

EFIKASI KUDAPAN BAKSO BERBAHAN IKAN TERHADAP STATUS GIZI DAN KEBUGARAN JASMANI ANAK SEKOLAH SEPAK BOLA DI TERNATE

FAHMI ABDUL HAMID



**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER NFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “ Efikasi Kudapan Bakso Berbahan Ikan terhadap Status Gizi dan Kebugaran Jasmani Anak Sekolah Sepak Bola di Ternate” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum di ajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya saya kepada IPB University.

Bogor, Januari 2026

Fahmi Abdul Hamid
I1604211012



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



RINGKASAN

FAHMI ABDUL HAMID. Efikasi Kudapan Bakso Berbahan Ikan terhadap Status Gizi dan Kebugaran Jasmani Anak Sekolah Sepak Bola di Ternate. Dibimbing oleh HARDINSYAH, BUDI SETIAWAN dan HADI RIYADI.

Remaja dengan aktivitas fisik tinggi yang memiliki pola makan tidak teratur lebih rentan mengalami masalah gizi. Masalah gizi pada remaja umumnya disebabkan oleh rendahnya jumlah asupan pangan, buruknya kualitas makanan yang dikonsumsi, serta kurangnya aktivitas fisik. Kondisi ini tercermin dari tingginya prevalensi pendek atau stunting sebesar 24% dan berat badan kurang sebesar 7,5% pada remaja usia 13-15 tahun di Indonesia, termasuk di Maluku Utara pada tahun 2024. Kekurangan asupan gizi juga ditemukan secara signifikan pada siswa Sekolah Sepak Bola (SSB). Contohnya, di SSB Ganesha Putra Purwodadi, Semarang, 41% siswa mengalami defisit asupan protein. Defisit yang lebih parah terjadi di SSB Tugu Muda Semarang, dengan kekurangan asupan karbohidrat (93,8%), lemak (75%), dan protein (87,5%). Selain itu, tingginya angka anemia (29,7%) juga dilaporkan pada atlet sepak bola di Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh intervensi kudapan bakso berbahan ikan layang (*Decapterus sp*) yang ditambahkan hati tuna terhadap hemoglobin, komposisi tubuh, $VO_2\max$, ketahanan otot, dan kebugaran jasmani pada siswa sekolah sepak bola di Kota Ternate.

Penelitian ini menggunakan metode gabungan yang terdiri dari dua tahap utama: pengembangan produk dan intervensi. Tahap pengembangan produk menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan pengujian nilai gizi (karbohidrat, lemak, protein, zat besi, dan asam amino) produk terpilih melalui eksperimen laboratorium. Tahap intervensi dimulai dengan skrining menggunakan pendekatan *cross-sectional* dan intervensi dilaksanakan dengan desain *one-group pretest and posttest design*. Pengembangan produk dan analisis nilai gizi dilaksanakan di Laboratorium Gizi Poltekkes Ternate dan Laboratorium SIG SARASWATI Kota Bogor, intervensi bertempat di SSB Indonesia Muda dan Tunas Gamalama/Mayoma Kota Ternate. Penelitian memperoleh Etis dari Poltekkes Semarang (Nomor 0188/EA/KEPK/2024). Subjek pengujian organoleptik menggunakan 30 panelis semi terlatih (mahasiswa Poltekkes yang telah dilatih dan lulus mata kuliah Ilmu Teknologi Pangan). Subjek intervensi terdiri dari 32 orang usia 13-15 tahun yang perhitungannya merujuk pada penelitian sebelumnya.

Analisis kandungan gizi dilakukan terhadap karbohidrat (metode *by difference*), kadar lemak (metode ekstraksi Soxhlet/AOAC 2005), protein (metode *Kjeldahl* /AOAC 2005), kadar zat besi (metode ICP-OES 2021), dan asam amino (metode UPLC). Pengukuran konsumsi pangan (food recall 24 jam dua hari), status gizi dan komposisi tubuh (menggunakan timbangan Bioelectrical Impedance Analysis (BIA), kadar hemoglobin (metode *cyanmethemoglobin*), asam laktat (analisis darah kapiler dengan *Accutrend Plus* Merk Roche), dan $VO_2\max$ (metode *Cooper Test* lari 2400 meter) dilakukan pada subjek. Selain itu, kebugaran jasmani diukur menggunakan Tes Kebugaran Jasmani Indonesia (TKJI). Seluruh data diolah menggunakan bantuan perangkat lunak komputer, yaitu aplikasi Microsoft Excel dan IBM SPSS versi 25. Analisis data hasil pengujian organoleptik

menggunakan metode statistik non-parametrik Kruskal-Wallis Test $p < 0,05$. Selanjutnya, uji statistik pada tahap intervensi menggunakan *Independent t-test* untuk data yang berdistribusi normal dan *Wilcoxon* untuk data yang tidak normal.

Pengembangan kudapan melibatkan tiga formula penambahan tepung (Formula 1/F1: tepung tapioka, Formula 2/F2: tepung sagu, dan Formula 3/F3: tepung maizena), dengan berat masing-masing 40 g. Bahan baku utama ditambahkan berupa daging ikan layang (100 g), hati tuna (50 g), telur ayam ras (30 g), serta bawang putih, garam, dan merica secukupnya. Berdasarkan pengujian organoleptik, panelis memilih Formula F1 secara konsisten sebagai pilihan terbaik untuk aspek warna, rasa, dan tekstur, meskipun pada aspek aroma, F2 dan F3 menjadi pilihan terbaik. Hasil uji statistik *Kruskal-Wallis* menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada warna kudapan ($p\text{-value } 0,127 > 0,05$), tetapi terdapat perbedaan signifikan pada aroma, rasa, dan tekstur di antara tiga perlakuan tepung ($p < 0,05$). Produk terpilih memiliki nilai gizi per 100 g, yaitu Karbohidrat 18,29 g, Lemak 7,64 g, Protein 18,68 g, Energi 216,66 kcal, dan Zat Besi 3,49 mg. Selain itu, asam amino esensial yang dikandung didominasi oleh Leusin 136,94 mg, Valin 997,01 mg dan Isoleusin 594,45 mg.

Intervensi kudapan 90 g (karbohidrat 14,81 g, lemak 6,21 g, protein 15,09 %, energi 175,49 kcal, dan zat besi 3,09 mg. Asam amino Isoleusin 535,07 mg. Leusin 1232,05 mg dan Valin 897,31 mg) selama sepuluh minggu (dua bulan lebih). Siswa sekolah sepak bola memiliki kepatuhan yang tinggi dari kudapan yang diberikan. Intervensi tersebut memberikan dampak signifikan terhadap berbagai indikator: status gizi *Z-score* IMT/U meningkat dari -2,28 menjadi -1,85 ($p < 0,001$); massa otot meningkat 14,32 % menjadi 16,86 % ($p < 0,001$); kadar hemoglobin meningkat dari 11,37 g/dL menjadi 11,93 g/dL, ($p < 0,03$); dan $VO_2\text{max}$ meningkat dari 36,59 mL/kg/menit menjadi 41,31 mL/kg/menit, $p < 0,00$). Ketahanan Otot (laktat darah dari 5,44 mmol/ml menurun menjadi 4,86 mmol/ml) dan kebugaran jasmani meningkat dari 14,56 poin menjadi 18,96 point ($p < 0,01$). Menariknya, terjadi peningkatan massa lemak sebesar 5,99% (dari 14,86% menjadi 15,75%, ($p < 0,04$)).

Penelitian ini menyimpulkan bahwa Formula 1 (F1) terpilih sebagai kudapan unggulan berkat keunggulan organoleptik, terutama pada aroma (56,7%) dan warna (53,3%), serta menunjukkan perbedaan signifikan dari formula lain pada rasa dan tekstur. F1 kaya gizi per 100 g, mengandung Protein 18,68 g, Energi 216,66 kcal, Karbohidrat 18,29 g, Lemak 7,64 g, dan Zat Besi 3,48 mg. Asam amino esensial (Leusin 136,94 mg, Valin 997,01 mg dan Isoleusin 594,45 mg). Berkat kepatuhan 100% siswa SSB terhadap intervensi, kudapan berbahan ikan layang dan hati tuna ini terbukti signifikan meningkatkan status gizi, kadar hemoglobin, $VO_2\text{max}$, ketahanan otot dan kebugaran jasmani.

Kata Kunci: Anak remaja, kudapan, gizi sepak bola, status gizi





SUMMARY

FAHMI ABDUL HAMID. Efficacy of Fish-Based Snacks on Nutritional Status and Physical Fitness of Soccer School Children in Ternate City. Supervised by HARDINSYAH, BUDI SETIAWAN and HADI RIYADI.

Adolescents engaging in high physical activity while adhering to an irregular dietary pattern are highly vulnerable to nutritional deficiencies. This widespread issue is typically attributed to insufficient food intake, poor dietary quality, and often, inadequate physical activity, as evidenced by the high national prevalence of stunting (24%) and underweight (7.5%) among those aged 13-15 years, including in North Maluku in 2024. Significant nutritional deficits are particularly notable in Football School (SSB) students; for instance, SSB Ganesha Putra Purwodadi, Semarang, showed a 41% protein deficit, while SSB Tugu Muda Semarang reported severe deficiencies in carbohydrates (93.8%), fat (75%), and protein (87.5%), alongside a high incidence of anemia (29.7%) among athletes in Sleman Regency, Yogyakarta. Consequently, this study was designed to analyze the efficacy of a snack intervention utilizing scad fish (*Decapterus sp.*) supplemented with tuna liver on hemoglobin levels, body composition, $VO_2\max$, muscle endurance, and physical fitness among football school students in Ternate City.

This study employed a sequential mixed-method design comprising product development and intervention phases. The product development phase utilized a Completely Randomized Design (CRD) and lab experimentation at the Poltekkes Ternate and SIG SARASWATI Laboratories (Bogor) to analyze the selected product's nutritional profile, including carbohydrates (by difference), fat (Soxhlet/AOAC 2005), protein (*Kjeldahl* /AOAC 2005), iron (ICP-OES 2021), and amino acids (UPLC). Organoleptic testing involved 30 semi-trained student panelists using a 9-point hedonic scale, with results analyzed via the non-parametric Kruskal-Wallis Test ($p < 0.05$).

The intervention phase commenced with cross-sectional screening before implementing a one-group pretest-posttest design on 32 subjects aged 13–15 years at SSB Indonesia Muda and Tunas Gamalama/Mayoma (Ternate), after obtaining ethical clearance (Poltekkes Semarang No. 0188/EA/KEPK/2024). Subject data collection included two-day 24-hour food recall, nutritional status and body composition (BIA scale), hemoglobin (cyanmethemoglobin), lactic acid (Accutrend Plus), $VO_2\max$ (2400-meters Cooper Test), and physical fitness (TKJI). All quantitative data underwent univariate and bivariate analysis using Microsoft Excel and IBM SPSS V.25, employing the Independent t-test for normal data distribution and the Wilcoxon test for non-normal data in the intervention stage.

Development of a snack formula utilized different flours: Formula one (F1) featured tapioca flour, Formula two (F2) sago flour, and Formula three (F3) cornstarch, each weighing 40 gs. Additional ingredients used as needed included scad fish meat (100 gs), tuna liver (50 gs), chicken egg (30 gs), garlic (2 gs), salt, and pepper. In sensory evaluation, Formula F1 was consistently the panelists' best choice for color, taste, and texture, while F2 and F3 were the best choices for the aroma aspect.

Statistical testing using the Kruskal-Wallis test showed no significant difference in the color of the snack across the three treatments (with a p-value of $0.127 > 0.05$). The study utilized Formula 1 (F1), a snack based on scad fish and tuna liver, which was selected for its superior organoleptic qualities, specifically its appealing aroma (56.7%) and color (53.3%). Per 100 g, F1 is highly nutritious, providing 18.68 g Protein, 216.66 kcal Energy, and 3.48 mg Iron.

The 10-week intervention involved a daily 90 g snack serving, delivering 15.09 g of protein, 175.49 kcal of energy, 3.09 mg of iron, and essential amino acids comprising Leusin (1232.05 mg), Valin (897.31 mg), and Isoleusin (535.07 mg). Crucially, the student-athletes from the football academy demonstrated 100% compliance with the regimen, ensuring the fidelity of the intervention and demonstrating the snack's high acceptability.

The highly compliant 10-week intervention yielded statistically significant improvements across multiple health and performance indicators. Nutritional status, assessed via BMI-for-Age Z-score, improved significantly from -2.28 to -1.85 ($p < 0.001$). Key physiological gains included a significant increase in muscle mass from 14.32% to 16.86% ($p < 0.001$) and an elevation in hemoglobin concentration from 11.37 g/dL to 11.93 g/dL ($p < 0.03$). Athletic performance was significantly enhanced: $VO_2\max$ from 36.59 mL/kg/min to 41.31 mL/kg/min ($p < 0.001$). Muscle endurance was also enhanced, as evidenced by a reduction in post-exercise blood lactate concentration (from 5.44 mmol/L to 4.86 mmol/L) and physical fitness scores improved from 14.561 points to 18.96 points ($p < 0.01$).

Consequently, the daily administration of the specialized snack, formulated from scad fish (*Decapterus sp.*) and enriched with tuna liver, demonstrated a statistically significant positive effect on the student-athletes' nutritional status, body composition, hemoglobin levels, maximal oxygen uptake $VO_2\max$, muscle endurance, and overall physical fitness.

Keywords: Adolescents, nutritional status, snacks, sports nutrition





Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



EFIKASI KUDAPAN BAKSO BERBAHAN IKAN TERHADAP STATUS GIZI DAN KEBUGARAN JASMANI ANAK SEKOLAH SEPAK BOLA DI TERNATE

FAHMI ABDUL HAMID

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Ilmu Gizi

**PROGRAM STUDI ILMU GIZI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Dr. Mansur Jauhari. M.Si.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Anna Marliyati, M.Si.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Dr. Mansur Jauhari. M.Si.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Anna Marliyati, M.Si.



Judul Disertasi : Efikasi Kudapan (Bakso) Berbahan Ikan terhadap Status Gizi dan Kebugaran Jasmani Siswa Sekolah Sepak Bola di Ternate
Nama : Fahmi Abdul Hamid
NIM : I1604211012

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Hardinsyah, M.S.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Budi Setiawan, M.S.

Pembimbing 3:
Prof. Dr. Ir. Hadi Riyadi, M.S.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Rimbawan
NIP 196204061986031002

Dekan Fakultas Ekologi Manusia:
Prof. Dr. Sofyan Sjaf, S.Pt., M.Si.
NIP 197810032009121003

Tanggal Ujian Tertutup : 26 November 2025
Tanggal Sidang Promosi : 22 Desember 2025

Tanggal Lulus: 29 JAN 2026

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim. Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat dan karunia-Nya kepada penulis dan keluarga. Melalui sebuah proses yang panjang, akhirnya penulis berhasil menyelesaikan penyusunan disertasi dengan judul 'Efikasi Kudapan Bakso Berbahan Ikan terhadap Status Gizi dan Kebugaran Jasmani Anak Sekolah Sepak Bola di Ternate''. Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Hardinsyah, M.S, selaku Ketua Komisi Pembimbing. Prof. Dr. Ir Budi Setiawan, M.S. dan Prof. Dr. Ir. Hadi Riyadi, M.S., selaku anggota komisi pembimbing yang telah bersedia membimbing, meluangkan waktu, memberikan motivasi dan memastikan penelitian disertasi ini berjalan dengan baik.
2. Prof. Dr. Rimbawan dan Dr. dr. Mira Dewi, M.Si selaku penguji ujian prelim lisan. Dr. Mansur Jauhari. M.Si., Prof. Dr. Ir. Sri Anna Marliyati, M.Si., selaku penguji pada ujian tertutup dan terbuka.
3. Rektor IPB University dan Dekan Sekolah Pascasarjana IPB yang memberikan kesempatan penulis menempuh pendidikan S3 di kampus IPB.
4. Kementerian Kesehatan yang memberikan beasiswa dan kesempatan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan Doktor.
5. Dekan Fakultas Ekologi Manusia, Ketua Departemen Gizi Masyarakat, dan Ketua Program Studi Ilmu Gizi beserta staf yang memberikan layanan berkualitas.
6. Direktur Poltekkes Kemenkes Ternate dan Ketua Jurusan Gizi beserta staf dan jajarannya yang memberikan dukungan pada penulis.
7. Pelatih dan Pengurus SSB Indonesia Muda Ternate dan Tunas Gamalama/Mayoma.
8. Ibunda tercinta dan tersayang Nur Maksut, atas didikan, kasih sayang, dan doa yang tulus kepada penulis. Begitu pula kepada Mertua, Ibu Cili Mahmud dan Bapak Sudin Hi Yunus atas doa dan dukungannya.
9. Istri tercinta Julaiha Hi Yunus, S.Pt atas izinnya kepada penulis untuk melanjutkan studi, terima kasih selalu mendoakan dan mendukung penulis dengan kasih sayang tiada henti, serta pengorbanan materi dan non materi. Anak tersayang Ijlal Faqih dan Rasya Nadira, terima kasih telah memberikan semangat kepada ayahnya dan menjadi anak yang pengertian. Penulis memanjatkan doa untuk ayah tercinta almarhum Abas Hi Ismail dan kakak serta adik tercinta Almarhum Fadli Abas, S.Pi dan Rahmi yang kembali ke hadapan Allah SWT.
10. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman S3 angkatan 2021 atas kebersamaan dan kerjasamanya serta seluruh mahasiswa Pacasarjana S2 dan S3.

Penulis berharap semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu gizi dan kesehatan. Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu saya dalam upaya menyelesaikan pendidikan Doktorat ini, serta segala puji bagi Allah SWT selalu mencurahkan nikmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Bogor, Januari 2026

Fahmi Abdul Hamid



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR ISTILAH	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	6
1.7 Hipotesis	6
II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gizi Olahraga Sepak Bola	7
2.2 Kebugaran Jasmani	8
2.3 Lonjakan Pertumbuhan (<i>Growth Spurt</i>).	8
2.4 Nilai Gizi Ikan Layang dan Hati Tuna	9
2.5 Pengembangan Kudapan Berbahan Ikan dan Hati Tuna	10
2.6 Tingkat Kepatuhan	10
2.7 Metabolisme Protein dan Zat besi (Fe)	11
2.8 Kaitan Karbohidrat, Lemak, Protein dan Besi terhadap Status Gizi dan Komposisi Tubuh	12
2.9 Kaitan Karbohidrat, Lemak, Protein dan Besi (Fe) terhadap Hemoglobin (Hb)	13
2.10 Kaitan Karbohidrat, lemak Protein, dan Besi (Fe) terhadap Ketahanan Otot	14
2.11 Kaitan Karbohidrat, Lemak, Protein, dan Zat besi (Fe) terhadap VO ₂ max	16
2.12 Kaitan Karbohidrat, Lemak, Protein, dan Besi (Fe) terhadap Kebugaran Jasmani	18
III KERANGKA PEMIKIRAN	19
3.1. Kerangka Konsep	19
IV METODE	21
4.1 Pengembangan Produk Kudapan	21
4.2 Skrining Subjek (Tahap 2)	28
4.3 Intervensi (Tahap 2)	33
V BAKSO IKAN LAYANG HATI TUNA: KUDAPAN INOVATIF SUMBER PROTEIN DAN ZAT BESI ANAK SEPAK BOLA	39
5.1 Abstrak	39
5.2 Pendahuluan	39
5.3 Metode	41
5.4 Hasil dan Pembahasan	46

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



5.5	Simpulan	57
5.6	Ucapan Terima Kasih	57
VI EFIKASI KUDAPAN BAKSO BERBAHAN IKAN TERHADAP STATUS GIZI DAN KEBUGARAN JASMANI		58
6.1	Abstrak	58
6.2	Pendahuluan	58
6.3	Metode	59
6.4	Hasil dan Pembahasan	67
6.5	Simpulan dan Saran	109
6.6	Ucapan Terima Kasih	110
VII PEMBAHASAN UMUM		111
7.1	Pembahasan Umum	111
7.2	Keunggulan dan Keterbatasan Penelitian	116
7.3	Implikasi Hasil Penelitian	117
VIII SIMPULAN DAN SARAN		119
8.1	Simpulan	119
8.2	Saran	119
DAFTAR PUSTAKA		121
LAMPIRAN		145
RIWAYAT HIDUP		157

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Komposisi nilai asam amino ikan layang segar	9
2	Komposisi kandungan asam amino beberapa jenis hati tuna 100 g	9
3	Persyaratan mutu kudapan bakso ikan berdasarkan SNI 7266 2017	10
4	Alat dan bahan	22
5	Estimasi nilai gizi komposisi bahan yang digunakan dalam pembuatan kudapan berbahan ikan layang dengan penambahan hati ikan tuna	23
6	Rekapan jenis dan cara pengumpulan data (tahap skrining)	32
7	Rekapan jenis dan cara pengumpulan data pada variabel (setelah intervensi)	38
8	Estimasi bahan resep kudapan tiga formula kudapan berbahan ikan layang dengan penambahan hati ikan tuna	47
9	Karakteristik kudapan formula F1, F2 dan F3	51
10	Karakteristik kandungan gizi per 100 g kudapan berbahan ikan terpilih formula	52
11	Nilai gizi per saji 90 g ALG kudapan berbahan ikan	60
12	Karakteristik subjek siswa sekolah sepak bola mendapatkan intervensi kudapan	68
13	Karakteristik status gizi, hemoglobin, asam laktat, VO ₂ max dan kebugaran jasmani sebelum intervensi siswa sekolah sepak bola di Kota Ternate	69
14	Asupan dan persentase tingkat konsumsi gizi siswa sekolah sepak bola sebelum intervensi di Kota Ternate	70
15	Jumlah asupan zat gizi kudapan rata-rata per hari pada siswa sekolah bola selama intervensi sepuluh minggu (dua bulan lebih)	71
16	Kepatuhan konsumsi kudapan sepuluh minggu (dua bulan lebih)	71
17	Asupan dan persentase tingkat konsumsi gizi (dua) hari terakhir intervensi pada siswa sekolah sepak bola di Kota Ternate	73
18	Status gizi, komposisi tubuh, hemoglobin, VO ₂ max, ketahanan otot dan kebugaran jasmani siswa sekolah sepak bola di Kota Ternate setelah intervensi	75

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran operasional	20
2	Desain penelitian	34
3	Visual kudapan berbahan ikan layang (<i>Decapterus sp</i>) yang ditambahkan hati tuna	47
4	Hasil uji sensori terhadap atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur	48
5	Kudapan berbahan ikan layang (<i>Decapterus sp</i>) yang ditambahkan hati tuna 90 g	60



DAFTAR LAMPIRAN

1	Kuesioner uji organoleptik	146
2	<i>Informed consent</i>	147
3	Kuesioner pengukuran konsumsi zat gizi dan kebugaran jasmani	149
4	Protokol pengambilan data	151
5	Etik Penelitian	156

DAFTAR ISTILAH

SB	: Sekolah Sepak Bola
PLP	: Pelatihan dan Olahraga Pelajar
IGF-I	: Insulin-Like Growth Factor
VO ₂ max	: Volume Oksigen Maksimal
HB	: Hemoglobin
Fe	: Zat Besi
TKSI	: Tes Kebugaran Siswa Indonesia
IMT/U	: Indeks Massa Tubuh menurut Umur
SNI	: Standar Nasional Indonesia
HCl	: Asam Klorida
FPN1	: Ferroportin
DMT-1	: <i>Divalent Metal Transporter 1</i>
HCP1	: <i>Heme Carrier Protein 1</i>
ASS	: Steroid Anabolik Androgenik
ATP	: <i>Adenosine Triphosphate</i>
NADPH	: Nikotinamida Adenina Dinukleotida Fosfat (<i>Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate</i>)
DHA	: <i>Docosahexaenoic Acid</i>
EPA	: <i>Eicosapentaenoic Acid</i>
DCYTB	: <i>Duodenal Cytochrome B</i>
FPN	: Ferroportin
MPS	: Sintesis Protein Otot
RAL	: Rancangan Acak Lengkap
ICP-OES 2021	: <i>Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometric</i>
UPLC	: <i>Ultra Performance Liquid Chromatography</i>
ALG	: Acuan Label Gizi
BPOM	: Badan Pengawasan Obat dan Makanan
BIA	: Bioelectrical Impedance Analysis
TKJI	: Tingkat Kebugaran Jasmani Indonesia
SPSS	: <i>Statistical Product and Service Solutions</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>
TEE	: <i>Total Energy Expenditure</i>
PAL	: <i>Physical Activity Level</i>
KG	: Tingkat Konsumsi Gizi
BCAA	: <i>Branched-Chain Amino Acids</i>
AKG	: Angka Kecukupan Gizi



SD : Standar Deviasi
UNICEF : *United Nations Children's Fund*
mTOR : *Mechanistic Target of Rapamycin*
mTORC1 : *Mechanistic Target of Rapamycin 1*
RBP : *Retinol Binding Protein*
FIFA : *Fédération Internationale de Football Association*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.