentuk sederhana ditandai dengan menurunnya kadar protein sampai titik balik, kemudian meningkat kembali sampai level 0,4% MTG karena terbentuknya *crosslink* dan masih berpotensi meningkat lagi pada penambahan level MTG berikutnya

Tabel 4 Uji Kontras Perlakuan antara Keju Kontrol *versus* Keju MTG dan diantara Perlakuan Keju MTG

	KA	Protein	Kasein	<i>Yield</i>	Bobot Keju	p+ bobot
Rataan T0	61.87	16.48	51.03	15.87	167	100%
Rataan T1,T2	65.88	14.18	32.47	20.43	213.45	
Rataan T3,T4	65.34	14.91	25.89	20.7	217.788	
Rataan T1,T2,T3,T4	65.61	14.54	29.18	20.57	215.619	+29.1%
Rataan T1					205	+22.8%
Rataan T4	64.9				223.85	+34.1%

berdasarkan F hitung :

Perlakuan lengkap	3.24*	4.4*	4.85*	3.28*	3.17*
T0 vs (T1,T2,T3,T4)	11.42**	14.81**	17.15**	11.5**	11.28**
T1,T2 vs T3,T4	0.29	2.61	1.94	0.05	0.1122
T1 vs T2	0.91	0.01	0.17	1.15	0.8518
T3 vs T4	0.34	0.18	0.15	0.43	0.4385
Error (SD)	1,98	0.9	9.4	2.48	25.9
Jumlah KK	3,1%	0.0602	0.281	0.126	0.126

*) : terdapat perbedaan hasil yang nyata ($P < 0.05$) ;

**) : terdapat perbedaan hasil yang sangat nyata ($P < 0,01$)

(b) Hasil yang ditunjukkan dari Tabal 4 menunjukkan bahwa rataan bobot keju pada perlakuan 0,1% MTG meningkatkan 22,8 %, dari bobot keju kontrol, rataan keju MTG keseluruhan dapat meningkatkan 29,1%, sementara penggunaan 04% MTG meningkatkan 34% bobot keju dan penambahan *yield* tertinggi (34%) dibandingkan keju kontrol

(c). Hasil perhitungan ortogonal kontras berdasarkan F hitung (Tabel 4) terlihat bahwa perbedaan yang sangat nyata ($P < 0,01$) tersebut terjadi antara keju kontrol dibandingkan

dengan keju MTG, sedangkan perbandingan antar sesame keju MTG menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,5$)

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

(a) Hasil yang ditunjukkan menunjukkan bahwa rataan bobot keju pada perlakuan 0,1% MTG meningkatkan 22,8 %, dari bobot keju kontrol, rataan keju MTG keseluruhan dapat meningkatkan 29,1%, sementara penggunaan 04% MTG meningkatkan 34% bobot keju dan penambahan *yield* tertinggi (34%) dibandingkan keju kontrol

(b). Hasil perhitungan ortogonal kontras berdasarkan F hitung terlihat bahwa perbedaan yang sangat nyata tersebut terjadi antara keju kontrol dibandingkan dengan keju MTG, sedangkan perbandingan antar sesame keju MTG menunjukkan perbedaan yang tidak nyata

B. Saran

Perlu penelitian lanjutan dengan penggunaan level MTG yang lebih dari 0,4%, untuk mendapatkan *whey* lebih jernih dan *yield* keju yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguirre, M., O.M.P. 2006, *Stability of microbial transglutaminase and its reactions with individual caseins under atmospheric and high pressure*. PhD Thesis. Technische Universitat. Dresden.
- Ando, H., Adachi, M., Umeda, K. Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, R, Tanaka, H., and Motochi, M., 1989, Purification and characteristics of novel transglutaminase derived from microorganisms. *Journal Agricultural Bio Chemistry* 53 : 2613 – 2617
- de Jong, G. A. H., and S. J. Koppelman. 2002. Transglutaminase catalyzed reactions: Impact on food applications. *Journal Food Science* 67 : 2798 – 2806.
- de Kruif, C.G., 2002, *Caseïne - wei-eiwit interacties in verhitte melk*. verbonden aan de Faculteit Scheikunde, Universiteit, Utrecht, en NIZO food research, Ede. P 1 - 153
- Dickson, E., 2002, *Enzymic crosslinking as a tool for food colloid rheology control and interfacial stabilization*. Dickson is Ji the Prober Department of Food Science, University of Imk. ieeds, UK
- Dube, M., Schäfer, C., Neidhart, S., and Carle, R. 2006, *Texturisation and modification of vegetable proteins for food applications using microbial transglutaminase*. Springer-Verlag Published online: 30 June 2006, p : 287-300
- Fox P.F., T.P. Guinee, T.M. Cogan and P.L.H. Mcsweeney. 2000. *Fundamentals of Cheese Science*. An Aspen Publication, Maryland.

- Gerrard J.A., 2002. *Protein-protein crosslinking in food : methods, consequences, applications*. Trends in Food Science & Technology, 13: 389–397.
- Heindrichs, J, 2001, Incorporation of whey proteins in cheese. *International Dairy Journal* 11,495 - 503
- Lee, H. C., and K. B. Chin. 2010. Application of microbial transglutaminase and functional ingredients for the healthier low-fat/salt meat products: A review. *Korean Journal Food Science Anim. Resour.* 30 : 886 – 895.
- Lorenzen, P. C., H. Neve, A. Mautner, and E. Schlimme. 2002. Effect of enzymatic cross-linking of milk proteins on functional properties of set-style yogurt. *International Journal Dairy Technology* 55 : 152 – 157.
- Özer, B., A.A. Hayaloglu, H. Yaman, A. GURSOY and L. SENER, 2013. *Simultaneous Use of Transglutaminase and Rennet in White Brined Cheese Production*. International Dairy Journal. Available online 27 February. Journal homepage: www.elsevier.com
- Özrenk, E. 2006. The Use of Transglutaminase in Dairy Products. *International Journal of Dairy Technology* 59 (1) : 1 - 7
- Pierro, P.D., L. Mariniello, A. Sorrentino, C.V.L. Giosafatto, L. Chianese and R. Porta. 2010. *Transglutaminase-induced Chemical and Rheological Properties*. Food Biotechnology 24(2) : 107-120.
- Polainna, J. and MacCabe. 2007. *Industrial Enzymes : Structure, Function and Applications*. Springer. New York.
- Sakamoto H., Kamazawa Y., Kawajiri H. and Motoki M., 1995, ϵ -(γ Glutamyl) lysine crosslink distribution in foods determined by improved method. *Journal Food Science*. 60 : 416 – 419
- Singh, H., 1991. Modification of food proteins by covalent crosslinking. *Trends in Food Science and Technology*, 2 : 196 - 200.
- Sudarmadji, S., Bambang H. dan Suhardi. 1987. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Jogjakarta : 51, 54, 61, 77, 78.
- Steel, R.G.D. and J.A Torrie. 1996. *Principles and Procedures of Statistic; a Biometrical Approach*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Tang, C. H., L. Chen, and E. A. Foegeding. 2011. Mechanical and water-holding properties and microstructures of soy protein isolate emulsion gels induced by CaCl₂, glucono- δ -lactone (GDL), and transglutaminase: Influence of thermal treatments before and/or after emulsification. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 59 : 4071 – 4077.

JURNAL KANDANG

JURNAL PETERNAKAN

VOL.VI NO 1 JANUARI-JUNI 2014

ISSN: 2085-8329

Tatsuki M., and Mori H., 2002, Phosphorylation of tomato 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase, LE-ACS2, at the C-terminal region. *Journal Biology Chemistry*. 276, 28051–28057

Walsh, M.K. 2007. *Immobilized enzyme technology for food applications*. In: *Novel enzyme technology for food applications*. Cambridge, England: WoodheadPublishing Limited. 60–84.

Yüksel, Z., and Y. K. Erdem. 2010. The influence of transglutaminase treatment on functional properties of set yogurt. *International Journal Dairy Technology* 63 : 86 – 97.