

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/psnp.18498>

Inovasi Produk Pangan Fungsional Beras Jagung Analog dengan Penambahan Hidrolisat Protein Ikan Lele (*Clarias* sp.)

Innovation of a Functional Food Product Corn-Based Analog Rice Fortified with Catfish (*Clarias* sp.) Protein Hydrolysate

Reza Putri Amalia Dewi^{1*}, Imal Najaf Fitroh Agustin², Hardini Dwi Yuliyanti, Pandapotan Harbin Mariduk Siregar³, Pujoyuwono Martosuyono, Ajeng Kurniasari Putri, Hasta Octavini⁴

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang, Jl. Lingkar Tanjung Pura Km 3, Karangpawitan Karawang, Jawa Barat, 41315

²Politeknik kelautan dan Perikanan Sidoarjo, Jl. Raya Buncitn, Kecamatan Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, 61254

³Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jl. Raya Pasar Minggu, Kec. Ps. Minggu, Jakarta Selatan, Jakarta 12520

⁴Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jl. KS Tubun Petamburan VI, Jakarta Pusat, DKI Jakarta, 10260

*E-mail: rezadewi520@gmail.com

ABSTRAK

Becal merupakan inovasi beras analog yang diformulasikan dengan penambahan hidrolisat protein ikan sebagai sumber protein alternatif, ditujukan bagi penderita diabetes dan konsumen yang membutuhkan pangan rendah karbohidrat. Hidrolisat protein ikan (HPI) diperoleh melalui proses hidrolisis enzimatis menggunakan enzim alkalase, menghasilkan produk dalam bentuk cair dan bubuk dengan mutu kimia serta mikrobiologi yang memenuhi standar keamanan pangan. Untuk mengurangi aroma amis yang masih menonjol pada HPI, dilakukan modifikasi proses pencucian bahan baku menggunakan natrium bikarbonat yang terbukti efektif meningkatkan kualitas sensori produk. Hasil analisis menunjukkan bahwa Becal memiliki kadar protein tinggi (hingga 18,2%), rendah lemak, dan aman dikonsumsi berdasarkan hasil uji mikrobiologi (*E. coli* <3,0 MPN/g, *Salmonella* negatif, serta total kapang dan khamir $1,6 \times 10^2$ koloni/g). Berdasarkan uji hedonik, produk Becal diterima dengan baik oleh panelis. Dari sisi ekonomi, Becal memiliki nilai B/C ratio sebesar 1,3 dengan periode pengembalian modal kurang dari satu bulan, menandakan bahwa produk ini layak dikembangkan sebagai pangan fungsional bernilai gizi tinggi untuk mendukung peningkatan gizi masyarakat, khususnya anak-anak.

Kata kunci: becal, hidrolisat protein ikan, hpi, protein tinggi, rendah gula, rendah karbohidrat, stunting

ABSTRACT

Becal is an innovative analog rice formulated with the addition of fish protein hydrolysate as an alternative protein source, designed for individuals with diabetes and consumers who require a low-carbohydrate diet. Fish protein hydrolysate (FPH) is produced through an enzymatic hydrolysis process using the enzyme alkalase, resulting in liquid and powder forms with chemical and microbiological qualities that meet food safety standards. To reduce the strong fishy odor

*still present in the FPH, a modification of the raw material washing process using sodium bicarbonate was carried out, which proved effective in improving the sensory quality of the product. The analysis results showed that Becal has a high protein content (up to 18.2%), low fat, and is safe for consumption based on microbiological tests (*E. coli* <3.0 MPN/g, negative for *Salmonella*, and total mold and yeast count of 1.6×10^2 colonies/g). Based on the hedonic test, the Becal product was well accepted by the panelists. From an economic perspective, Becal has a B/C ratio value of 1.3 with a payback period of less than one month, indicating that this product is feasible to be developed as a high-nutritional functional food to support community nutrition improvement, especially for children.*

Keywords: becal, fish protein hydrolysate, FPH, high protein, low sugar, low carbohydrate, stunting

PENDAHULUAN

Pemerintah fokus memenuhi kebutuhan protein dan gizi masyarakat, khususnya balita, guna menurunkan stunting. Indonesia termasuk lima besar negara dengan stunting tinggi pada anak di bawah lima tahun (Anton et al., 2023). Menurut UNICEF & Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023), stunting disebabkan oleh kekurangan gizi pada 1000 Hari Pertama Kehidupan (HPK), sejak pembuahan hingga usia dua tahun (Rukhil Amania et al., 2022). Penurunan stunting ditargetkan sebesar 14% pada tahun 2024 dalam mengatasi penyebab utama masalah stunting (Widayatun, 2023). Rendahnya kualitas protein yang mengandung asam amino esensial berkontribusi pada stunting (Nirmalasari, 2020). Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) mencatat prevalensi stunting turun dari 24,4% di tahun 2021 menjadi 21,6% (2022), sedangkan standar WHO menetapkan angka <20%. Oleh karena itu, pemerintah mengadakan program Makanan Bergizi Gratis (MBG) sebagai salah satu upaya dalam pencegahan stunting (Andin et al., 2025).

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) telah menjadi program unggulan dalam mendorong sirkular ekonomi daerah, khususnya dalam penyediaan bahan pangan untuk Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG). Program MBG bertujuan untuk memastikan anak-anak Indonesia mendapatkan asupan gizi yang optimal dengan menambahkan ikan sebagai sumber protein hewani yang berkualitas tinggi dan mudah dikonsumsi (BGN, 2025). Upaya pencegahan stunting dalam program MBG dapat dilakukan dengan mengonsumsi ikan yang berprotein tinggi dan mudah didapatkan, salah satunya adalah ikan lele. Potensi produksi lele cukup besar, namun pemanfaatannya untuk diolah menjadi produk-produk dengan nilai tambah yang cukup tinggi masih belum optimal (Ciptawati et al., 2021). Produksi perikanan budi daya pembesaran ikan lele diangka 1.136.619 ton pada tahun 2023 meningkat sebesar 3,1% dibandingkan tahun 2022 yaitu 1.101.863 ton (KKP, 2023). Produk hasil pemanfaatan ikan lele yang cukup potensial

adalah hidrolisat protein ikan (Yayuk & Christian, 2024). Hidrolisat protein ikan dapat dimanfaatkan dalam bidang pangan, pakan, pertanian, mikrobiologi dan farmasi (Taniyo et al., 2021). HPI ikan lele memiliki sifat fungsionalnya lebih tinggi yaitu dapat menambah energi, mudah dicerna, memperbaiki jaringan tubuh yang rusak dan meningkatkan daya tahan tubuh sehingga lebih luas pemanfaatannya (Primawestri et al., 2023). Produk tersebut lebih baik dibandingkan dari sumber hewani lainnya karena memiliki komposisi protein cukup lengkap (Yuniarti et al., 2021).

Program pembelajaran Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) yang diselenggarakan oleh Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan memfasilitasi para Taruna/i Berprestasi untuk menciptakan produk inovatif, salah satunya dengan membuat produk inovatif berbasis HPI. Proses hidrolisis menghasilkan peptida dan asam amino yang lebih mudah diserap oleh tubuh, sehingga cocok untuk individu dengan gangguan pencernaan atau kebutuhan nutrisi khusus (Ahmad Habibi et al., 2023). Produk tersebut diharapkan dapat berkontribusi dalam mengatasi kasus stunting pada anak di Indonesia dengan pemberian sumber protein dan nutrisi yang lebih baik. Produk yang dapat diciptakan dengan memanfaatkan HPI ikan lele untuk memenuhi gizi dengan tujuan mengurangi kasus stunting adalah BECAL (Beras protein Clarias Analog). Fakta yang penulis amati di berbagai sumber literatur, produk inovasi ini masih belum umum dikembangkan di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan dan karakteristik mutu organoleptik serta kimiawi hidrolisat protein ikan lele (*Clarias sp.*), menentukan nilai rendemen yang dihasilkan, menjelaskan proses pembuatan produk inovatif berbasis hidrolisat protein ikan lele, memahami sistem pengemasan yang digunakan, menilai karakteristik mutu kimiawi, mikrobiologi, fisik, dan sensori dari produk aplikasinya, serta menganalisis aspek usaha dan pemasarannya.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan Pelaksanaan Pembelajaran Taruna Berprestasi (PTB) Batch 2 dilaksanakan pada periode 13 Januari hingga 20 Juni 2025. Praktik pembuatan hidrolisat protein ikan lele (*Clarias sp.*) serta aplikasinya pada produk pangan berprotein tinggi dimulai pada tanggal 21 April 2025. Proses preparasi sampel serta analisis karakteristik fisik, mikrobiologi, dan kimia hidrolisat

protein ikan lele dilakukan di Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta Pusat.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam proses pembuatan hidrolisat protein ikan (HPI) meliputi meja preparasi, pisau, nampan, timbangan digital, *meat bone separator*, bioreaktor dengan pengatur suhu dan pengaduk, sistem filtrasi mikro dan ultrafiltrasi, serta *spray dryer*. Alat yang digunakan dalam pembuatan produk Becal (beras jagung analog berbasis HPI) antara lain alat pencetak bulir, oven, baskom, loyang, sendok pengaduk, *sealer*, dan timbangan digital. Sementara itu, alat laboratorium yang digunakan untuk pengujian mencakup perangkat ekstraksi *Soxhlet*, oven, desikator, cawan porselen, tanur pengabuan, kertas saring whatman, *pH meter*, pengaduk, timbangan analitik, gelas ukur, labu Erlenmeyer, tabung Durham, tabung reaksi, cawan Petri, *disposable ose*, *laminar air flow*, *hotplate*, plastik polietilen, sendok takar, *beaker glass*, pompa pipet, pipet gelas, *conical tube*, mikropipet, *vortex*, spektrofotometer, sentrifuge, *Scanning Electron Microscope* (SEM), *A_w sprint* TH-500, serta lembar *scoresheet* untuk uji hedonik dan skoring.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan HPI terdiri dari ikan lele, air dan enzim alkalase 2.4 LFG. Bahan yang digunakan untuk pembuatan produk Becal terdiri atas tepung jagung, tepung beras, hidrolisat protein ikan, tepung tapioka, tepung terigu, tepung mocaf, tepung maizena dan vanili.

Metode Penelitian

Metode pengambilan data meliputi data primer berupa proses produksi HPI dan produk inovasi, hasil pengujian proksimat, mikrobiologi, pengukuran warna, analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM), serta uji sensori dan hedonik. Sedangkan data sekunder diperoleh dari sumber pendukung seperti buku, laporan, studi pustaka, *textbook*, referensi lain, dan komunikasi pribadi sebagai bahan pembanding. Penelitian ini menggunakan beberapa metode pengujian meliputi uji organoleptik yang mengacu pada SNI 2729:2021, uji kimiawi yang terdiri dari pengukuran kadar air (SNI 2354.2:2015), kadar abu (SNI 2354.1:2010), kadar lemak (SNI 01-2354.3-2006), kadar protein menggunakan metode *Bradford*, serta kadar karbohidrat dengan metode *by difference* mengacu pada SNI 01-2891-1992. Pengujian mikrobiologi dilakukan untuk mendeteksi keberadaan *E. coli* (SNI 2332.1:2015), *Salmonella sp.* (SNI 01-2332.2:2006), dan kapang/khamir

(SNI 2332.7:2015). Selain itu, dilakukan juga analisis morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan metode *surface microstructure observation*, serta pengukuran aktivitas air (A_w) menggunakan alat A_w *sprint* TH-500. Pengujian sensori, yang mencakup uji hedonik dan uji skoring, dilaksanakan dengan mengacu pada SNI 2346:2015 untuk menilai tingkat kesukaan dan mutu produk.

Uji organoleptik dan sensori

Hasil pengujian organoleptik didapat dengan menghitung mutu secara organoleptik bahan baku yang digunakan yaitu ikan lele sedangkan perhitungan sensori didapat dengan menghitung mutu sensori produk akhir menggunakan perhitungan rumus dengan taraf kepercayaan 95%. Rumus yang dapat digunakan sebagai berikut :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$
$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$
$$S = \sqrt{s}$$
$$P = \left(x - \left(1,96 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \right) \leq \mu \leq \left(x + \left(1,96 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \right)$$

Keterangan:

n = Banyaknya panelis

S^2 = Keragaman nilai mutu

1,96 = Koefisien standar deviasi pada taraf 95%

\bar{x} = Nilai mutu rata rata

x_i = Nilai mutu dari panelis ke-1, dimana $i=1$ sampai n

S = Simpangan baku nilai mutu

Rendemen

Menghitung presentase rendemen yang dihasilkan menggunakan rumus yang digunakan sebagai berikut (Aripudin et al., 2021).

$$\text{Rendemen \%} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

Uji kimiawi

Pengujian kimiawi yang dilakukan mengacu pada SNI untuk pengujian kadar air (SNI 2354.2:2015), kadar abu (SNI 2354.1:2010), kadar lemak (SNI 2354.3:2017), kadar karbohidrat menggunakan *by different* dan kadar protein menggunakan metode *Bradford* dilakukan sebanyak

2 kali ulangan disetiap pengujian.

Uji mikrobiologi

Pengujian mikrobiologi yang dilakukan pada bahan baku dan HPI yaitu ALT yang mengacu pada Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan nomor 13 tahun 2019 tentang batas maksimal cemaran mikroba dalam pangan olahan. Perhitungan ALT sebagai berikut (BSN, 2015) :

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n_1) + (0,1 \times n_2)] \times (d)}$$

Keterangan:

N = jumlah koloni produk, dinyatakan dalam koloni per mL atau koloni per g;

$\sum C$ = jumlah koloni pada semua cawan yang dihitung;

n_1 = jumlah cawan pada pengenceran pertama yang dihitung;

n_2 = jumlah cawan pada pengenceran kedua yang dihitung;

d = pengenceran pertama yang digunakan

Pengujian mikrobiologi yang dilakukan pada produk Becal yaitu *Escherichia coli*, *Salmonella* dan kapang/khamir yang mengacu pada Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan nomor 13 tahun 2019 tentang batas maksimal cemaran mikroba dalam pangan olahan. Adapun tahapan pengujian yang digunakan mengacu pada SNI yang terdiri dari *E. coli* (SNI 01-2332.1-2006), *Salmonella* (SNI 01-2332.2-2006), dan kapang/khamir (SNI 2332.7-2015).

Uji fisik

Scanning Electron Microscope (SEM)

Morfologi dari sampel beras analog instan diamati menggunakan SEM. Satu butir sampel utuh dan sampel yang telah dipotong melintang ditempelkan pada aluminium stubs menggunakan perekat karbon konduktif, lalu dilapisi dengan platinum setebal 10 nm dengan arus 30 mA. Keadaan morfologi permukaan dan mikrostruktur dari potongan *cross-sectional* sampel diamati pada perbesaran 700, 1000, 2000, 5000 dan 10000 kali (Kurniasari et al., 2020).

Aktivitas Air (A_w)

Alat A_w *Sprint* TH-500 bekerja dengan prinsip pengukuran kapasitif dan resistif berbasis sensor elektroda, yang sangat sensitif terhadap kelembaban relatif di ruang pengukuran (Kusnandar et al., 2024).

Analisis Usaha

Perhitungan analisis usaha berupa biaya produksi, keuntungan, pendapatan. Biaya produksi

terbagi menjadi 2 (dua) yaitu biaya tetap dan biaya variabel. Aspek finansial dapat di analisis dengan cara mengamati dan mencatat apa saja yang menjadi biaya mulai dari biaya produksi yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel atau biaya tidak tetap, kemudian menghitung pendapatan yang diterima, dan selanjutnya menghitung keuntungan yang didapatkan.

Perhitungan biaya produksi

Perhitungan biaya produksi dilakukan selama kurun waktu 1 (bulan). Mengetahui biaya produksi, dapat menggunakan rumus berikut :

$$\text{Biaya total} = \text{biaya tetap} + \text{biaya variabel}$$

Perhitungan pendapatan

Menentukan pendapatan yang masuk dalam produksi Becal dapat dihitung menggunakan rumus pendapatan yaitu sebagai berikut :

$$\text{Pendapatan per produksi} = \text{Jumlah produk} \times \text{harga jual per pack}$$

Perhitungan penerimaan

Dengan perhitungan dilaksanakan selama kurun waktu 1 (satu) bulan. Pernyataan ini dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{TR} = \text{P} \times \text{Q}$$

Keterangan:

TR = Total Penerimaan (Rp)

P = Harga jumlah produk (Rp)

Q = Jumlah produk yang dihasilkan

Perhitungan BEP

Dengan perhitungan dilaksanakan selama kurun waktu 1 (satu) bulan dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{BEP Produksi} = \frac{\text{TC}}{\text{Harga penjualan}}$$

$$\text{BEP Harga} = \frac{\text{TC}}{\text{Total produksi}}$$

Keterangan:

BEP Produksi = *break event point* produksi (gram);

BEP Harga = *break event point* harga (Rp/gram);

TC = *total cost* (Rp)

R/C Ratio (Ratio)

Analisis *Return Cost Ratio* (R/C Ratio) pada produksi produk Becal dapat diamati dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$RC = TR/TC$$

Keterangan:

RC = *Return Cost Ratio*

TR = Penerimaan total

TC = Biaya produksi total

Benefit Cost Ratio (B/C Ratio)

Perhitungan B/C ratio diperoleh dari membagi keuntungan dengan biaya produksi. Sehingga diperoleh hasil :

$$B/C = \text{Keuntungan/biaya produksi}$$

Perhitungan laba/rugi

Laba/rugi dapat diketahui dengan melihat besarnya keuntungan dan kerugian yang terjadi pada kurun waktu tertentu. Rumus laba/rugi adalah sebagai berikut :

$$\text{Laba atau rugi} = \text{Penerimaan} - (\text{biaya tetap} + \text{biaya variabel})$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Hidrolisat Protein Ikan (HPI)

Proses produksi hidrolisat protein ikan lele (*Clarias sp.*) dilakukan secara enzimatik dengan mengadaptasi metode Martosuyono et al (2019) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 76 kg ikan lele segar dipreparasi dengan membuang kepala dan isi perut, kemudian dicuci dan digiling menggunakan *meat grinder*. Hasil gilingan dicuci kembali menggunakan larutan natrium bikarbonat 0,5% dalam air dingin dengan penambahan es. Bahan hasil pencucian tersebut selanjutnya digunakan untuk tahap hidrolisis enzimatik. Proses hidrolisis dilakukan dalam bioreaktor yang dilengkapi dengan pengaduk dan pengatur suhu menggunakan enzim alkalase 2.4 L FG (Novozyme) dengan konsentrasi 0,75 mL enzim/kg bahan pada suhu 55°C selama 5 jam. Setelah hidrolisis selesai, enzim diinaktivasi melalui pemanasan pada suhu 80°C selama 15 menit. Hidrolisat kasar yang diperoleh disaring menggunakan sistem mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi dengan ukuran pori masing-masing 5 µm dan 0,1 µm, menghasilkan fraksi hidrolisat bening dan residu. Hidrolisat bening merupakan hasil yang akan menjadi bahan baku dari pembuatan produk pangan fungsional Becal.

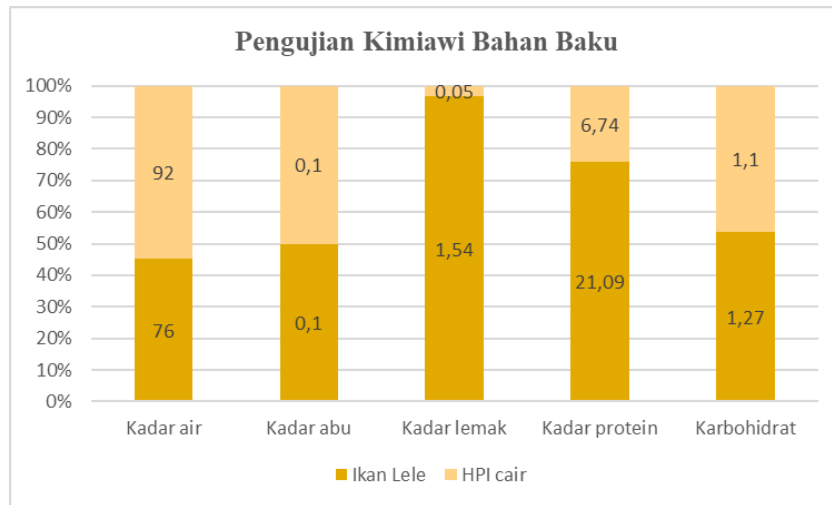
Organoleptik Bahan Baku

Uji organoleptik pada proses penerimaan bahan baku bertujuan untuk mengetahui mutu bahan baku Ikan lele pada proses pengolahan hidrolisat protein ikan. Menurut Mawaddah et al., (2021), uji organoleptik merupakan pengujian dengan menggunakan alat indera manusia sebagai alat utama untuk mengukur mutu makanan Parameter yang diuji sesuai SNI organoleptik ikan segar SNI 2729:2013. Penilaian uji organoleptik dilakukan untuk mengukur spesifikasi kenampakan yakni mata, insang, lendir permukaan badan, spesifikasi daging, bau, dan tekstur. Penentuan mutu bahan pangan pada umumnya sangat bergantung pada beberapa faktor, diantaranya cita rasa, warna, tekstur dan nilai gizinya. Selain itu ada faktor lainnya misalnya sifat mikrobiologis.

Hasil organoleptik Ikan lele mendapatkan rata-rata interval $P(9,0 \leq \mu \leq 9,0)$. Nilai rata-rata ikan lele yang digunakan adalah sembilan. Pada spesifikasi kenampakan Ikan segar memiliki kenampakan mata dengan bola mata cembung, kornea dan pupil jernih, mengkilap spesifik jenis ikan, kenampakan Insang dengan warna insang merah tua atau coklat kemerahan, cemerlang dengan sedikit sekali lendir transparan, kenampakan lendir permukaan badan dengan lapisan lendir jernih, transparan, mengkilap cerah. Hal ini menunjukkan penanganan ikan lele sudah sesuai dengan standar SNI 2729:2013 bahwa nilai organoleptik minimal 7.

Kimiawi Dan Mikrobiologi pada Bahan Baku, HPI (Cair dan Bubuk)

Analisis karakteristik mutu kimiawi dan mikrobiologi hidrolisat protein ikan lele yaitu pengujian proksimat terdiri dari kadar air, kadar abu, kadar lemak dan kadar protein sedangkan pengujian mikrobiologi terdiri dari uji ALT. Hasil pengujian kimiawi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Komposisi kimiawi bahan baku dan produk

Komposisi kimia daging ikan lele segar menunjukkan hasil yang bervariasi. Analisis proksimat mengungkapkan bahwa kadar air pada daging ikan lele mencapai 76%. Tingginya kadar air ini disebabkan oleh penggunaan ikan segar sebagai bahan baku. Selain itu, perbedaan lingkungan, spesies, ukuran ikan, serta jenis pakan juga dapat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar air (Gea et al., 2025). Hasil analisis proksimat kadar abu pada daging ikan lele yaitu sebesar 0,1%, lemak sebesar 1,54%, protein 21,09% dan karbohidrat 1,27%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa daging ikan lele memiliki kualitas yang cukup baik sebagai bahan baku pembuatan hidrolisat protein ikan (Ansori et al., 2022).

Komposisi kimiawi pada hidrolisat protein ikan lele diperoleh hasil yang berbeda. Hasil dari analisis kimiawi tersebut menunjukkan bahwa kadar air yang terdapat pada hidrolisat cair protein ikan lele yaitu sebesar 92% (bb), hasil hidrolisat protein ikan lele berupa cairan karena proses penambahan air dengan perbandingan 1:1 pada saat dihidrolisis yang dapat menyebabkan tingginya nilai kadar air. Hasil analisis proksimat kadar abu pada hidrolisat protein ikan lele yaitu sebesar 0,10% (bk). Analisis kadar lemak pada hidrolisat protein ikan lele yaitu sebesar 0,06% (bk) dan karbohidrat sebesar 1,1%.

Hidrolisat cair protein ikan lele menghasilkan kadar protein yaitu sebesar 6,74% (bk), Hasil ini sejalan dengan penelitian Nuryanto et al., (2023) yang menyatakan bahwa produk hidrolisat protein ikan yang telah di hidrolisis memiliki nilai kadar protein setengah dari kadar protein bahan baku dikarenakan pada proses hidrolisis menggunakan air dengan perbandingan 1:1. Produk hidrolisat protein ikan dapat menghasilkan protein lebih tinggi apabila setelah dipekatkan.

Hasil uji mikrobiologi yaitu ALT ikan lele didapat sebesar $1,44 \times 10^4$ CFU/g, ALT HPI cair didapat sebesar $4,9 \times 10^3$ CFU/g. Berdasarkan Peraturan Badan POM RI Nomor 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimum Cemar Mikroba dalam Pangan. Kategori pangan hewani mentah seperti ikan segar, batas maksimum ALT yang diperbolehkan adalah sebesar 5×10^5 CFU/g. Dengan demikian, nilai ALT yang diperoleh masih berada jauh di bawah ambang batas tersebut, sehingga dapat disimpulkan bahwa ikan lele yang diuji masih memenuhi syarat mutu mikrobiologi dan dinyatakan aman untuk digunakan sebagai bahan baku pangan.

Rendemen Bahan Baku

Rendemen bahan baku ikan pada tiap tahap penyiapan dihitung untuk mengetahui persentase jumlah HPI yang dihasilkan terhadap berat bahan baku sebelum dihidrolisis (Yuniarti et al., 2024). Hasil rendemen dari proses penyiangan, penggilingan/pelumatan dan pengepresan daging dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rendemen Proses Penyiangan, Penggilingan/Pelumatan dan Pengepresan Daging

Proses	Berat awal (kg)	Berat akhir (kg)	Hasil (%)
Penyiangan	76	54	71,05
Penggilingan/pelumatan	54	43	76,62
Pencucian dan Pengepresan	43	38	88,37

Persentase rendemen yang dihasilkan pada proses penyiangan, penggilingan/pelumatan dan pengepresan daging secara berurutan adalah sebesar 71,05%, 76,62% dan 88,37%. Dari penelitian Oktasari et al., (2015) daging lumat ikan lele menghasilkan rendemen sebesar 30,54%. Bahan baku daging lele mempunyai kelebihan pada kandungan proteinnya yang tinggi dan lebih fleksibel untuk diolah menjadi produk olahan. Nilai rendemen yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran ikan dan teknik pemotongan kepala oleh pengolah. Perbedaan rendemen ikan lele yang digunakan dengan lele dumbo adalah memiliki rendemen daging sebesar

30-40% dari keseluruhan tubuhnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Asyari et al., (2019) yaitu ikan lele dumbo memiliki rendemen daging sebesar 30-40% dari keseluruhan tubuhnya. Hal ini terjadi karena ikan lele dumbo memiliki rendemen tulang dan kepala yang cukup besar yaitu 27,49 % dan 14,61 %.

Pembuatan Produk Beras Protein *Clarias* Analog (Becal)

Proses diawali dengan mencampurkan bahan-bahan kering hingga merata, kemudian ditambahkan air untuk memicu gelatinisasi pati serta membantu pemerataan distribusi protein. Hidrolisat protein ikan yang diperoleh melalui proses hidrolisis enzimatik ditambahkan guna meningkatkan kadar protein serta memperkaya nilai gizi dari beras analog (Fatimah et al., 2024).



Gambar 2. Proses pencetakan becal pada alat ekstruder

Adonan yang telah terbentuk kemudian dimasukkan ke dalam mesin pencetak bulir (extruder) yang memiliki tiga zona suhu yaitu zona pertama di kisaran 101°C *preheating* untuk mengurangi kelembaban awal, zona kedua pada 150°C guna melakukan gelatinisasi pati dan denaturasi protein, serta zona ketiga mencapai 104°C untuk membentuk tekstur akhir bulir (Sumardiono et al., 2022). Tekanan dan kecepatan *screw* disesuaikan agar menghasilkan bulir yang seragam baik dari segi ukuran maupun tekstur (Shalahuddin et al., 2019). Kecepatan *screw* yaitu 25-30 rpm menghasilkan bulir berdiameter 2.3-2.8 mm. Berbeda halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Budi et al., (2017) menguji kecepatan *screw* pada 100, 125, dan 150 rpm. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan *screw* menyebabkan peningkatan kekerasan beras analog, kekerasan setelah dimasak, dan *gumminess*, namun menurunkan densitas massa.



Gambar 3. Pengeringan becal menggunakan oven

Bulir Becal dikeringkan secara bertahap dimulai dengan oven bersuhu sekitar 60°C 4 jam lalu dilanjutkan tahap selanjutnya yaitu pendinginan, pengemasan, dan penyimpanan. Pengeringan dengan oven pada suhu sekitar 60°C bertujuan untuk menurunkan kadar air hingga di bawah standar penyimpanan beras ($\leq 14\%$), sehingga dapat memperpanjang masa simpan dan menjaga kualitas produk dari kerusakan mikrobiologis serta perubahan fisik dan kimiawi selama penyimpanan. Menurut penelitian Rohmah et al., (2019) pengeringan beras analog dengan suhu terkontrol di oven diikuti penjemuran dapat menghasilkan kadar air akhir yang stabil dan sesuai standar penyimpanan, serta meningkatkan daya simpan produk. Penelitian lain oleh Lestari et al. (2021) juga menunjukkan bahwa pengeringan bertahap mampu mempertahankan mutu fisik dan kimia beras analog, serta mengurangi risiko kontaminasi jamur selama penyimpanan. Becal yang dihasilkan menunjukkan karakteristik visual warna butiran beras analog cenderung krem kekuningan, yang kemungkinan besar disebabkan oleh kombinasi warna alami dari tepung jagung dan pengaruh HPI. Penambahan vanili bubuk dalam jumlah kecil dapat memberikan nuansa warna hangat, meskipun kontribusinya terhadap warna keseluruhan relatif minimal.



Gambar 4. Kenampakan visual beras analog

Permukaan butiran beras analog tampak halus dan agak mengilap, yang dapat dikaitkan dengan sifat fisik dari tepung tapioka dan maizena yang memiliki kandungan amilosa tinggi. Namun, kehadiran HPI dapat menyebabkan permukaan sedikit kasar jika tidak tercampur

homogen, karena protein ikan dapat menggumpal saat suhu ekstrusi tinggi. Berdasarkan penelitian oleh Nuraenah et al., (2022) tentang karakteristik snack ekstrusi dengan penambahan grit ikan gabus, menjelaskan bahwa selama proses ekstrusi, protein mengalami denaturasi atau modifikasi struktur sekunder, tersier, dan kuartener. Jika pencampuran protein ikan tidak merata, maka agregasi protein yang terjadi saat suhu ekstrusi tinggi dapat menyebabkan permukaan produk menjadi kurang halus atau sedikit kasar. Penelitian yang dilakukan oleh Fiqtinovri & Lesmana, (2019) yang mengembangkan beras analog 'Mosinggaja' dari mocaf dan tepung jagung manis menunjukkan bahwa formulasi dengan perbandingan 80:20 menghasilkan warna putih dengan aroma yang tidak sesuai dengan jenis tepung, tekstur yang agak rapuh, dan uniformitas butiran yang tidak seragam. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun warna yang dihasilkan lebih terang, terdapat tantangan dalam mencapai tekstur dan uniformitas yang diinginkan.



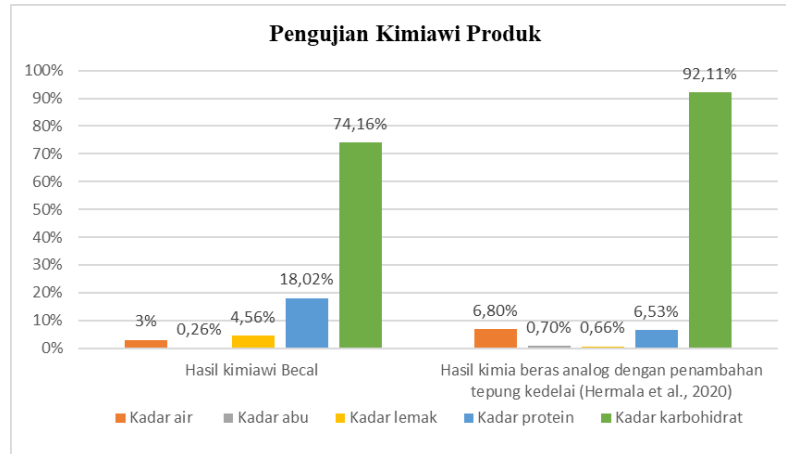
Gambar 5. Desain dan kemasan becal

Produk becal yang sudah siap akan melalui tahapan pengemasan yaitu menggunakan kemasan berupa *standing pouch* berukuran 2 x 20 cm dengan 250 gram berbahan plastik multilayer PET (*Polyethylene Terephthalate*) dan PE (*Polyethylene*) yang kuat dan dilengkapi dengan fitur *ziplock*. *Ziplock* ini memungkinkan kemasan dibuka dan ditutup kembali dengan mudah, menjaga kebersihan dan kualitas isi tanpa perlu memindahkan produk ke wadah lain. Material kemasan yang kedap udara dan tahan kelembapan memberikan perlindungan optimal terhadap beras analog di dalamnya (Minah & Anggorowati, 2023). Secara keseluruhan, kemasan Becal dirancang dengan pendekatan yang informatif, menarik, dan fungsional, menjadikannya tidak hanya sebagai pembungkus produk, tetapi juga sebagai alat komunikasi yang mengedukasi dan meyakinkan konsumen tentang manfaat beras protein dari ikan dan jagung analog.

Kimiawi Produk Becal

Pengujian kimiawi pada produk Becal bertujuan untuk mengetahui komposisi kimiawi

seperti kadar air, abu, lemak dan protein. Informasi ini penting untuk menilai kualitas dan keamanan produk, serta memastikan kepatuhan terhadap standar mutu pangan (Hikmah et al., 2023). Hasil uji kimiawi pada produk Becal dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil pengujian kimiawi produk becal

Produk Becal menunjukkan kadar air sebesar 3%, lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Hermala et al., (2020) yang mencapai 6,80%. Kadar air yang rendah ini mengindikasikan potensi daya simpan produk yang lebih baik karena aktivitas air yang kecil dapat menghambat pertumbuhan mikroba (Handayani et al., 2022). Berdasarkan SNI 6128:2020 (BSN, 2020), kadar air maksimum beras analog adalah 14%, sehingga produk Becal dan beras analog pembanding masih tergolong aman. Kadar abu pada Becal tercatat sebesar 0,26%, lebih rendah dibandingkan nilai 0,70% pada beras analog Hermala et al., (2020), yang kemungkinan disebabkan oleh perbedaan bahan baku dan metode pengolahan yang memengaruhi kandungan mineral. Kadar lemak pada Becal mencapai 4,56%, jauh lebih tinggi dibandingkan 0,66% pada penelitian Hermala et al., (2020), menunjukkan bahwa kandungan lemak dalam Becal berperan penting dalam meningkatkan nilai gizi, memberikan cita rasa gurih, serta menjaga tekstur dan stabilitas selama penyimpanan.

Sementara itu, kadar protein Becal sebesar 18,02% jauh melampaui beras analog pembanding (6,53%), yang diduga berasal dari penambahan hidrolisat protein ikan (HPI) dalam formulasi. HPI diketahui dapat meningkatkan kadar protein pada pangan fungsional secara signifikan, bahkan hingga lebih dari tiga kali lipat tergantung konsentrasinya (Yuniarti et al., 2025). Di sisi lain, kadar karbohidrat Becal tercatat sebesar 74,16%, lebih rendah dibandingkan 92,11% pada beras analog Hermala et al., (2020). Penurunan ini sejalan dengan temuan

Iklanawan et al., (2023) yang melaporkan bahwa penambahan tepung sumber protein, seperti tepung kacang-kacangan, dapat meningkatkan kadar protein sekaligus menurunkan kandungan karbohidrat produk akhir (Ahmad et al., 2019). Penggunaan tepung jagung sebagai sumber karbohidrat dalam Becal diharapkan mampu menurunkan indeks glikemik serta memperbaiki keseimbangan nilai gizi produk.

Mikrobiologi Produk Becal

Pengujian mikrobiologi yang dilakukan pada produk pangan untuk memastikan tidak adanya mikroba patogen yang menyebabkan keracunan pangan, dan menghindari akibat dari kontaminasi silang pada saat produksi. Adapun hasil yang didapatkan setelah melaksanakan pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Mikrobiologi Produk Becal

Kode	Parameter		
	<i>E.coli</i> (MPN/gram)	<i>Salmonella</i>	Total kapang/khamir (CFU/gram)
Becal	<3,0	Negatif	$1,6 \times 10^2$
Standar	<3/100	Negatif	10^2

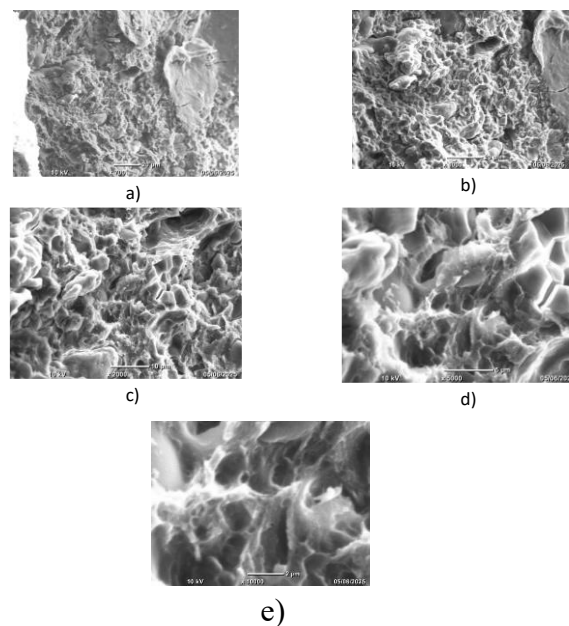
*Peraturan BPOM No 13 Tahun 2019

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian *E.coli* pada Becal menunjukkan nilai *Most Probable Number* (MPN). Rata-rata nilai ini dibandingkan dengan standar Badan POM RI Nomor 13 tahun 2019, yang menetapkan batas maksimum cemaran mikroba dalam makanan dan minuman, yaitu MPN coliform < 3/100 mL. Karena hasil pengujian menunjukkan <3,0 MPN/g, Becal dinyatakan memenuhi syarat kualitas dan layak untuk dikonsumsi.

Hasil uji mikrobiologi pada produk Becal menunjukkan bahwa jumlah kapang dan khamir yang terdeteksi sebesar $1,6 \times 10^2$ koloni per gram. Nilai ini masih berada di bawah ambang batas maksimum yang diperbolehkan, sehingga produk dinyatakan layak untuk dikonsumsi. Selain itu, hasil uji mikrobiologi terhadap bakteri *Salmonella* menunjukkan hasil negatif, yang berarti tidak terdapat kontaminasi bakteri patogen tersebut dalam sampel. Berdasarkan hasil tersebut, produk Becal memenuhi persyaratan mutu mikrobiologi sesuai dengan peraturan BPOM nomor 13 tahun 2019.

Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk menganalisis struktur permukaan dan morfologi sampel pada tingkat mikroskopis hingga nanometer. Gambar hasil SEM dengan beberapa perbesaran dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Perbesaran SEM becal (a) 700x (b) 1000x (c) 2000x (d) 5000x (e) 10000x

Berdasarkan hasil uji SEM pada beras analog yang ditampilkan pada gambar dengan perbesaran 700x hingga 10.000x, terlihat bahwa permukaan beras analog memiliki struktur yang tidak rata, berpori, dan terdapat agregasi partikel. Kenampakan tekstur Becal pada perbesaran rendah yaitu pada 700x dan 1000x, permukaan tampak kasar dan terdapat banyak rongga, menandakan adanya ruang antar partikel akibat proses ekstrusi dan pengeringan. Kenampakan tekstur Becal pada perbesaran lebih tinggi yaitu pada 2000x, 5000x, dan 10.000x, terlihat adanya agregasi protein dan retakan-retakan halus yang semakin jelas, menunjukkan interaksi antara protein, pati, dan komponen lain yang tidak tercampur secara homogen. Hasil pengujian SEM pada Becal dipengaruhi oleh proses ekstrusi dan penambahan protein ikan sehingga membentuk struktur mikro yang berpori dan tidak homogen. Struktur ini dapat memengaruhi karakteristik fisik, seperti tekstur, kerapatan, dan kemampuan rehidrasi beras analog, sehingga penting untuk mengoptimalkan proses pencampuran dan ekstrusi agar diperoleh struktur mikro yang lebih seragam dan berkualitas (Kurniasari et al., 2020).

Hasil uji fisik menunjukkan bahwa beras analog memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan produk komersial, yang berpotensi mempengaruhi cara memasak dan kualitas sensori produk akhir. Permukaan beras yang kasar dengan banyak rongga dapat berimplikasi pada penyerapan air selama proses memasak, mempengaruhi waktu masak dan kadar kelembapan final produk. Adanya agregasi protein dan retakan halus akan mempengaruhi dispersi bahan selama pemasakan, yang dapat berakibat pada pengendapan atau tidak meratanya pemanasan. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Fadli et al. (2020) dalam Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, yang melaporkan bahwa beras analog hasil ekstrusi dengan penambahan protein ikan menunjukkan permukaan yang tidak homogen dan berpori pada hasil SEM, bahwa semakin tinggi kadar protein yang ditambahkan, permukaan produk cenderung semakin kasar dan tidak teratur akibat agregasi protein yang terjadi pada suhu ekstrusi tinggi.

Mengatasi tantangan tersebut, saran pemasakan yang optimal adalah dengan menggunakan metode pengukusan yang memberikan panas lembap dan merata, sehingga dapat mengurangi risiko pemanasan tidak merata dan pengendapan bahan. Rasio air yang digunakan sebaiknya disesuaikan, misalnya sekitar 1:1 antara beras analog dan air, agar penyerapan air berlangsung optimal tanpa menyebabkan kelembekan berlebihan (Srihari et al., 2016).

Aktivitas air (A_w)

Nilai aktivitas air (A_w) yang diperoleh dari analisis sampel Becal menunjukkan rata-rata yang didapat sebesar 0,479. Aktivitas air yang rendah sangat penting karena secara langsung berkaitan dengan daya simpan dan keamanan produk pangan. Nilai $A_w < 0,6$, pertumbuhan mikroorganisme patogen dan sebagian besar kapang serta khamir dapat dicegah, sehingga produk cenderung lebih stabil dan tahan lama selama penyimpanan (Ratnadhita et al., 2022). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hizni et al., (2024) pada beras analog berbahan dasar tepung mocaf dan tepung jagung, hubungan antara kadar air dengan aktivitas air menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi kadar air, maka semakin tinggi pula nilai aktivitas airnya. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh komposisi bahan baku, metode pengolahan, serta proses pengeringan yang diterapkan.

Sensori Produk

Uji sensori yang dilakukan meliputi uji hedonik dan uji *scoring* yang dilakukan pada panelis

tidak terlatih sebanyak 30 orang. Karakteristik yang dinilai pada uji *scoring* terbagi menjadi 2 untuk kondisi mentah meliputi kenampakan, aroma dan kebersihan fisik. Kondisi Becal matang meliputi kenampakan, aroma, tekstur dan rasa. Uji hedonik digunakan skala 1-9. Hasil uji *scoring*. Pengujian sensori produk akhir mengacu pada SNI 2346:2015 tentang petunjuk pengujian sensori.

Becal dalam kondisi mentah pada uji hedonik dan *scoring* didapat rata-rata secara berurutan yaitu 6 dan 7, menunjukkan bahwa produk Becal dalam kondisi mentah cukup disukai oleh panelis, meskipun belum mencapai tingkat sangat disukai. Skor rata-rata 7 pada uji *scoring* menandakan bahwa mutu Becal mentah dinilai baik oleh panelis, sehingga produk tersebut memiliki kualitas yang cukup tinggi menurut penilaian panelis. Dalam kondisi matang pada uji hedonik dan *scoring* didapat rata-rata yaitu 7 yang menunjukkan bahwa mengindikasikan bahwa produk tersebut diterima dengan baik oleh panelis.

Analisis Usaha

Analisis Usaha Becal merupakan kajian tentang pengembangan produk beras yang diperkaya dengan protein dari ikan lele (*Clarias sp.*). Poin-poin utama terkait usaha ini terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Usaha Becal

Keterangan	Nominal	Satuan
Biaya Bahan Baku (a)	Rp2.086.000	
Biaya Variabel (b)	Rp655.000	
Total Biaya operasional (a+b)	Rp2.741.000	
Keuntungan / Margin (30%)		
Margin 30% x Total biaya operasional	Rp822.300	
Biaya keuntungan	Rp3.563.300	
Berat produksi		
Berat total produksi	50000	gr
Kemasan Becal@200g/pack	200	pack
HPP		
Kemasan Becal@200g/pack	Rp18.000	
Analisa Usaha		
Pendapatan penjualan	Rp3.600.000	
Keuntungan kotor	Rp859.000	
B/C Ratio (Kelayakan usaha)	1,3	(>1 Layak diterima)
Payback period	0,5	bulan
Break Event Point (kemasan snack)	152	pack

Berdasarkan Tabel 19 analisis usaha Becal, total biaya operasional sebesar Rp2.741.000,- menghasilkan 200 pack masing-masing 200 g. Harga jual ditetapkan Rp18.000,-/pack, menghasilkan pendapatan Rp3.600.000,- dan keuntungan Rp859.000,-. Nilai B/C Ratio sebesar 1,3 menunjukkan usaha layak dijalankan, dengan *payback period* kurang dari satu bulan dan *break even point* pada 152 pack. Usaha Becal terbukti menguntungkan dan prospektif.

SIMPULAN

Produk Becal merupakan inovasi beras jagung analog berbasis hidrolisat protein ikan lele (*Clarias sp.*) yang dikembangkan sebagai pangan fungsional untuk mendukung pencegahan stunting. Becal memiliki kadar protein tinggi (18,02%), kadar air rendah (3%), serta komposisi lemak, karbohidrat, dan mineral yang seimbang, sehingga aman dikonsumsi dan memiliki daya simpan baik. Hasil uji mikrobiologi, fisik, dan sensori menunjukkan mutu produk memenuhi standar dan diterima dengan baik oleh panelis. Analisis usaha menunjukkan bahwa produksi Becal layak secara finansial dengan B/C Ratio 1,3, *payback period* 0,5 bulan, dan *break-even point* 152 pack, sehingga produk ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif pangan bernilai gizi dan ekonomi tinggi.

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, Jakarta Pusat, yang telah menyediakan fasilitas laboratorium dan alat untuk pelaksanaan praktikum. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pembimbing, dosen, serta semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan saran selama proses penelitian ini. Bantuan dari rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu juga sangat penulis hargai.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A. F., CH, W., DN, F., & NE, S. (2019). Hubungan antara kandungan karbohidrat dan indeks glikemik pada pangan tinggi karbohidrat. *Jurnal Pangan*, 28(2), 145–160.

- Ahmad Habibi, N., Tristi Utami, C., Darningsih, S., Gizi, J., & Kesehatan Kemenkes Padang, P. (2023). Review potensi pemanfaatan protein hewani hidrolisat untuk penanganan stunting. *Jurnal Gizi Mandiri*, 1(1), 9–15.
- Andin, A., Risti, D., Latifah, I., Panuntun, M., Nur, M., Selviani, R., Yogyakarta, U. P., Bantul, K., & Istimewa, P. D. (2025). Penerapan nilai pancasila melalui program makan bergizi gratis. 3(1), 370–383.
- Ansori, Manual, U., Brämswig, K., Ploner, F., Martel, A., Bauernhofer, T., & Hilbe, W., Kühr, T., Leitgeb, C., Mlineritsch, B., Petzer, A., Seebacher, V., Stöger, H., Girschikofsky, M., Hochreiner, G., Ressler, S., Romeder, F., Wöll, E., Brodowicz, T., Baker, D. (2022). Karakteristik hidrolisat protein ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan menggunakan konsentrasi enzim papain yang berbeda. *Science*, 7(1), 1–8.
- Anton, S. S., Dewi, N. M. U. K., & Adiba, I. G. (2023). Kajian determinan stunting pada anak di Indonesia. *Jurnal Yoga dan Kesehatan*, 6(2), 201–217. <https://doi.org/10.25078/jyk.v6i2.2907>
- Aripudin, A., Panjaitan, P. S. T., Soeprijadi, L., & Sebayang, E. A. (2021). Studi pengolahan nugget ikan tenggiri (*Scombridae Commerson*) skala rumah tangga. *Pelagicus*, 2(3), 167. <https://doi.org/10.15578/plgc.v2i3.10391>
- Asyari, M., Afrianto, E., & Intan, R. P. (2019). Fortifikasi surimi lele dumbo sebagai sumber protein terhadap tingkat kesukaan donat ubi jalar. *Jurnal Perikanan Kelautan*, VII(2), 71–79. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=5bef7e0660aebb7eJmltdHM9MTY3NDY5MTIwMCZpZ3VpZD0yMzczNWE4Ny04YTJhLTk1ODYtMjIyNS01MWNlOGI0YjY0YTImaW5zaWQ9NTE1NQ&ptn=3&hsh=3&fclid=23735a87-8a2a-6586-2225-51ce8b4b64a2&psq=36.+Asyari%2C+M.%2C+Afriyanto%2C+E.+%26+Pratama%2C+R.+>
- BGN. (2025). BGN bersama KKP dan APCI diskusikan potensi menu ikan untuk MBG.
- BSN. (2015). SNI 2332.3:2015 Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada Produk Perikanan.
- BSN. (2020). SNI 6128:2020 Standar Nasional Indonesia.
- Budi, F. S., Hariyadi, P., Budijanto, S., & Syah, D. (2017). Kristalinitas dan kekerasan beras analog yang dihasilkan dari proses ekstrusi panas tepung jagung. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 28(1), 46–54. <https://doi.org/10.6066/jtip.2017.28.1.46>
- Ciptawati, E., Budi Rachman, I., Oktiyani Rusdi, H., & Alvionita, M. (2021). Analisis perbandingan proses pengolahan ikan lele terhadap kadar nutrisinya. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 4(1), 40–46. <https://doi.org/10.20885/ijca.vol4.iss1.art5>
- Fatimah, F. Y., Haryati, S., & Aditia, R. P. (2024). Preparation of payus fish protein isolate (*Elops hawaiiensis*) with Different pH Methods. 17(1), 278–292.
- Fiqtinovri, S. M., & Lesmana, R. (2019). Karakteristik beras analog “Mosinggaja” dari Mocaf

- (Modified Cassava Flour) Singkong Gajah (*Manihot utilissima*) dan Tepung Jajing Manis. *FoodTech Jurnal Teknologi Pangan*, 2(2), 52–59. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jft/article/view/37417>
- Gea, R., Zai, R., & Lombu, F. P. (2025). Analisis kinerja pertumbuhan ikan patin (*Pangasius sp.*) pada sistem budidaya dengan kolam terpal. 3.
- Handayani, D., Nurwantoro, N., & Pramono, Y. B. (2022). Karakteristik kadar air, kadar serat dan rasa beras analog ubi jalar putih dengan penambahan tepung labu kuning. *Jurnal Teknologi Pangan*, 6(2), 14–18. <https://doi.org/10.14710/jtp.2022.26035>
- Hermala Anindita, T., Kusnandar, F., & Budijanto, S. (2020). Sifat fisikokimia dan sensoris beras analog jagung dengan penambahan tepung kedelai. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 31(1), 29–37. <https://doi.org/10.6066/jtip.2020.31.1.29>
- Hikmah, S. N., Handayani, L., & Nurhayati, N. (2023). Perbandingan komposisi kimia dan uji hedonik terhadap perisa menggunakan bahan baku limbah ikan yang berbeda. *Jurnal TILAPIA*, 4(2), 53–64. <https://doi.org/10.30601/tilapia.v4i2.4237>
- Hizni, A., Pitriani, R., & Ahmalinda, M. (2024). Karakteristik sensoris dan kandungan gizi beras analog berbahan mocaf dan sagu yang disuplementasi protein tempe dan ikan kembung. 20, 26–35.
- Ikhsanawan, J., Widiasaputra, R., & Adisetya, E. (2023). Formulasi beras analog tinggi protein berbahan tepung gembili, tepung mocaf dan tepung kacang-kacangan. *Agroforetech*, 1(4), 2273–2282.
- KKP. (2023). *Produksi Perikanan Budi Daya Pembesaran*. <https://portaldata.kkp.go.id/datainsight/produksi-ikan-budidaya>
- Kurniasari, I., Kusnandar, F., & Budijanto, S. (2020). Karakteristik fisik beras analog instan berbasis tepung jagung dengan penambahan k-karagenan dan konjak. *AgriTECH*, 40(1), 64. <https://doi.org/10.22146/agritech.47491>
- Kusnandar, F., Budi, F. S., Indrasti, D., Annisa, N., Abraham, K. G., Fasya, A. T., Regiyana, Y., & Budijanto, S. (2024). Karakteristik mutu fisik, kimia dan umur simpan beras analog dari campuran tepung ubi jalar ungu, jagung dan sagu. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 18(2), 333–342. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v18i2.17352>
- Minah, F. N., & Anggorowati, D. A. (2023). Pengantar teknologi pangan. *In Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1). http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- Nirmalasari, N. O. (2020). Stunting pada anak : penyebab dan faktor risiko stunting di Indonesia. *Qawwam: Journal For Gender Mainstreaming*, 14(1), 19–28. <https://doi.org/10.20414/Qawwam.v14i1.2372>

- Nuraenah, N., Deviarni, I. M., & Fitriyani, E. (2022). Karakteristik snack ekstrusi dengan penambahan grit ikan gabus (*Channa Striata*). *Jurnal Galung Tropika*, 11(1), 31–44. <https://doi.org/10.31850/jgt.v11i1.854>
- Nuryanto, N., Putri, A. R., Chasanah, E., Sulchan, M., Afifah, D. N., Martosuyono, P., & Asmak, N. (2023). Profil asam amino makanan pendamping asi (MP-ASI) protein hidrolisat ikan kuniran. *Journal of Nutrition College*, 12(3), 232–237. <https://doi.org/10.14710/jnc.v12i3.40395>
- Oktasari, T., Suparmi, & Rahman, K. (2015). Pembuatan isolat protein ikan gurami (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Online Mahasiswa*, 1–12.
- Primawestri, M., Sumardianto, & Kurniasih, R. A. (2023). Karakteristik stik ikan lele (*Clarias gariepinus*) dengan perbandingan rasio daging dan tulang. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 5(1), 1–23.
- Ratnaduhita, A., Pratama, Y., & Pramono, Y. B. (2022). Karakteristik kimia dan tingkat kesukaan beras analog “GATOT KACA” dari gatot dan kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) dengan variasi konsentrasi CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). *Jurnal Teknologi Pangan*, 5(1), 13–17. <https://doi.org/10.14710/jtp.2021.23402>
- Rohmah, S., Darmanto, Y. S., & Rianingsih, L. (2019). Penambahan nanokalsium dari jenis tulang ikan yang berbeda terhadap karakteristik beras analog dari tepung umbi garut (*Maranta arundinacea*) dan tepung *Gracilaria verrucosa*. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 1(2), 1–10. <https://doi.org/10.14710/jitpi.2019.6741>
- Rukhil A., Muhammad N. H., Izatul H., Endah W., & Asnun P. (2022). Pencegahan stunting melalui parenting education Di Desa Pakel Bareng. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Darul Ulum*, 1(1), 52–68. <https://doi.org/10.32492/dimas.v1i1.566>
- Shalahuddin, D. S., Darmanto, Y. S., & Fahmi, S. (2019). Pengaruh penambahan gelatin dari sisik berbagai jenis ikan terhadap karakteristik beras analog berbasis tepung ganyong dan tepung *Caulerpa racemosa*. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan*, 1(2), 47–55.
- Srihari, E., Lingganingrum, F. S., Alvina, I., & Anastasia. (2016). Rekayasa beras analog berbahan dasar campuran tepung talas, tepung maizena dan ubi jalar. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(1), 14–19.
- Sumardiono, S., Jos, B., Antoni, M. F. Z., Nadila, Y., & Handayani, N. A. (2022). Physicochemical properties of novel artificial rice produced from sago, arrowroot, and mung bean flour using hot extrusion technology. *Heliyon*, 8(2), e08969. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08969>
- Taniyo, W., Salimi, Y. K., & Iyabu, H. (2021). Karakteristik dan aktivitas antioksidan hidrolisat protein ikan nike (*Awaous melanocephalus*). *Dalton : Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 4(2), 52–63. <https://doi.org/10.31602/dl.v4i2.5935>
- UNICEF & Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Menuju Masa Depan Indonesia Bebas Masalah Kekurangan Gizi*. www.Unicef.Org, 1–12.

- Widayatun. (2023). Keberhasilan dan tantangan penurunan kasus stunting di Indonesia: upaya mencapai target Sdgs. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Berkelanjutan*, 1(1), 33–43. <https://doi.org/10.33476/jkpb.v1i1.99>
- Yayuk, C., & Christian, V. (2024). Pengembangan produk sambal bawang dengan penambahan tepung tulang ikan lele. 7(1), 16–24.
- Yuniarti, T., Arrahmi, N. Y., Dharmayanti, N., Sugiwati, S., Mulyono, M., Hidayat, T., Martosuyono, P., Maulani, A., & Alghany, A. (2024). Karakteristik fisikokimia dan aktivitas antioksidan hidrolisat protein ikan kakap (*Lutjanus sp.*) skala pilot. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 19(1), 61. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v19i1.985>
- Yuniarti, T., Fristina, D., Asriani, Leilani, A., & Amrizal, S. N. (2025). Karakteristik mutu es krim dengan penambahan hidrolisat protein ikan rucah. 28.
- Yuniarti, T., Prayudi, A., Supenti, L., Suhwardan, H., & Martosuyono, P. (2021). Produksi dan profil kimia hidrolisat protein dari hasil samping pengolahan udang segar. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 23(1), 63. <https://doi.org/10.22146/jfs.59906>