



Pengaruh perbedaan enzim proteolitik dan lama hidrolisa terhadap kualitas hidrolisat protein ikan dari limbah industri fillet Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758))

*(The effect of different proteolytic enzymes and hydrolysis time on fish protein hydrolysate quality from Tilapia (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)))*

Dwi Yanuar Budi Prasetyo^{1*}, Sarmin², Aryanti Indah Setyastuti³, Any Kurniawati⁴

^{1*}Program Studi Ilmu Perikanan Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto

*E-mail : yanuarprasetyo87@gmail.com

Diterima: 28 Mei 2020; Disetujui: 27 November 2020

ABSTRAK

Limbah industri fillet ikan nila berpotensi dijadikan sebagai hidrolisa protein ikan (HPI) yang mempunyai sifat fungsional khusus. Kualitas HPI ditentukan oleh jenis enzim protease yang digunakan dan lama waktu hidrolisanya. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan formulasi antara jenis protease dan lama waktu yang digunakan untuk menghasilkan HPI berkualitas. Analisis yang digunakan adalah analisis proksimat (analisa kadar air, protein, lemak dan abu), rendemen, dan derajat hidrolisa. Data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 95%. Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan jenis enzim, lama hidrolisa maupun interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar protein, kadar lemak, kadar abu, derajat hidrolisa dan rendemen. Formulasi terbaik untuk menghasilkan HPI dari limbah industri fillet ikan nila yang berupa kerangka adalah perlakuan E₁T₁.

Kata kunci : Enzim proteolitik, lama hidrolisa, Hidrolisat protein ikan, Limbah fillet ikan nila

ABSTRACT

Nile fish fillet industry by-product has the potential to be used as Fish Protein Hydrolysis (HPI) which has special functional properties. The quality of HPI is determined by the type of protease enzyme used and the time of hydrolyzed. The objective of this research was to obtain a formulation between the protease type and the time of hydrolyzed to produce high-quality HPI. The analysis used was proximate analysis (analysis of moisture, protein, fat, and ash content), yield, and degree of hydrolysis. The data obtained were then analyzed using ANOVA and continued with the Honestly Significant Difference (BNJ) test at the 95% confidence level. ANOVA results showed that different types of enzymes, the time of hydrolyzed and their interaction significantly affected protein content, fat content, ash content, degree of hydrolysis, and yield. The best formulation to produce HPI from tilapia fillet industrial by-products was E₁T₁ treatment.

Keywords : Proteolytic enzyme, time of hydrolyzed, Fish protein hydrolysate, Nile fish fillet by-products.



I. Pendahuluan

Hidrolisa Protein Ikan (HPI) merupakan produk yang berupa senyawa peptida dan atau asam amino dengan berat molekul rendah yang dihasilkan dari pemecahan ikatan peptida pada protein ikan (Rutherford & Gilani, 2009). Proses hidrolisa protein dapat dilakukan secara kimiawi maupun biokimiawi, beberapa penelitian mencatat bahwa proses biokimiawi menggunakan enzim jauh lebih mudah dikendalikan, lebih spesifik memecah ikatan peptida, dan tidak ditemukan adanya penurunan nilai gizi pada HPI yang dihasilkan (Tavano et al, 2013). Faktor penting penentu kualitas HPI adalah jenis enzim protease yang digunakan dan lama waktu hidrolisa. Kedua faktor ini yang mempengaruhi berat molekul dan karakter hidrofobik dari protein yang dihasilkan, protein dengan tingkat hidrolisis yang lebih rendah menunjukkan sifat fungsional yang luar biasa karena sifat amfifilik masih bisa dipertahankan (Klompong *et al*, 2007).

Hidrolisa dengan enzim protease dinilai lebih memberikan keuntungan dari sisi kualitas produk yang dihasilkan sehingga mendasari beberapa penelitian seperti penggunaan enzim papain dari pepaya (Nurilmala *et al*, 2018), bromealin dari nanas (Wijayanti dkk, 2016), protease dari melon (Alavi et al, 2018), dan protease dari getah tanaman Biduri (Witono *etal*, 2016). Perbedaan jenis enzim protease menjadikan karakteristik maupun kualitas HPI yang dihasilkan berbeda pula. Selain faktor jenis enzim protease yang digunakan lama waktu hidrolisa juga berpengaruh terhadap kualitas yang dihasilkan, ketepatan waktu hidrolisa memegang peranan penting dalam proses pemecahan ikatan peptida. Disamping itu penggunaan waktu hidrolisa yang semakin lama akan berpengaruh terhadap kualitas dan nilai gizi hidrolisa protein ikan yang dihasilkan.

HPI dapat dihasilkan dari berbagai jenis ikan maupun hasil limbah industri ikan (*by-products*) yang dihasilkan. Salah satu industri perikanan di Jawa Tengah yang mempunyai nilai ekonomis tinggi adalah fillet ikan nila (*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)) dimana pada tahun 2017 produksi ikan nila mencapai 120.729 ton dengan nilai produksi sebesar 2,6 milyar rupiah (www.bps.go.id). Ikan nila merupakan komoditi ekspor dengan produk daging fillet sebagai unggulannya, dari 100% berat utuh ikan nila tersebut sekitar 60-70% berupa limbah yang terdiri dari kepala, kulit, tulang, isi perut, kerangka dan hasil *trimming* (Silva *etal*, 2014). Dari hasil kalkulasi data di atas, ada sekitar 72.437 ton limbah yang dihasilkan dari industri fillet di Jawa Tengah, hal ini tentunya akan menimbulkan permasalahan lingkungan apabila limbah tersebut tidak ditangani dengan baik. Sementara di satu sisi limbah yang dihasilkan dari industri fillet ikan banyak mengandung protein dan komponen lainnya seperti asam amino, fosfolipid, solubel vitamin dan komponen bioaktif lainnya (Shirahigue *et al*, 2016). Oleh karena itu penelitian ini merupakan salah satu upaya untuk pemanfaatan limbah industri fillet ikan nilai menjadi komoditi bernilai ekonomis tinggi melalui Hidrolisa Protein Ikan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui formulasi yang tepat antara penggunaan jenis enzim protease yang digunakan dan lama waktu hidrolisa untuk menghasilkan HPI yang berkualitas.

II. Metode Penelitian



2.1. Lokasi Penelitian

Proses pengolahan HPI dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Nahdlatul Ulama Purwokerto, sedangkan untuk analisa proksimat dan derajat hidrolisa dilakukan di Laboratorium Chemmix Pratama Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan utama pembuatan HPI ini adalah limbah fillet ikan nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) yang berupa kerangka ikan, kerangka utuh yang masih ada daging ikan yang menempel pada tulang. Sedangkan bahan kimia untuk analisa proksimat dan derajat hidrolisa adalah H₂SO₄, NaOH, 0,1 M HCl, 0,25 M NaOH, CH₃COOH, aquadest dan TCA (*Trichloro Acetat Acid*) 10%. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Waterbath, Oven, Thermometer Digital, Erlenmeyer, Kertas Saring, Corong, Timbangan Digital, Gelas Ukur, Beaker Gelas, Cawan, Desikator, Cawan perselin, Labu Kjeldahl, Labu Soxlet.

2.3. Prosedur Penelitian

Prosedur pembuatan HPI mengacu pada Utomo *etal* (2014) dan telah dimodifikasi, limbah fillet ikan nila yang berupa kerangka ditimbang sebanyak 50g dicampur dengan akuades (1:7) dan dihomogenkan. Homogenat dikelompokkan sesuai perlakuan yaitu dengan ditambahkan enzim bromelin (E₁) dan enzim papain (E₂) masing-masing 5% dari berat sampel. Masing-masing sampel dipanaskan dalam waterbath pada suhu 55-60°C selama 5 jam (T₁) dan 6 jam (T₂). Pada saat proses hidrolisa berlangsung untuk menjaga pH tetap 7 ditambahkan CH₃COOH untuk pengatur suasana asam dan NaOH untuk pengatur suasana basa. Setelah dipanaskan kemudian dilakukan inaktivasi enzim dengan cara dipanaskan pada suhu 80°C selama 20 menit kemudian didinginkan dalam suhu kamar. Setelah dingin sampel disaring menggunakan kertas saring, filtrat yang terbentuk kemudian ditambahkan maltodekstrin sebanyak 15% untuk semua perlakuan. Filtrat yang telah ditambahkan kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 50 - 55°C selama 72 jam hingga terbentuk padatan. Padatan inilah kemudian dihancurkan menggunakan blender dan hasil yang terbentuk nantinya yang dianalisis untuk nilai proksimat, derajat hidrolisa dan rendemennya.

2.4. Metode Analisis

2.4.1. Analisis Proksimat

2.4.1.1. Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dihitung berdasarkan perhitungan gravimetri (AOAC 950.46B 2005) dari 2 gr sampel yang ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan dan dikeringkan menggunakan oven hingga beratnya konstan pada suhu 105°C selama 24 jam. Selanjutnya cawan yang beratnya konstan didinginkan dalam desikator 60 menit dan ditimbang hingga diperoleh berat konstan. Penentuan kadar air menggunakan rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = Bobot sampel kering (g)

B = Bobot sampel (g)



2.4.1.2. Analisis Kadar Protein

Analisa protein menggunakan metode Kjeldhal (AOAC 960.52 2005) dimana 1 g sampel, 1 tablet katalis Kjeldhal dan 10 mL H₂SO₄ dimasukkan ke dalam tabung Kjeldhal. Didestruksi selama 2 jam pada suhu 420°C. Hasil yang terbentuk ditambahkan 30% NaOH sebelum didestilasi ke dalam 0,1 M HCL. Kemudian dititrasi dengan 0,25 M NaOH. Faktor konversi yang digunakan adalah 6,25. Rumus perhitungan kadar protein berdasarkan metode Kjeldhal sebagai berikut :

$$\text{Nitrogen (\%)} = \frac{(V1 - V2) \times N \times 14,007 \times FP}{W \times \left(1 - \left(\frac{\text{Kadar air}}{100}\right)\right)} \times 100\%$$

$$\text{Protein (\%)} = \text{Nitrogen (\%)} \times 6,25$$

Keterangan :

- V1 = Volume HCl 0,01 N untuk titrasi sampel (mL)
- V2 = Volume HCl 0,01 N untuk titrasi blanko (mL)
- N = Normalitas HCl standar yang digunakan
- FP = Faktor pengencer
- W = Bobot sampel kering (gr)

2.4.1.3. Analisis Kadar Lemak

Analisa lemak dimulai dengan mengeringkan labu lemak dalam oven pada suhu 105°C selama 30 menit (AOAC 996.06 2005), lalu disimpan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang (A). Sebanyak 5 gr sampel ditimbang langsung dalam saringan timbal yang sesuai ukuran, pelarut lemak dimasukkan ke dalam labu lemak dan diekstraksi selama 3-4 jam. Setelah selesai, pelarut disuling kembali dan labu lemak diangkat untuk dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C sampai tidak ada penurunan berat lagi. Labu lemak disimpan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang (B). Kadar lemak dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar lemak} = \frac{(B - A)}{S} \times 100\%$$

Keterangan :

- S = Berat contoh sampel (gr)
- A = Berat labu lemak tanpa sampel (gr)
- B = Berat labu lemak dengan sampel (gr)

2.4.1.4. Kadar Abu (AOAC 900.02 2005)

Kadar abu dihitung berdasarkan perhitungan gravimetri seperti pada analisis kadar air, akan tetapi sampel dihilangkan air dan lemaknya dengan cara dipanaskan di dalam furnace pada suhu 550°C selama 12 jam hingga diperoleh berat konstan baru kemudian dihitung kadar abunya.

2.4.2. Derajat Hidrolisa

Sebanyak 20 mL hidrolisat protein ditambahkan TCA 10% sebanyak 20 mL. Campuran didiamkan selama 30 menit lalu disentrifugasi dengan kecepatan 7.800 xg, selama 15 menit. Supernatan yang terbentuk dianalisa kadar nitrogennya dengan metode Kjeldahl. Derajat hidrolisa dihitung menggunakan perhitungan (Hoyle, *et al*, 1994)

$$\text{Derajat hidrolisa} = \frac{\text{Nitrogen terlarut TCA 10\%}}{\text{Nitrogen total sampel}} \times 100\%$$



2.4.3. Analisis Rendemen

Rendemen yang terbentuk dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen HPI (\%)} = \frac{\text{Berat hidrolisa proten ikan (g)}}{\text{Berat bahan baku (limbah ikan)(g)}} \times 100\%$$

2.4.4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil analisis proksimat (kadar air, kadar protein, kadar lemak dan kadar abu), derajat hidrolisa dan rendemendianalisis menggunakan ANOVA dan diuji lanjut dengan BNJ pada taraf kepercayaan 95% (Hanafiah, 2016). Analisis data dilakukan menggunakan bantuan software komputer (SPSS versi 21). Data yang diperoleh merupakan hasil dari 3 kali ulangan.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Hasil analisis proksimat

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan kadar air, protein, lemak dan abu. Nilai kadar proksimat HPI yang dihasilkan disajikan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kadar air, protein, lemak dan abu HPI yang dihasilkan

Perlakuan	Kadar air (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Abu (%)
E ₁ T ₁	8,66±0,18 ^a	8,22±0,08 ^a	9,14±0,09 ^a	1,45±0,08 ^a
E ₁ T ₂	7,69±0,25 ^b	7,25±0,05 ^b	13,65±0,26 ^b	1,21±0,14 ^b
E ₂ T ₁	8,18±0,13 ^a	5,44±0,10 ^c	12,37±0,09 ^c	2,89±0,06 ^c
E ₂ T ₂	5,73±0,07 ^c	4,84±0,16 ^d	10,44±0,17 ^d	2,52±0,09 ^d

Keterangan : Nilai merupakan rata-rata dari 3 (tiga) kali ulangan ± standar deviasi. Nilai yang diikuti notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (p<0,05)

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan jenis enzim dan lama hidrolisa maupun interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap kadar protein, kadar lemak dan kadar abu. Sedangkan untuk parameter kadar air, perlakuan lama hidrolisa yang menjadikan berbeda nyata.

3.1.2. Hasil analisis derajat hidrolisa

Hasil analisis derajat hidrolisa disajikan pada Tabel 2 di bawah ini. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan jenis enzim, lama hidrolisa dan interkasi keduanya menunjukkan perbedaan yang nyata (p<0,05).

Tabel 2. Nilai derajat hidrolisa HPI yang dihasilkan

Perlakuan	Derajat hidrolisa (%)
E ₁ T ₁	83,07±0,06 ^a
E ₁ T ₂	88,06±0,17 ^b
E ₂ T ₁	69,54±0,29 ^c
E ₂ T ₂	65,87±0,16 ^d

Keterangan : Nilai merupakan rata-rata dari 3 (tiga) kali ulangan ± standar deviasi. Nilai yang diikuti notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata (p<0,05).

3.1.3. Hasil analisis rendemen



Hasil analisis rendemen yang dihasilkan pada pembuatan HPI penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan jenis enzim, lama hidrolisa dan interaksi keduanya menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) terhadap rendemen HPI yang dihasilkan.

Tabel 3. Nilai rendemen HPI yang dihasilkan

Perlakuan	Rendemen (%)
E ₁ T ₁	10,36±1,31 ^a
E ₁ T ₂	12,75±1,39 ^b
E ₂ T ₁	11,46±1,19 ^c
E ₂ T ₂	9,81±0,81 ^d

Keterangan : Nilai merupakan rata-rata dari 3 (tiga) kali ulangan ± standar deviasi. Nilai yang diikuti notasi huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$).

3.2. Pembahasan

3.2.1. Proksimat

Nilai kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 5,73-8,66%, sementara nilai kadar air dari *raw material*nya sebesar 54,15%. Penurunan kadar air disebabkan karena pemanasan selama proses pembuatan HPI. Adanya penggunaan suhu panas selama rentang waktu tertentu akan menyebabkan kemampuan bahan untuk melepaskan air dari permukaannya semakin besar. Penelitian Annisa dkk (2017) menunjukkan bahwa kadar air hidrolisa protein ikan nila sebesar 9,06%, hal ini jauh lebih rendah daripada kadar air HPI yang dihasilkan pada penelitian ini. Perbedaan ini disebabkan karena penggunaan suhu pada proses penguapan yang digunakan lebih tinggi yaitu dengan *spray drying* sedangkan pada penelitian ini proses penguapan HPI dari bentuk cair menjadi bentuk padatan atau granul menggunakan oven dengan suhu 50-55°C selama 72 jam. Berbeda pula pada penelitian Aditya dkk (2018), dimana proses pembentukan HPI dari yang berbentuk cair menjadi bentuk bubuk atau granul menggunakan *freeze drying* dan dihasilkan HPI dengan kadar air sebesar 12,4-18,87%.

Salah satu kriteria mutu secara kimiawi dari produk HPI adalah kadar protein, selama proses hidrolisa berlangsung terjadi peruraian senyawa protein menjadi komponen yang lebih sederhana seperti peptida atau asam amino. Kadar protein yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 4,84 – 8,22% (*wet basis*) dari kadar *crude protein raw material* nya yaitu sebesar 26,36% (*wet basis*). Sementara penelitian Nurhayati dkk (2007), kadar protein dari HPI ikan selar (*Caranx leptolepis*) sebesar 5,3% (*wet basis*) dari kadar protein bahan baku yang digunakan yaitu 15,61% (*wet basis*).

Limbah fillet ikan nila yang berupa kerangka merupakan *raw material* dengan kadar lemak tinggi (14,52%±0,19). Kadar lemak HPI yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 9,14 – 13,65% sementara pada penelitian Aditya dkk (2018), kadar lemak HPI yang dihasilkan dari jeroan ikan nila sebesar 16,39-32,86%. Tingginya kadar lemak produk HPI yang dihasilkan menjadikan nilai kadar protein yang rendah. Hal ini perlu mendapatkan perhatian serius untuk nantinya agar menerapkan teknologi pengolahan pangan yang sesuai apabila HPI ini digunakan sebagai bahan pangan fungsional, mengingat sifat lemak yang mudah mengalami oksidasi sehingga berpengaruh terhadap daya awetnya serta pada beberapa orang yang menerapkan diet makanan rendah lemak.

Kadar abu HPI yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 1,21-2,89%. Penelitian Aditya dkk, kadar abu HPI dari jeroan ikan nila yang dihasilkan sebesar 8,66-



19,45% sementara penelitian Witono et al (2016) sebesar 4,58-6,48% penambahan alkali maupun asam pada saat proses hidrolisa berlangsung menjadikan terbentuknya senyawa garam yang berpengaruh terhadap kadar abu yang dihasilkan.

3.2.2. Derajat Hidrolisa

Derajat hidrolisa merupakan parameter indikator untuk mengetahui reaksi hidrolisa, semakin tinggi derajat hidrolisa semakin efektif proses hidrolisa dalam menguraikan ikatan peptida (Charoenphun *et al*, 2013). Derajat hidrolisa yang dihasilkan pada penelitian ini sebesar 65,87 – 88,06% dimana nilai tertinggi dihasilkan pada perlakuan E₁T₂. Penelitian Riyadi *et al*(2019), menunjukkan bahwa perlakuan enzim alcalase 1,5% pada pH 8 suhu 55°C selama 1,5 jam menghasilkan derajat hidrolisa sebesar 41,46%. Sementara penelitian Nurilmala dkk (2018), menunjukkan bahwa penggunaan enzim papain dengan konsentrasi 4%, 6% dan 8% untuk menghidrolisa fillet limbah ikan patin pada suhu 55°C selama 5 jam berturut-turut sebesar 33,46%; 43,13%; dan 53,54%. Derajat hidrolisa ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya jenis enzim dan lama waktu hidrolisa, semakin lama substrat kontak dengan enzim protease maka semakin banyak pula nitrogen yang terlarut dari pemecahan ikan peptida substrat sehingga nilai derajat hidrolisa yang dihasilkan semakin tinggi pula.

3.3.3. Rendemen

Rendemen merupakan parameter untuk melihat jumlah bagian dari bahan baku yang dapat dimanfaatkan menjadi hidrolisa protein ikan. Nilai rendemen Hidrolisa Protein Ikan pada penelitian sebesar 9,81-12,75%, sementara penelitian Annisa dkk (2017), menunjukkan bahwa Hidrolisa Protein Ikan Nila sebesar 5,64%±0,04. Sementara pada penelitian Wijayanti et al (2015) rendemen yang dihasilkan sebesar 9,22-11,41%. Perbedaan besar kecilnya Rendemen Hidrolisa Ikan lebih dipengaruhi oleh proses pengolahan dimana pada penelitian Annisa dkk (2017) dan Wijayanti *et al* (2015) menggunakan aquadest untuk proses hidrolisa sebesar 1:4 (1 untuk bahan baku dan 4 untuk aquadest) sementara pada penelitian ini menggunakan perbandingan 1:7 sehingga didapatkan rendemen dengan hasil yang lebih banyak. Selain itu proses pemanasan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan oven sedangkan pada penelitian Annisa dkk (2017) menggunakan *spray dryer* dengan suhu yang lebih tinggi. Hal tersebut tentunya juga mempengaruhi kadar air yang dihasilkan sehingga berpengaruh juga terhadap produk hidrolisat yang dihasilkan. Perbedaan nilai rendemen yang dihasilkan pada penelitian dipengaruhi oleh perbedaan jenis enzim yang digunakan dan lama hidrolisa, hal ini sesuai dengan pernyataan Jamil *et al* (2016) yang menyatakan bahwa perbedaan nilai rendemen dikarenakan adanya perbedaan dari jenis enzim dan kondisi hidrolisa yang diterapkan. Kondisi hidrolisa yang diterapkan yaitu penggunaan aquadest dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan substrat sehingga mampu menghasilkan rendemen yang lebih besar, disamping itu penggunaan aquadest dalam jumlah yang lebih besar daripada substrat menjadikan bidang kontak antara enzim dan substrat menjadi lebih besar pada rentang waktu tertentu.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan jenis enzim dan lama hidrolisa memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai proksimat, derajat hidrolisa dan rendemen. Kondisi optimum untuk menghasilkan HPI dari limbah fillet



ikan nila yang berupa kerangka adalah penggunaan enzim bromelin (5%) dengan lama hidrolisa selama 5 jam (E_1T_1).

Ucapan Terima Kasih

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Pemula sesuai dengan Kontrak Penelitian No. 26/E1/KPT/2020 Tahun Anggaran 2020.

Daftar Pustaka

- Aditya, D., Deanti H., Ma'arif, J.M., Dewi, E.N. 2018. Produksi hidrolisat protein jeroan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menggunakan enzim bromelin buah nanas (*Ananas comosus*). Prosiding Seminar Nasional Kelautan XIII "Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir dalam Rangka Mencapai Kemandirian Ekonomi Nasional". Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 12 Juli 2018.
- Alavi, F., Jamshidian, M., Rezaei, K. 2018. *Applying native proteases from melon to hydrolyze kilka fish protein (Clupeonella cultriventris caspia) compared to commercial enzyme alcalases*. *Food Chemistry*. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.122>
- Annisa S., Darmanto YS., Amalia U. 2017. Pengaruh perbedaan spesies ikan terhadap hidrolisat protein ikan dengan penambahan enzim papain. *Saintek Perikanan*. Vol. 13. No. 1 : 24-30. DOI : <https://doi.org/10.14710/ijfst.13.1.24-30>.
- Charoenphun N, Benjamas C, Nualpun S, Wirote Y. 2013. *Calcium-binding peptides derived from tilapia (Oreochromis niloticus) protein hydrolysate*. *European Food Research and Technology*. 236 (1) :57-63.
- Hanafiah, K.A. 2016. Rancangan Percobaan : Teori & Aplikasi (Edisi Ketiga). Rajagrafindo Persada. Depok. 274 halaman.
<https://www.bps.go.id/dynamic/table/2019/05/16/1625/produksi-perikanan-budidaya-menurut-provinsi-dan-komoditas-utama-2017.html>(diakses 29 Juli 2019)
- Jamil, N. H, Halim N. R. A, dan Sarbon N. M. 2016. *Optimization of enzymatic hydrolysis condition and functional properties of Eel (Monopterus sp.) protein using response surface methodology (RSM)*. *International Food Research Journal*, 23 (1): 1-9.
- Klompong, V., Benjakul, S., Kantachote, D., & Shahidi, F. 2007. *Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe trevally (Selaroides leptolepis) as Influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type*. *Food Chemistry*, 102(4), 1317–1327.
- Nurhayati T., Salamah E., Hidayat T. 2007. Karakteristik hidrolisat protein ikan selar (*Caranxleptolepis*) yang diproses secara enzimatik. Vol. IX No. 1.
- Nurilmala, M., Nurhayati, T., Roskananda, R. 2018. Limbah industri filet ikan patin untuk hidrolisat protein. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. Vol. 21 No. 2. 287 – 294.
- Riyadi, P., H., Suprayitno, E., Aulanni'am., Sulistiati, T., D. 2019. *Optimization of protein hydrolysate from visceral waste of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) by response surface methodology*. *AAFL Bioflux*. 2019. Vol. 12 (6). 2347 – 2358.



- Roslan, J., Yunos., K., H., Md., Abdullah, N., Kamal, S., M., M. 2014. *Characterization of fish protein hydrolysate from Tilapia (Oreochromis niloticus) by-Product. Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2 (2014) : 312-319. ST26943, 2nd International Conference on Agricultural and Food Engineering. CAFEi2014”
- Salamah E., Nurhayati T., Widadi R. 2012. Pembuatan dan karakterisasi hidrolisat protein dari ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) menggunakan enzim papain. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. Vol. 15 No. 1.
- Shirahigue, L.D., Silva, M.O., Camargo, A.C., Sucasas, L.F.D.A., Borghesi, R., Cabral, I.S.R., ... Oetterer, M. 2016. *The feasibility of increasing lipid extraction in tilapia (Oreochromis niloticus) waste by proteolysis. Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25, 265–271.
- Silva, J.F.X., Ribeiro, K., Silva, J.F., Cahu, T.B., Bezerra, R.S. 2014. *Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. Animal Feed Science and Technology*. 196. 96 – 106. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.06.010>
- Rutherford, S.M., and Gilani, G.S. 2009. *Amino acid analysis. Current Protocols in Protein Science*. 58 (11,9). 11.9.1-11.9.37
- Tavano, O.L. 2013. Protein hydrolysis using proteases : *An Important tool for food biotechnology. Journal of Molecular Catalysis B : Enzymatic*. 90. 1 – 11.
- The Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2005. *Official methods of analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington DC. 300p.
- Utomo, B.,S.,B., Suryaningrum, T.,D., Harianto H.,R. 2014. *Optimization of enzymatic hydrolysis of protein hydrolysate processing from waste of catfish fillet production. Squalen Bulletin of Marine And Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 9(3): 107-114.
- Wijayanti, I., Romadhon., Rianingsih, L. 2016. Karakteristik hidrolisat protein ikan bandeng (*Chanoschanos* Forsk) dengan konsentrasi enzim bromelain yang berbeda. *Jurnal Saintek Perikanan*. Vol. 11, No. 2. 129 – 133.
- Witono, Y., Taruna I., Windrati, W.S., Azkiyah, L., Sari, T.N. 2016. *‘Wader’ (Rasbora jacobsoni) protein hydrolysates : Production, biochemical, and functional properties. Agriculture and Agricultural Sciences Procedia*. 9 (2016). 482 – 492.