



**PROFIL MIKROKAPSUL ANTIOKSIDAN HIDROLISAT  
PROTEIN IKAN TAWES (*Barboymus gonionotus*) DENGAN  
PERBEDAAN KONSENTRASI MALTODEKSTRIN  
DAN METODE ENKAPSULASI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Kind Aisyah Amini**

**NIM 151710101117**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**PROFIL MIKROKAPSUL ANTIOKSIDAN HIDROLISAT  
PROTEIN IKAN TAWES (*Barboymus gonionotus*) DENGAN  
PERBEDAAN KONSENTRASI MALTODEKSTRIN  
DAN METODE ENKAPSULASI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Kind Aisyah Amini**

**NIM 151710101117**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**PROFIL MIKROKAPSUL ANTIOKSIDAN HIDROLISAT  
PROTEIN IKAN TAWES (*Barboymus gonionotus*) DENGAN  
PERBEDAAN KONSENTRASI MALTODEKSTRIN  
DAN METODE ENKAPSULASI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Jurusan Teknologi Hasil Pertanian dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh :

**Kind Aisyah Amini**

**NIM 151710101117**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**

## PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur yang tak terhingga penulis ucapkan kepada Allah SWT atas seluruh nikmat-Nya serta sholawat kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi suri taulada hingga akhir zaman, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini penulis persembahkan untuk :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah, kemudahan, dan kesabaran yang melimpah dalam melaksanakan penelitian ini;
2. Orang tuaku yang selalu disampingku memberikan semangat yang berkobar-kobar dan keikhlasan yang tak ada habisnya;
3. Kakakku Fina Asrinia, Agung Anca, Laksmi Ambarwati, dan Zaldi Ardianto yang selalu memberikan semangat setiap hari untuk segera menyelesaikan skripsi ini;
4. Keluargaku yang berada di Pandaan, Bandung, dan Jakarta yang selalu menyemangati dan memberikan nasehat-nasehat kehidupan untuk masa depanku kelak;
5. Semua guru saya mulai dari TK sampai dosen di perguruan tinggi yang terhormat, telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta membimbing dengan penuh kasih sayang dan kesabaran;
6. Jajaran Dekanat Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Teman-teman seperjuangan FTP khususnya anak didik Prof. Dr. Yuli Witono yaitu Seno Dwi Pratama, Dinda Aulia, Dzanil Yanuar, Yolla Leonanda, dan Kinanti yang selalu menemani dan membuat nyaman berada di Laboratorium;
8. Teman-teman THP C 2015 yang menemani saya dalam 4 tahun terakhir selama menuntut ilmu di FTP UNEJ;
9. Almamater tercinta, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

**MOTTO**

*“It’s okay if you get chocked up, nobody will blame you ..it’s okay to make a  
mistake now or then because everyone has done so, although word*

*“IT’s OKAY”*

*Are only comforting words...*



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Kind Aisyah Amini

NIM : 151710101117

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Profil Mikrokapsul Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) Dengan Perbedaan Konsentrasi Maltodekstrin dan Metode Enkapsulasi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya tiruan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juli 2019

Yang menyatakan.

Kind Aisyah Amini

NIM 151710101117

**SKRIPSI**

**PROFIL MIKROKAPSUL ANTIOKSIDAN HIDROLISAT PROTEIN  
IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) DENGAN PERBEDAAN  
KONSENTRASI MALTODEKSTRIN DAN METODE ENKAPSULASI**

Oleh

**Kind Aisyah Amini**

**151710101117**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : **Prof. Dr. Yuli Witono., S.TP., M.P**

Dosen Pembimbing Anggota : **Dr. Ir. Maryanto., M.Eng**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Profil Mikrokapsul Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) Dengan Perbedaan Konsentrasi Maltodekstrin dan Metode Enkapsulasi” karya Kind Aisyah Amini (151710101117), telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

**Prof. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P**

NIP 196912121998021001

**Dr. Ir. Maryanto, M.Eng**

NIP 195410101983031004

Tim Penguji

Penguji Utama

Penguji Anggota

**Dr. Triana Lindriati, S.T, M.P**

NIP 197804032003121003

**Dr. Maria Belgis, S.TP., M.P**

NIDN 0027127806

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

**Dr. Siswovo Soekarno, S.TP., M.Eng**

NIP 196809031994031009



## RINGKASAN

**“Profil Mikrokapsul Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) Dengan Perbedaan Konsentrasi Maltodekstrin dan Metode Enkapsulasi”**; Kind Aisyah Amini, 151710101117; 2019; 69 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian; Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat proses oksidasi radikal bebas. Hidrolisat protein ikan menunjukkan potensi sebagai antioksidan. Hidrolisat protein ikan merupakan produk yang dihasilkan dari proses penguraian protein menjadi peptida sederhana dan asam amino. Hidrolisat protein ikan dapat dimanfaatkan dalam industri pangan, salah satunya sebagai suplemen protein. Ikan tawes memiliki kadar protein yang cukup tinggi yaitu 18.1 % sehingga dapat dimanfaatkan sebagai produk hidrolisat ikan yang memiliki potensi sebagai antioksidatif bagi tubuh manusia. Namun, hidrolisat ikan memiliki kelemahan yaitu bersifat higroskopis dan tidak stabil terhadap lingkungan. Enkapsulasi dapat menjadi solusi untuk melindungi dari pengaruh luar. Maltodekstrin sering digunakan sebagai bahan penyalut karena memiliki sifat daya ikat yang kuat, daya larut yang tinggi, memiliki viskositas yang rendah dan harganya ekonomis. Metode enkapsulasi yang digunakan yaitu *freeze drying* dan *spray drying*. Namun, belum diketahui konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi yang tepat untuk menghasilkan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes dan untuk mengetahui mikrostruktur mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes berdasarkan metode enkapsulasi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari dua faktor yaitu konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi. Faktor konsentrasi maltodekstrin yaitu 5%, 7.5%, dan 10%. Faktor metode enkapsulasi terbagi menjadi dua yaitu metode *freeze drying*, dan *spray drying*.

Pengujian yang dilakukan adalah rendemen mikrokapsul, efisiensi enkapsulasi, kelembaban mikrokapsul, aktivitas antioksidan metode DPPH, aktivitas *Reducing Power*, dan morfologi mikrokapsul. Hasil pengamatan diolah menggunakan sidik ragam (ANOVA) Two Way. Apabila terdapat perbedaan atau pengaruh yang signifikan, maka akan dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DNMRT). Hasil data yang didapatkan diolah dengan program software SPSS dan akan disusun dalam bentuk grafik dan histogram.

Hasil penelitian menunjukkan penambahan konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi berpengaruh nyata terhadap rendemen, efisiensi enkapsulasi, kadar air, aktivitas antioksidan metode DPPH, dan aktivitas *Reducing Power* dan morfologi mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes. Mikrokapsul ini memiliki rendemen sekitar 1.896-7.81%, efisiensi enkapsulasi 65.464-75.581%, kadar air 4.6-6.103%, aktivitas antioksidan metode DPPH 8.671-20.226%, aktivitas *Reducing Power* 0.226-0.433. Metode *freeze drying* memiliki morfologi bentuk seperti kristal yang tidak teratur dengan tepi yang tajam, permukaan seperti kaca, dan memiliki tekstur yang rapuh. Sedangkan pada metode *spray drying* yaitu memiliki bentuk yang bulat, tidak beraturan, pecah, berkerut dan memiliki permukaan yang kasar.

## SUMMARY

**Microcapsule Profile of Tawes Fish Antioxidant Hydrolyzate (*Barbonymus gonionotus*) with Differences in Maltodextrin Concentration and Encapsulation Method;** Kind Aisyah Amini; 69 pages; Departement of Agricultural Product Technology, Faculty of Agriculture Technology University of Jember.

Antioxidants are compounds that able inhibit the oxidation process of free radicals. Hydrolyzate of fish protein shows potential as an antioxidant. Hydrolyzate fish protein is produced from the decomposition process of proteins into simple peptides and amino acids. Fish protein hydrolyzates can be utilized in the food industry, one of which is a protein supplement. Tawes has high protein content of 18.1% so that it is able to used as a product of fish hydrolyzate which has the potential as an antioxidant for human body. However, fish hydrolyzate has a disadvantage of being hygroscopic and unstable to the environment. Encapsulation can be a solution to protect from outside influences. Maltodextrin is often used as a coating material due to its strong binding properties, high solubility, low viscosity and economical price. The encapsulation method used are freeze-drying and spray drying. However the concentration of maltodextrin and the appropriate encapsulation method to produce the hydrolyzate protein microcapsules of Tawes fish is not yet known.

The purposes of this study were to determine the physical characteristics and antioxidant activities of Tawes protein hydrolyzate microcapsule as well as to find out microstructure of Tawes protein hydrolyzate microcapsules based on encapsulation method. This study used a Completely Randomized Design (CRD) consisting of two factors, namely maltodextrin concentration and encapsulation method. Maltodextrin concentration factors are 5%, 7.5%, and 10%. The encapsulation method factor is divided into two methods, namely freeze drying and spray drying methods.

Tests performed are microcapsule recovery, encapsulation efficiency, microcapsule moisture, antioxidant activity of DPPH method, antioxidant activity

of Reducing Power method, and morphology of microcapsules. The observations were processed using Variety (ANOVA) Two Way. If there are significant differences or influences, it will be continued with Duncan's Multiple Range Test (DNMRT). The results of the data obtained are processed with the SPSS software program and will be arranged in the form of graphs and histograms.

The results showed the addition of maltodextrin concentration and encapsulation method significantly affected the yield, encapsulation efficiency, humidity, antioxidant activity of the DPPH method, and antioxidant activity of the Reducing Power method and the morphology of the hydrolyzate protein microcapsules of Tawes fish. These microcapsules have a yield of around 1,896-7.81%, encapsulation efficiency 65,464-75,581%, water content 4.6-6.103%, antioxidant activity DPPH method 8,671-20,226%, activity Reducing Power 0.226-0.433. The freeze drying method has an irregular morphological shape with sharp edges, a glass-like surface, and has a brittle texture. While the spray drying method is having a round shape, irregular, broken, wrinkled and has a rough surface.

## PRAKATA

Puji syukur panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Profil Mikrokapsul Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) Dengan Perbedaan Konsentrasi Maltodekstrin dan Metode Enkapsulasi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan S1 (Strata Satu) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian. Dalam penyusunan skripsi ini penulis tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih pada :

1. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng, selaku dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Jayus, selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
3. Prof. Dr. Yuli Witono, S.TP., M.P, selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu dan pikiran dengan kesabaran guna memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses penelitian hingga penulisan skripsi;
4. Dr. Ir. Maryanto, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing akademik sekaligus Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dengan sabar dan memberikan pengarahkn dan bimbingan demi selesainya penelitian dan penulisan skripsi ini;
5. Seluruh karyawan teknisi mbk ketut, mas nugraha, mbk sari, pak mistar, dan mbk wim di Laboratorium Kimia dan Biokimia, Laboratorium Analisa Terpadu, dan Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Hasil Pertanian di Fakultas Teknologi Universitas Jember;
6. Kedua orang tua saya yang selalu membanggakan saya dan selalu memberikan arahan dalam mengerjakan penelitian hingga penulisan skripsi serta semangat dalam memberikan motivasi untuk lebih percaya diri dalam menuntut ilmu;

7. Kakak saya Fina Asrinia, Laksmi Ambarwati, Agung Anca, Zaldri Ardianto dan keponakan saya Enzo Fathian yang selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
8. Tim penelitian Seno Dwi Pratama, Dinda Aulia Rizky, Dzanil Yanuar, Kinanti Cahyaningati, dan Yolla Leonanda yang telah memberikan suasana kebersamaan dan keceriaan selama penelitian berlangsung;
9. Sahabat seperjuangan Octa, Nadhira, dan Ade yang selalu memberikan semangat;
10. Sahabat seperjuangan Novia Rossita, Ridzkia Anggia, Aqmarina, Hilda, Lutfi, Dewi, Nanda, Dewi, Dian, Ilham, Cahya, dan Helmi yang terus memberikan semangat untuk penulis;
11. Keluarga besar THP C 2015 serta pihak lain yang telah banyak membantu dan mendoakan agar skripsini ini terselesaikan dengan baik;
12. Teman-teman kos Mastrip 2 no 73 terutama Imania Zulfa, Kezia Ria, Anggi Garnasi, Shela Annisa, Erryska, Diah dan Aluf yang telah menemani, memberi dukungan moral dalam keadaan apapun;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih sangat banyak kekurangan dan sangat mengharap saran dan kritik yang bersifat memotivasi dari seluruh pihak dan dapat menambah wawasan serta bermanfaat untuk pembaca pada umumnya.

Jember, Juli 2019

Penulis

**DAFTAR ISI**

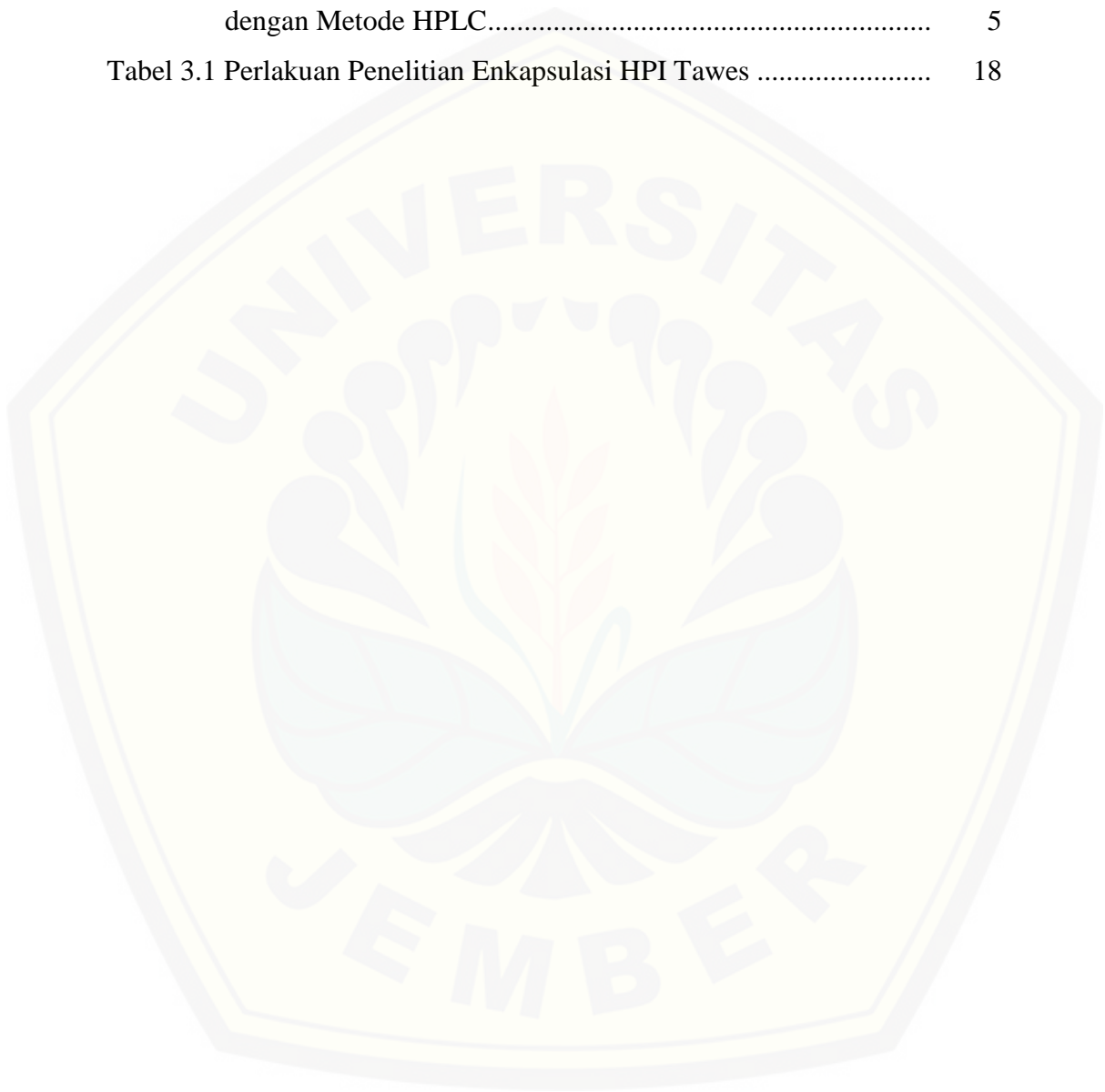
	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PESEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>viii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>x</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Magang Kerja .....	3
1.4 Manfaat Magang Kerja .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Karakteristik Ikan Tawes .....	4
2.2 Hidrolisis Protein .....	5
2.3 Hidrolisat Protein Ikan.....	7
2.4 Peptida yang Bersifat sebagai Antioksidan.....	8
2.5 Enkapsulasi .....	11
2.6 Metode Enkapsulasi .....	11
2.7 Maltodekstrin .....	15
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	17

3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	17
3.3 Prosedur Penelitian.....	18
3.4 Parameter Pengamatan .....	22
3.5 Prosedur Analisis.....	22
3.6 Analisa Data .....	25
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1 Rendemen Mikro kapsul .....	26
4.2 Efisiensi Enkapsulasi.....	28
4.3 Kadar Air Mikro kapsul .....	30
4.4 Aktivitas Antioksidan metode DPPH.....	32
4.5 Aktivitas <i>Reducing Power</i> .....	34
4.6 Morfologi Mikro kapsul .....	36
<b>BAB 5. PENUTUP.....</b>	<b>39</b>
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>50</b>



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Hasil Uji Profil Asam Amino pada Ikan Tawes dengan Metode HPLC.....	5
Tabel 3.1 Perlakuan Penelitian Enkapsulasi HPI Tawes .....	18

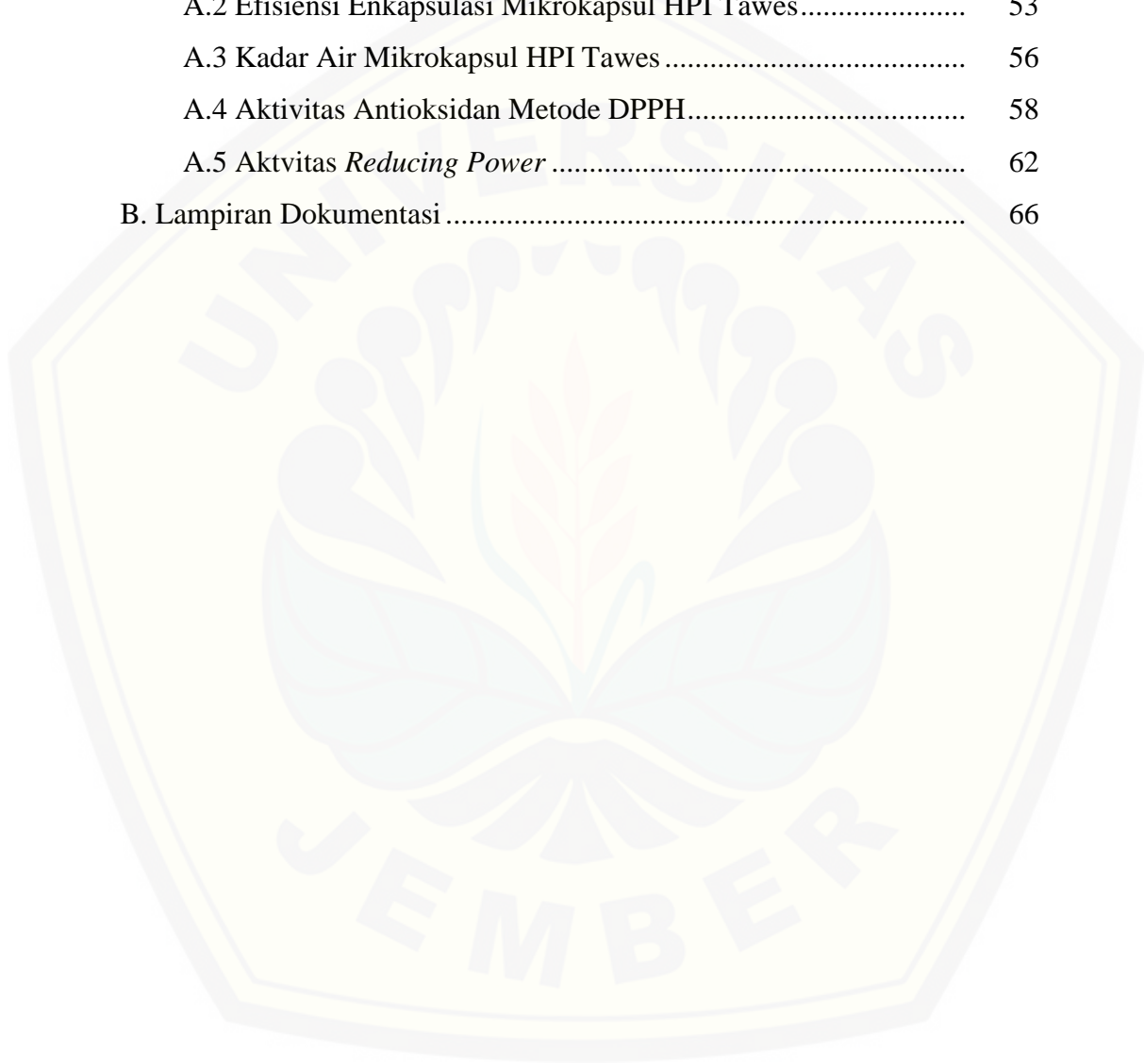


**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Ikan Tawes .....	4
Gambar 2.2 Proses Hidrolisis Secara Enzimatis .....	7
Gambar 2.3 Tahapan Pengeringan Pada <i>Spray Drying</i> .....	13
Gambar 2.4 Struktur Kimia Maltodekstrin .....	15
Gambar 3.1 Pembuatan Enzim Biduri dan Papain.....	19
Gambar 3.2 Pembuatan Hidrolisat Protein Ikan Tawes .....	20
Gambar 3.3 Pembuatan Mikrokapsul HPI Tawes Metode <i>Spray Drying</i>	21
Gambar 3.4 Pembuatan Mikrokapsul HPI Tawes Metode <i>Freeze Drying</i>	22
Gambar 4.1 Rendemen Mikrokapsul .....	26
Gambar 4.2 Efisiensi Enkapsulasi.....	28
Gambar 4.3 Kadar Air Mikrokapsul .....	30
Gambar 4.4 Persen Penghambatan Antioksidan Mikrokapsul.....	33
Gambar 4.5 Nilai <i>Reducing Power</i> .....	35
Gambar 4.6 Morfologi Mikrokapsul dengan Metode <i>Freeze Drying</i> .....	36
Gambar 4.7 Morfologi Mikrokapsul dengan Metode <i>Spray Drying</i> .....	37

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Lampiran Data Hasil Analisis	
A.1 Rendemen Mikrokapsul HPI Tawes .....	50
A.2 Efisiensi Enkapsulasi Mikrokapsul HPI Tawes.....	53
A.3 Kadar Air Mikrokapsul HPI Tawes .....	56
A.4 Aktivitas Antioksidan Metode DPPH.....	58
A.5 Aktvitas <i>Reducing Power</i> .....	62
B. Lampiran Dokumentasi .....	66



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat proses oksidasi radikal bebas (Nimse dan Pal, 2015). Konsumsi antioksidan dapat menurunkan terjadinya penyakit degeneratif, misalnya kardiovaskular, kanker, aterosklerosis, dan osteoporosis (Bhaigyabati *et al.*, 2011). Jenis antioksidan terdiri dari dua, yaitu antioksidan alami dan antioksidan sintetis (Cahyadi, 2006). Antioksidan alami banyak terdapat pada tumbuh-tumbuhan, sayur-sayuran, dan buah-buahan (Winarsih, 2007), sedangkan yang termasuk dalam antioksidan sintetis yaitu butil hidroksilanasol (BHA), butil hidroksitoluen (BHT), propilgallat, dan etoksiquin (Cahyadi, 2006).

Antioksidan terdapat secara alami pada hampir semua bahan pangan, baik dari daratan maupun perairan. Hidrolisat protein ikan menunjukkan potensi sebagai antioksidan melalui kemampuannya dalam memerangkap radikal bebas (*free radical scavenging*), donor proton, dan pengikat ion logam (Samaranayaka dan Li-Chan, 2011). Hidrolisat protein ikan merupakan produk yang dihasilkan dari penguraian protein ikan menjadi peptida sederhana dan asam amino melalui proses hidrolisis oleh enzim, asam, atau basa. Hidrolisis enzimatis merupakan metode paling aman dan lebih menguntungkan, karena metode ini menghasilkan asam-asam amino bebas dan peptida dengan rantai pendek (Kristinsson, 2007). Hidrolisat protein ikan dapat diaplikasikan pada industri pangan seperti sebagai bahan pembentuk tekstur (Hall *et al.*, 1992), *flavor enhancer*, bahan pengganti susu, dan sebagai suplemen protein (Kristinsson dan Rasco, 2000).

Komoditi hasil perikanan air tawar mempunyai potensi yang menguntungkan diantaranya adalah ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*). Pada tahun 2015 data produksi ikan tawes mencapai 7.863 ton (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2015). Ikan tawes merupakan ikan yang tergolong inferior karena memiliki nilai ekonomis yang rendah. Menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1995), protein yang terkandung pada ikan tawes mencapai 18,1%. Kadar protein yang tinggi tersebut dapat meningkatkan nilai ekonomis dan nilai guna ikan tawes dalam segi

pangan fungsional dengan memanfaatkannya sebagai produk hidrolisat protein (Je *et al.*, 2008). Berdasarkan penelitian Diamonda (2018), aktivitas antioksidan hidrolisat protein ikan tawes menghasilkan  $IC_{50}$  sebesar 3001,10 ppm sehingga memiliki potensi sebagai antioksidatif pada tubuh manusia.

Hidrolisat protein ikan tawes memiliki kelemahan yaitu memiliki sifat higroskopis dan tidak stabil dalam keadaan lingkungan (Annisa *et al.*, 2017). Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk melindungi HPI tawes dari kerusakan akibat lingkungan yaitu enkapsulasi (Munin *et al.*, 2011). Enkapsulasi merupakan metode untuk membungkus bahan inti dengan menggunakan bahan penyalut sehingga bahan inti terlindungi dari pengaruh luar. Terdapat beberapa jenis bahan penyalut yang digunakan, salah satunya adalah maltodekstrin. Maltodekstrin merupakan polimer alami hasil hidolisis  $\alpha$ -amilase dengan nilai DE (*Dextrose Equivalent*) kurang dari 20 (Hofman *et al.*, 2016). Kelebihan dari maltodekstrin adalah memiliki viskositas yang rendah dalam rasio yang banyak, daya larut yang tinggi, tidak memiliki rasa (Apintanapong *et al.*, 2003), bersifat higroskopis (Anam *et al.*, 2014), harganya ekonomis, memiliki sifat *browning* yang rendah, dan daya ikat yang kuat (Pentury *et al.*, 2013). Akan tetapi memiliki sifat emulsifier yang kurang baik. Maltodekstrin yang ditambahkan akan menjadi mikroenkapsulat yang berfungsi sebagai lapisan pelindung dan dinding luar dari bahan yang akan dienkapsulasi.

Metode enkapsulasi yang digunakan yaitu *freeze drying* dan *spray drying*. Metode *freeze drying* menghasilkan mutu hasil pengeringan lebih baik dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya, mempunyai struktur yang tidak mengkerut (Liapis *et al.*, 1995), menghasilkan kerusakan pada peptida lebih kecil dibandingkan menggunakan *spray drying* (Elavarasan *et al.*, 2015), akan tetapi memerlukan biaya yang relatif tinggi. Kelebihan dari *spray drying* antara lain yaitu kapasitas pengeringannya besar, dan proses pengeringannya terjadi dalam waktu yang cepat, cocok untuk produk yang tidak tahan panas, dan memproduksi partikel kering dengan ukuran, bentuk, kandungan air yang dapat dikontrol sesuai yang diinginkan. Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang

pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi pada mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Hidrolisat protein ikan tawes memiliki potensi besar dalam pengembangannya sebagai sumber senyawa antioksidan alami dan memiliki sifat fungsional yang bermanfaat bagi manusia. Namun, hidrolisat protein ikan tawes memiliki kelemahan yaitu memiliki sifat higroskopis dan juga tidak stabil terhadap keadaan lingkungan. Enkapsulasi merupakan suatu proses pembungkusan (coating) suatu bahan inti agar tetap stabil dan tidak mudah rusak pada keadaan lingkungan. Bahan inti akan mengalami perubahan stabilitas zat aktif selama proses enkapsulasi sehingga perlu dilakukan pengujian. Enkapsulasi hidrolisat protein ikan tawes masih belum diketahui konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi yang sesuai untuk mempertahankan stabilitas dari zat aktif.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes berdasarkan konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi.
2. Mengetahui morfologi mikrostruktur mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes berdasarkan metode enkapsulasi.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan nilai guna ikan tawes yang belum termanfaatkan secara optimal.
2. Memperoleh produk mikrokapsul antioksidan hidrolisat protein ikan tawes.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Ikan tawes merupakan ikan yang banyak ditemukan di Indonesia terutama di perairan pulau Jawa seperti rawa, danau, dan sungai yang jernih dengan kisaran suhu antara 22° -28°C dan pH perairan berkisar antara 7. Ikan tawes merupakan ikan yang mempunyai bentuk badan agak panjang kurang lebih 7-15 cm dan pipih dengan punggung meninggi. Menurut Kottelat *et al.* (1993), ikan tawes mempunyai mulut yang kecil terletak pada ujung hidung, memiliki garis rusak sempurna yang berjumlah antara 29-31 buah. Badan ikan tawes berwarna keperakan agak gelap dibagian punggung. Sirip punggung dan sirip ekor ikan tawes berwarna abu-abu atau kekuningan. Gambar ikan tawes dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*)

Ikan tawes termasuk ke dalam famili *Cyprinidae*. Menurut Nelson (2006) klasifikasi ikan tawes adalah sebagai berikut.

Kingdom	: <i>Animalia</i>
Filum	: <i>Chordata</i>
Kelas	: <i>Actinopterygi</i>
Subkelas	: <i>Neopterygi</i>
Divisi	: <i>Teleostei</i>
Subdivisi	: <i>Ostarioclopeomorpha (Otocephala)</i>
Ordo	: <i>Cypriniformes</i>
Famili	: <i>Cyprinidae</i>
Genus	: <i>Barbonymus</i>
Spesies	: <i>Barbonymus gonionotus</i>

Ikan tawes mempunyai tekstur yang kenyal, sedikit lemak, dan bergizi tinggi. Ikan tawes memiliki nilai protein sebesar 18,1% (Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 1995). Pada uji komposisi asam amino yang telah dilakukan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1995), ikan tawes memiliki 18 jenis asam amino yang merupakan hasil pengujian profil asam amino dari metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Berikut merupakan komposisi asam amino dari ikan tawes.

Tabel 2.1. Hasil Uji Profil Asam Amino pada Ikan Tawes dengan Metode HPLC  
(*High Performance Liquid Chromatography*)

Komponen Asam Amino	Presentase (%)
<b>Asam amino esensial</b>	
Isoleusin	0,780
Leusin	1,334
Lisin	1,562
Metionin	0,664
Sistein	0,104
Fenilalanin	0,856
Tirosin	0,782
Treonin	0,750
Triptofan	0,126
Valin	0,822
<b>Asan amino non-esensial</b>	
Arginin	1,106
Histidin	0,591
Alanin	1,034
Asam Aspartat	1,853
Asam Glutamat	3,026
Glisin	0,837
Prolin	0,578
Serin	0,881

Sumber : Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1995).

## 2.2 Hidrolisis Protein

Protein adalah suatu zat makanan yang berfungsi sebagai bahan bakar, zat pembangun, dan pengatur dalam tubuh. Menurut Suhartono (1989), protein mempunyai struktur yang mengandung N, C, H, O, kadang mengandung S, P, dan Fe. Molekul protein tersusun dari sejumlah asam amino yang saling berikatan oleh suatu ikatan yang dinamakan peptida. Asam Amino dan peptida dapat dihasilkan dengan cara menghidrolisis protein. Hidrolisis merupakan proses pemecahan



suatu molekul menjadi senyawa-senyawa-senyawa yang lebih sederhana dengan bantuan molekul air. Menurut Zavareza *et al.* (2014), hidrolisis protein adalah suatu proses pecahnya atau terputusnya ikatan peptida dari protein menjadi molekul yang lebih sederhana. Hidrolisis ikatan peptida akan menyebabkan beberapa perubahan pada protein, yaitu meningkatkan kelarutan karena kandungan  $\text{NH}_3^+$  dan  $\text{COO}^-$  serta berkurangnya berat molekul protein atau polipeptida, risaknya struktur globular protein. Ketika protein mengalami hidrolisis, maka terjadi pembentukan peptida-peptida rantai pendek dan asam-asam amino serta lepasnya komponen *flavor* non protein dari bahan baku (Winarno, 1993).

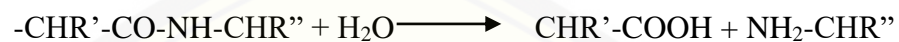
Produk hasil hidrolisis berperan penting dalam fortifikasi makanan dan minuman untuk memperkaya protein dan nilai gizi makanan. Menurut Salamah *et al.* (2011), hidrolisis protein akan menghasilkan peptida sederhana maupun asam amino melalui proses penguraian yang dapat dilakukan secara enzimatik maupun khemis. Pada pembuatan hidrolisat protein secara enzimatik dibutuhkan enzim yang berfungsi sebagai biokatalis dalam sel hidup. Enzim yang dapat digunakan untuk hidrolisis protein adalah enzim proteolitik. Dimana enzim ini dapat membantu pemutusan ikatan peptida pada rantai protein dan dapat meningkatkan kadar protein terlarut.

Hidrolisis secara kimia dapat dilakukan dengan menggunakan asam atau alkali. Hidrolisis asam dapat dilakukan dengan menggunakan asam anorganik kuat seperti HCl dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sedangkan hidrolisis basa dilakukan menggunakan bahan kimia antara lain NaOH dan KOH. Hidrolisis protein secara asam memiliki efek samping yaitu rusaknya beberapa asam amino seperti triptofan, dan threonin, sedangkan pada proses hidrolisis menggunakan metode basa mengakibatkan asam amino serin dan threonin akan rusak (Girindra, 1993).

Hidrolisis menggunakan enzim proteolitik lebih efisien dan menguntungkan daripada hidrolisis secara khemis. Menurut Giyatmi (2001), kemampuan enzim dalam menghidrolisis protein dapat menghasilkan produk hidrolisat yang terhindar dari perubahan dan kerusakan produk. Selain itu, peptida dengan rantai pendek yang dihasilkan lebih bervariasi, reaksi dapat dipercepat

kira-kira  $10^{12}$  sampai  $10^{20}$ , tingkat kehilangan asam amino esensial lebih rendah, biaya produksi relatif lebih murah, dan menghasilkan komposisi asam amino tertentu terutama peptida rantai pendek (dipeptida dan tripeptida) yang mudah diabsorpsi oleh tubuh. Reaksi hidrolisis protein secara enzimatik dapat dilihat pada Gambar 2.2.

1. Enzim membuka ikatan peptida:



2. Proton mengalami pertukaran



Gambar 2.2. Proses hidrolisis protein secara enzimatik (Peterson, 1981)

Menurut Hidayat (2005), hidrolisis protein dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi bahan penghidrolisis, suhu, waktu, pH, dan perbandingan asam dengan protein. Peningkatan konsentrasi enzim akan meningkatkan volume hidrolisat protein ikan yang bersifat tak larut menjadi senyawa nitrogen yang bersifat larut.

### 2.3 Hidrolisat Protein Ikan

Hidrolisat protein merupakan produk yang dihasilkan dari penguraian protein menjadi senyawa-senyawa berantai pendek karena adanya proses hidrolisis baik oleh enzim, asam, maupun basa (Pigot *et al.*, 1990). Menurut Kritinsson dalam Nurhayati (2007), reaksi hidrolisis akan menghasilkan hidrolisat protein yang berkualitas karena pH, kondisi suhu, dan waktu hidrolisis yang terkontrol. Proses hidrolisis yang sempurna akan diperoleh hidrolisat yang terdiri dari campuran 18 sampai 20 macam asam amino (Damodaran, 1996). Produk akhir yang dihasilkan dapat berbentuk cair, pasta, atau bubuk yang bersifat higroskopis.

Hidrolisat protein ikan pada industri pangan dapat ditambahkan ke dalam suplemen makanan diet (Nesse *et al.*, 2014), serta dapat ditambahkan ke dalam formula produk makanan sebagai penambah cita rasa, sumber protein dan asam amino. Hidrolisat protein ikan dengan kualitas di bawah kualitas pangan dapat

dimanfaatkan sebagai sumber protein pada pakan, sumber nitrogen pada pupuk tanaman, dan media tumbuh bakteri (Salamah *et al.*, 2011). Dalam bidang farmasi hidrolisat protein ikan dapat digunakan dalam pembuatan produk-produk dermatologis, seperti krim pembersih muka dan krim pelembab kulit (Pigot dan Trucker, 1990).

Secara fungsional hidrolisat protein ikan dapat digunakan sebagai bahan pengemulsi (Kristinsson, 2007). Menurut Fox *et al.* (1991), produk hidrolisat mempunyai kelarutan pada air yang tinggi, kapasitas emulsinya baik, kemampuan mengembang besar, dan mudah diserap oleh tubuh. Hidrolisat protein ikan memiliki potensi yang baik untuk dijadikan sebagai sumber komponen peptida biaktif yang belum banyak dikembangkan. Menurut Dong *et al.* (2008), hidrolisat protein ikan memiliki aktivitas menangkap radikal bebas, menghambat peroksidasi lipid, dan antioksidan. Hidrolisat protein ikan memiliki indikasi untuk menurunkan tekanan darah tinggi, mengurangi stress, dan membantu penyembuhan pasien yang menderita gangguan pada sistem pencernaan (Kristinsson, 2007).

#### **2.4 Peptida yang Bersifat sebagai Antioksidan**

Antioksidan merupakan senyawa-senyawa yang dapat meredam reaktivitas radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai yang dapat merusak makromolekul dalam tubuh (Oroian dan Escriche, 2015). Menurut Winarsi (2007), senyawa antioksidan yang memiliki berat molekul kecil mempunyai kemampuan melepas atom hidrogen dan menurunkan reaktivitas radikal. Antioksidan secara alami sudah diproduksi oleh tubuh, seperti enzim superoksida dismutase atau SOD, katalase, dan glutathion peroksidase, serta senyawa lain seperti albumin, flavonoid, seruloplasmin, dan bilirubin (Winarsi, 2007). Antioksidan yang dihasilkan oleh tubuh mempunyai jumlah yang terbatas sehingga diperlukan adanya asupan antioksidan yang berasal dari luar tubuh.

Menurut Okawa *et al.* (2001), mekanisme kerja antioksidan memiliki dua fungsi. Fungsi utama yaitu sebagai pemberi atom hidrogen. Antioksidan disingkat (AH) mempunyai fungsi utama yang sering disebut sebagai antioksidan primer.

Senyawa ini dapat memberikan atom hidrogen secara cepat ke radikal lipida ( $R^*$ ,  $ROO^*$ ) atau mengubahnya ke bentuk yang lebih stabil. Turunan radikal antioksidan ( $A^*$ ) memiliki keadaan lebih stabil dibandingkan radikal bebas. Fungsi kedua sering atau yang sering disebut fungsi sekunder yaitu memperlambat laju autooksidasi dengan berbagai mekanisme diluar mekanisme pemuruts rantai autooksidasi dengan pengubaha radikal bebas kebentuk yang lebih stabil.

Menurut Miller *et al.* (2000), pengukuran aktivitas antioksidan yang sering digunakan yaitu DPPH dan uji aktivitas kemampuan mereduksi. Metode DPPH merupakan metode aktivitas antioksidan yang sederhana dengan menggunakan 1,1-diphenyl-1-2 picrylhydrazil (DPPH) sebagai senyawa pendeteksi (Mailandari, 2012). DPPH merupakan senyawa radikal bebas yang stabil yang dapat bereaksi dengan atom hidrogen yang berasal dari suatu antioksidan membentuk DPPH tereduksi (Simanjuntak *et al.*, 2004). Antioksidan akan mendonorkan atom hidrogennya kepada radikal DPPH untuk melengkapi kekurangan elektron dan membentuk radikal antioksidan yang lebih stabil (Prakash, 2001). Reaksi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan warna DPPH yang semula ungu menjadi DPPH-H berwarna kuning. Pengukuran aktivitas antioksidan dengan metode DPPH menggunakan spektrofotometer sinar tampak pada panjang gelombang 517 nm. Menurut Underwood *et al.* (1986), panjang gelombang dengan kisaran 500-600 nm dapat menyerap warna hijau dari warna komplementer ungu. Parameter yang digunakan untuk menginterpretasi hasil uji DPPH diantaranya adalah  $IC_{50}$ . Nilai  $IC_{50}$  merupakan konsentrasi ekstrak yang dapat menyebabkan penurunan aktivitas DPPH sebanyak 50% yang dilihat dari pengurangan warna ungu (Molyneux, 2004). Menurut Blois (1958), semakin tinggi aktivitas antioksidan, maka nilai  $IC_{50}$  semakin kecil.

Peptida merupakan fragmen pecahan dari protein yang terbentuk dari dua atau lebih asam amino. Peptida bioaktif memiliki urutan komposisi asam amino yang pasti dengan protein aslinya sendiri tidak memiliki keaktifan biologis, memiliki berat molekul yang rendah, dan bersifat hidrofobik (Mine *et al.*, 2006). Selama proses hidrolisis di dalam saluran pencernaan, peptida dapat dilepaskan

dari protein, kemudian dapat bekerja di dalam tubuh sebagai senyawa regulator yang aktifitasnya menyerupai hormon.

Beberapa penelitian tentang pencernaan secara *in vitro* membuktikan bahwa peptida yang dihasilkan dari protein makanan tertentu oleh enzim pencernaan manusia memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Peptida ini dapat menghambat peroksidasi lipid dan menetralkan hidroksil dan radikal superoksida. Peptida yang memiliki sifat sebagai antioksidan mampu bertindak sebagai pengikat radikal bebas, donor proton, dan menghambat pengikatan ion logam (Xiong, 2010). Antioksidan didefinisikan sebagai substansi yang dapat teroksidasi dan dapat menghambat oksidasi substrat. Oksidasi dalam tubuh diantaranya menghasilkan *reactive oxygen species* (ROS) yang dapat menyerang makromolekul seperti lipida membran, protein dan DNA yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti hipertensi (Greig *et al.*, 2010), penyakit neurdegeneratif (Walton *et al.*, 2012) dan inflamasi (Mittal *et al.*, 2014). Peptida yang bersifat sebagai antioksidan umumnya terdiri dari 5-11 residu asam amino, dan urutan asam amino menjadi faktor penentu keberhasilan antioksidan peptida. Menurut Je *et al.* (2008), hidrolisat protein ikan telah terbukti memiliki aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan dari hidrolisat protein tergantung pada jenis peptida dalam hidrolisat.

Menurut Pownall *et al.* (2010), aktivitas antioksidan lebih berhubungan dengan kandungan total asam amino daripada ukuran peptida dan komposisi asam amino aromatic juga menjadi penentu aktivitas antioksidan (Udenigwe dan Aluko, 2011). Beberapa asam amino yakni metionin, sistein, dan aromatik seperti tirosin, histidin, fenilalanin, dan triptofan memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam amino yang lain. Aktivitas antioksidan terhadap radikal superoksida menunjukkan aktivitas yang tinggi pada lisin dan leusin (Berlett dan Levine, 2014). Asam amino yang bermuatan positif dapat menurunkan aktivitas antioksidan pada uji Fe *reducing power*, DPPH, dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Udenigwe dan Aluko, 2011).

## 2.5 Enkapsulasi

Enkapsulasi merupakan suatu proses atau teknik penyalutan partikel inti suatu bahan baik yang berupa senyawa aktif padat, cair, gas, maupun sel dengan suatu bahan pelindung tertentu sehingga partikel-partikel inti tersebut mempunyai sifat fisik dan kimia sesuai yang dikehendaki (Ansel, 2007). Bahan yang disalut tersebut umumnya disebut sebagai bahan-bahan inti atau bahan aktif dan struktur yang menyelimuti bahan inti disebut sebagai dinding, membran, atau kapsul yang berguna melindungi inti dari kerusakan ataupun pelepasan inti dari penyalut (Kailasapathy, 2002). Kapsul merupakan bahan semipermeabel, tipis, berbentuk bulat dan kuat (Anal dan Singh, 2007).

Menurut King (1995), ukuran bahan enkapsulasi terbagi atas makrokapsul, mikrokapsul, dan nanokapsul. Ukuran partikel  $>5000 \mu\text{m}$  disebut makrokapsul, ukuran partikel antara 0,2 sampai 5000  $\mu\text{m}$  disebut mikrokapsul, dan apabila ukuran partikel kurang dari 0,2  $\mu\text{m}$  disebut nanokapsul. Struktur dan ukuran mikrokapsul yang dihasilkan tergantung dari teknik pengapsulnya, jenis polimer yang digunakan, dan jenis bahan inti yang dikapsulkan (Jackson dan Lee, 1991).

Teknologi enkapsulasi telah dikembangkan dalam industri obat-obatan maupun industri makanan (Nedovic *et al.*, 2011). Enkapsulasi banyak digunakan untuk mempertahankan flavour, asam, lipid, enzim, mikroorganisme, pemanis buatan, vitamin, mineral, air, bahan pengembang, pewarna, dan garam (Risch, 1995). Enkapsulasi juga digunakan untuk menstabilkan bahan inti, mengendalikan reaksi oksidatif, untuk mengontrol terlepasnya inti, memperpanjang umur simpan, memberikan perlindungan untuk *essence*, serta meningkatkan kualitas partikel (Adhitiyawarman dan Kawur, 2008).

## 2.6 Metode Enkapsulasi

### 2.7.1 *Spray Drying*

*Spray drying* merupakan salah satu metode pengeringan, yang cepat dengan waktu yang singkat untuk larutan, suspensi, maupun dispersan untuk menghasilkan serbuk dan granular (Nandiyanto *et al.*, 2011). Menurut Dubey *et*

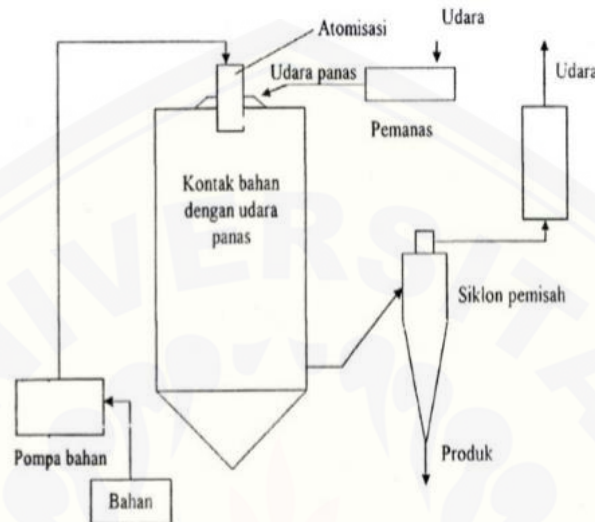
al. (2009), *spray drying* adalah proses transformasi suatu bahan dari wujud cair menjadi bentuk kering dalam suatu proses yang kontinyu.

Prinsip kerja *spray drying* adalah memperluas permukaan cairan yang akan dikeringkan dengan cara pembentukan droplet yang selanjutnya dikontakkan dengan udara pengering yang panas. Udara panas akan memberikan energy untuk penguapan dan menyerap uap air yang keluar dari bahan (Maharani, 2012). Proses pengeringan dengan menggunakan *spray drying* cocok digunakan untuk produk pangan yang memiliki kadar air yang tinggi. Pada *spray drying*, bahan dapat berbentuk cairan, puree, atau pasta, sedangkan produk kering yang dihasilkan dapat berupa bubuk, butiran atau gumpalan (Mujumdar, 1995). Hal tersebut tergantung dari sifat fisik dan kimia bahan yang dikeringkan, kondisi pengering, dan disain *spray drying* yang digunakan (Masters, 1979).

Proses yang terjadi di dalam *spray dryer* yaitu automisasi atau penyemprotan bahan melalui penyemprot (*atomizer*), kontak antara bahan dengan udara pengering, evaporasi, dan pemisahan partikel kering dan udara. Evaporasi terjadi karena adanya kontak antara bahan basah dengan udara pengering, sehingga terjadi transfer panas dari udara pengering ke bahan basah dan air yang terdapat pada bahan tersebut akan mengalami penguapan. Kecepatan penguapan dapat dipengaruhi oleh suhu *inlet*, suhu *outlet*, total padatan bahan dan suhu bahan. Semakin tinggi suhu *inlet*, maka jumlah panas yang dibutuhkan untuk menguapkan bahan akan semakin sedikit sehingga kecepatan penguapan meningkat. Kecepatan penguapan juga akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya total padatan dan suhu awal bahan. Menurut Spicer (1974), kecepatan penguapan berpengaruh terhadap keadaan suhu produk akhir, apabila kecepatan penguapan semakin cepat maka produk yang dihasilkan akan semakin rendah suhunya. Pengeringan dilakukan dengan cara mengatur suhu *inlet* 140-180°C, suhu *outlet* 80-120°, dan kecepatan pompa 40 rpm.

Suhu pengeringan tergantung dari produk yang dikeringkan. Suhu pengeringan dapat mempengaruhi struktur mikrokapsul. Ketidaksesuaian antara bahan pengkapsul dan suhu pengeringan dapat mengakibatkan adanya retakan pada dinding kapsul yang dapat mengakibatkan kebocoran atau terjadinya efek

dan menurunkan retensi bahan aktif tergantung dari produk yang dikeringkan (Yuliani *et al.*, 2007). Tahapan pengeringan yang terjadi pada *spray drying* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Tahapan Pengeringan pada *Spray Dryer* (Heldman *et al.*, 2001).

Pengeringan bahan pangan dengan menggunakan *spray drying* dinilai lebih efisien dan ekonomis dibandingkan dengan metode lain. Keuntungan menggunakan *spray drying* adalah kelarutan bahan kering yang dihasilkan sangat baik tanpa bersentuhan dengan plat logam, perubahan flavor tidak begitu nyata, ukuran partikel yang dihasilkan halus sehingga mudah terdispersi dalam air, kontak dengan panas yang amat singkat, dan pengoperasian yang mudah (Hall, 1979).

### 2.7.2 Freeze Drying

*Freeze drying* atau pengeringan beku merupakan proses pengeringan di mana air atau pelarut mengalami kristalisasi dan sublimasi pada temperature yang rendah (Oetjen & Haseley, 2008). Menurut Zuidam, N.J dan Nedovic V.A (2010), *freeze drying* adalah suatu sistem yang menggunakan vakum tekanan tinggi untuk memungkinkan terciptanya suatu keadaan dan tekanan sehingga sifat fisik suatu substrat bahan pangan dapat diatur pada titik kritis yang memungkinkan berhasilnya proses pengeringan. Prinsip dari metode *freeze drying* adalah



pengeringan suspensi sel dari fase cair dengan cara sublimasi melalui proses pembekuan terlebih dahulu.

Proses *freeze drying* terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama adalah pembekuan. Pembekuan memiliki pengaruh yang penting terhadap bentuk, ukuran, dan proses pengeringan serta struktur akhir dari produk. Tahap kedua, yaitu proses pengeringan primer melalui proses sublimasi pada suhu rendah, sehingga menyebabkan sebagian besar air tertarik dari suspensi beku sel. Pada pengeringan primer, 90% dari total air dalam produk terutama semua air bebas dan beberapa air terikat dihilangkan dengan cara sublimasi. Produk beku dikeringkan dibawah kondisi vakum untuk menghilangkan air beku oleh sublimasi. Air yang tidak beku saat pengeringan primer dihilangkan dengan cara desorbasi dari lapisan kering produk, sehingga didapat produk yang mengandung air kurang dari 1-3% (Barbosa-Canovas & Vega-Mercado, 1996). Tahap ketiga, yaitu proses pengeringan sekunder pada suhu yang lebih tinggi dengan tujuan mengeringkan sisa air (Matejtschuk, 2007).

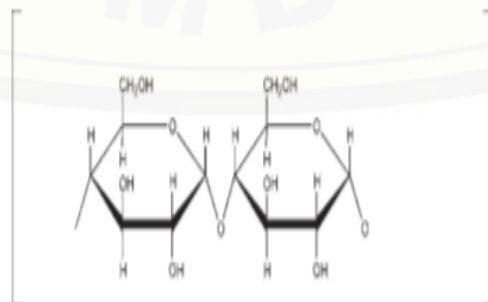
Penggunaan *freeze drying* telah banyak diaplikasikan ke dalam pengeringan produk pangan. Pengeringan dengan menggunakan metode ini lebih aman terhadap resiko terjadinya degradasi senyawa dalam ekstrak. Hal ini kemungkinan terjadi karena suhu yang digunakan untuk mengeringkan ekstrak cukup rendah. Menurut Lestari (2012), pengeringan beku dapat menyisakan kadar air hingga 1%, sehingga produk bahan alam yang dikeringkan menjadi lebih stabil dan sangat memenuhi syarat untuk pembuatan sediaan farmasi dari bahan alam yang kadarnya harus kurang dari 10%. Berdasarkan hal tersebut, bahan pangan yang telah di *freeze drying* akan menjadi tahan lama karena metode ini menghilangkan kandungan air dalam bahan pangan, sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerusakan bahan pangan oleh mikroorganisme dan enzim. Selain itu, *freeze drying* juga dapat mengurangi berat total bahan pangan sehingga akan memudahkan dalam proses transportasi.

Menurut Liapis *et al.* (1995), metode *freeze drying* memiliki kelebihan yaitu menghasilkan mutu hasil pengeringan yang lebih baik dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya, mempunyai struktur yang tidak mengkerut, retensi

flavor tinggi karena pengeringan berlangsung pada suhu rendah. Namun *freeze drying* memiliki kelemahan yaitu memerlukan biaya yang tinggi karena rendahnya laju pengeringan, teknik pengerjaan yang kompleks, waktu pengerjaan lama, dan metode ini tidak dapat digunakan untuk mempreservasi mikroorganisme yang tidak tahan terhadap suhu rendah (Bjerketorp *et al.*, 2006).

## 2.7 Maltodekstrin

Maltodekstrin  $(C_6H_{12}O_5)_nH_2O$  merupakan produk hidrolisat pati (polimer sakarida tidak manis) dengan panjang rata-rata 5-10 unit/molekul glukosa. Polisakarida ini secara teori diproduksi dengan menggunakan hidrolisis terkontrol melalui enzim ( $\alpha$ -amilase) atau asam (Desmawarni, 2007). Maltodekstrin tidak memiliki kemampuan sebenarnya dalam emulsifikasi (lipofil atau hidrofil). Maltodekstrin tersusun dari unit glukosa, dan tidak efektif untuk menstabilkan minyak atau *flavor* dalam larutan berviskositas. Maltodekstrin atau pati termodifikasi memiliki DE (*dekstrosa equivalen*) yang rendah yaitu kurang dari 20 (Hofman *et al.*, 2016). Nilai DE memberi gambaran tentang kandungan gula pereduksi. Pada hidrolisis sempurna (pati seluruhnya dikonversikan menjadi dextrose), nilai DE-nya 100 sedangkan pati yang sama sekali tidak terhidrolisis nilai DE-nya yaitu 0. Nilai DE dari maltodekstrin berkisar antara 3-20, dimana maltodekstrin dengan nilai DE yang rendah menunjukkan kecenderungan rendahnya penyerapan air. Maltodekstrin dengan nilai DE tinggi cenderung menyerap air (higroskopis) (Aisyah, 2016). Struktur kimia maltodekstrin dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Struktur Kimia Maltodekstrin (Rowe *et al.*, 2009)

Maltodekstrin memiliki berbagai segi fungsi yaitu mencakup pembesaran dan sifat-sifat pembentukan film, kemampuan pengikat rasa dan lemak, serta *permeability* oksigen pada matriks dinding (Bae dan Lee, 2008). Menurut Wilson dan Shah (2007); Aakash *et al* (2014), maltodekstrin dapat mengurangi reaktifitas bahan inti dengan lingkungan, *controlled release* yang cocok untuk bahan inti obat-obatan, dapat meningkatkan proses dan tekstur, maltodekstrin juga dapat memperkuat kelarutan. Maltodekstrin memiliki sifat higroskopis (Anam *et al.*, 2014), memiliki daya larut yang tinggi, memiliki sifat *browning* yang rendah, dapat menghambat kristalisasi, dan memiliki daya ikat yang kuat (Pentury *et al.*, 2013). Menurut Kurniati (2015), maltodekstrin bersifat humektan yaitu dapat mengikat air tetapi mempunyai *water activity* (Aw) yang rendah, karena dapat mengikat air ini maka dapat digunakan dalam mengatur viskositas suatu produk yang diinginkan. Maltodekstrin memiliki kelebihan yaitu bahan tersebut dapat dengan mudah melarut pada air dingin, selain itu maltodekstrin merupakan oligosakarida yang tergolong dalam prebiotik.

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian, Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan Hasil Pertanian, Laboratorium Analisa Terpadu, Laboratorium Manajemen Agroindustri Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, dan Laboratorium Biologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember. Waktu penelitian pada bulan Januari 2019 hingga Juli 2019.

### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan baku dan bahan kimia. Bahan baku yang digunakan berupa ikan tawes (*Barbonymus gonionotus*) yang diperoleh dari Pasar Tanjung Jember. Bahan baku lainnya adalah enzim papain hasil ekstraksi dari getah tanaman pepaya yang diperoleh di Jalan Brantas, Kecamatan Sumbersari, Jember dan enzim biduri hasil ekstraksi dari getah tanaman biduri yang diperoleh di Pantai Watu Ulo dan Puger, Jember. Ikan dan kedua getah disimpan dalam *ice box* selama perjalanan dan *freezer* selama waktu penelitian. Bahan kimia yang digunakan adalah buffer phosphate pH 7 ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dan  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), kasein, TCA (asam trikloroasetat), tirosin, NaOH, Follin,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , aquades, maltodekstrin, DPPH (*1,1 diphenyl-1-2 Picrylhidrazil*), BHT (*Butylated Hydroxytoluene*), potassium ferricyanide ( $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ),  $\text{FeCl}_3$ , buffer clorida, HCl, Etanol 70%, asam askorbat,  $\text{CuSO}_4$ , *Bovine Serum Albumin* (BSA).

#### 3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah pisau *stainless steel*, botol kaca gelap, botol kaca terang, blender, sentrifuge Yenaco model YC-1180 dan tabungnya, waterbath GFL 1083, neraca analitik Ohaus, pH meter Jen Way tipe 3320 (Jerman), *ice box*, *freezer*, *freeze drying* Alpha 1-2 LD plus, *spray drying* Lab Plant SD 06, vortex, inkubator, tabung reaksi, *magnetic stirrer*, spektrofotometer

(Spectro UV Vis 2500), SEM HITACHI-TM3000, Moisture analyzer Sortarius, *Micropipet* dan alat pendukung penelitian lainnya.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor yang pertama adalah perbedaan konsentrasi maltodekstrin yang digunakan yaitu 5%, 7,5%, dan 10%. Sedangkan faktor kedua yaitu metode enkapsulasi yang digunakan yaitu *spray drying* dan *freeze drying*. Pada setiap perlakuan akan diulang 3 kali. Perlakuan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perlakuan penelitian enkapsulasi hidrolisat protein ikan tawes.

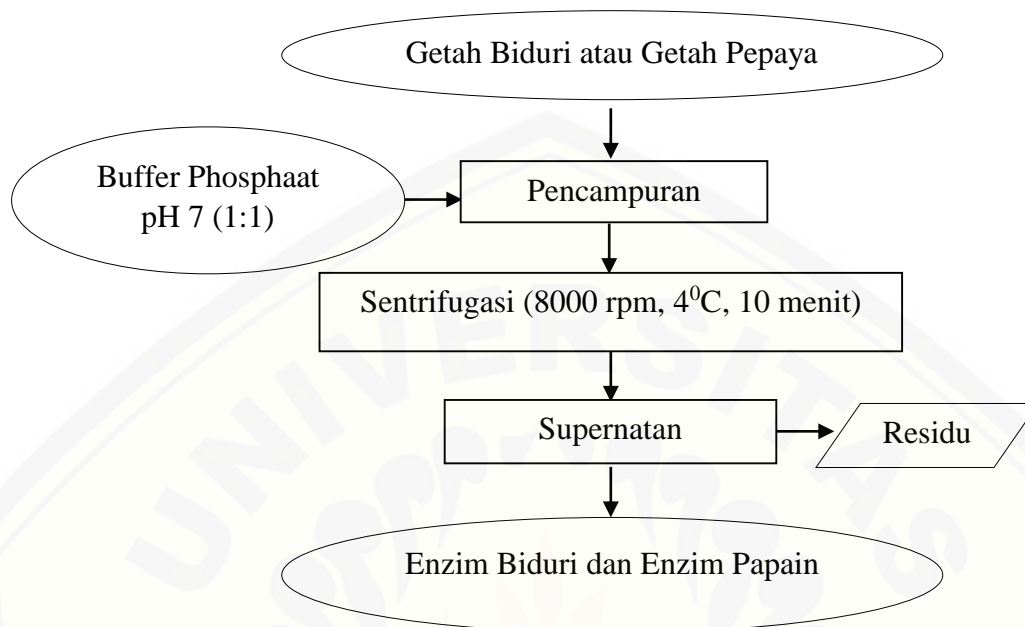
Perlakuan	Metode Pengeringan	Maltodekstrin (% b/v)
SD1	<i>Spray drying</i>	5%
SD2		7,5%
SD3		10%
F1	<i>Freeze drying</i>	5%
F2		7,5%
F3		10%

#### 3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

##### a. Ekstraksi Enzim Biduri dan Enzim Papain

Ekstraksi enzim biduri dan papain yang mengacu pada penelitian (Witono *et al.*, 2006). Perlakuan awal isolasi protease kasar dari tanaman biduri dan buah pepaya dengan cara mengambil getah dari tanaman tersebut. Getah biduri dan pepaya kemudian ditambahkan buffer fosfat 0,5 M pH 7. Pada penambahan larutan buffer ini menggunakan perbandingan 1 bagian getah : 1 bagian buffer fosfat. Pemisahan supernatan dan endapan (sebagian besar mengandung komponen gum dan komponen selain protein) dilakukan dengan sentrifugasi dingin suhu 4°C pada kecepatan 8000 rpm selama 10 menit. Supernatan yang diperoleh dari proses sentrifugasi adalah ekstrak kasar (*crude*) enzim protease

yang digunakan untuk menghidrolisis protein ikan tawes. Diagram alir pembuatan enzim biduri dan papain dapat dilihat pada Gambar 3.1.

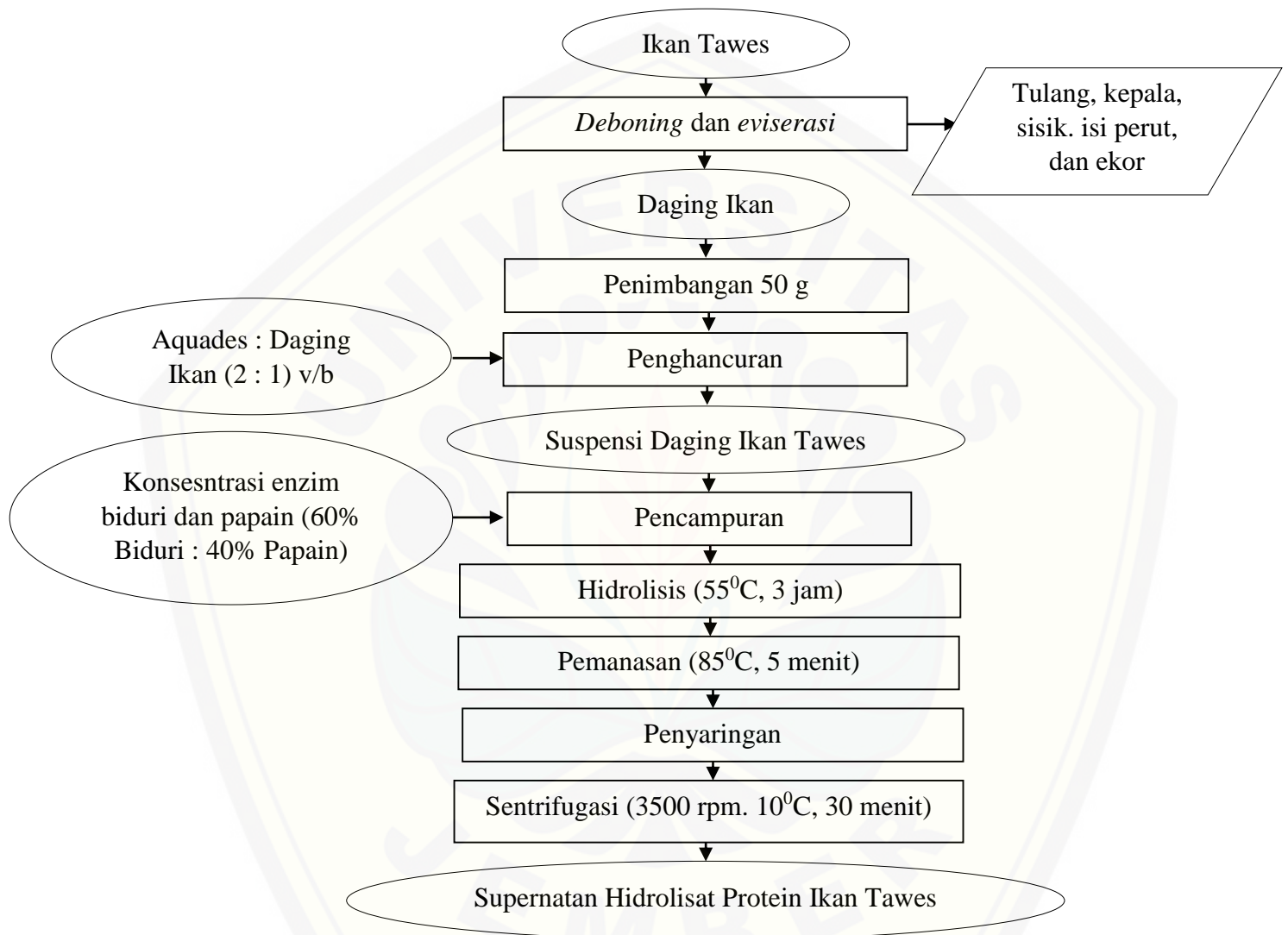


Gambar 3.1. Diagram Alir Ekstraksi Enzim Biduri dan Papain

#### b. Pembuatan Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Pembuatan hidrolisat protein ikan tawes mengacu pada Witono *et al.*, (2014b) dengan modifikasi oleh Diamonda (2018). Ikan tawes yang masih dalam keadaan segar dilakukan *deboning* dan eviserasi untuk menghilangkan bagian tulang, kepala, sisik, isi perut, dan ekor, selanjutnya penimbangan 50 g daging ikan. Daging ikan yang telah ditimbang kemudian dilakukan penghancuran dan homogenisasi menggunakan blender dengan perbandingan aquades dan daging ikan adalah 2 : 1 (volume/berat) dari berat daging ikan sehingga dihasilkan suspensi daging ikan. Suspensi daging ikan yang didapatkan kemudian ditambahkan enzim biduri dan papain (60%:40%). Enzim yang ditambahkan berfungsi untuk menghidrolisis protein dari ikan tawes. Suspensi yang telah ditambahkan enzim kemudian diletakkan dalam *waterbath* untuk dilakukan proses hidrolisis pada suhu 55°C selama 3 jam. Setelah proses hidrolisis, hidrolisat yang diperoleh dipanaskan pada suhu 85°C selama 5 menit untuk menginaktivasi enzim dan menghentikan proses hidrolisis. Kemudian dilakukan penyaringan dan sentrifugasi dengan kecepatan 3500 rpm selama 30 menit

dengan suhu 10°C untuk mendapatkan fraksi larutan hidrolisat protein ikan tawes. Diagram alir pembuatan hidrolisat protein ikan tawes dapat dilihat pada Gambar 3.2.

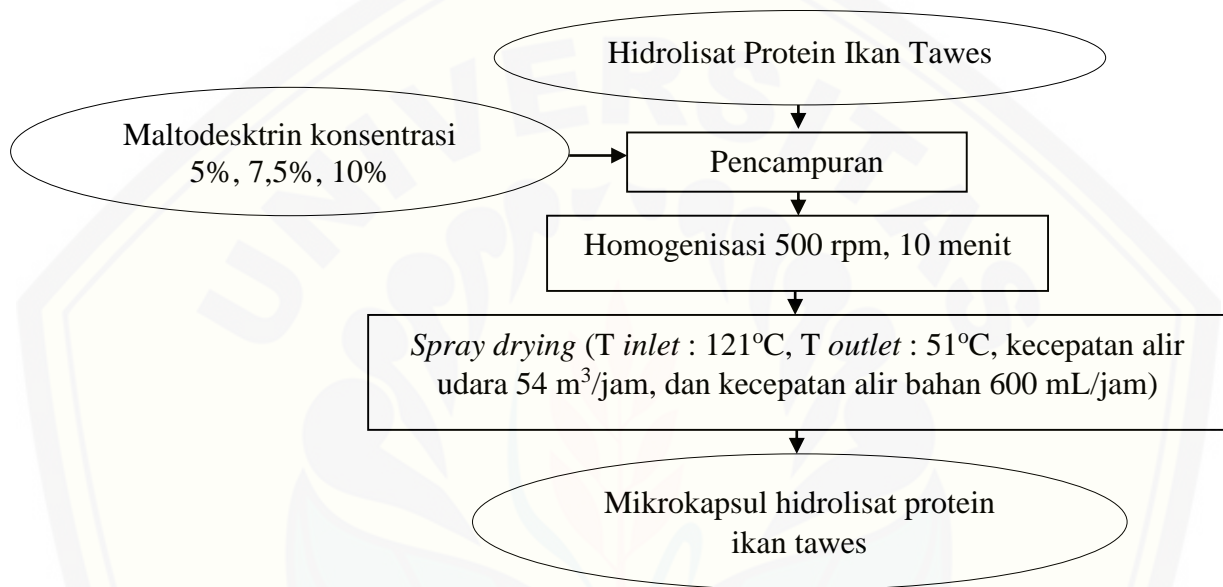


3.2 Diagram Alir Pembuatan Hidrolisat Protein Ikan Tawes

### c. Enkapsulasi Hidrolisat Protein Ikan Tawes dengan Metode *Spray Drying*

Proses enkapsulasi hidrolisat protein ikan tawes mengacu pada penelitian Koruzawa *et al.*, (2009) menggunakan metode *spray drying* dengan modifikasi. Maltodekstrin dilarutkan pada aquades dengan beberapa konsentrasi yang telah ditentukan pada Tabel 3.1 yaitu 5%, 7.5%, dan 10% (% b/v). Maltodekstrin yang telah dilarutkan kemudian dicampur dengan hidrolisat protein ikan tawes dan

dilakukan homogenisasi menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 10 menit. Suspensi yang dihasilkan kemudian dilakukan pengeringan menggunakan *spray dryer* dengan suhu *inlet* 121°C, suhu *outlet* 51°C, kecepatan alir udara 54 m<sup>3</sup>/jam, dan kecepatan alir bahan 600 mL/jam. Diagram alir pembuatan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes dapat dilihat pada Gambar 3.3.

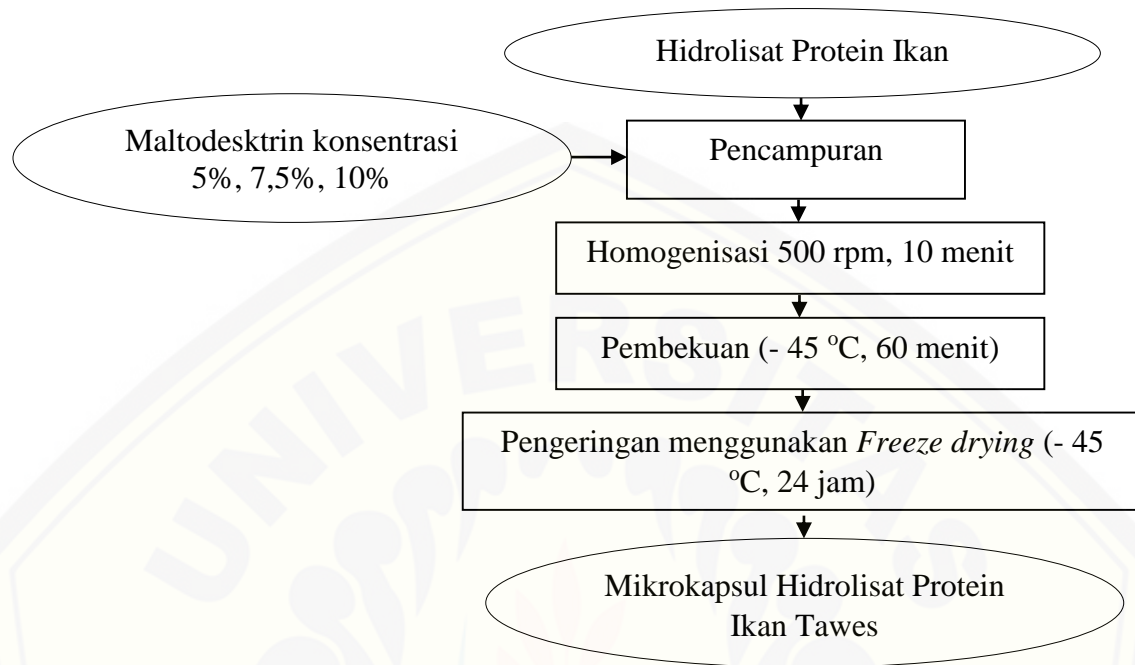


Gambar 3.3. Diagram Alir Enkapsulasi Hidrolisat Protein Ikan Tawes dengan Metode *Spray Drying*

d. Enkapsulasi Hidrolisat Protein Ikan Tawes dengan Metode *Freeze Drying*

Proses enkapsulasi hidrolisat protein ikan tawes mengacu pada penelitian Elavarasan *et al.*, (2015) menggunakan metode *freeze drying* dengan modifikasi. Maltodekstrin dilarutkan pada aquades dengan beberapa konsentrasi yang telah ditentukan pada Tabel 3.1 yaitu 5%, 7,5%, dan 10% (% b/v). Maltodekstrin yang telah dilarutkan kemudian dicampur hidrolisat protein ikan tawes dan dilakukan homogenisasi menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 10 menit. Suspensi yang dihasilkan kemudian dibekukan pada suhu -45°C selama 60 menit. Setelah 60 menit, dilakukan enkapsulasi menggunakan *freeze dryer* dengan suhu -45°C selama 24 jam. Diagram alir pembuatan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes dapat dilihat pada Gambar 3.4.





Gambar 3.4. Diagram Alir Enkapsulasi Hidrolisat Protein Ikan Tawes dengan Metode *Freeze Drying*

### 3.4 Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Rendemen Mikrokapsul (Khamanga *et al.*, 2009)
2. Efisiensi Enkapsulasi (Rao *et al.*, 2016)
3. Kadar Air Mikrokapsul (Anwar *et al.*, 2011)
4. Aktivitas Antioksidan Metode DPPH (Shimada *et al.*, 1992)
5. Aktivitas *Reducing Power* (Kanbargi *et al.*, 2017)
6. Morfologi Mikrokapsul (Koruzawa *et al.*, 2009)

### 3.5 Prosedur Analisis

#### 3.5.1 Rendemen (Khamanga *et al.*, 2009)

Perhitungan rendemen dilakukan setelah didapatkan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes. Rendemen diperoleh dari berat awal sesudah dan sebelum

pengeringan menggunakan *spray dryer* maupun *freeze dryer*, kemudian dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat mikroenkapsul}}{\text{Berat awal sebelum pengeringan}} \times 100\%$$

### 3.5.2 Efisiensi Enkapsulasi (Rao *et al.*, 2016)

Efisiensi Enkapsulasi (EE) dihitung berdasarkan kandungan protein pada hidrolisat ikan tawes dikurangi kandungan protein pada supernatan mikroenkapsul ( $A_K$ ) per total kandungan protein pada hidrolisat protein ikan tawes ( $A_C$ ). Mikroenkapsul sebanyak 10 mg/mL dipisahkan dengan cara sentrifugasi dengan kecepatan 4.000 rpm selama 10 menit. Supernatan yang dihasilkan kemudian dianalisis kandungan proteinnya dengan menggunakan metode Lowry. Menurut Lowry *et al.* (1951), pengukuran kadar protein yaitu dengan memasukkan 250  $\mu$ L sampel ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 2 mL reagen Lowry B. Campuran tersebut divortex dan didiamkan selama 10 menit. Kemudian ditambahkan 250  $\mu$ L reagen Lowry A, dan divortex. Selanjutnya dilakukan pendiaman selama 20 menit. Sampel diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 550 nm. Hasil yang diperoleh kemudian dimasukkan dalam kurva standar *bovine serum albumin* (BSA) untuk mengetahui kandungan protein terlarut. Efisiensi enkapsulasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{A_C - A_K}{A_C} \times 100$$

### 3.5.3 Kadar Air Mikroenkapsul (Anwar *et al.*, 2011)

Kadar air mikroenkapsul diukur dengan menggunakan *moisture analyzer* Sartorius. Sampel ditimbang sebanyak 1 gram dan diletakkan diatas wadah alumunium. Kemudian diukur pada suhu 130°C. Kadar air dari sampel dihasilkan setelah beratnya stabil dan tertera pada alat.

### 3.5.4 Aktivitas Antioksidan Metode DPPH (Shimada *et al.*, 1992)

Pengujian ini diawali dengan menyiapkan larutan DPPH 0,1mM dengan cara mengencerkan 0.00197 gram DPPH kedalam 50 mL etanol pa. Kemudian sampel disiapkan dengan cara mengencerkan sampel hingga 1000 ppm. Pengenceran

dilakukan dengan cara melarutkan 0.5 gram sampel kapsul HPI tawes ke dalam 10 mL aquades. Prosedur selanjutnya adalah mencampurkan 1.5 mL larutan sampel kapsul HPI tawes dengan 1.5 mL larutan DPPH. Campuran kedua larutan tersebut kemudian divortex dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Selanjutnya larutan tersebut diabsorbansi pada panjang gelombang 517 nm untuk mengukur reduksi radikal DPPH. Selain pengukuran terhadap sampel, juga dilakukan pengukuran terhadap blanko. Uji DPPH pada blanko menggunakan aquades sebagai pengganti mikrokapsul HPI tawes. Aktivitas antioksidan DPPH dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Aktivitas antioksidan (\%)} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

### 3.5.5 Aktivitas Antioksidan Metode *Reducing Power* (Kanbargi *et al.*, 2017)

Sampel mikrokapsul HPI tawes terlebih dahulu diencerkan menjadi 1000 ppm (0.01 g/ 10 mL). Kemudian sebanyak 2 mL sampel ditambahkan ke dalam 2 mL 0,2 mM buffer fosfat pH 6,6 dan 2 mL (konsentrasi 1%) kalium ferricyanide. Selanjutnya campuran yang telah terbentuk diinkubasi pada suhu 50°C selama 20 menit. Sampel ditambahkan 2 mL TCA konsentrasi 10%. Campuran yang telah terbentuk disentrifugasi dan didiamkan dalam kondisi gelap selama 10 menit. Sebanyak 2 mL dari supernatan dicampur dengan 2 mL aquades dan 0.4 mL FeCl<sub>3</sub> 0.1%. Selanjutnya sampel tersebut diukur absorbansinya pada panjang gelombang 700 nm setelah 10 menit. Sebagai pembanding juga dilakukan uji *reducing power* pada sampel asam askorbat dengan prosedur yang sama.

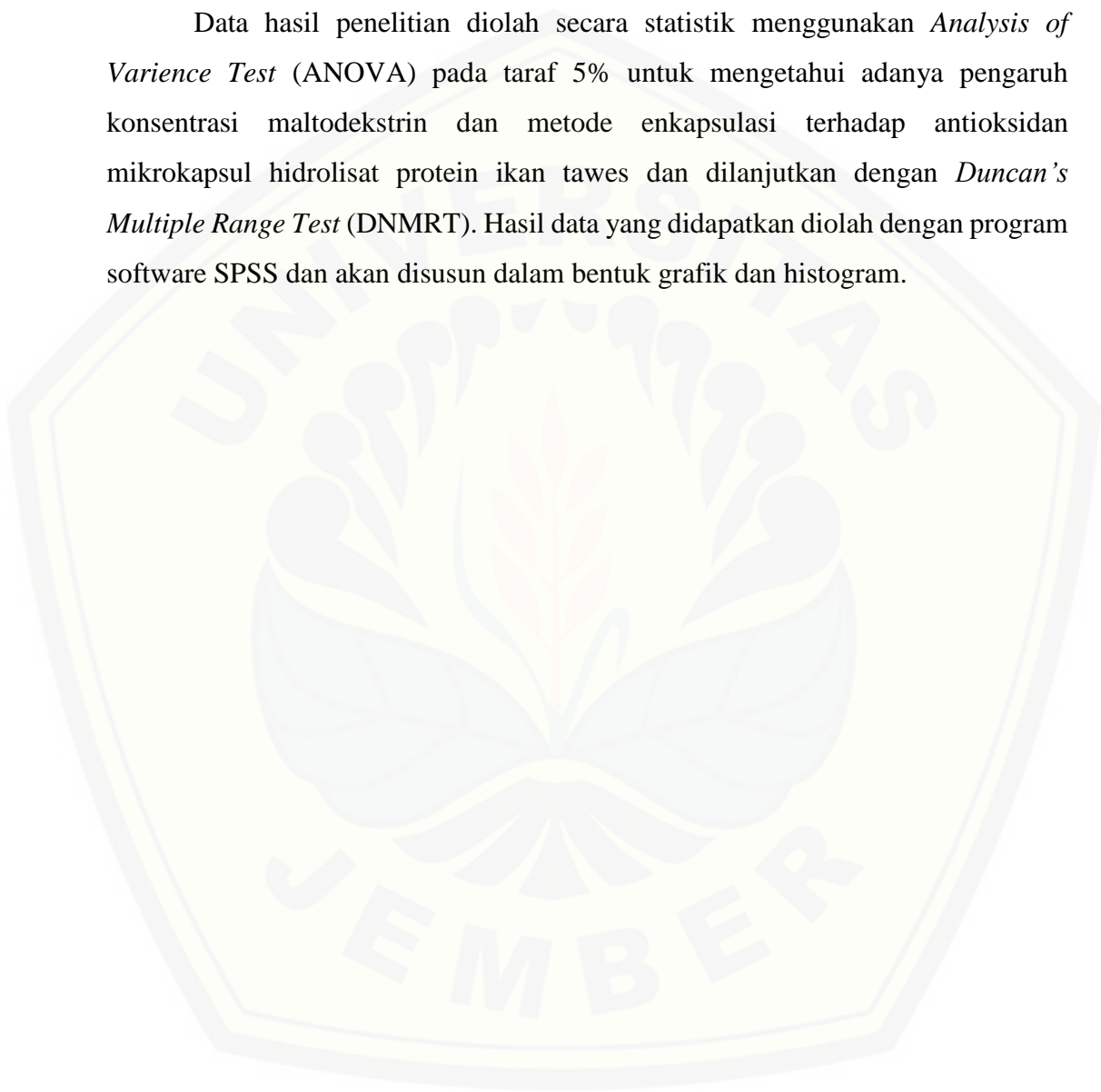
### 3.5.6 Morfologi Mikrokapsul (Koruzawa *et al.*, 2009)

Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan dengan alat HITACHI-TM3000. Beberapa mikrokapsul yang ingin diuji diletakkan pada plat tembaga berbentuk silinder, kemudian diletakkan didalam alat SEM dan dilakukan perbesaran pada *freeze drying* 300x dan 500x, sedangkan pada *spray* 2000x dan 4000x objek.. Prinsip kerja dari SEM adalah pancaran cahaya elektron dengan focus sangat tajam disapukan pada sampel sehingga elektron sekunder. Elektron yang terpental kembali lalu menyebar dan memancarkan sinar X. Sinyal-sinyal ini dideteksi terus-menerus selama pancaran cahaya elektron menyapu permukaan objek. Sinyal elektron sekunder menghasilkan gambar permukaan elektron yang

terpentol kembali lalu menyebar menghasilkan distribusi komposisi dan karakter dari sinar X sehingga menghasilkan distribusi elemen yang terdapat pada objek.

### 3.6 Analisa Data

Data hasil penelitian diolah secara statistik menggunakan *Analysis of Variance Test* (ANOVA) pada taraf 5% untuk mengetahui adanya pengaruh konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi terhadap antioksidan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes dan dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DNMRT). Hasil data yang didapatkan diolah dengan program software SPSS dan akan disusun dalam bentuk grafik dan histogram.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi maltodekstrin dan metode enkapsulasi pada mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes memberikan pengaruh yang nyata terhadap karakteristik fisik dan aktivitas antioksidan mikrokapsul. Mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes memiliki rendemen sekitar 1.896-7.81%, efisiensi enkapsulasi 65.464-75.581%, kadar air 4.6-6.103%, aktivitas antioksidan metode DPPH 8.671-20.226%, aktivitas *Reducing Power* 0.226-0.433
2. Morfologi mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes pada metode enkapsulasi *freeze drying* dan *spray drying* dengan konsentrasi maltodekstrin 5% memiliki morfologi yang berbeda. Pada metode *freeze drying* morfologi dari mikrokapsul yaitu memiliki bentuk seperti kristal yang tidak teratur dengan tepi yang tajam, permukaan seperti kaca, dan memiliki tekstur yang rapuh. Sedangkan pada metode *spray drying* yaitu memiliki bentuk yang bulat, tidak beraturan, pecah, berkerut dan memiliki permukaan yang kasar.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penyimpanan mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes. Guna mengetahui aktivitas antioksidan yang terdapat pada mikrokapsul hidrolisat protein ikan tawes selama penyimpanan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aakash, P., Siddharth A, and Kirtesh. R. 2014. A Review on Applications of Maltodextrin in Pharmaceutical Industry. Department of Pharmaceutical Science and Technology. Vol. 4:67-74.
- Adhitiyawarman dan Kawur. 2008. *Mikroenkapsulasi : Aplikasi Pada Karatenoid*. Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Gajah Mada. Juli 2008.
- Agnieszka, W., Wojciech, A., Agata, C., and Janusz, A. 2016. Effect of Microencapsulation by Spray-Drying and Freeze Drying Technique on the Antioxidant Properties of Blueberry (*Vaccinium myrtillus*) Juice Polyphenolic Compunds. *Journal Food Nutritions*. 66(1): 11-16.
- Ahmed, M. M.S. Akter, and Lee, J.B. 2010. Encapsulation by Spray Drying of Bioactive Components, Physicochemical and Morphological Properties From Purple Sweet Potato. *Food Sciece and Technology*, 43 (9): 1307-1312.
- Aisyah, N. 2016. "Mikroenkapsulasi Ekstrak Polifenol Biji Kakao Inferior Sebagai Antioksidan dan Antimikroba". *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Anal, A.K, and Singh. 2007. Recent Advances in Microencapsulation of Probiotics for Industriool Applications and Targeted Delivery. *Trends in Food Science and Technology* 18: 240-245.
- Anam, F.N., Darmadji, P., dan Pranoto, Y. 2014. Mikroenkapsulasi Oleoresin Ampas Jahe (*Zingiber officinale* var.Rubrum) Dengan Penyalut Maltodekstrin. *Jurnal Agritech*. Vol. 34: 22-28.
- Annisa, S., Yudhomenggolo, S.D., dan Ulfa, A. 2017. Pengaruh Perbedaan Spesies Ikan Terhadap Hidrolisat Protein Ikan Dengan Penambahan Enzim Papain. *Journal of Fisheries Science and Technology*. 13(1): 24-30.
- Ansel H.C. 2007. Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi. Terjemahan dari Introduction to Pharmaceutical Dosage Forms oleh Farida Ibrahim. Hal: 293-294.
- Anwar, S.H., and Benno, K. 2011. The Influence of Drying Methods on the Stabilization of Fish Oil Microcapsules Comparasion of Spray Granulation, Spray Drying, and Freeze Drying. *Journal of Food Engineering*. 105 : 367-378.
- Apintanapong, M., and Noomhorm, A. 2003. The Use of Spray Drying to Microencapsulated 2-acetyl-1-pyroline, A Major Flavour Component of Aromatic Rice. *Food Science and Techonology*. Vol 38: 95-102.

- Bae, E.K., and Lee, S.J. 2008. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*. Vol. 25(8): 549-560.
- Barbosa-Canovas, G.V., and H. Vega-Mercado. 1996. *Dehydration of Foods*. New York: Chapman & Hall.
- Barlett, B. S., and Levine, R. L. 2014. Designing Antioxidant Peptides. *Redox Rep* 19: 80-86.
- Bhaigyabati T., Krithika. J., Ramya K., and Usha. 2011. Phytochemical Constituents and Antioxidant Activity of Various Extracts of Corn Silk (*Zea mays L.*). *Research Journal of Pharmaceutical, Biological, and Chemical Sciences*. 2(4): 986-993.
- Bjerketrop, J., S. Hakansson, S. Belkin and Jansson. 2006. Advances in Preservation Methods: Keeping Biosensor Microorganisms Alive and Active. *Journal of Biotechnology*. Vol. 17: 1-7.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant Determination by The Use of A Stable Free Radical. *Nature*. Vol. 181: 1199-1299.
- Cahyadi, W. 2006. *Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Makanan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Damodoran, S. 1996. *Amino Acids, Peptides and Protein*. Di dalam: Fennema OR, editor. Food Chemistry. Ed ke-3. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Debby, M., Indria, L., Een, S., dan Ailsa, G., 2016. Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Maltodekstrin Sebagai Penyalut Terhadap Viabilitas dan Karakteristik Mikroenkapsulasi Suspensi Bakteri *Lactobacillus plantarum* Menggunakan Metode *Freeze Drying*. *Jurnal Penelitian Pangan*. 1(1) : 7-13.
- Deladino, L., Anbinder, P.S., Navarro, A., and Marino, M. 2008. Encapsulation of Natural Antioxidants Extracted From *Ilex Paraguariensis*. *Carbohydr Polym*. 71: 126-134.
- Diamonda, S. 2018. "Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Baji-Baji (*Platycephalidae cymbacephalus*) dan Ikan Tawes (*Barbonymus gonionotus*) Dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Enzim". *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Dickinson, E. 2003. Hydrocolloids at Interfaces and the Influence on the Properties of Dispersed Systems. *Journal of Agricultural Science*. 4(7): 25-13.

- Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur. 2015. *Laporan Tahunan Statistik Perikanan Budidaya Di Jawa Timur*. Surabaya: Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur.
- Dong, S., M. Zeng, D. Wang, Z. Liu, Y. Zhao, and H. Yang. 2008. Antioxidant and Biochemical Properties of Protein Hydrolysates Prepared From Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Food Chemistry*. Vol. 107: 1485-1493.
- Dubey, R., T.C. Tsami., and B. Rao. 2009. Microencapsulation Technology and Preparation. *Journal of Devence Science*. Vol. 59(1): 82-95.
- Elavarasan, K., and A. Bangalore. 2015. Effect of Oven Drying and Freeze Drying On The Antioxidant and Functional Properties of Protein Hydrolysates Derived From Freshwater Fish (*Cirrhinus mrigala*
- El-Hamzy, E.M.A., and El-Kholany, E.A. 2014. Effects of Spray Drying Conditions on the Physicochemical and Antioxidant Properties of the Licorice (*Glycyrrhizaglabra*) Powder and Evaluation of their Antimicrobial Activity. *Journal of Applied Sciences Research*. 10(3): 72-86.
- Filkova, I., and Mujumdar, A. 1995. *Industrial Spray Drying Systems. Handbook of Industrial Drying*. France: CRC Press, Taylor & Francis Company.
- Fox, P.F., P.A. Morrissy., and D.M. Mulvihill. 1991. *Chemical and Enzymatic Modification of Food Protein*. London: Development in Food Protein. APPL.Sci.Pbl.
- Frascareli, E., Silva, V., Tonon, R., and Hubinger, M. 2012. Effect of Process Conditions on the Microencapsulation of Coffe Oil by Spray Drying. *Journal Food and Bioproduct Processing*. 90(3): 413-424.
- Georgetti, S.R., Casagrande, R., Souza, C.R., Oliveria, W., and Fonseca, M. 2007. Spray Drying of the Soybean Extract Effect on Chemical Properties and Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*. 41(8): 1521-1527.
- Girindra, A. 1993. *Biokimia 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Giyatmi. 2001. *Prospek Hidrolisat Protein Ikan sebagai Pemer kaya Nutrisi Makanan*. Makalah. Program Pasca Sarjana. Insitut Pertanian Bogor.
- Greig, J. A., Shirley, R., Graham. D., Denby, L., Dominiczak, A. F., Work, L. M., and Backer, A. 2010. Vascular Targeting Antioxidant Therapy in a Model of Hypertension and Stroke. *Journal of Cardiovasc Pharmacol*. Vol. 56(6): 642-650.
- Hall, C.W. 1979. *Dictionary of Drying*. New York: Marcel Dekker Inc.



- Harris, R., Lecumberri, E., Mateos, A., and Heras, A. 2011. Chitosan Nanoparticles and Microsphere for the Encapsulation of Natural Antioxidant From *Illex Paraguariensis*. *Carbohydr Polym.* 84: 803-806.
- Heldman, R., Dennis., and R.P. Singh. 2001. *Food Procees Engineering*. Westport: AVI Publ. Co. Inc
- Hidayati, T. 2005. "Pembuatan Hidrolisat Protein dari Ikan Selar Kuning (*Caranx leptolepis*) dengan Menggunakan Enzim Papain". *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan: Insitut Pertanian Bogor.
- Hofman, D.L., Buul, V.J., and Brouns, F.J.P. 2016. Nutriion, Health, and Regulatory Aspects of Digestible Maltodextrins. *Journal of Food Science and Nutrition*. Vol. 56:2091-2100.
- Hui, Y.H. 1993. *Dairy Science and Technology Handbook*. New York: VCH Publisher, Inc.
- Jackson, L.S. and Lee K. 1991. *Microencapsulation and The Food Industry*. *Lebensm-Wis-Technol.* 24: 289-297.
- Je, J.Y., Lee, K.H., Lee, M.H., and Ahn, C.B. 2008. Antioxidant and Antihypertensive Protein Hydrolysates Produced From Tuna Liver by Enzymatic Hydrolysis. *Food Research International*. Vol (42): 1266-1272.
- Kailasapathy K. 2002. *Microencapsulation of probiotic bacteria: technology and potential applications*. Sydney: Centre for Advnced Food Research.
- Kanbargi, K.D., Sachin K.S., and Shalini S.A. 2017. Encapsulation Characteristics of Protein Hydrolysate Extracted from *Ziziphus jujube* seed. *International Journal of Food Properties*. Vol (20): 3215-3224.
- Koruzawa, L.E., Kil J.P., and Miriam D.H. 2009. Effect of Carrier Agent on the Physicochemical Properties of a Spray Dried Chicken Meat Protein Hydrolysate. *Journal of Food Engineering*. Vol 94 (2009): 326-333.
- Khamanga, S. M., Parfitt, N., Tsitsi Nyamuzhiwa, Haidula, H., and Walker, R. B. 2009. The Evaluation of Eudragit Microcapsules Manufactured by Solvent Evaporation Using USP Apparatus 1. *Dissolution Technologies*.
- Khasanah, L., Anandhito, B., Rachmawaty, T., Utami, R., dan Manuhara, G. 2015. Pengaruh Rasio Bahan Penyalut Maltodekstrin, Gum Arab, dan Susu Skim Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Mikrokapsul Oleoresin Daun Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*).

- King, A.H. 1995. *Evaluation of The Mechanisms Associated With The Release of Encapsulated Flavor Materials from Maltodekstrin Matrices*. In: Rish SJ, Reineccius GA, editors: *Encapsulation and controlled release of food ingredients*. Washington DC: Amer Chem Soc. p 143-160.
- Kottelat, M., A.J. Whitten, S.N. Kartikasari, and S. Wirjoatmodjo. 1993. *Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi*. Hongkong: Periplus edition (HK) Ltd. In collaborated with EMDI Project.
- Kristinsson, H.G. 2007. Aquatic Food Protein Hydrolysates. Di dalam: Shahidi F, editor *Maximsing the Value of Marine By-Product*. Boca Raton: CRC Press.
- Kurniati, E. 2015. "Pengaruh Maltodekstrin Pati Talas (*Colocasia esculenta L. Schoott*) Terhadap Kualitas Es Krim". *Skripsi*. Makassar: Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Liapis, A.I., and R. Bruttini. 1995. *Freeze Drying*, p.309-343. In Arun S. Mujumdar (ed). *Handbook of Industrial Drying*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., Desobry, S. 2005. Flavor Encapsulation and Controlled Release. *Journal of Food Science and Technology*. 41(1): 1-21.
- Maharani. 2012. "Pemilihan dan Desain Alat Pengering". *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Mailandari, M. 2012. "Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun *Garcinia kyda Roxb* dengan Metode DPPH dan Identifikasi Senyawa Kimia Fraksi yang Aktif". *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Mardaningsih, F., Andriani, dan M., Kawiji. 2012. Pengaruh Konsentrasi Etanol dan Suhu Spray Dryer Terhadap Karakteristik Bubuk Klorofil Daun Alfaalfa dengan Menggunakan Binder Maltodekstrin. *Jurnal Teknosains Pangan*. 1: 110-117.
- Masters, K. 1979. *Spray Drying Handbook*. New York: John Wiley and Sons.
- Matetjtschuk, P. 2007. Lyophilization of Protein. Dalam: Day, J. G & G. N. Stacey. 2007. *Cryopreservation and Freeze Drying Protocol*. 2end ed. New Jersey: Human Press Inc.
- Miller, H.E., F. Rigelhofl., L. Marquart., A. Prakarsh., and M. Kanter. 2000. Antioxidant Content of Whole Grain Breakfast Cereals, Fruits, and Vegetables. *Journal of The American College of Nutrition*. Vol. 19(3): 312-319.

- Mine, Y. and Shahidi F. 2006. *Nutraceutical Proteins and Peptides in Health and Disease*. CRC Press. Boca Raton.
- Mishra, P., Mishra, S., and Mahanta, C.L. 2014. Effect of Maltodextrin Concentration and Inlet Temperature During Spray Drying on Physicochemical and Antioxidant Properties of Amla (*Emblica officinalis*) Juice Powder. *Journal of Food and Bioproduct Processing*. 92(3): 252-258.
- Mittal, M., Siddiqui, M. R., Tran, K., Reddy, S. P., and Malik, A. B. 2014. Reactive Oxygen Species in Inflammation and Tissue Injury. *Antioxid Redox Signal*. Vol. 20(7): 1126-1167.
- Molyneux, P. 2004. The Use of The Stable Free Radical *Diphenylpicryl-hydrazyl* (DPPH) for Estimating Antioxidant Activity. *Journal of Science and Technology*. Vol. 26(2): 211-217.
- Nandiyanto, A.B.D., and Okuyama, K.B. 2011. Progress in Developing Spray-Drying Methods for the Production of Controlled Morphology Particles: From the Nanometer to Submicrometer Size Ranges. *Advanced Powder Technology*. 1-19.
- Thunnop, L., and Nattapong, K. 2016. Microencapsulation of Black Glutinous Rice Anthocyanins Using Maltodextrins Produced From Broken Rice Fraction as Wall Material by Spray Drying and Freeze Drying. *Journal of Food Processing and Preservation*. 1-10.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., and Bugarski, B. 2011. An Overview of Encapsulation Technologies For Food Applications. *Journal of Procedia Food Science*. Vol. 1: 1806-1815.
- Nelson S. Josep., 2006. *Fishes of the World*. Canada: Wiley.
- Nesse, K.O., A.P. Nagalakshmi., P. Marimuthu., M. Singh., P.J. Bhetariya., M. Hi., and R.R. Simon. 2014. Safety Evaluation of Fish Protein Hydrolysate Supplementation in Malnourished Children. *Journal of Regulatory Toxicology and Pharmacology*. Vol. 69: 1-6.
- Nimse SB, Pal. 2015. Free Radicals, Natural Antioxidants, and their Reaction Mechanisms. *RSC Adv* 5:27986-28006.
- Nurhayati, T., E. Salamah, dan T. Hidayat. 2007. Karakteristik hidrolisat protein ikan selar (*Caranx leptolepis*) yang diproses secara enzimatis. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan* 10(1): 23-34.

- Nurhayati, T., Nurjanah., dan Hasan, C. 2014. Karakterisasi Hidrolisat Protein Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*. Vol. (16): 3.
- Oetjen, G.W., and P. Haseley. 2008. *Freeze Drying*. Weinheim: Wiley VGH.
- Okawa. M., Kinjo. J., Nohara. T., and Ono M. 2001. DPPH (1,1-Diphenyl-2-Piracylhydrazyl) Radical Scavenging Activity of Flavonoids Obtained From Some Medicinal Plants. *Boil Pharm Bull*. Vol. 24: 1202:1205
- Oroian M., and Escriche. 2015. Antioxidants: Characterization, Natural Souces, Extraction and Analysis. *Journal of Food Research International*. Vol. 74: 10-36.
- Pentury, M.H., Nusyam, H. dan Harahap, N. 2013. Karakterisasi Maltodekstrin Dari Pati Hipokotil Mangrove (*Bruguiera gymnorrhiza*) Menggunakan Beberapa Metode Hidrolisis Enzim. *Journal of Indonesiaan Green Technology*.
- Peterson, B.R. 1981. *The Impact of the Enzymic Hydrolysis Process on Recovery and Use of Protein*. Dalam Wijayanti, A.T. (Ed). "Kajian Penyaringan dan Lama Penyimpanan Dalam Pembuatan Fish Peptone Dari Ikan Selar Kuning (*Caranx leptolepis*)". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Bogor: Insitut Pertanian Bogor.
- Pigot, G.M., and Tucker, B.W. 1990. *Utility Fish Flesh Effectively While Maintaning Nutritional Qualities, Seafoof Effects of Technology on Nutrition*. New York: Marcel Decker, Inc.
- Pownall, T., Udenigwe, C., and Aluko, R. 2010. Amino Acid Composition and Antioxidant Properties of Pea Seed (*Pisum sativum* L.) Enzymatic Protein Hydrolysate Fractions. *Journal of Agr Food Chem*. Vol. 58: 4712-4718.
- Pratt, D.E dan B.J.F Hudson. 1990. *Natural Antioxidant Not Exploited Commercially*. Di dalam Food Antioxidant. Huson, B.J.F (ed) Elsevier Apllied Science, London.
- Purwanto, M.G.M. 2014. Perbandingan Analisa Kadar Protein Terlarut dengan Berbagai Metode Spektroskopi UV-Visivle. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*. Vol.7: 0216-1540.
- Putra, D. 2014. Pengaruh Konsentrasi dan Rasio *Carrier Agent* Terhadap Karakteristik Bubuk Flavor Dari Ekstrak Kepala Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). Bogor: Insitut Pertanian Bogor.
- Qiong, C., Fang, Z., Jingyuan, W., Duncan, M., and Siew, Y.Q. 2013. Properties and Stability of Spray-Dried and Freeze-Dried Micocapsules Co-

- Encapsulated with Fish Oil, Phytosterol Esters, and Limonene. *Journal of Food Engineering Technology*. 31: 707-716.
- Rajibhas, S., Prodpran, T., Phikuntong, K., and Niramorn, U. 2015. Encapsulation of *Michelia alba* D.C. Extract Using Spray Drying and Freeze Drying and Application on Thai Dessert from Rice Flour. *Journal of Food Engineering*. 1(2); 77-85.
- Rao, P. S., Rajesh, K. B., Bimles, M., Sumit, A. 2016. Encapsulation of Antioxidant Peptide Enriched Casein Hydrolysate Using Maltodextrin-Gum Arabic Blend. *Journal of Food Science Technology*. 53(10) : 3834-3843.
- Rascon, M.P., Berostain, C., Garcia, H., and Salgado, M.A. 2011. Carotenoid Retention and Storage Stability of Spray-Dried Paprika Oleoresin Gum Arabic and Soy Protein as Wall Materials. *LWT-Food Science Technology*. 44: 549-557.
- Risch, S.J. 1995. *Review of patents for encapsulation and controlled release of food ingredients*. American Chemical Society. Washington DC. Chapter 18: 197-203.
- Rowe, R.C., Sheskey, P.J., and Quinn, M.E. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipient*. London: The Pharmaceutical.
- Salamah, E., Nurhayati, T, dan Rahayu. 2011. Pembuatan dan Karakterisasi Hidrolisat Protein Dari Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*) Menggunakan Enzim Papain. *Jurnal Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan*. Vol. 15(1): 9-16.
- Samaranayaka A.G.P and Li-Chan E.C.Y. 2011. Food Derived Peptide Antioxidants: A review of their production, assessment, and potential applications. *Journal of Functional Food*. Vol. (3): 229-254.
- Sheu, T.Y., Rosenberg, M. 1998. Microstructure of Microcapsules consisting of Whey Protein and Carbohydrates. *Journal of Food Science*. 63(3): 491-494.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K., Nakamura, T. 1992 Antioxidative Properties of Xanthan on the Antioxidation of Soybean Oil in Cyclodextrin Emulsion. *Journal Agricultural Food Chemistry*. Vol. 40(1): 945-948.
- Simanjuntak, P., T, Parwati., L.E. Lenny., S.R. Tamat., dan R. Murwani. 2004. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Antioksidan dari Ekstrak Benalu Teh (*Scrota oortiana* (Korth) Danser). *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*. Vol. 2: 20-24.

- Sira, C., and Soottawat, B. 2016. Effect of Mltodextrin on Characteristics and Antioxidative Activity of Spray-Dried Powder of Gelatin and Gelatin Hydrolysate From Scales of Spotted Golden Goatfish. *Journal Food Science Technology*. 53(9): 3583-3592.
- Spicer, A. 1974. *Advances in Prococentration and Dehydration of Food*. London: Applied Science Publ. Ltd.
- Su, Y-L., J-Z. Xu., C.H. Ng., L.K. Leung., Y. Huang., and Z-Y. Chen. Antioxidant Activity of Tea Theaflavins and Methylated Catechin in Canola Oil. *Journal of the Americal Oil Chemists' Society*. Vol. 81: 269-274.
- Sugindro., Mardliyati, E., dan Djajadisastra, J. Pembuatan dan Mikroenkapsulasi Ekstrak Etanol Biji Jinten Hitam Pahit (*Nigela sativa linn*). *Jurnal Ilmu Kefarmasian*. 5(2): 57-66).
- Suhartono, M.T. 1989. *Enzim dan Bioteknologi*. Departemen P & K, DIKTI, Antar Universitas Bioteknologi, IPB, Bogor, 320 pp.
- Sukatiningsih. 2015. Enkapsulasi Ekstrak Antioksidan Kulit Buah Kopi Dengan Menggunakan Kombinasi Gum Arab dan Tapioka Teroksidasi Sebagai Bahan Pengkapsul. *Laporan Hasil Penelitian Hibah Bersaing*. Jember: Universitas Jember.
- Tanalyana, H., Raden, B., Lia, U., Rohula, U., dan Godras, J. 2018. Pengaruh Kombinasi Maltodekstrin dan *Whey* sebagai Bahan Penyalut Pada Karakteristik Mikroenkapsulasi Oleoresin Kayu Manis (*Cinnamomum burmanii*). *Jurnal Agritech*. 38(3) : 259-264
- Tuyen, C., Kha, M.H., Nguyen., Paul., and Roach. 2010. Effect of Spray Drying Conditions on the Physicochemical and Antioxidant Properties of the Gac (*Momordica cochininensis*) Fruit Aril Powder. *Jornal of Food Engineering*. 98(3) : 385-392.
- Udenigwe, C. C., and Aluko, R. 2011. *Chemometric Analysis of the Amino Acid Requirement of Antioxidant Food Protein Hydrolysates*. *Int J Mol Sci* 12: 3148-3161.
- Wahyuningtyas, W.S. 2017. "Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Protein Ikan Air Laut dan Ikan Air Tawar". *Skripsi*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Walton, N. M., Shin, R., Tajinda, K., Heusner, C. L., Kogan, J. H., Miyake, S., Chen, Q., and Tamura, K. 2012. Adult Neurogenesis Transiently Generates Oxidative Stress. *PLOS ONE*. Vol. 7(4): e35264.

- Wang, Y., Lu, Z., Lv, B., and Bie, X. 2009. Study on Microencapsulation of Curcumin Pigments by Spray Drying. *Eur Food Res Technol.* 229: 391-396.
- Wildon, N. and N. Shah. 2007. Microencapsulation of Vitamins. *ASEAN Food Journal.* Vol. 14(1): 1-14.
- Winarno, F.G. 1993. *Enzim Pangan.* Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarsi, H. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas.* Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Witono Y., Subagio A., Susanto T dan Widjanarko SB. 2006. Telaah Teknik Produksi Enzim Protease dari Tenaman Biduri (*Calatropis gigantean*). *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia.* Yogyakarta.
- Witono, Y., W.S. Windrati, I. Taruna, A. Afriliana, dan A. Assadam. 2014b. Production and Characterization of Protein Hidrolyzate from “Bibisan Fish” (*Apogan albimaculosu*) as an Indigenous Flavor by Enzymatic Hydrolysis. *Advanced Journal of Food Science and Technology.* Vol. 6 (12): 1348-1355.
- Xiong, Y. L. 2010. *Antioxidant Peptides.* In *Bioactive Proteins and Peptides as Functional Food and Nutraceuticals.* Y. Mine, E. Li-Chan, and B. Jiang, Eds., Blackwell Publishing Limited. Insitute of Food Technologist.
- Yuliani, S., Desmawarni and Rusli, M.S. 2007. “Effect of Encapsulating Material Compositions on the Properties of Encapsulated Ginger Oleoresin” Paper presented on International Seminar on Essential Oil, Jakarta, 7-9 November 2007.
- Yuliani, S., Desmawarni, Harimurti, N., dan Yuliani, S. 2007. Pengaruh Laju Alir Umpan dan Suhu Inlet Spray Drying Pada Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe. *Jurnal Pascapanen.* 4: 18-26.
- Yuliawaty, S., dan Wahono, H. 2015. Pengaruh Lama Pengeringan dan Konsentrasi Maltodekstrin Terhadap Karakteristik Fisik Kimia dan Organoleptik Minuman Instan Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri.* 3(1): 41-52.
- Zuidum, N., and E. Shimoni. 2010. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing.* USA: Springer Science and Business Media.

**LAMPIRAN A. DATA HASIL ANALISIS****A. Data Rendemen Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes**

Tabel A.1.1 Data Rendemen Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

No.	Ulangan Perlakuan	Perlakuan	Berat BG Kosong (g)	Berat BG + Sampel basah (g)	Berat Sampel Basah (g)	Berat Klip (g)	Berat klip + sampel kering (g)	Berat sampel kering (g)	Rendemen (%)	Rata- rata	Standar Deviasi
1	1	Freeze	171.532	508.070	336.538	1.7	16.198	14.498	4.308		
2	2	Drying +	141.191	472.640	331.449	1.7	16.2147	14.5147	4.379	4.297	0.088
3	3	Maltodekstrin 5%	171.536	505.130	333.594	0.51	14.5338	14.0238	4.204		
4	1	Freeze	171.532	510.410	338.878	1.7	20.3864	18.6864	5.514		
5	2	Drying +	103.060	330.460	227.400	1.6	15.61	14.01	6.161	5.860	0.326
6	3	Maltodekstrin 7,5%	156.227	382.850	226.623	0.52	13.9	13.38	5.904		
7	1	Freeze	171.532	460.250	288.718	1.7	23.3587	21.6587	7.502		
8	2	Drying +	128.403	300.350	171.947	1.6	16.34	14.74	8.572	7.810	0.665
9	3	Maltodekstrin 10%	141.195	318.620	177.426	0.54	13.59	13.05	7.355		
10	1	Spray Drying	243.970	908.410	664.440	0.5	14.62	14.12	2.125		
11	2	+ Maltodekstrin	300.880	964.540	663.660	0.77	12.24	11.47	1.728	1.896	0.205
12	3	5%	300.880	968.700	667.820	0.5	12.76	12.26	1.836		
13	1	Spray Drying	334.850	1019.640	684.790	0.5	16.56	16.06	2.345		
14	2	+ Maltodekstrin	334.840	1015.220	680.380	0.45	13.62	13.17	1.936	2.523	0.694
15	3	7,5%	334.840	1013.350	678.510	0.51	22.82	22.31	3.288		



16	1	Spray Drying	171.657	512.950	341.293	0.51	11.9	11.39	3.337		
17	2	+	141.163	488.690	347.528	0.53	13.65	13.12	3.775	3.831	0.524
18	3	Maltodekstrin 10%	155.558	503.660	348.102	0.54	15.79	15.25	4.381		

Contoh perhitungan :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen} = \frac{14.498}{336.538} \times 100\% = 4.308\%$$

Tabel A.1.2 Data Uji ANOVA Rendemen Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	71.630(a)	5	14.326	63.537	.000
Intercept	343.657	1	343.657	1524.149	.000
Perlakuan	71.630	5	14.326	63.537	.000
Error	2.706	12	.225		
Total	417.993	18			
Corrected Total	74.336	17			

a. R Squared = .964 (Adjusted R Squared = .948)

Tabel A.1.3 Data Uji DNMRT Rendemen Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	N		Subset		
	1	2	3	4	1
Spray Drying 5%	3	1.89633			
Spray Drying 7.5%	3	2.52300			
Spray Drying 10%	3		3.83100		
Freeze Drying 5%	3		4.29700		
Freeze Drying 7.5%	3			5.85967	
Freeze Drying 10%	3				7.80967
Sig.		.132	.253	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are

displayed. Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square (Error) = .225.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

## A.2 Data Efisiensi Enkapsulasi Mikro kapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Tabel A.2.1 Data Efisiensi Enkapsulasi Mikro kapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Ulangan Sampel	Absorbansi		Kadar Protein Terlarut (µg/ml)		Rata-Rata Kadar Protein	Efisiensi Enkapsulasi (%)		Rata-Rata EE (%) Analisa	Rata-Rata EE setiap perlakuan	Standart Deviasi
		1	2	1	2		1	2			
HPI Tawes		2.357	2.355	18.651	18.636	18.644					
Freeze Drying + Maltodekstrin 5%	1	0.692	0.689	6.400	6.377	6.389	65.688	65.780	65.734		
	2	0.71	0.708	6.532	6.517	6.525	64.978	65.029	65.004	65.464	0.401
	3	0.693	0.692	6.407	6.400	6.403	65.649	65.661	65.655		
Freeze Drying + Maltodekstrin 7,5%	1	0.543	0.545	5.303	5.318	5.311	71.567	71.465	71.516		
	2	0.561	0.564	5.436	5.458	5.447	70.857	70.715	70.786	71.187	0.370
	3	0.549	0.552	5.347	5.369	5.358	71.330	71.189	71.259		
Freeze Drying + Maltodekstrin 10%	1	0.464	0.461	4.722	4.700	4.711	74.683	74.782	74.733		
	2	0.477	0.478	4.818	4.825	4.821	74.171	74.111	74.141	74.233	0.461
	3	0.484	0.487	4.869	4.891	4.880	73.894	73.755	73.825		
Spray Drying + Maltodekstrin 5%	1	0.635	0.636	5.980	5.987	5.984	67.937	67.872	67.905		
	2	0.64	0.637	6.017	5.995	6.006	67.740	67.833	67.786	67.424	0.732
	3	0.673	0.669	6.230	6.230	6.230	66.596	66.569	66.582		
Spray Drying + Maltodekstrin 7.5%	1	0.534	0.534	5.237	5.237	5.237	71.922	71.900	71.911		
	2	0.524	0.529	5.163	5.200	5.182	72.316	72.097	72.207	72.240	0.346
	3	0.514	0.519	5.090	5.127	5.108	72.711	72.492	72.601		
Spray Drying + Maltodekstrin 10%	1	0.459	0.457	4.685	4.670	4.678	74.881	74.940	74.910		
	2	0.426	0.426	4.442	4.442	4.442	76.183	76.164	76.173	75.581	0.635
	3	0.437	0.441	4.523	4.553	4.538	75.749	75.572	75.660		

Contoh perhitungan:

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{A_c - A_k}{A_c} \times 100$$

$$\text{Efisiensi Enkapsulasi (\%)} = \frac{18.651 - 6.400}{18.651} \times 100 = 65.658\%$$

Tabel A.2.2 Data Uji ANOVA Efisiensi Enkapsulasi Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	229.307(a)	5	45.861	175.373	.000
Intercept	90793.104	1	90793.104	347190.100	.000
Perlakuan	229.307	5	45.861	175.373	.000
Error	3.138	12	.262		
Total	91025.550	18			
Corrected Total	232.446	17			

a. R Squared = .986 (Adjusted R Squared = .981)

Tabel A.2.3 Data Uji DN MRT Efisiensi Enkapsulasi Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Subset							
	N	1	2	3	4	5	6	1
Freeze Drying 5%	3		65.4643					
Spray Drying 5%	3			67.4243				
Freeze Drying 7.5%	3				71.1870			
Spray Drying 7.5%	3					72.2396		
Freeze Drying 10%	3						74.2330	
Spray Drying 10%	3							75.5810
Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

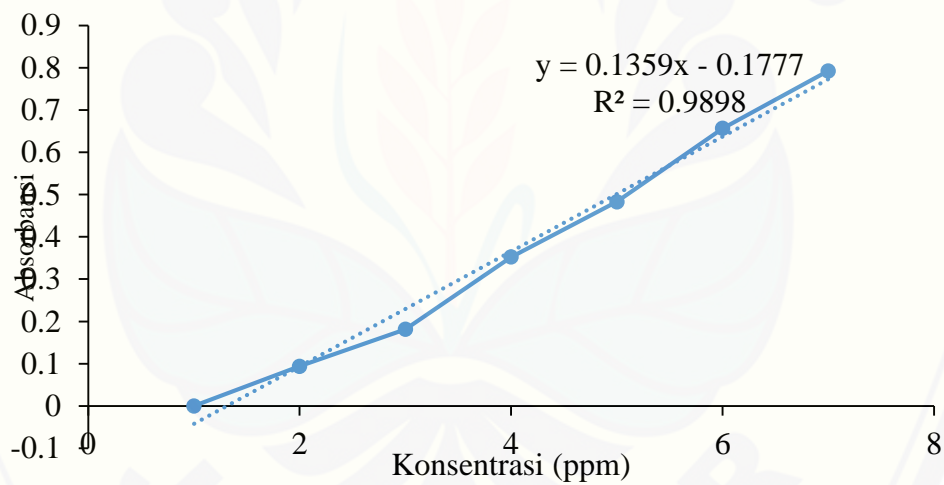
Means for groups in homogeneous subsets are

displayed. Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square (Error) = .262.

Tabel A.2.4 Kurva Standart Efisiensi Enkapsulasi (BSA)

Konsentrasi	Absorbansi		Rata-Rata
	1	2	
0 ppm	0	0	0
100 ppm	0.087	0.101	0.094
200 ppm	0.187	0.176	0.182
400 ppm	0.353	0.352	0.353
600 ppm	0.49	0.476	0.483
800 ppm	0.644	0.669	0.657
1000 ppm	0.789	0.796	0.793



### A.3 Data Kadar Air Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Tabel A.3.1 Data Kadar Air Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Ulangan Sampel	Berat Basah	Berat Kering	Kadar Air	Rata-Rata	Standart Deviasi
Freeze Drying + Maltodekstrin 5%	1	1.001	0.957	4.427	4.600	0.419
	2	1.001	0.958	4.296		
	3	1.004	0.953	5.078		
Freeze Drying + Maltodekstrin 7,5%	1	1.004	0.953	5.101	5.058	0.048
	2	0.999	0.949	5.005		
	3	1.002	0.951	5.067		
Freeze Drying + Maltodekstrin 10%	1	1.004	0.947	5.687	5.685	0.107
	2	1.002	0.946	5.578		
	3	1.003	0.945	5.792		
Spray Drying + Maltodekstrin 5%	1	1.006	0.956	5.003	5.143	0.159
	2	1.003	0.95	5.283		
	3	1.005	0.952	5.274		
Spray Drying + Maltodekstrin 7.5%	1	1.005	0.948	5.714	5.746	0.205
	2	1.004	0.946	5.777		
	3	1.001	0.947	5.395		
Spray Drying + Maltodekstrin 10%	1	1.003	0.94	6.313	6.103	0.219
	2	1.001	0.942	5.893		
	3	1.001	0.941	5.994		

Tabel A.3.2 Data Uji ANOVA Kadar Air Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4.126(a)	5	.825	16.258	.000
Intercept	519.247	1	519.247	10229.549	.000
Perlakuan	4.126	5	.825	16.258	.000
Error	.609	12	.051		
Total	523.982	18			
Corrected Total	4.735	17			

a. R Squared = .871 (Adjusted R Squared = .818)

Tabel A.3.3 Data Uji DNMRT Kadar Air Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Subset				
	1	2	3	4	1
FreezeDrying5%	3	4.60033			
FreezeDrying7.5%	3		5.05767		
SprayDrying5%	3		5.18667		
SprayDrying7.5%	3			5.62867	
FreezeDrying10%	3			5.68567	5.68567
SprayDrying10%	3				6.06667
Sig.		1.000	.497	.762	.061

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square (Error) = .051.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .0

**A.4 Data Aktivitas Antioksidan Metode DPPH Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes**

Tabel A.4.1 Data Aktivitas Antioksidan Metode DPPH Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Ulangan Sampel	Nilai Absorbansi		Persen Penghambatan		Rata-Rata Analisa	Rata-Rata Perlakuan	Standart Deviasi
		1	2	1	2			
Blanko		0.435	0.44					
Freeze Drying	1	0.348	0.349	20.000	20.682	20.341		
+ Maltodekstrin	2	0.351	0.350	19.310	20.455	19.882	20.226	0.303
5%	3	0.347	0.349	20.230	20.682	20.456		
Blanko		0.47	0.472					
Freeze Drying	1	0.402	0.403	14.468	14.619	14.543		
+ Maltodekstrin	2	0.409	0.412	12.979	12.712	12.845	12.951	1.542
7,5%	3	0.415	0.419	11.702	11.229	11.465		
Blanko		0.47	0.472					
Freeze Drying	1	0.421	0.423	10.426	10.381	10.403		
+ Maltodekstrin	2	0.429	0.428	8.723	9.322	9.023	9.589	0.723
10%	3	0.425	0.429	9.574	9.110	9.342		
Blanko		0.464	0.468					
Spray Drying +	1	0.379	0.38	18.319	18.8034	18.561		
Maltodekstrin	2	0.385	0.387	17.026	17.3077	17.167	17.381	1.089
5%	3	0.389	0.39	16.164	16.6667	16.415		
Blanko		0.461	0.462					
Spray Drying +	1	0.413	0.414	10.412	10.390	10.401		
Maltodekstrin	2	0.412	0.413	10.629	10.606	10.618	10.726	0.391
7.5%	3	0.409	0.411	11.280	11.039	11.159		
Blanko		0.49	0.494					
	1	0.445	0.448	9.184	9.312	9.248	8.671	0.677
	2	0.449	0.45	8.367	9.312	8.840		



Spray Drying + Maltodekstrin 10%	3	0.452	0.454	7.755	8.097	7.926
--	---	-------	-------	-------	-------	-------

Contoh perhitungan :

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\%)} = \frac{\text{Absorbansi balnko} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

$$\text{Aktivitas Antioksidan (\%)} = \frac{(0,435 - 0,348)}{0,435} \times 100\% = 20.000\%$$

Tabel A.4.2 Data Uji ANOVA Aktivitas Antioksidan Metode DPPH Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	319.676(a)	5	63.935	80.128	.000
Intercept	3163.704	1	3163.704	3964.97 1	.000
Perlakuan	319.676	5	63.935	80.128	.000
Error	9.575	12	.798		
Total	3492.955	18			
Corrected Total	329.251	17			

b. R Squared = .971 (Adjusted R Squared = .959)

Tabel A.4.3 Data Uji DN MRT Aktivitas Antioksidan Metode DPPH  
Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	N		Subset			
	1	2	3	4	5	1
Spray Drying 10%	3	8.67133				
Freeze Drying 10%	3	9.58933	9.58933			
Spray Drying 7.5%	3		10.7260			
			0			
Freeze Drying 7.5%	3			12.9510		
				0		
Spray Drying 5%	3				17.3810	
					0	
Freeze Drying 5%	3					20.2263
						3
Sig.		.232	.145	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed. Based on Type III Sum of Squares

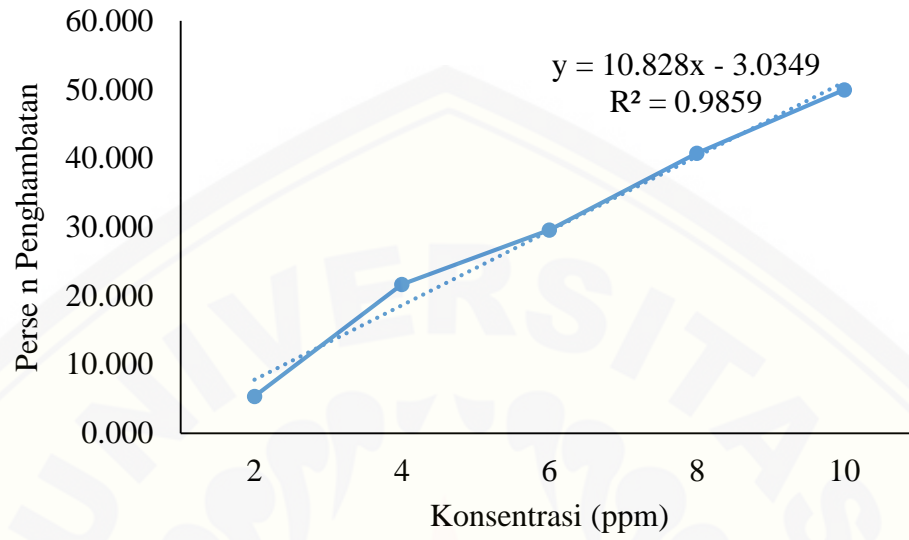
The error term is Mean Square (Error) = .798.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Tabel A.4.4 Kurva Standart DPPH (BHT)

Konsentrasi	Absorbansi		Persen Penghambatan		Rata-Rata
	1	2	1	2	
Blanko	0.426	0.433			
2	0.408	0.405	4.225	6.467	5.346
4	0.335	0.338	21.362	21.940	21.651
6	0.298	0.307	30.047	29.099	29.573
8	0.259	0.25	39.202	42.263	40.733
10	0.211	0.219	50.469	49.423	49.946



**A.5 Data Aktivitas *Reducing Power* Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes**Tabel A.5.1 Data Aktivitas *Reducing Power* Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Ulangan Sampel	Nilai Absorbansi		Rata-Rata Analisa	Rata-Rata Perlakuan	Standart Deviasi
		1	2			
Blanko		0.069	0.083			
Freeze Drying + Maltodekstrin 5%	1	0.437	0.436	0.437	0.4338	0.0038
	2	0.432	0.439	0.436		
	3	0.431	0.428	0.430		
Blanko		0.069	0.083			
Freeze Drying + Maltodekstrin 7,5%	1	0.378	0.376	0.377	0.3725	0.0045
	2	0.367	0.369	0.368		
	3	0.372	0.373	0.373		
Blanko		0.069	0.083			
Freeze Drying + Maltodekstrin 10%	1	0.249	0.251	0.25	0.247	0.0025
	2	0.244	0.247	0.246		
	3	0.243	0.249	0.246		
Blanko		0.069	0.083			
Spray Drying + Maltodekstrin 5%	1	0.412	0.415	0.414	0.413	0.0028
	2	0.409	0.41	0.410		
	3	0.414	0.416	0.415		
Blanko		0.069	0.083			
Spray Drying + Maltodekstrin 7.5%	1	0.354	0.356	0.355	0.350	0.0048
	2	0.349	0.351	0.350		
	3	0.345	0.346	0.346		
Blanko		0.069	0.083			
	1	0.227	0.23	0.229	0.226	0.0033
	2	0.225	0.22	0.223		

Spray Drying + Maltodekstrin 10%	3	0.229	0.227	0.228
--	---	-------	-------	-------

Tabel A.5.2 Data Uji ANOVA Aktivitas *Reducing Power* Mikrokapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.110(a)	5	.022	1707.146	.000
Intercept	2.090	1	2.090	161432.142	.000
Perlakuan	.110	5	.022	1707.146	.000
Error	.000	12	1.29E-005		
Total	2.200	18			
Corrected Total	.111	17			

a.R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Tabel A.5.3 Data Uji ANOVA Aktivitas *Reducing Power* Mikro kapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.110(a)	5	.022	1707.146	.000
Intercept	2.090	1	2.090	161432.142	.000
Perlakuan	.110	5	.022	1707.146	.000
Error	.000	12	1.29E-005		
Total	2.200	18			
Corrected Total	.111	17			

a.R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

Tabel A.5.4 Data Uji DNMRT Aktivitas *Reducing Power* Mikro kapsul Hidrolisat Protein Ikan Tawes

Perlakuan	Subset						
	N 1	2	3	4	5	6	1
Spray Drying 10%	3	.22667					
Freeze Drying 10%	3		.24733				
Spray Drying 7.5%	3			.35033			
Freeze Drying 7.5%	3				.37267		
Spray Drying 5%	3					.41300	
Freeze Drying 5%	3						.43433
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

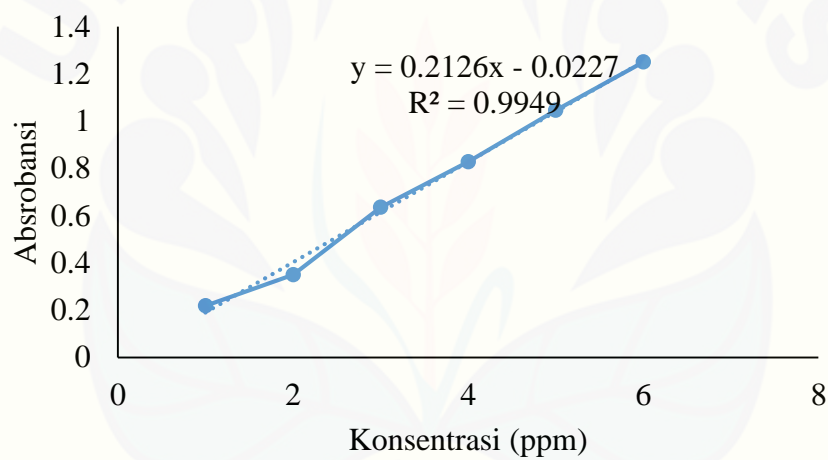
The error term is Mean Square (Error) = 1.29E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Tabel A.5.5 Kurva Standart *Reducing Power* (Asam Askorbat)

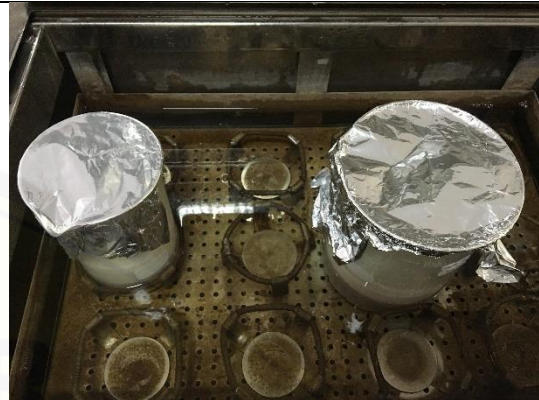
Konsentrasi	Absorbansi		Rata-Rata
	1	2	
Blanko	0.085	0.082	0.0835
10 ppm	0.218	0.219	0.2185
20 ppm	0.342	0.358	0.35
40 ppm	0.635	0.637	0.636
60 ppm	0.83	0.826	0.828
80 ppm	1.062	1.030	1.046
100 ppm	1.314	1.188	1.251



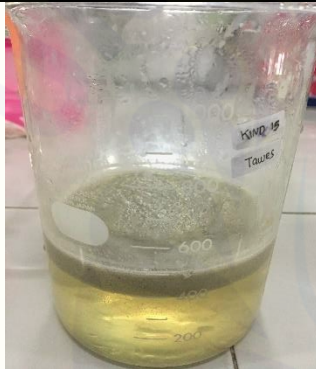
**LAMPIRAN B. DOKUMENTASI**



Penghancuran dengan menggunakan *Food Processor*



Hidrolisis pada suhu 55°C selama 3 jam



Hasil Pemanasan pada suhu 85°C



Penyaringan hidrolisat protein ikan tawes



Hidrolisat protein ikan tawes setelah proses penyaringan



Homogenisasi hidrolisat protein ikan tawes dengan penambahan maltodekstrin

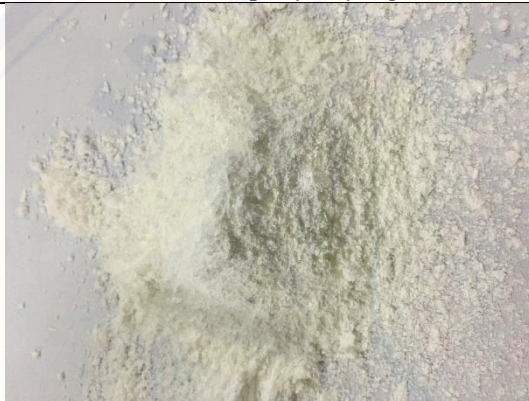




Proses enkapsulasi HPI tawes dengan metode *spray drying*



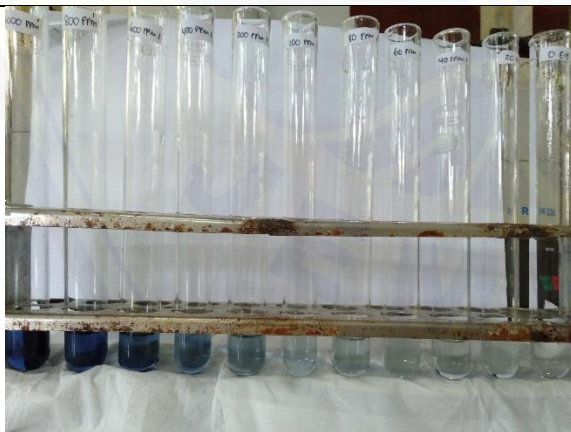
Proses enkapsulasi HPI tawes dengan metode *freeze drying*



Mikrokapsul HPI tawes dengan metode *spray drying*



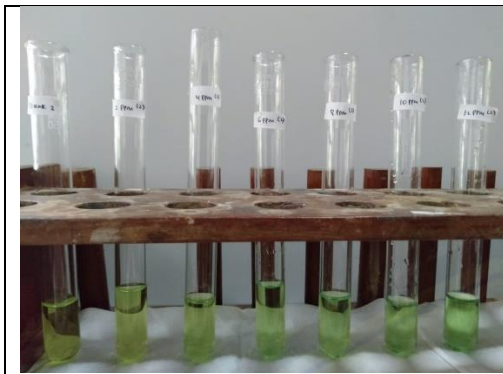
Pengujian kadar air mikrokapsul HPI tawes



Pengujian kurva standart BSA



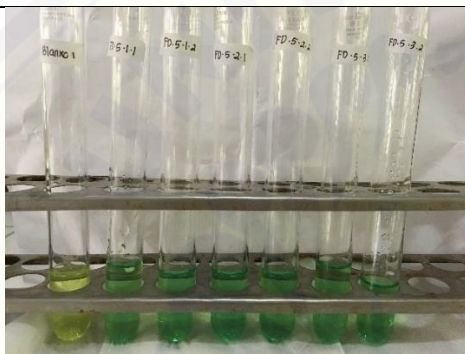
Pengujian efisiensi enkapsulasi



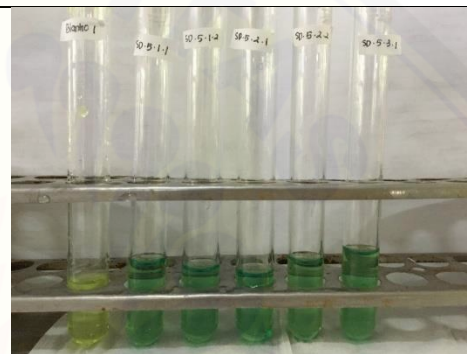
Pengujian kurva standart asam askorbat



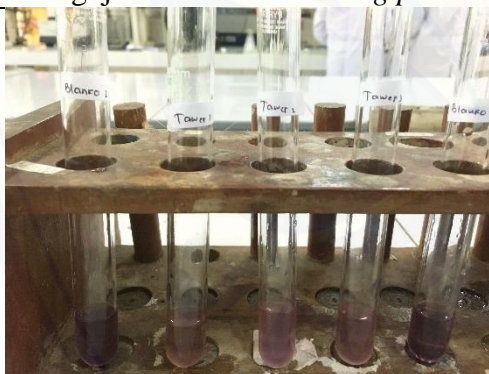
Pengujian aktivitas *reducing power* perlakuan tanpa enkapsulasi



Pengujian aktivitas *reducing power*



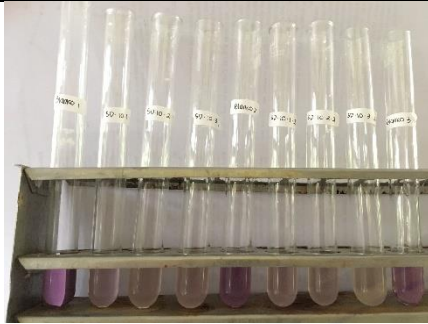
Pengujian aktivitas *reducing power*



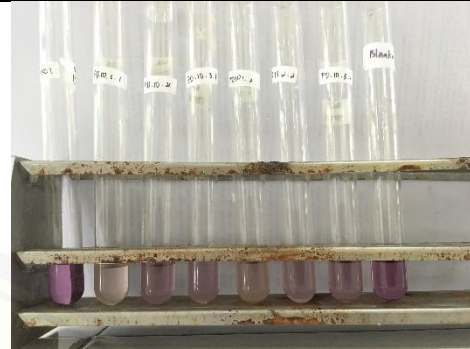
Pengujian aktivitas antioksidan metode DPPH tanpa enkapsulasi



Pengujian kurva standart BHT



Pengujian aktivitas antioksidan metode DPPH



Pengujian aktivitas antioksidan metode DPPH

