

**PENGARUH PENGGUNAAN ENZIM TRANSGLUTAMINASE
TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA GEL SURIMI
IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

INDRA YULIANA

G032181002



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2021

**PENGARUH PENGGUNAAN ENZIM TRANSGLUTAMINASE
TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA GEL SURIMI
IKAN BANDENG (*Chanos chanos*)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu dan Teknologi Pangan

Disusun dan diajukan oleh

INDRA YULIANA

Kepada

**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

"Pengaruh Penggunaan Enzim Transglutaminase Terhadap Sifat
Fisikokimia Gel Surimi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)"

Disusun dan diajukan oleh

INDRA YULIANA

G032181002

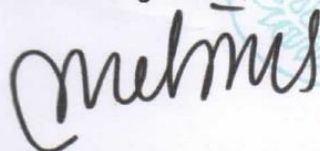
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam
rangka penyelesaian studi Program Magister Program Studi Ilmu dan
Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 10 Februari 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta
NIP. 19660917 199112 2001

Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS
NIP. 19621231 198803 1 020

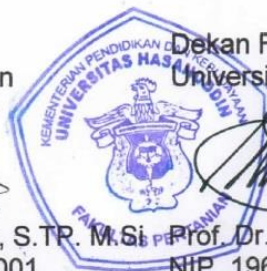
Ketua Program Studi,
Ilmu dan Teknologi Pangan

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin,



Dr. Adiansyah Syarifuddin, S.T.P. M.Si
NIP. 19770527 200312 1 001

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Baharuddin
NIP. 19601224 198601 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indra Yuliana
Nomor Pokok : G032181002
Program Studi : Ilmu dan Teknologi Pangan
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Pengaruh Penggunaan Enzim Transglutaminase terhadap Sifat Fisikokimia Gel Surimi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*))

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Februari 2021
Yang menyatakan,



Indra Yuliana

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar M.Si (Magister Sains).

Ucapan terima kasih yang sebesar-sebesarnya pula penulis persembahkan untuk kedua orang tua penulis tercinta Ayah Alm. Drs. H. Muh. Tamrin dan Ibu Hj. Monte, S.Pd. Terima kasih atas semua do'a, kasih sayang, nasehat, bantuan dan dukungan baik materi maupun moril yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu melanjutkan pendidikan hingga sampai saat ini.

Penyusunan tesis ini juga dapat terselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari banyak pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Meta Mahendradatta, selaku pembimbing I dan Prof. Dr. Ir. Amran Laga, MS, selaku pembimbing II atas motivasi, saran, perhatian dan masukan yang telah diberikan kepada penulis mulai dari penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian hingga penyusunan tesis ini.
2. Dr. rer. nat. Zainal, M. FoodTech, Dr. Rindam Latief, MS dan Andi Dirpan, STP., M.Si., Ph.D selaku penguji yang telah meluangkan waktunya guna memberikan masukan dan petunjuk dalam penyusunan tesis ini.

3. Dekan dan jajaran beserta para staf Fakultas Pertanian
4. Ketua Program Studi Magister Ilmu dan Teknologi Pangan, dan seluruh staf pengajar serta pegawai administrasi program studi ilmu dan teknologi pangan yang telah mengajar, memberikan pelayanan administrasi dan akademik kepada penulis selama kuliah.
5. Teknisi Laboratorium Program studi ilmu dan teknologi pangan yang telah membantu dan mendampingi penulis selama melaksanakan penelitian.

Penulis juga ucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Dr. AB Takko Bandung, M. Hum, Ibu Dr. Indah Raya, S.Si dan nenek Hj. A. Aisyah atas segala dukungan, nasehat dan bimbingan yang diberikan kepada penulis yang telah berperan sebagai orang tua kedua selama mengenyam pendidikan di Makassar. Untuk Suami dan saudara(i)ku (Anti, Ayu, Rezky, dan Ainun), terima kasih atas dukungan dan kasih sayang yang diberikan kepada penulis selama ini.

Untuk rekan Magister Ilmu dan Teknologi Pangan 2018 dan keluarga besar KMD TP UH, terima kasih atas semua bantuan, semangat dan pengalaman yang takkan terlupakan selama penulis mengenyam pendidikan di Departemen Teknologi Pertanian. Ucapan terima kasih juga kepada tim kerja di PKP UH, Prof. Dr. dr. Nurpudji Astuti, MPH., Sp.GK, Dr. Muhammad Asfar, STP., M.Si, Afifah, Sigit Angriawan, S.Gz., M.Kes, dan Pak Umar atas segala bantuan dan dukungannya selama ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih untuk semua pihak yang tak mampu

penulis jabarkan, atas segala do'a dan bantuan yang diberikan kepada penulis hingga penulis dapat memperoleh gelar Master ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat-Nya baik di dunia dan di akhirat.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar tesis ini dapat menjadi lebih baik. Semoga tesis ini bermanfaat. Aamiin ya Rabbal Alamiin.

ABSTRAK

INDRA YULIANA. Pengaruh Penggunaan Enzim Transglutaminase Terhadap Sifat Fisikokimia Gel Surimi Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Surimi merupakan protein miofibril yang berasal dari daging ikan lumat yang telah melalui proses pemisahan tulang secara mekanis, proses pencucian dan pencampuran dengan menggunakan *cryoprotectant*. Ikan bandeng (*Chanos chanos*) mengandung 20,53% protein dan 6,73% lemak. Ikan bandeng merupakan salah satu jenis ikan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku surimi. Akan tetapi, penelitian sebelumnya ditemukan bahwa kualitas bubuk surimi yang dihasilkan dari ikan bandeng perlu ditingkatkan agar dapat menghasilkan surimi dengan tekstur dan kekuatan gel yang baik. Penambahan enzim microbial transglutaminase (MTGase) diharapkan dapat menghasilkan surimi dengan karakteristik gel yang lebih baik. Tujuan penelitian yaitu untuk menentukan konsentrasi enzim, lama reaksi, dan konsentrasi substrat terbaik dalam pembentukan gel surimi, dan untuk mengetahui pengaruh penambahan enzim terhadap karakteristik fisika dan kimia dari gel surimi. Metode penelitian dibagi dalam dua tahapan yaitu 1) Penentuan konsentrasi enzim dan lama reaksi; dan 2) Penentuan konsentrasi substrat pada pembentukan gel surimi secara enzimatik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi penambahan MTGase terbaik yaitu 0,5 unit/g surimi dengan lama reaksi 60 menit dengan nilai kekuatan gel (3242,05 g.cm), kadar protein (19,20%), dan kadar lemak (5,50%). Konsentrasi substrat terbaik sebesar 15% dengan nilai kekuatan gel (3127,83 g.cm), kadar protein (17,31%), kadar lemak (2,92%), dan uji lipat (8,78).

Kata kunci; surimi_bandeng_enzim_transglutaminase_gel

ABSTRACT

INDRA YULIANA. The Effect Of Transglutaminase Enzyme On Physicochemical Properties Of Milkfish (*Chanos chanos*) Surimi Gel.

Surimi is a myofibril protein obtained from fish meat that has been processed through mechanical deboning, washing, and mixing with cryoprotectant materials. Milkfish (*Chanos chanos*) contains 20.53% protein and 6.73% fat and is one of the type of fish that can be used as a raw material for surimi. However, previous research indicated that the quality of surimi powder produced from milkfish needed some improvements in order to produce surimi with good texture and gel strength. The addition of microbial transglutaminase (MTGase) enzyme is expected to produce surimi with better gel characteristics. The research objectives were to determine the best enzyme concentration, reaction time, and substrate concentration in the formation of surimi gel, and to determine the effect of enzyme addition on the physical and chemical characteristics of surimi gel produced. The research was divided into two stages: 1) optimization of enzyme concentration and reaction time, and 2) determination of appropriate substrate concentration for enzyme-assisted surimi gel formation. The results showed that the best concentration of MTGase addition was 0.5 units/g of surimi with reaction time of 60 minutes with gel strength (3242.05 g.cm), protein content (19.20%), and fat content (5.50%). The best substrate concentration was 15% with gel strength (3127.83 g.cm), protein content (17.31%), fat content (2.92%), and folding test (8.78).

Keywords: Surimi, milkfish, enzyme, transglutaminase, gel

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS..... Error! Bookmark not defined.	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iii
PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian.....	4
D. Kerangka Pikir.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	6
B. Perubahan Mutu Ikan	9
C. Protein Ikan	10
D. Surimi.....	11
E. Enzim Transglutaminase	19
F. Mekanisme Pembentukan Gel Surimi.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
A. Waktu dan Tempat	25
B. Alat dan Bahan.....	25
C. Prosedur Penelitian	26
D. Desain Penelitian	31
E. Parameter Pengamatan	32
- Rendemen.....	32
- Analisis Sifat Fisik	32
1. Kekuatan Gel	32
2. Derajat Putih	32

3. Daya Ikat Air.....	33
- Analisis Sifat Kimia.....	33
1. Pengujian pH.....	33
2. Kadar Air Metode Oven.....	34
3. Kadar Protein Metode Kjeldahl.....	34
4. Kadar Lemak Metode Soxhlet.....	35
- Uji Sensori.....	35
Uji Lipat.....	35
F. Analisis Data.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
A. Tahap 1 (Persiapan Pembuatan Surimi).....	37
- Rendemen Lumatan Daging Ikan dan Surimi.....	37
B. Tahap II (Penentuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi).....	38
1. Kekuatan Gel.....	38
2. Derajat Putih.....	41
3. Tingkat Keasaman (pH).....	45
4. Kadar Air.....	46
5. Kadar Protein.....	50
6. Kadar Lemak.....	54
7. Profil Gel Surimi Ikan Terbaik.....	57
C. Tahap III (Penentuan Konsentrasi Substrat).....	58
1. Kekuatan Gel.....	58
2. Derajat Putih.....	59
3. Daya Ikat Air.....	61
4. Kadar Protein.....	62
5. Kadar Lemak.....	64
6. Uji Lipat.....	66
7. Profil Gel Surimi Ikan Terbaik.....	68
BAB V PENUTUP.....	69
A. Kesimpulan.....	69
B. Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
Tabel 1.	Komposisi Proksimat Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	8
Tabel 2.	Profil Asam Amino Hidrolisat Protein Ikan Bandeng (<i>Chanos chanos</i>)	8
Tabel 3.	Persyaratan Mutu dan Keamanan Surimi (SNI 2694: 2013)	13
Tabel 4.	Sifat Fungsional Surimi, Mekanisme, dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi	17
Tabel 5.	Lembar Penilaian Uji Lipat	36
Tabel 6.	Profil Gel Surimi Ikan Bandeng	58
Table 7.	Profil Gel Surimi Ikan Bandeng	68

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
Gambar 1.	Kerangka Pikir Penelitian	5
Gambar 2.	Morfologi Ikan Bandeng	7
Gambar 3.	Perubahan yang Terjadi setelah Ikan Mati	9
Gambar 4.	Surimi (Dokumentasi Penelitian)	11
Gambar 5.	Surimi Beku (<i>Seafood Demand</i> , 2021)	11
Gambar 6.	Reaksi cross-linking protein dengan bantuan microbial transglutaminase (Nielsen et al., 1995)	22
Gambar 7.	Pembentukan Gel Surimi dan Proteolysis Protein Myofibril	24
Gambar 8.	Diagram Alir Persiapan Pembuatan Surimi	28
Gambar 9.	Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	29
Gambar 10.	Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Substrat Surimi	30
Gambar 11.	Rendemen Daging dan Surimi Ikan Bandeng.....	37
Gambar 12.	Hubungan Konsentrasi Enzim terhadap Nilai Kekuatan Gel Surimi Ikan Bandeng.....	40
Gambar 13.	Hubungan Konsentrasi Enzim terhadap Nilai Derajat Putih Gel Surimi Ikan Bandeng	42
Gambar 14.	Hubungan Lama Reaksi terhadap Nilai Derajat Putih Gel Surimi Ikan Bandeng.....	44
Gambar 15.	Hubungan Lama Reaksi terhadap Nilai pH Gel Surimi Ikan Bandeng	46
Gambar 16.	Hubungan Lama Reaksi terhadap Kadar Air Gel Surimi Ikan Bandeng	47
Gambar 17.	Hubungan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Kadar Air Gel Surimi Ikan Bandeng	49
Gambar 18.	Hubungan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Protein Gel Surimi Ikan Bandeng.....	51
Gambar 19.	Hubungan Lama Reaksi terhadap Kadar Protein Gel Surimi Ikan Bandeng.....	52
Gambar 20.	Hubungan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Kadar Protein Gel Surimi Ikan Bandeng.....	53
Gambar 21.	Hubungan Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Lemak Gel Surimi Ikan Bandeng.....	55
Gambar 22.	Hubungan Lama Reaksi terhadap Kadar Lemak Gel Surimi Ikan Bandeng.....	56
Gambar 23.	Hubungan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Kadar Lemak Gel Surimi Ikan Bandeng	57

Gambar 24. Hubungan Konsentrasi Substrat terhadap Nilai Derajat Putih Gel Surimi Ikan Bandeng	60
Gambar 25. Hubungan Konsentrasi Substrat terhadap Kadar Protein Gel Surimi Ikan Bandeng.....	63
Gambar 26. Hubungan Konsentrasi Substrat terhadap Kadar Lemak Gel Surimi Ikan Bandeng.....	65
Gambar 27. Hubungan Konsentrasi Substrat terhadap Nilai Uji Lipat Gel Surimi Ikan Bandeng.....	67

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
Lampiran 1a.	Data Hasil Analisa Nilai Kekuatan Gel pada Surimi Ikan Bandeng berdasarkan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	78
Lampiran 1b.	Rataan Kekuatan Gel dari Perlakuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	78
Lampiran 1c.	Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Nilai Kekuatan Gel Surimi Ikan Bandeng	79
Lampiran 1d.	Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Enzim terhadap Nilai Kekuatan Gel	79
Lampiran 2a.	Data Hasil Analisa Derajat Putih pada Gel Surimi Ikan Bandeng berdasarkan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	79
Lampiran 2b.	Rataan Derajat Putih dari Perlakuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	80
Lampiran 2c.	Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Derajat Putih Gel Surimi Ikan Bandeng.....	80
Lampiran 2d.	Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Enzim terhadap Derajat Putih	80
Lampiran 2e.	Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Lama Reaksi terhadap Derajat Putih	81
Lampiran 3a.	Data Hasil Analisa pH pada Gel Surimi Ikan Bandeng berdasarkan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi81	
Lampiran 3b.	Rataan pH dari Perlakuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi .	81
Lampiran 3c.	Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap pH Gel Surimi Ikan Bandeng	82
Lampiran 3d.	Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Lama Reaksi terhadap pH.....	82
Lampiran 4a.	Hasil Analisa Kadar Air pada Gel Surimi Ikan Bandeng berdasarkan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi	82
Lampiran 4b.	Rataan Kadar Air dari Perlakuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi	81
Lampiran 4c.	Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Kadar Air Gel Surimi Ikan Bandeng.....	81
Lampiran 4d.	Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Lama Reaksi terhadap Kadar Air	81
Lampiran 5a.	Data Hasil Analisa Kadar Protein pada Gel Surimi Ikan Bandeng berdasarkan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi	82
Lampiran 5b.	Rataan Kadar Protein dari Perlakuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	82
Lampiran 5c.	Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Kadar Protein Gel Surimi Ikan Bandeng	82
Lampiran 5d.	Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Protein.....	83

Lampiran 5e. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Lama Reaksi terhadap Kadar Protein.....	83
Lampiran 6a. Data Hasil Analisa Kadar Lemak pada Gel Surimi Ikan Bandeng Berdasarkan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi	83
Lampiran 6b. Rataan Kadar Lemak dari Perlakuan Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi.....	84
Lampiran 6c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi terhadap Kadar Lemak Gel Surimi Ikan Bandeng	84
Lampiran 6d. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Lemak	84
Lampiran 6e. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Lama Reaksi terhadap Kadar Lemak	85
Lampiran 7a. Hasil Analisa Kekuatan Gel pada Surimi Ikan Bandeng berdasarkan Konsentrasi Substrat.....	85
Lampiran 7b. Rataan Kekuatan Gel dari Perlakuan Konsentrasi Konsentrasi Substrat.....	85
Lampiran 7c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Nilai Kekuatan Gel Surimi Ikan Bandeng	85
Lampiran 8a. Hasil Analisa Derajat Putih pada Gel Surimi Ikan Bandeng Berdasarkan Konsentrasi Substrat	86
Lampiran 8b. Rataan Derajat Putih dari Perlakuan Konsentrasi Konsentrasi Substrat.....	86
Lampiran 8c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Nilai Derajat Putih Gel Surimi Ikan Bandeng	86
Lampiran 8d. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Nilai Derajat Putih	86
Lampiran 9a. Hasil Analisa Daya Ikat Air pada Gel Surimi Ikan Bandeng Berdasarkan Konsentrasi Substrat	87
Lampiran 9b. Rataan Daya Ikat Air dari Perlakuan Konsentrasi Substrat.....	87
Lampiran 9c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Daya Ikat Air Gel Surimi Ikan Bandeng	87
Lampiran 10a. Hasil Analisa Kadar Protein pada Gel Surimi Ikan Bandeng Berdasarkan Konsentrasi Substrat.....	87
Lampiran 10b. Rataan Kadar Protein dari Perlakuan Konsentrasi Konsentrasi Substrat	87
Lampiran 10c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Kadar Protein Gel Surimi Ikan Bandeng.....	88
Lampiran 10d. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Kadar Protein.....	88
Lampiran 11a. Hasil Analisa Kadar Lemak pada Gel Surimi Ikan Bandeng Berdasarkan Konsentrasi Substrat.....	88
Lampiran 11b. Rataan Kadar Lemak dari Perlakuan Konsentrasi Konsentrasi Substrat	88
Lampiran 11c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Kadar Lemak Gel Surimi Ikan Bandeng	89
Lampiran 11d. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Kadar Lemak.....	89

Lampiran 12a. Hasil Analisa Uji Lipat pada Gel Surimi Ikan Bandeng Berdasarkan Konsentrasi Substrat.....	90
Lampiran 12b. Rataan Uji Lipat dari Perlakuan Konsentrasi Konsentrasi Substrat.....	90
Lampiran 12c. Analisis Varians Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Uji Lipat Gel Surimi Ikan Bandeng.....	90
Lampiran 12d. Hasil Uji Lanjut Duncan Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap Uji Lipat.....	91
Lampiran 13. Profil Gel Surimi Ikan Bandeng yang dibuat dari Konsentrasi Enzim dan Lama Reaksi yang Berbeda.....	91

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Surimi adalah protein miofibril yang distabilkan dari daging ikan yang dihilangkan tulangnya secara mekanis, yang dicuci dengan air dan dicampur dengan *cryoprotectant*. Pada umumnya surimi diproses melalui pencincangan, pencucian, pencampuran dengan *cryoprotectant*, dan pembekuan (Nurkhoeriyati *et al.*, 2010). Pada pembuatan surimi proses pencucian merupakan tahapan kritis. Sejumlah besar air digunakan untuk menghilangkan protein sarkoplasma, darah, lemak dan komponen nitrogen lain yang dapat mempengaruhi kualitas dari surimi (Tanuja *et al.*, 2014). Pencucian diketahui dapat meningkatkan konsentrasi protein miofibril sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel surimi (Hassan *et al.*, 2017). Selain proses pencucian penambahan garam pada surimi juga terbukti dapat meningkatkan kekuatan gel pada surimi (Tanuja *et al.*, 2014).

Spesies ikan yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan surimi di Indonesia berasal dari ikan ekonomis rendah (Djazuli *et al.*, 2009). Salah satu jenis ikan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan surimi adalah ikan Bandeng (*Chanos chanos*). Ikan bandeng memiliki nilai gizi yang cukup tinggi. Menurut USDA *National Nutrient Databased For Standar Reference* (2013), ikan bandeng mengandung 20,53% protein dan 6,73% lemak sehingga digolongkan ikan protein tinggi dan berlemak sedang (Junianto, 2003). Keistimewaan nilai gizi ikan

bandeng segar yaitu mengandung omega-3 sebesar 19,56%; omega-6 sebesar 7,47%; dan omega-9 sebesar 19,24% (Agustini dkk, 2010:4).

Nilai rendemen surimi ikan bandeng yang dihasilkan dalam penelitian Sarie *et al.*, (2018) sebesar 58,72%. Rendemen tertinggi diperoleh pada surimi ikan bandeng diantara tiga jenis ikan lainnya yaitu ikan nila, belida, dan biji nangka. Sehingga ikan bandeng merupakan salah satu jenis ikan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku surimi. Akan tetapi berdasarkan hasil penelitian Malle *et al.*, (2019a), diperoleh bahwa kualitas bubuk surimi dari ikan bandeng masih kurang baik, karena nilai kekuatan gel yang dihasilkan masih dibawah standar SNI Surimi, nilai kekuatan gel bubuk surimi bandeng berkisar antara 407,41 sampai 574,26 gf/cm², sedangkan SNI kekuatan gel surimi minimal 600 g/cm².

Atribut mutu yang penting dari produk surimi adalah teksturnya yang elastis yang ditinjau dari kekuatan gel surimi. Untuk meningkatkan kekuatan gel surimi yang dihasilkan dapat dilakukan penambahan enzim yang mempunyai kemampuan membentuk gel sehingga dapat memperbaiki tekstur surimi. Adapun jenis enzim yang dapat diberikan adalah enzim transglutaminase (Wang *et al.*, 2018). Salah satu manfaat dari penggunaan enzim transglutaminase yaitu memperbaiki pembentukan gel dan sifat gel (Grades, 2006).

Penambahan enzim microbial transglutaminase (MTGase) diharapkan dapat menghasilkan karakteristik gel dari surimi yang lebih baik. MTGase telah banyak digunakan untuk memperbaiki tekstur produk

berbasis protein, termasuk surimi (Hemung dan Chin 2013). Mekanisme kerja enzim transglutaminase yaitu dengan mengkatalis reaksi antara residu asam amino lisin dan residu asam amino glutamin dan membentuk ikatan ϵ -(γ -glutamil) lisin isopeptida yang menghasilkan penggabungan ikatan kovalen inter atau intramolekuler yang berikatan silang dengan protein makanan (Nielsen *et al.*, 1995). Asam amino esensial membentuk 49,49% dari total asam amino daging bandeng. Lisin adalah salah satu jenis asam amino esensial pada ikan bandeng dengan jumlah kandungan sebanyak 7,3% (Murthy, 2016), sedangkan asam amino glutamin adalah jenis asam amino non esensial yaitu sebanyak 0,338% (Annisa, 2017).

Kandungan lisin dan asam glutamat pada daging ikan bandeng cukup tinggi, sehingga memungkinkan kerja enzim yang baik pada proses pembentukan gel surimi. Akan tetapi, belum diketahui konsentrasi penambahan enzim, lama reaksi enzim yang efektif serta penggunaan konsentrasi substrat yang tepat untuk memproduksi gel surimi dengan karakteristik kimia dan fisik yang baik. Sehingga dalam penelitian ini, Peneliti mencoba mencari konsentrasi enzim, lama reaksi enzim, dan konsentrasi substrat surimi terbaik untuk menghasilkan gel surimi yang berkualitas baik dengan berbahan dasar ikan bandeng.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka terdapat masalah yang dapat dirumuskan yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh konsentrasi enzim terhadap aktivitas enzim transglutaminase dalam pembentukan gel surimi ikan bandeng ?
2. Bagaimana pengaruh lama reaksi enzim transglutaminase dalam pembentukan gel surimi ikan bandeng ?
3. Bagaimana pengaruh penambahan enzim transglutaminase dan lama reaksi terhadap karakteristik fisik dan kimia pada gel surimi ikan bandeng ?
4. Bagaimana pengaruh konsentrasi substrat terhadap aktivitas enzim transglutaminase dalam pembentukan gel surimi ikan bandeng ?

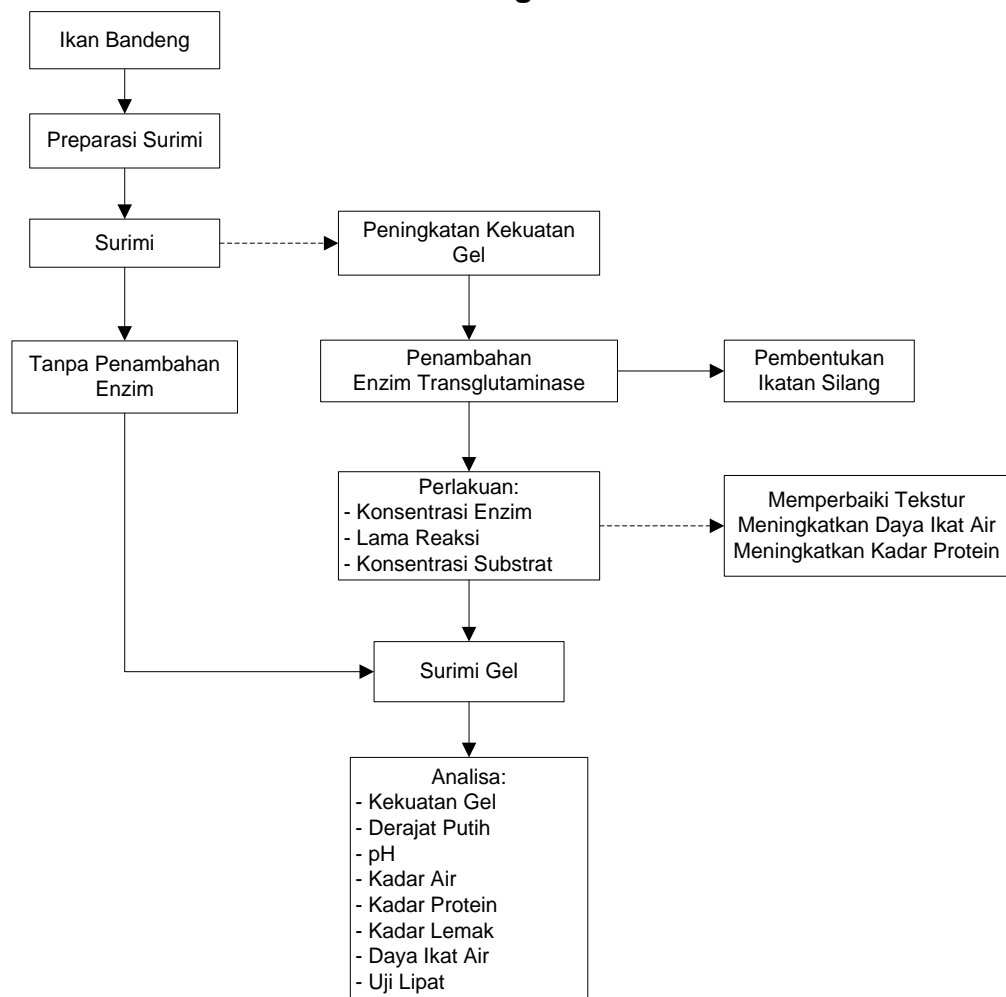
C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk menentukan konsentrasi penambahan enzim terbaik dalam pembentukan gel surimi ikan bandeng
2. Untuk menentukan lama reaksi terbaik dalam pembentukan gel surimi ikan bandeng
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan enzim transglutaminase terhadap karakteristik fisika dan kimia dari surimi ikan bandeng.
4. Untuk mengetahui konsentrasi penggunaan substrat terbaik untuk aktivitas enzim transglutaminase dalam pembentukan gel surimi ikan bandeng.

Kegunaan yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai sumber informasi perkembangan ilmu dan teknologi pangan, khususnya potensi penggunaan enzim transglutaminase pada pengolahan ikan bandeng menjadi produk olah berupa surimi. Serta sebagai sumber informasi dan literatur untuk pengembangan inovasi surimi selanjutnya.

D. Kerangka Pikir



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Ikan Bandeng (*Chanos chanos*)

Menurut Sudradjat (2008) Klasifikasi ikan bandeng (*Chanos chanos*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Subfilum : Vertebrata
Kelas: : Osteichthyes
Subkelas : Teleostei
Ordo: : Malacopterygii
Famili : Chanidae
Genus : Chanos
Spesies : *Chanos chanos*

Saanin (1984) mendeskripsikan beberapa ciri morfologi Ikan bandeng diantaranya yaitu badan memanjang, agak pipih, tanpa *scute* pada bagian perutnya, mata diselaputi lendir, mempunyai sisik besar pada sirip dada dan sirip perut, sirip ekor panjang bercagak, sisik kecil dengan tipe sikloid, tidak bergigi, sirip dubur jauh di belakang sirip pectoral. Tubuh ikan bandeng berwarna putih keperak-perakan sedangkan pada daging berwarna putih susu (Zaenuri M, 2010). Morfologi ikan bandeng dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi Ikan Bandeng

Ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) merupakan ikan yang banyak dibudidayakan di Asia Tenggara, terutama di daerah pesisir Indonesia (Adiputra *et al.*, 2012; Jaikumar *et al.*, 2013). Ikan bandeng mengandung air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral. Ikan bandeng tergolong jenis ikan yang sangat digemari oleh masyarakat karena mempunyai kandungan gizi yang baik yakni kandungan protein tinggi serta harganya yang relatif murah. Protein pada ikan bandeng yaitu sekitar 20-24% (Hafiludin 2015; Prasetyo *et al.*, 2015). Kandungan protein tersebut dapat menjadi sumber energi yang sangat dibutuhkan manusia dalam menunjang aktivitas kehidupan sehari-hari (Abriana, 2017).

Menurut USDA *National Nutrient Databased For Standar Reference* (2013), ikan bandeng mengandung 20,53% protein dan 6,73% lemak sehingga digolongkan ikan protein tinggi dan berlemak sedang (Junianto, 2003). Keistimewaan nilai gizi ikan bandeng segar yaitu kaya akan kandungan asam lemak omega-3 sebesar 19,56%; omega-6 sebesar 7,47%; dan omega-9 sebesar 19,24% (Agustini, 2010). Komposisi proksimat ikan bandeng ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Proksimat Ikan Bandeng

Komponen	Nilai (%)
Kadar Air	70,79±0,23
Kadar Protein	24,18±0,36
Kadar Lemak	0,87±0,85
Tota Abu	1,40±0,02
Karbohidrat	2,77±0,21

Malle *et al.*, (2019b)

Profil kandungan asam amino pada ikan bandeng dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Profil Asam Amino Hidrolisat Protein Ikan Bandeng

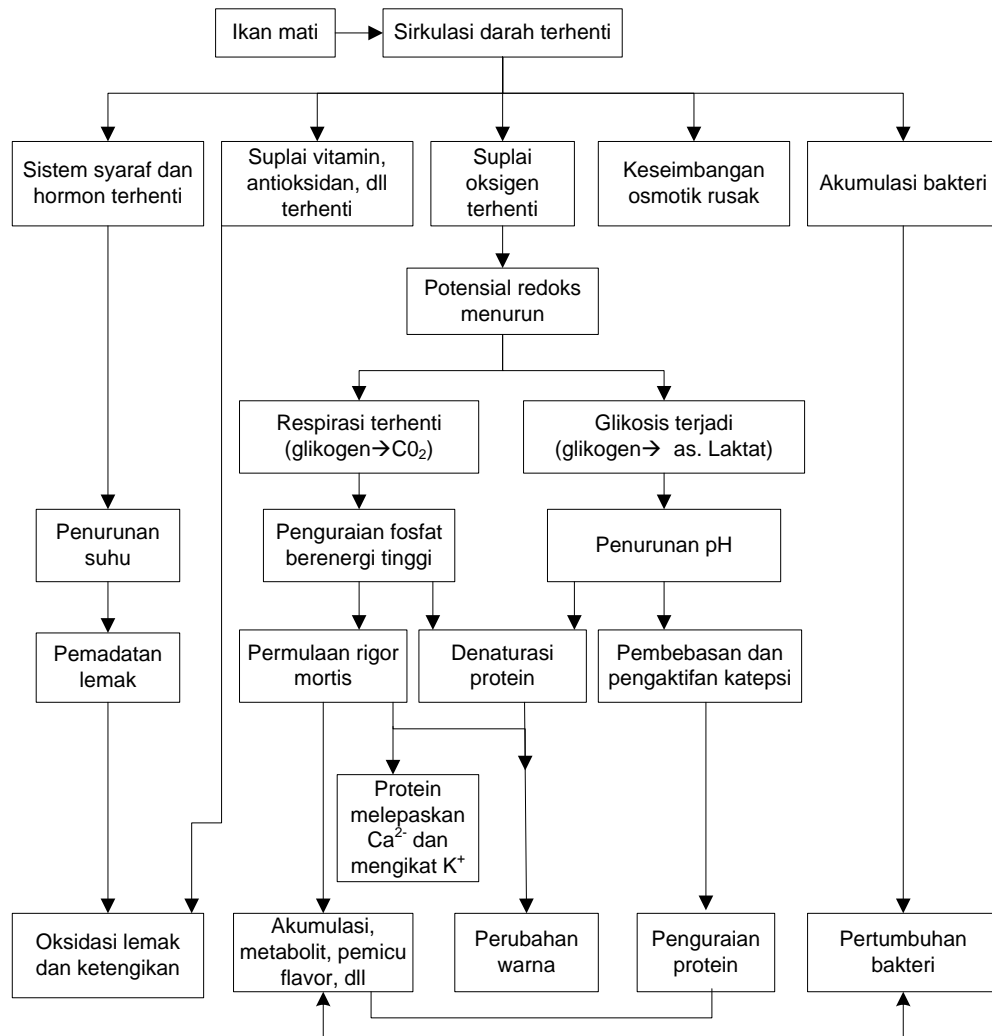
Nama Asam Amino	Kadar (%)
Asam aspartat	0,282
Asam glutamat	1,357
Asparagin	Tidak terdeteksi
glutamin	0,338
serin	Tidak terdeteksi
Histidin	1,455
Glisin	0,254
Threonin	0,064
Argini	0,170
Alanin	0,468
Tirosin	0,030
Methionin	0,019
Valin	0,079
Fenilalanin	0,036
Isoleusin	0,044
Leusin	0,267
Lisin	0,644

Annisa (2017)

Ikan bandeng yang digunakan dalam penelitian adalah ikan segar dengan ukuran panjang total berkisar 38 cm, lebar 9 cm dan berat berkisar 560 gram. Umur panen ikan yaitu sekitar 5 bulan masa pemeliharaan di petak pembesaran.

B. Perubahan Mutu Ikan

Ikan segar yang akan diolah lebih lanjut akan mengalami perubahan setelah mati. Adapun perubahan-perubahan yang terjadi pada ikan setelah mati dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan yang Terjadi setelah Ikan Mati (Eskin et al., 1990, Zaenuri M, 2010)

C. Protein Ikan

Protein merupakan suatu makromolekul karena memiliki berat molekul yang besar. Protein secara umum terdiri dari 20 jenis asam amino yang berikatan secara kovalen satu sama lain yang membentuk suatu rantai polipeptida. Struktur protein tidak stabil terhadap beberapa faktor antara lain pH, radiasi, temperatur dan pelarut organik. Berdasarkan sumbernya protein digolongkan menjadi dua jenis yaitu protein hewani dan protein nabati. Protein hewani merupakan protein yang berasal dari hewan seperti susu dan daging. Sedangkan protein nabati adalah protein yang dihasilkan oleh tumbuh-tumbuhan baik secara langsung maupun hasil olahan dari tumbuh-tumbuhan (Sari, 2011). Struktur protein terdiri atas struktur primer, sekunder, tersier dan kuartener. Berdasarkan strukturnya, protein digolongkan menjadi protein sederhana dan protein gabungan. Protein sederhana adalah protein yang hanya terdiri atas molekul-molekul asam amino sedangkan protein gabungan adalah protein yang berkaitan dengan senyawa bukan protein, seperti mukoprotein, lipoprotein dan nukleoprotein (Ismail dan Amirullah, 2010).

Protein adalah sumber asam-asam amino yang mengandung unsur-unsur C, H, O dan N (Wang *et al.*, 2018). Protein mempunyai fungsi khas yang tidak dapat digantikan oleh zat gizi lain, yaitu membangun serta memelihara sel-sel dan jaringan tubuh. Protein merupakan komponen ikan yang sangat penting ditinjau dari sudut gizi

dan terkandung sekitar 15-25% dari berat total daging (Irianto dan Giyatmi S. 2009). Protein ikan terdiri dari asam-asam amino yang diperlukan oleh tubuh manusia. Molekul utama protein terdiri dari asam amino, yang merupakan senyawa organik yang mengandung satu atau lebih gugus amino dan satu atau lebih gugus karboksil (Irianto dan Giyatmi, 2009).

D. Surimi

Surimi merupakan konsentrat protein miofibril ikan yang telah distabilkan dan diproduksi melalui beberapa tahapan yang meliputi pemisahan daging dari kulit dan tulang, pelumatan, pencucian, penambahan garam, penambahan *cryoprotectant*, dan dilanjutkan dengan pembekuan (Balange dan Benjakul 2009; Lanier *et al.*, 2014; Cando *et al.*, 2015). Bahan baku surimi pada umumnya dipilih dari jenis ikan laut yang memiliki daging berwarna putih karena dinilai mampu menghasilkan surimi dengan kualitas gel dan warna yang baik (Park 2014).



Gambar 4. Surimi (Dokumentasi Penelitian)



Gambar 5. Surimi Beku (*Seafood Demand*, 2021)

1. Syarat Mutu Surimi

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan surimi sangat mempengaruhi kualitas mutu dari produk yang dihasilkan, sehingga mutu bahan baku perlu diperhatikan. Syarat bahan baku dalam pembuatan surimi tercantum dalam SNI 2694:2013 yaitu:

- a) jenis : semua jenis ikan dari kelompok pisces hasil penangkapan atau budidaya.
- b) bentuk : utuh, potongan dan/atau lumatan daging ikan
- c) asal : bahan baku berasal dari perairan yang tidak tercemar

Adapun syarat mutu secara organoleptik, bahan baku ikan segar harus mempunyai karakteristik kesegaran menurut SNI 2729:2013 sebagai berikut:

- (a) kenampakan : mata cerah, cemerlang
- (b) bau : segar spesifik jenis
- (c) tekstur : elastis, padat dan kompak

Apabila menggunakan bahan baku ikan beku, maka syarat mutu secara organoleptik pada bahan baku ikan hidup harus dengan karakteristik sebagai berikut (SNI 4110:2014):

- a) kenampakan : hidup dan reaktif terhadap sentuhan
- b) badan : utuh, tidak terdapat luka atau cacat
- c) warna : spesifik jenis dan cerah
- d) insang : tutup insang normal saat bernafas

Untuk mempertahankan mutu surimi, bahan baku harus segera diolah. Apabila harus terpaksa menunggu proses lebih lanjut maka ikan harus disimpan dengan es atau air dingin (0-5°C). Persyaratan mutu dan keamanan surimi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Persyaratan Mutu dan Keamanan Surimi (SNI 2694: 2013)

Parameter uji	Satuan	Persyaratan
a. Sensori		Min 7 (skor 1-9)
b. Kimia		
- Kadar air	%	Maks. 80
- Kadar protein	%	Min. 12
c. Cemarkan mikroba		
- ALT	Koloni/g	Maks. $5,0 \times 10^4$
- Escherichia coli	APM/g	<3
- Salmonella*		Negatif/25 g
- Vibrio cholera*	Kolono/g	Negatif/25 g
d. Cemarkan logam*		
- Arsen (As)	mg/kg	Maks. 1,0
- Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,1
	mg/kg	Maks. 0,5**
- Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks, 0,5
	mg/kg	Maks. 1,0**
- Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0
- Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,3
	mg/kg	Maks. 0,4**
e. Cemarkan fisik*		
- <i>Filth</i>		0
f. Fisika*		
- Suhu pusat	°C	Maks. -18
- Kekuatan gel (<i>gel strength</i>)	g/cm ²	Min. 600
CATATAN * Bila diperlukan ** untuk ikan predator *** untuk ikan <i>scombroidea</i> (<i>scombroid</i>), <i>clupeidae</i> , <i>pomatidae</i> , <i>coryphaenidae</i> **** untuk ikan hasil budidaya ***** untuk ikan karang		

2. Proses Pembuatan Surimi

Pembuatan surimi terdiri dari beberapa tahap, penyiangan, yaitu membersihkan ikan dari segala macam kotoran, meliputi pembuatan fillet ikan, yakni pemisahan daging ikan dari tulang dan kulit, dan pelumatan daging dengan menggunakan grinder atau *meat separator*. Pencucian dilakukan pada daging lumat untuk menghilangkan sisa darah, lemak, bau amis, dan daging yang berwarna merah, sehingga yang tersisa hanya protein miofibril untuk menghasilkan gel. Penghilangan air, setelah pencucian kandungan air dihilangkan dengan cara dipres, agar air makin tiris. Penambahan bahan lain yang dapat membantu pembentukan gel dan mencegah terjadinya kerusakan struktur protein selama penyimpanan dan pengolahan (Peranginangin *et al.*, 1999, Apriadi, 2004).

3. Bahan Tambahan dalam Pembuatan Surimi

Bahan tambahan yang ditambahkan dalam proses pembuatan surimi bertujuan untuk meningkatkan kualitas surimi. Bahan tambahan yang digunakan dalam pembuatan surimi antara lain adalah garam dan *cryoprotectant*.

a) Garam

Penambahan garam pada pembuatan surimi berfungsi sebagai pengawet karena dapat mencegah kerusakan dan meningkatkan daya simpan. Peranan garam NaCl adalah pada konsentrasi yang rendah sebagai pembentuk rasa, sedangkan pada konsentrasi yang tinggi berperan sebagai pencegah terhadap pertumbuhan bakteri

(bakteriostatik). Pada konsentrasi 2-5% yang dikombinasikan pada suhu rendah, dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme, sedangkan pada konsentrasi 10-15% sebagian besar bakteri terbunuh (kecuali beberapa bakteri halofilik) (Damayanthi dan Mudjajanto, 1994). Menurut Seki *et al.*, (1998) konsentrasi garam yang dibutuhkan untuk pembentukan gel kamaboko atau bahan seperti surimi adalah 2-3%.

Menurut Damayanthi dan Mudjajanto (1994), garam mempunyai sifat higroskopis sehingga menarik air keluar jaringan akibatnya akan menjadi rendah dan garam juga mempunyai tekanan osmotik yang tinggi sehingga memecahkan (plasmolisis) membran sel mikroba. Vaclavik dan Christian (2000) menyatakan bahwa salah satu peran garam pada makanan yaitu berfungsi meningkatkan suhu koagulasi pencampuran protein.

Menurut Kanoni (2005), bahan tambahan berupa garam merupakan komponen bahan makanan yang ditambahkan dan digunakan sebagai penegasan cita rasa dan pengawet makanan. Garam juga digunakan untuk pengeluaran air sehingga surimi yang dihasilkan tidak cepat busuk dan dapat bertahan lama. Penggunaan garam selama pencucian bertujuan untuk mempercepat pengurangan air, penghilangan lendir, darah, dan kotoran dari daging lumatan (Wibowo, 2004). Pencucian ikan dalam larutan garam sebesar 0,3% dapat mengekstrak protein aktomiosin sehingga terbentuk pasta sol aktomiosin (Wiradimadja, 2017).

b) *Cryoprotectant*

Bahan umum yang biasa digunakan sebagai *cryoprotectant* adalah jenis gula, misalnya sukrosa. Penambahan *cryoprotectant* dapat meningkatkan kadar N-aktomiosin dari 350 mg menjadi 520 mg dan meningkatkan kekuatan gel dari 400 g menjadi 489 g, artinya sama dengan meningkatkan nilai pelipatan (*folding score*) (Peranginangin *et al.*, 1999).

Cryoprotectant adalah bahan yang biasa ditambahkan dalam pembuatan surimi yang tidak langsung diolah menjadi produk lanjutan, melainkan akan disimpan terlebih dahulu pada suhu beku dalam waktu yang lama. Fungsi *cryoprotectant* adalah sebagai zat antidenaturasi. Penambahan *cryoprotectant* dalam pembuatan surimi dapat mencegah denaturasi protein selama masa pembekuan (Nielsen dan Piegott 1994).

4. Sifat-Sifat Surimi

Sifat fungsional pada surimi, mekanisme, serta faktor-faktor yang mempengaruhi sifat surimi dijabarkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat Fungsional Surimi, Mekanisme, dan Faktor-faktor yang Mempengaruhi

No	Sifat Fungsional	Mekanisme	Faktor yang Mempengaruhi
1	Pembentukan Gel (Park, 2005)	Selama pemanasan, lipatan protein surimi menjadi terbuka, dan permukaan reaktif molekul protein yang berdekatan akan bereaksi membentuk ikatan intermolecular. Pada saat ikatan intermolecular mencukupi, maka akan terbentuk struktur tiga dimensi, menghasilkan gel.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Denaturasi yang berkelanjutan dari protein miofibril sebelum proses pembuatan 2. Jenis dan habitat bahan baku, yang menentukan stabilitas protein miofibril terhadap panas 3. Aktivitas oksidan protein 4. Aktivitas enzim-enzim proteolitik yang akan membuka struktur protein dan merusak gel 5. Konsentrasi relatif protein miofibril terhadap protein sarkoplasma dan stroma 6. Enzim baik indigenus maupun yang ditambahkan, seperti enzim ikatan silang yang berkontribusi terhadap struktur ikatan silang protein
2	Daya ikat air (Zayas, 1997)	Air diikat oleh protein melalui interaksi molekul air dan gugus hidrofilik dari gugus samping protein terjadi melalui ikatan hidrogen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konsentrasi protein 2. Kekuatan ionik, pH, Suhu 3. Lemak dan garam 4. Laju dan lama perlakuan panas 5. Keberadaan komponen pangan lainnya 6. Kondisi Penyimpanan
3	Emulsifikasi (Smith, 2001)	Film protein terdiri dari protein miofibril yang terlarut dan terekstrak selama emulsifikasi. Protein tersebut harus berdifusi ke permukaan droplet minyak kemudian menyerap ke permukaan droplet tersebut	<ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu 2. Input energi yang cukup 3. Protein terdenaturasi atau tidak terdenaturasi 4. Konsentrasi protein yang cukup 5. Jumlah protein terekstrak yang cukup 6. Luas permukaan droplet

Sumber : Dewi (2015)

Menurut Irianto (1990), surimi mempunyai sifat-sifat khusus, yaitu :

1. Mampu membentuk gel bila dipanaskan setelah tercampur dengan garam.
2. Merupakan produk yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa sehingga memungkinkan untuk dimodifikasi menjadi produk dengan berbagai sifat rasa, warna, dan bau yang dikehendaki.
3. Mudah dibentuk baik dengan atau tanpa alat bantu, sesuai yang dikehendaki.
4. Proses pemanasan surimi untuk membentuk gel dapat dilakukan dengan berbagai cara.
5. Mempunyai kemampuan mengikat bahan dengan baik sehingga dapat dicampur dengan bahan-bahan lainnya tanpa merubah sifat teksturnya.

Ramirez *et al.*, (2002) mengatakan bahwa salah satu sifat surimi adalah membentuk gel yang elastis dan kuat dengan perlakuan panas. Gel yang fleksibel dan elastis tersebut terbentuk jika surimi dicampur dengan garam, yang melalui proses pelumatan akan terbentuk sol, dan dengan pembentukan dan pemanasan akan terbentuk gel (Roussel dan Cheftel 1988).

Gelasi dari Protein larut garam selama proses dengan panas terutama berperan pada stabilisasi lemak dan air, pengikatan hancuran daging ikan, kemudian membentuk kembali produk (McCord *et al.*, 1998; Istihastuti 2004).

Faktor-faktor yang menghambat terjadinya penurunan protein adalah pencucian lumatan daging, suhu air, dan bahan tambahan selama penyimpanan beku (Setyawan *et al.*, 2017). Menurut Bertak (2005) faktor utama yang harus diperhatikan selama pembuatan surimi adalah suhu air selama pencucian dan pendinginan daging ikan. Suhu yang tinggi akan dapat melarutkan protein larut garam.

E. Enzim Transglutaminase

Enzim transglutaminase mempunyai nama sistematika yaitu amin- γ -glutamyltransferase yang termasuk ke dalam kelas enzim transferase (E.C.2), asiltransferase (E.C.2.3), aminoasiltransferase (E.C.2.3.2), protein glutamin- γ -glutamyltransferase dan mempunyai nama alternatif yaitu fibrinoligase. Transglutaminase memiliki pH optimum berkisar antara 5-8, tetapi pada pH 4 atau 9, transglutaminase masih menunjukkan aktivitas enzimatis, suhu optimum untuk aktivitas enzimatis adalah 50-55°C dan dapat melakukan aktivitas enzimatis terus menerus secara penuh meski berlangsung pada suhu 50°C selama 10 menit. Transglutaminase kehilangan aktivitas enzimatis dalam beberapa menit pada pemanasan mencapai 70°C. Transglutaminase masih mengeluarkan aktivitas enzimatis pada suhu 10°C, dan masih menunjukkan beberapa aktivitas pada suhu sedikit di atas titik beku (Motoki *et al.*, 1986)

Di Indonesia, penggunaan enzim transglutaminase pada skala industri sudah cukup banyak digunakan. Strain yang digunakan dalam produksi enzim sebagai bahan dalam penelitian ini adalah

Streptoverticillium mobaraense, sehingga transglutaminase yang dihasilkan sering disebut sebagai *microbial transglutaminase* (MTGase) (Puruhita, 2011).

Umumnya, transglutaminase dapat dihasilkan dari mamalia, salah satunya berasal dari hati marmut. Namun, harga enzim ini sangat mahal. MTGase yang notabene dihasilkan dari mikroba memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan transglutaminase yang diproduksi dari hati marmut. MTGase dapat diproduksi dengan biaya yang lebih rendah dan dalam jumlah besar melalui proses fermentasi, sehingga menghasilkan enzim yang lebih murah (Ruvinty, 2019).

Dengan penambahan enzim microbial transglutaminase (MTGase), dapat meningkatkan karakteristik gel dari surimi. MTGase telah banyak digunakan untuk memperbaiki tekstur produk berbasis protein, termasuk surimi (Hemung dan Chin, 2013). kelebihan dari enzim ini yaitu dapat diproduksi secara masal dengan lebih efisien, dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Akan tetapi, penggunaan MTGase secara berlebihan sebaiknya tidak dilakukan karena dapat menyebabkan stabilitas protein dalam membentuk gel cenderung menurun pada surimi (Seighalani *et al.*, 2017).

1. Peningkatan Mutu Protein Pangan

Enzim transglutaminase dapat ditambahkan pada protein pangan yang berkualitas rendah, yaitu protein pangan dengan kandungan asam amino esensial rendah) untuk peningkatan nilai gizi bahan pangan

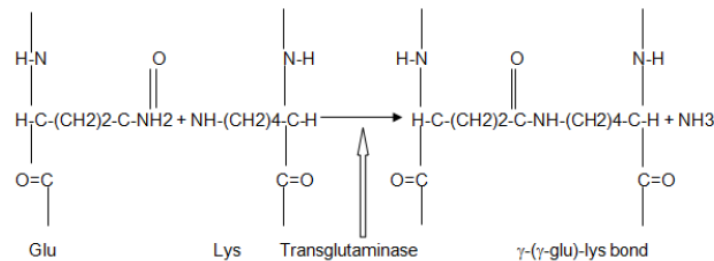
tersebut. TG-ase yang ditambahkan dapat mengkatalisa reaksi pengikatan asam amino yang ditambahkan pada molekul protein. Berdasarkan penelitian yang telah ada, protein-protein yang memiliki sifat fungsional yang baik tapi nilai gizinya rendah, dapat dilakukan peningkatan nilai gizinya melalui pengkayaan dengan asam amino esensial yang diikat silang menggunakan TG-ase (Srianta, 2000).

Menurut Gaspar dan Silvana (2015), *microbial transglutaminase* (MTGase) merupakan sebuah protein-glutamin *gamma glutamyl transferase* yang memiliki banyak fungsi dalam bahan pangan, diantaranya berperan dalam peningkatan kualitas tekstur, stabilitas panas, zat pengemulsi dan pembentukan gel tanpa merubah kualitas nutrisi produk kaya protein seperti bahan daging ikan.

2. Mekanisme Kerja Enzim Transglutaminase

Mekanisme kerja dari MTGase secara umum yaitu terlibat dalam reaksi polimerisasi, yang menghasilkan perubahan hidrofobisitas molekul (Gaspar dan Silvana, 2015). Pembentukan ikatan kovalen non-disulfida pada protein, khususnya ikatan silang ϵ -(γ -glutamil) lisin, dikatalisis oleh MTGase melalui transfer asil antara gugus γ -amida dari residu glutamin dan gugus ϵ -amino dari residu lisin, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas gel pada surimi (Chanarat dan Benjakul, 2013a). MTGase memodifikasi protein dengan memasukkan amina, dan mempengaruhi ikatan silang intra dan

intermolekul atau deamidasi, menyebabkan perubahan besar pada struktur molekulnya (Celis, 2009)



Gambar 6. Reaksi cross-linking protein dengan bantuan microbial transglutaminase (Nielsen et al., 1995)

Mekanisme kerja enzim transglutaminase adalah enzim transglutaminase mengkatalis reaksi antara residu asam amino lisin dan residu asam amino glutamin dan membentuk ikatan ϵ -(γ -glutamil) lisin isopeptida yang menghasilkan penggabungan ikatan kovalen inter atau intramolekuler yang berikatan silang dengan protein makanan (Nielsen *et al.*, 1995).

F. Mekanisme Pembentukan Gel Surimi

Ada empat tipe ikatan utama yang berkontribusi terhadap pembentukan struktur jaringan selama proses gelasi dari pasta surimi yaitu ikatan garam, ikatan hidrogen, ikatan disulfida dan interaksi hidrofobik. Asam-asam amino tirosin, serin, hidroksiprolin dan treonin tergabung dalam grup hidroksil dan prolin serta hidroksiprolin yang tergabung dalam grup amino, keduanya bertindak sebagai donor dan akseptor proton, sedangkan glutamin dan asparagin yang keduanya mengandung grup karbonil bertindak sebagai akseptor proton. Ikatan

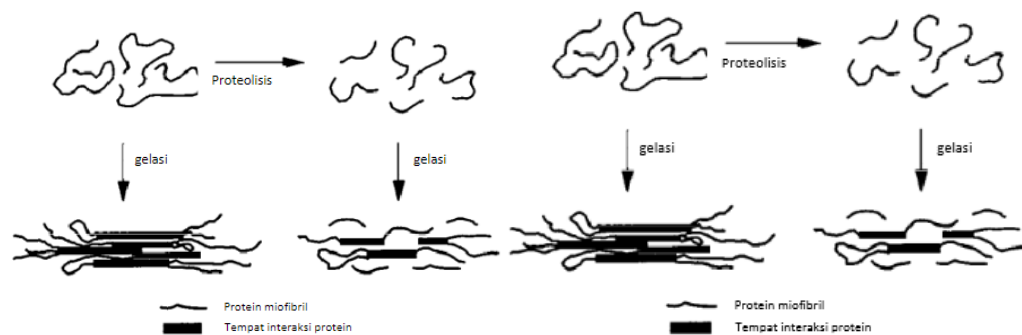
intermolekul hidrogen terbentuk diantara grup amino dan karbonil. Ikatan garam bertanggung jawab terhadap peningkatan energi yang memisahkan molekul air. Ikatan hidrogen akan melemah ketika dipanaskan (Niwa, 1992).

Menurut Hudson (1992), proses gelasi terbagi menjadi tiga bagian yang diawali dengan proses denaturasi protein utuh dari bentuk berlipat menjadi tidak berlipat. Tahap pertama adalah pembentukan turbiditas yang terjadi pada 3-10 menit pemanasan pertama. Pada tahap ini terjadi interaksi hidrofobik. Menurut Niwa (1992), ketika suhu naik, maka ikatan hidrogen menjadi tidak stabil dan interaksi hidrofobik akan berlangsung lebih kuat. Pembentukan interaksi hidrofobik diketahui sebagai akibat keberadaan beberapa poliol dan asam amino, seperti gliserin, sukrosa, sorbitol, asam glutamat dan lisin. Interaksi hidrofobik terjadi ketika tahap inkubasi surimi pada suhu mendekati 40 °C. Menurut Jaczynski dan Park (2004), interaksi hidrofobik berfungsi untuk melepaskan energi bebas yang dapat menstabilisasikan sistem protein.

Tahap kedua adalah oksidasi sulfhidril. Pada tahap ini pasta surimi akan mengeras, dimana ikatan intermolekul disulfida (SS) terbentuk melalui oksidasi dari dua residu sistein. Ikatan disulfida lebih intensif terjadi pada suhu pemanasan yang lebih tinggi (di atas 80 °C) (Niwa, 1992). Tahap ketiga adalah peningkatan elastisitas gel yang terjadi ketika pendinginan. Peningkatan elastisitas ini terjadi karena pembentukan ikatan hidrogen kembali yang menyebabkan peningkatan terhadap

kekerasan gel (Hudson, 1992). Apabila daging ikan mentah digiling dan dilakukan penambahan garam, maka miosin dan aktin akan larut dalam larutan garam, larutan yang keluar dari daging ikan akan membentuk sol yang sangat adhesif. Jika sol dipanaskan akan terbentuk gel dengan konstruksi jaringan seperti jala dan memberikan sifat elastis pada daging ikan. Daging ikan yang terkoagulasi karena panas ini disebut pasta ikan (kamoboko).

Pembentukan gel surimi dan proteolisis protein miofibril ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 7. Pembentukan Gel Surimi dan Proteolysis Protein Myofibril (Venugopal, 2005)