

## POTENSI APLIKASI TRANSGLUTAMINASE DALAM INDUSTRI PANGAN

Srianta \*)

### Abstrak

Transglutaminase (TG-ase EC 2.3.2.12) adalah enzim transferase yang memiliki aktivitas mengkatalisa pembentukan ikatan silang antar molekul protein (pembentukan polimer antar molekul protein). Pembentukan polimer antar molekul protein tersebut dijelaskan melalui berbagai hasil penelitian dan ternyata polimer yang terbentuk memiliki sifat fungsional yang berbeda dari protein aslinya (protein yang tidak dipolimerisasi). Perubahan sifat fungsional yang terjadi diantaranya adalah sifat pembuihan, pembentukan gel protein, kelarutan, peningkatan elastisitas adonan dan peningkatan stabilitas protein terhadap panas. Berdasarkan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan, TG-ase memiliki potensi yang besar untuk diaplikasikan pada pangan diantaranya untuk meningkatkan mutu protein pangan melalui pengikatan asam amino esensial pada protein berkualitas rendah, memperbaiki sifat *edible film*, memperbaiki sifat pembuihan protein, memperbaiki mutu pangan berbasis gel, dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan roti dan dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas penyimpanan produk pangan kering. Masalah utama yang dihadapi adalah bagaimana memproduksi TG-ase secara efisien karena TG-ase kebanyakan terdapat pada organ dan cairan tubuh hewan, dimana produksi enzim menggunakan hewan sangat tidak efisien. Saat ini telah ditemukan beberapa spesies mikrobia yang mampu memproduksi TG-ase, meskipun belum digunakan untuk produksi pada skala komersial.

### PENDAHULUAN

Transglutaminase (TG-ase, EC 2.3.2.12) adalah enzim yang mengkatalisa pembentukan ikatan silang antar molekul protein (pembentukan polimer antar molekul protein). Pada awalnya, TG-ase dikenal sebagai Faktor XIIIa di bidang kedokteran, yang berperan pada proses penggumpalan darah. TG-ase dapat ditemukan pada berbagai organ, jaringan dan cairan tubuh hewan (darat maupun air) dan tanaman. Enzim ini terlibat pada berbagai fungsi biologis mulai dari penggumpalan darah sampai diferensiasi sel. TG-ase dapat ditemukan pula pada beberapa mikroorganisme. Enzim ini telah berhasil diisolasi dari beberapa sumber, dimurnikan dan dikarakterisasi.

Beberapa peneliti melakukan penelitian terhadap aktivitas TG-ase ini pada berbagai protein pangan. Terbentuknya polimer antar molekul protein ini dideteksi menggunakan metode elektroforesis dan kromatografi. Pada metode elektroforesis, terbentuknya polimer protein ini ditunjukkan oleh adanya pita berberat molekul tinggi pada gel elektroforesis. Sedangkan pada metode kromatografi, terbentuknya polimer tersebut ditunjukkan oleh adanya fraksi dengan waktu retensi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan protein aslinya.

Protein pangan yang telah berhasil dipolimerisasi adalah kasein, laktalbumin, laktoglobulin, globulin, miosin, gelatin, dan kolagen (Greenberg dkk., 1991; Motoki dkk., 1987; Nonaka dkk., 1989; Yildirim dan Hettiarachchy, 1998; Yildirim dkk., 1996). Protein-protein tersebut mengalami perubahan sifat fungsional setelah dipolimerisasi menggunakan TG-ase.

---

\*) Staf Pengajar Tetap Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

## POTENSI APLIKASI TRANSGLUTAMINASE

### Peningkatan Mutu Protein Pangan

Protein pangan berkualitas rendah (protein pangan dengan kandungan asam amino esensial rendah) dapat diperbaiki melalui penambahan asam amino esensial dari luar dan selanjutnya diikatkan pada protein pangan yang dimaksud.

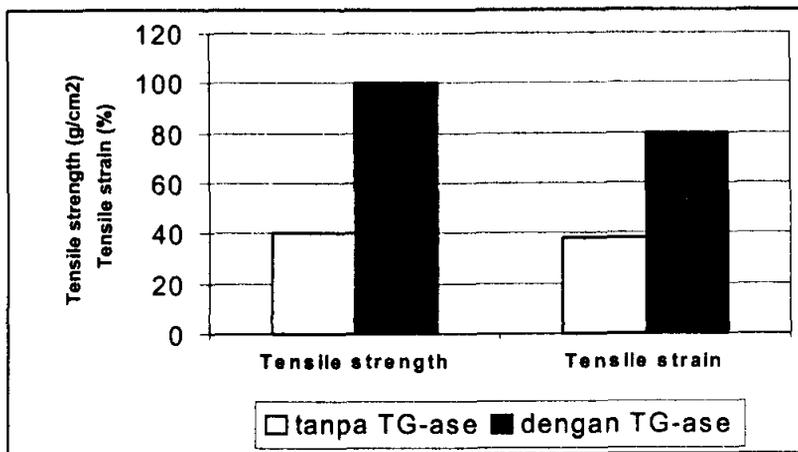
TG-ase dapat digunakan untuk mengkatalisa reaksi pengikatan asam amino-asam amino yang ditambahkan pada molekul protein. Hal ini ditunjukkan oleh terikatnya metionin pada berbagai protein pangan. Kandungan metionin pada kasein, protein kedele dan gluten meningkat setelah dilakukan pengikatan silang menggunakan TG-ase. Hal yang sama juga terjadi untuk asam amino lisin (Ikura dkk., 1982)

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, protein-protein yang memiliki sifat fungsional yang baik tapi nilai gizinya rendah, dapat dilakukan peningkatan nilai gizinya melalui pengkayaan dengan asam amino esensial yang diikatsilang menggunakan TG-ase.

### Perbaikan Sifat Edible Film

*Edible coating* dan *edible film* dapat mencegah penurunan mutu pangan melalui pengendalian transfer air, oksigen, karbondioksida, oksidasi lipid dan hilangnya senyawa-senyawa aroma dan flavor yang volatil. *Edible coating* dan *edible film* merupakan polimer-polimer berberat molekul tinggi berupa karbohidrat, lemak atau protein. Secara umum, film yang terbuat dari protein berfungsi sebagai penghalang oksigen dan aroma yang sangat baik, tapi karena sifat alamiah protein (bersifat hidrofilik), film tersebut cenderung menyerap sejumlah besar air pada RH tinggi sehingga sifat mekanik dan fungsinya sebagai penghalang akan diperlemah. Perbaikan sifat dapat dilakukan melalui berbagai cara, salah satunya adalah dengan menggunakan TG-ase.

Motoki dkk. (1987) melakukan penelitian penggunaan TG-ase untuk memperbaiki sifat film yang dibuat dari kasein. Larutan  $\alpha_1$ -kasein 3% dapat dibuat film baik dengan ataupun tanpa perlakuan menggunakan TG-ase. Film yang diperlakukan dengan TG-ase memiliki sifat mekanik yang lebih baik (sifat mekanik diukur



Gambar 1. Sifat Fisik Film Kasein Tanpa dan dengan Perlakuan TG-ase

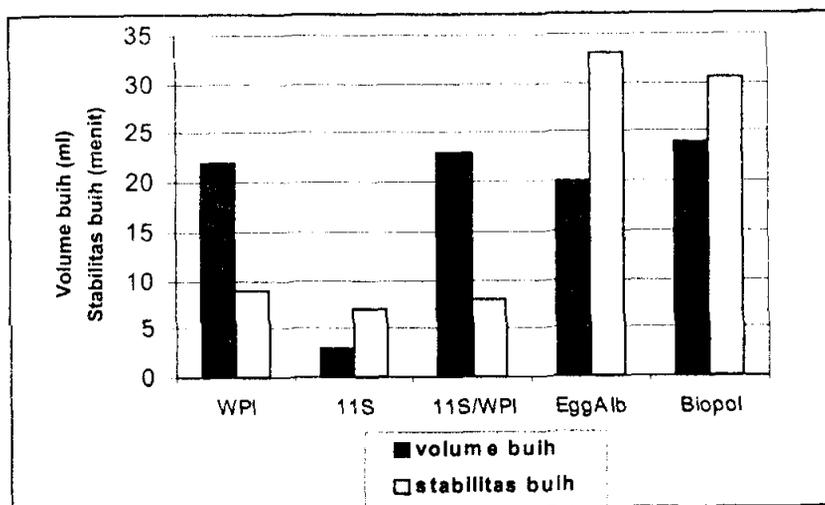
dengan tensile strength (g/cm<sup>2</sup>) dan strain (%)) bila dibandingkan dengan film yang tidak diperlakukan dengan TG-ase. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Selain memiliki sifat fisik yang baik, film yang dibuat dari  $\alpha_1$ -kasein ini juga memiliki sifat tidak larut dalam air, 10% merkaptoetanol, 6,6M urea, 10% Sodium Dodesil Sulfat (SDS) dan 6M guanidin hidroklorida, namun tetap dapat dihidrolisa oleh kimotripsin dan tripsin. Mahmoud dan Savello (1993) menemukan hal yang hampir sama untuk film yang dibuat dari campuran laktalbumin dan laktoglobulin, dimana film yang diikat silang menggunakan TG-ase memiliki sifat tidak larut dalam buffer berbagai pH, namun tetap dapat dihidrolisa oleh enzim proteolitik.

diperlukan modifikasi yang dapat dilakukan secara kimia, enzimatik atau fisik. Akibat negatif dari reaksi sampingan pada penggunaan cara kimia dapat diminimalkan melalui penggunaan metode enzimatik.

Berbagai jenis protein menunjukkan kapasitas pembuihan yang baik, namun aplikasi praktisnya terbatas karena ketidakstabilannya. Yildirim dkk. (1996) melakukan penelitian menggunakan TG-ase untuk meningkatkan sifat pembuihan dari isolat protein whey dan globulin 11S. Protein albumin telur digunakan sebagai standar. Hasil penelitian ditampilkan pada Gambar 2.

Globulin 11S, isolat protein whey ataupun campurannya memiliki stabilitas buih yang rendah, sedangkan polimer dari dua jenis protein tersebut (kode Biopol) memiliki stabilitas buih yang sama



Gambar 2. Sifat Pembuihan Berbagai Protein dan Biopolimernya

### Perbaiki Sifat Pembuihan Protein

Fungsi protein dalam pangan amat beragam, salah satunya adalah dalam pembentukan buih. Dalam pembentukan buih protein, diperlukan karakteristik protein yang khusus. Pembentukan buih yang efisien memerlukan molekul protein dengan jumlah struktur sekunder dan tersier sedikit, sedangkan kohesivitas dan elastisitas film sangat penting untuk menghasilkan buih yang stabil. Protein dari satu sumber alami tidak akan memiliki semua karakteristik yang dikehendaki, sehingga

dengan albumin telur sebagai standar. Produk ini berpotensi untuk whipped topping, ice cream, whipped cream, dan lain-lain.

### Perbaiki Sifat Gel

Kekuatan dan elastisitas gel dari ikan merupakan penentu mutu produk gel dari ikan. Untuk memperoleh gel yang kuat dan elastis dari protein ikan sangatlah sulit. Hanya ikan yang masih benar-benar segar dan tidak dibekukan yang dapat membentuk gel yang kuat dan elastis. Penurunan

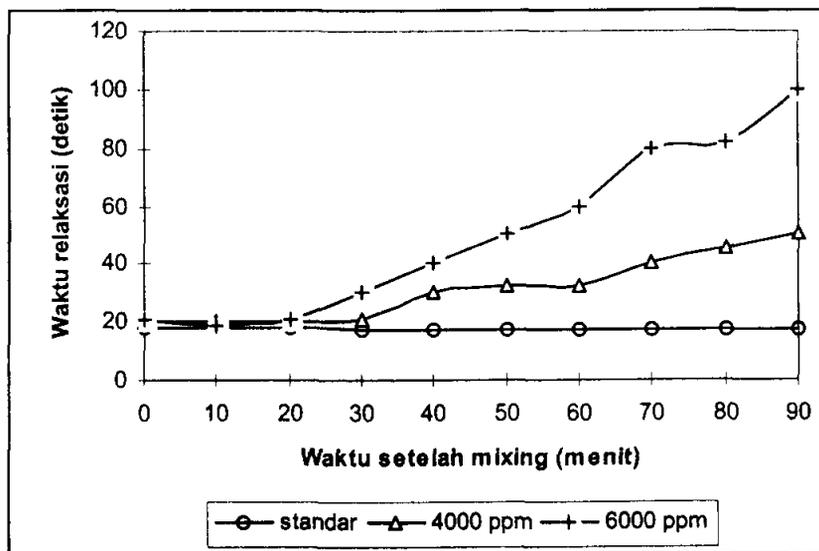
kesegaran ikan dan denaturasi protein akibat pembekuan akan menghasilkan gel yang bermutu rendah dan gel yang lemah (Sakamoto et al., 1995).

Pada proses pembuatan produk-produk gel dari ikan, berbagai ikatan seperti interaksi hidrofobik, ikatan disulfida, ikatan hidrogen dan lain-lain terbentuk. TG-ase yang secara alami terdapat dalam ikan menentukan mutu gel yang terbentuk. Penambahan TG-ase dari luar mampu meningkatkan kekuatan dan elastisitas gel. Pengaturan kondisi reaksi harus diperhatikan sehingga diperoleh aktivitas TG-ase yang optimum. Selain gel dari ikan, TG-ase juga berperan penting dalam menentukan mutu berbagai produk lain yang berbasis gel misalnya jelly dessert, hams, sosis, produk pasta ikan dan sebagainya.

### Perbaikan Sifat Adonan Roti

Proses pembuatan roti melibatkan pembentukan adonan yang elastis, ekstensibel dan mampu menahan gas. Sifat ini ditemukan pada

protein gluten yang dihidrasi dan dikembangkan. Pengembangan adonan bukan sekedar proses blending yang sederhana. Pada pembuatan roti diperlukan oxidizing improver untuk membantu pengembangan adonan dan menstabilkan struktur yang telah dikembangkan tersebut. Oxidizing improver dipercaya memberikan pengaruh yang menguntungkan karena oksidasi residu sistein dalam protein gluten menghasilkan ikatan disulfida. Perubahan struktur protein ini dihipotesakan sebagai penyebab perubahan sifat-sifat adonan. Namun belum jelas apakah oksidasi residu sistein merupakan penentu perbaikan adonan atau apakah perbaikan sifat tersebut merupakan akibat langsung dari adanya pengikatan silang protein. Gerrard et al. (1998) meneliti kemungkinan penggunaan transglutaminase untuk menggantikan oxidizing improver. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembentukan ikatan silang protein lebih penting dalam proses pengembangan adonan daripada oksidasi residu sistein.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Transglutaminase Terhadap Waktu Relaksasi Adonan

## Peningkatan Tg Bahan Pangan Kering

Perubahan fisik pangan kering akibat migrasi air selama penyimpanan, terkait dengan Tg (Glass transition temperatur) pangan tersebut dan Tg dari suatu bahan pangan berkaitan erat dengan Tg komponen pangan tersebut. Tg protein, dimana protein merupakan komponen utama pangan, penting dalam mengendalikan perubahan fisik pangan kering selama penyimpanan. Berbagai protein pangan yang telah diteliti nilai Tg-nya diantaranya adalah gluten, glutenin, zein, protein kedele, kolagen, gelatin dan kasein. Peningkatan nilai Tg protein pangan akan membantu mencegah terjadinya perubahan fisik karena penyerapan air.

Pengikatan silang protein kasein menggunakan TG-ase ternyata mampu meningkatkan Tg kasein, yang dianalisa menggunakan Differential Scanning Calorimetry (DSC). Hasil tersebut menunjukkan bahwa stabilitas penyimpanan susu bubuk dapat ditingkatkan melalui pengikatan silang protein kasein menggunakan TG-ase (Mizuno dkk., 1999).

## TANTANGAN

TG-ase memiliki potensi besar untuk diaplikasikan pada industri pangan. Namun, produksi TG-ase belum efisien karena sumber enzim berupa organisme besar dimana diperlukan waktu, tenaga, dan biaya yang sangat besar. Meski saat ini telah ditemukan beberapa mikroorganisme yang mampu memproduksi TG-ase, namun mikroorganismenya ini belum digunakan untuk produksi TG-ase secara komersial. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana memproduksi TG-ase secara komersial terutama menggunakan mikroorganismenya.

## DAFTAR PUSTAKA

Ando H., Adachi, M., Umeda, K., Matsuura, A., Nonaka, M., Uchio, R., Tanaka, H., and Motoki, M. 1989. **Purification and Characteristics of a Novel Transglutaminase Derived from Microorganism.** *Agric. Biol. Chem.*, 53 (10), 2613-2617.

- Ashie, I.N.A. and Lanier, T.C., 1999. **High Pressure Effects on Gelation of Surimi and Turkey Breast Muscle Enhanced by Microbial Transglutaminase.** *JFS* 64(4):704-708.
- Greenberg, C.S., Birckbichler, P.J. and Rice, R.H., 1991. **Transglutaminase: multifunctional cross-linking enzymes that stabilize tissues.** *The FASEB Journal* Vol. 5 :3071-3077.
- Jiang, S.T. and Lee, J.J., 1992. **Purification, Characterization and Utilization of Pig Plasma Factor XIIIa.** *JAF* 40:1101-1107
- Kumazawa, Y., Sano, K., Seguro, K., Yasueda, H., Nio, N. and Motoki, M. **Purification and Characterization of Transglutaminase from Japanese Oyster (*Crassostrea gigas*).** *JAF* 45:604-610.
- Lee, H.G., Lanier, T.C., Hamann, D.D and Knopp, J.A., 1997. **Transglutaminase Effects on Low Temperature Gelation of Fish Protein Sols.** *JFS* 62(1):20-24.
- Lim, L.T., Mine, Y. and Tung, M.A., 1999. **Barrier and Tensile Properties of Transglutaminase Cross-linked Gelatin Films as Affected by Relative Humidity, Temperature and Glycerol Content.** *JFS* 64(4):616-622.
- Mizuno, A., Mitsuiki, M. and Motoki, M., 1999. **Glass Transition Temperature of Casein as Affected by Transglutaminase.** *JFS* 64(5):796-799.
- Motoki, M., Aso, H., Seguro, K and Nio, N. 1987.  **$\alpha_{s1}$ -Casein Film Prepared Using Transglutaminase.** *Agric. Biol. Chem.*, 51 (4), 993-996.
- Motoki, M. and Nio, N. **Crosslinking Between Different Food Proteins by Transglutaminase.** *JFS* 48:561-566.
- Motoki, M., Nio, N. and Takinami, K. 1984. **Functional Properties of Food Proteins Polymerized by Transglutaminase.** *Agric. Biol. Chem.*, 48 (5), 1257-1261.
- Nio, N., Motoki, M and Takinami, K. 1986. **Gelation Mechanism of Protein Solution by Transglutaminase.** *Agric. Biol. Chem.*, 50 (4), 851-855.

- Nonaka, M., Tanaka, H., Okiyama, A., Motoki, M., Ando, H., Umeda, K. and Matsuura, A., 1989. **Polymerization of Several Proteins by  $Ca^{2+}$ -Independent Transglutaminase Derived from Microorganisms.** *Agric. Biol. Chem.* 53(10):2619-2623.
- Sakamoto, H., Kumazawa, Y., Kawajiri, H. and Motoki, M. 1995.  **$\epsilon$ -( $\gamma$ -Glutamyl)lysine Crosslink Distribution in Foods as Determined by Improved Method.** *JFS* 60(2):416-419.
- Yildirim, M. and Hettiarachchy, N.S., 1998. **Properties of Films Produced by Cross-linking Whey Proteins and 11S Globulin Using Transglutaminase.**
- Yildirim, M., Hettiarachchy, N.S. and Kalapathy, U. 1996. **Properties of Biopolymers from Cross-linking Whey Protein Isolate and Soybean 11S Globulin.** *JFS* 61 (6), 1129-1131,1164.