Analisis Efektivitas Pengolahan Fisik Bahan Nabati sebagai Upaya Optimalisasi Nilai Gizi dan Daya Cerna Pakan Ikan

(Analysis of the Effectiveness of Physical Processing of Plant Materials as an Effort to Optimize the Nutritional Value and Digestibility of Fish Feed)

Yuli Andriani^{1*}, Rusky I. Pratama², Mochammad Naufal Ikmaludin³, Rizky Ahmad Sudrajat⁴, Yogi Fergawan⁵, Aisyah⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung Sumedang KM.21, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat 45363

*e-mail: yuli.andriani@unpad.ac.id

Diterima: 16 Mei 2025, Diperbaiki: 28 Juni 2025, Disetujui: 15 Juli 2025

Abstract. *The increasing demand and consumption of fish food from year to year means that demand for raw materials also increases. Vegetable raw materials can be an alternative because they have a relatively longer shelf life, are easy to find and are relatively cheap. Vegetable raw materials are raw materials that come from plants such as grains and nuts. Vegetable raw materials that exist in nature are usually reprocessed into feed with better nutritional content, so it is necessary to maintain the feed ingredients so that their content remains long-lasting. The raw materials used are soybeans, corn, sword beans, peanuts, kapok seeds and jackfruit seeds. Vegetable raw materials require physical processing to change texture, taste and other properties. Physical processing such as grinding, mixing, drying, soaking, steaming aims to increase nutrient availability, reduce anti-nutrients, extend the shelf life of vegetable raw materials, and improve the texture and taste of feed. Physical processing also plays a role in increasing the digestibility of vegetable ingredients, reducing the risk of microbial contamination, and extending the shelf life of fish feed. By optimizing physical processing techniques, plant feed can be produced that is efficient, high quality, and supports healthy growth and sustainable productivity of farmed fish. The use of vegetable raw materials for fish is starting to be widely used because it has good protein, for example the use of peanuts in fish feed which produces the best growth rate values, namely 0.7% and feed efficiency of 16.76%.*

Keywords: *anti-nutrients, alternative feed ingredients, bioavailability, digestibility, physical processing*

Abstrak. Meningkatnya permintaan dan konsumsi pakan ikan dari tahun ke tahun membuat permintaan bahan baku pun meningkat. Bahan baku nabati bisa menjadi alternatif karena memiliki daya simpan yang relatif lebih lama, mudah dijumpai dan harganya relatif murah. Bahan baku nabati adalah jenis bahan baku yang berasal dari tumbuh-tumbuhan contohnya kacang dan biji-bijian. Bahan baku nabati yang ada di alam biasanya akan diolah kembali menjadi pakan yg kandungan gizinya lebih baik sehingga perlu dipertahankan bahan pakan tersebut agar kandungannya tetap bertahan lama. Bahan baku yang digunakan Kacang Kedelai, Jagung, Kacang Koro Pedang, Kacang Tanah, Biji Kapuk dan Biji Nangka. Bahan baku nabati memerlukan pengolahan secara fisik untuk mengubah tekstur, rasa dan sifat-sifat lainnya. Pengolahan fisik seperti penggilingan, pencampuran, pengeringan, perendaman, pengukusan bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi, mengurangi anti-nutrisi, memperpanjang masa simpan bahan baku nabati, serta memperbaiki tekstur dan rasa pakan. Pengolahan fisik juga berperan dalam meningkatkan daya cerna bahan nabati, mengurangi risiko kontaminasi mikroba, dan memperpanjang masa simpan pakan ikan. Dengan mengoptimalkan teknik pengolahan fisik, dapat dihasilkan pakan nabati yang efisien, bermutu tinggi, dan mendukung pertumbuhan sehat serta produktivitas ikan budidaya secara berkelanjutan. Penggunaan bahan baku nabati pada ikan mulai banyak digunakan karena memiliki protein yang baik contohnya pada penggunaan kacang tanah pada pakan ikan yang menghasilkan nilai laju pertumbuhan yang terbaik yaitu 0,7% dan efisiensi pakan 16,76%.

Kata kunci: anti-nutrien, bahan pakan alternatif, bioavailabilitas, daya cerna, pengolahan fisik.

PENDAHULUAN

Bahan baku nabati seperti minyak kacang-kacangan, sereal, dan biji-bijian telah banyak dimanfaatkan dalam formulasi pakan ikan (FAO, 2013). Ketersediaannya

yang melimpah secara global serta biaya yang relatif lebih murah menjadikan bahan nabati sebagai alternatif utama pengganti bahan baku hewani, khususnya untuk

spesies ikan herbivora dan omnivora. Karakteristik fisik seperti tekstur, kadar air, dan warna merupakan beberapa faktor penting turut memengaruhi mutu dan kestabilan pakan (Francis et al., 2001). Karakteristik tersebut sangat dipengaruhi oleh metode pengolahan yang diterapkan sebelum digunakan dalam formulasi pakan.

Namun, meningkatnya penggunaan bahan nabati dalam pakan ikan menghadirkan tantangan tersendiri. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa bahan nabati memiliki kandungan anti-nutritional factors (ANFs), serat kasar yang sulit dicerna, serta bioavailabilitas nutrisi yang lebih rendah dibandingkan bahan hewani (De Silva & Anderson, 1995; Glencross et al., 2007). Hal ini menyebabkan penurunan efisiensi pakan, gangguan pencernaan, dan performa pertumbuhan ikan yang tidak optimal. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan yang mampu menurunkan kandungan ANFs dan meningkatkan pencernaan bahan pakan nabati.

Beberapa pendekatan telah dikembangkan, termasuk fermentasi, perlakuan kimia, dan pengolahan secara fisik. Pengolahan fisik seperti penggilingan, perendaman, pengeringan, pengukusan, dan pencampuran merupakan metode sederhana yang relatif murah dan mudah diterapkan pada skala industri (Poedjioetami, 2016). Metode ini dapat mengubah struktur fisik bahan, menurunkan kadar air, dan memperbaiki tekstur serta rasa pakan, yang pada akhirnya berdampak pada peningkatan palatabilitas dan efisiensi pakan (Francis et al., 2001). Namun, pengolahan fisik juga memiliki keterbatasan, antara lain dalam efektivitas mengurangi zat terlarut atau senyawa toksik tertentu, serta membutuhkan waktu dan energi yang cukup besar.

Sejauh ini, sejumlah studi telah membahas pemanfaatan bahan nabati dalam pakan ikan dan beberapa metode pengolahan untuk meningkatkan kualitasnya (Sørensen, 2012; Gatlin et al., 2007). Namun, kajian yang secara khusus memfokuskan pada pengolahan secara fisik

bahan pakan nabati masih terbatas. Selain itu, belum banyak publikasi yang membandingkan efektivitas berbagai metode pengolahan fisik dalam menurunkan ANFs, memperbaiki pencernaan, dan mempertahankan kandungan nutrisi penting. Di sinilah letak gap penelitian yang menjadi dasar penting dilakukan kajian literatur ini.

Tinjauan ini bertujuan untuk menyajikan informasi terkini mengenai berbagai metode pengolahan fisik bahan baku nabati yang digunakan dalam formulasi pakan ikan. Kajian ini diharapkan dapat mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan masing-masing metode, serta memberikan arah penelitian lanjutan dalam pengembangan teknologi pakan yang efisien dan berkelanjutan. Kebaruan dari artikel ini terletak pada penyusunan sistematis informasi tentang karakteristik fisik bahan nabati dan dampak pengolahan fisik terhadap kualitas pakan, yang dapat menjadi acuan bagi para peneliti, praktisi akuakultur, dan perumus kebijakan pakan.

METODE PENELITIAN

Review ini disusun secara deskriptif dengan mengandalkan studi literatur sebagai metode utama dalam pengumpulan dan analisis informasi. Studi literatur ini dilakukan dengan menelusuri berbagai jurnal penelitian yang relevan yang mengkaji topik mengenai perlakuan fisik terhadap bahan baku nabati yang digunakan dalam pakan ikan. Fokus utama kajian adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis pengaruh pengolahan fisik terhadap kualitas bahan baku nabati dalam pakan ikan.

Jenis literatur yang akan dikaji meliputi jurnal penelitian yang membahas berbagai teknik pengolahan fisik bahan baku nabati, seperti penggilingan, pencampuran, pengeringan, perendaman, dan pengukusan. Kajian ini memfokuskan pada subjek sumber nabati yang digunakan dalam pakan ikan, yang meliputi berbagai jenis bahan nabati. Setiap literatur yang ditemukan akan dikelompokkan berdasarkan topik-topik spesifik seperti jenis

bahan baku, metode pengolahan, dan dampaknya terhadap kualitas pakan.

Pengelompokan dan Analisis Data

Hasil penelusuran jurnal dilakukan pengelompokan berdasarkan topik yang relevan, dan jurnal-jurnal tersebut kemudian dianalisis untuk menemukan pola-pola atau temuan-temuan penting terkait pengolahan fisik bahan baku nabati. Analisis dilakukan secara kualitatif, dengan menyusun temuan-temuan dari berbagai sumber literatur dalam setiap subtopik yang terkait. Data yang dikumpulkan kemudian direview dan disintesis untuk pembahasan komprehensif tentang pengolahan fisik bahan baku nabati dalam pakan ikan.

Analisis Data

Untuk menganalisis data yang diperoleh dari literatur, digunakan metode analisis tematik (Braun & Clarke, 2006), di mana setiap jurnal yang relevan dianalisis untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul terkait pengolahan fisik bahan nabati. Proses analisis ini dilakukan dengan membaca dan mengkategorikan hasil penelitian berdasarkan kesamaan topik, seperti efektivitas pengolahan fisik dalam menurunkan ANFs, pengaruh pengolahan terhadap pencernaan bahan baku, serta dampaknya terhadap kualitas pakan dan pertumbuhan ikan. Referensi untuk metode analisis tematik ini adalah Braun & Clarke (2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku Nabati

Kedelai merupakan sumber pangan fungsional yang kaya akan komponen penting bagi kesehatan, termasuk vitamin A, E, K, beberapa jenis vitamin B, serta mineral seperti kalsium, zat besi, seng, dan fosfor. Lemak kedelai mengandung sekitar 15% asam lemak jenuh dan 60% lemak tak jenuh yang memuat asam linolenat dan linoleat, yang diketahui membantu menyehatkan jantung dan mengurangi risiko kanker (Pangan, 2006; Kanchana, 2016). Kedelai juga mengandung protein tinggi, sejumlah besar asam amino esensial, dan berbagai

senyawa bioaktif seperti isoflavon genistein dan daidzein, yang memiliki banyak manfaat kesehatan, seperti efek antiinflamasi, penurunan kolesterol, serta pengurangan risiko penyakit kronis seperti kanker, penyakit jantung, dan osteoporosis (Setchell et al., 1990; Kole, 2011; Han et al., 2002; Taku et al., 2007; Zaheer and Akhtar, 2015).

Selain isoflavon, kedelai juga mengandung sekitar 2% saponin, senyawa dengan aktivitas antijamur dan potensi sebagai agen pencegah penyakit degeneratif kronis (Salgado and Donado-Pestana, 2011). Produk fermentasi kedelai, seperti tempe, memiliki kandungan isoflavon yang tinggi, terutama daidzein dan genistein, yang berperan sebagai antioksidan (Rimbach et al., 2008). Dengan kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif tersebut, kedelai menjadi bahan pangan yang berpotensi mendukung kesehatan secara menyeluruh dan pencegahan berbagai penyakit kronis.

Jagung (*Zea mays*) merupakan tanaman sereal penting dengan akar serabut dan daun memanjang berwarna hijau yang terdiri dari kelopak daun, lidah daun, dan helai daun (Latuhary et al., 2017; Riwandi et al., 2014). Di Indonesia, jagung memiliki peranan strategis sebagai makanan pokok pengganti beras serta sumber karbohidrat dan protein (Lalujan et al., 2017). Selain sebagai bahan pangan, jagung juga berfungsi sebagai bahan pakan dan industri. Sebagian besar konsumsi jagung di dalam negeri digunakan untuk pakan (lebih dari 55%), sedangkan 30% untuk konsumsi pangan, dan sisanya untuk kebutuhan lain seperti bibit, sehingga permintaan jagung terus meningkat (Kasryno et al., 2007).

Pengolahan jagung menjadi tepung merupakan metode sederhana dan luas diaplikasikan, dengan proses menggiling biji jagung kering menjadi butiran halus (Ambarsari et al., 2015). Tepung jagung memiliki keunggulan, seperti kandungan karoten yang memberikan warna kuning alami dan kadar gluten yang relatif rendah (Nurlela et al., 2021). Selain itu, tepung

jagung memiliki indeks glikemik lebih rendah dibandingkan beras, sehingga cocok dikonsumsi oleh penderita diabetes melitus. Tepung jagung juga dapat digunakan sebagai bahan makanan atau substitusi dalam produk pangan seperti roti, kue kering, dan mie (Richana et al., 2012).

Biji kacang koro pedang (*Canavalia ensiformis*), yang dikenal juga sebagai Jack Bean, termasuk kacang lokal dari kelompok legum. Masyarakat biasanya menggunakan biji ini sebagai bahan baku pembuatan tempe (Suyanto, 2014). Kacang koro pedang mudah dibudayakan karena tahan terhadap lahan asam dan kekeringan. Tanaman ini memiliki produktivitas tinggi, yaitu antara 1 sampai 4,5 ton per hektar. Koro pedang tersebar luas di daerah tropis, termasuk Indonesia, dan telah ternaturalisasi di beberapa wilayah seperti Sumatera Barat (Widiantara et al., 2021).

Kacang koro pedang mengandung karbohidrat sebanyak 60,1%, protein 30,36%, dan serat 8,3% (Widiantara et al., 2021). Tanaman ini dapat tumbuh di lahan marginal dengan suhu dan kelembaban tinggi, sehingga cocok hidup di iklim tropis (Doss et al., 2011; Precoppe, 2005). Kacang koro pedang memiliki potensi besar sebagai sumber protein alternatif karena keseimbangan asam aminonya baik dan bioavailabilitasnya tinggi (Siti et al., 2010).

Kapuk randu (*Ceiba pentandra* Gaertn.) adalah tanaman multifungsi yang bermanfaat sebagai pencegah erosi, pengendali banjir, serta peneduh. Seratnya dimanfaatkan untuk isi kasur, sedangkan bungkil bijinya yang telah diekstrak minyaknya digunakan sebagai pakan ternak (Irwan, 2010). Biji tanaman ini mengandung senyawa aktif seperti alkaloid, saponin, flavonoid, tanin, triterpenoid, dan gosipol, dengan gosipol dikenal berpotensi mengganggu sistem reproduksi hewan ternak (Widodo, 2005; Choubey, 2011).

Biji kapuk merupakan hasil sampingan pertanian yang cukup banyak di Indonesia terutama di Pulau Jawa dan Sulawesi dengan potensi sekitar 114 ribu ton/tahun. Biji kapuk mengandung protein kasar 28-34%, lemak 22-40% dan bahan

ekstrak tanpa nitrogen 25-35% (Lubis, 1998) Minyak biji kapuk mengandung asam oleat sekitar 50%, asam linoleat 30%, asam palmitat 15%, dan asam lemak linolenat sebesar 5% (Allen et al. 2002)

Kapuk randu dapat tumbuh setinggi 10–25 meter dengan batang utama berdiameter sekitar 2,5 meter, dan permukaannya ditumbuhi duri besar berbentuk kerucut. Tanaman ini memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi kering dan mampu tumbuh di daerah pesisir maupun dataran dengan ketinggian 150–700 meter di atas permukaan laut, curah hujan 1.200–2.000 mm per tahun, serta suhu berkisar antara 22–28°C (Widhianti, 2011).

Bagian buah nangka yang paling sering dimanfaatkan adalah dagingnya, yang berfungsi sebagai sumber nutrisi berupa vitamin, mineral, dan energi. Tidak hanya buahnya, biji nangka juga mengandung berbagai vitamin dan mineral yang bermanfaat (Molla, 2008). Berdasarkan tekstur daging buahnya, nangka dikategorikan menjadi tiga jenis, yaitu nangka bubur, nangka salak, dan nangka cimpedak (Suharti dan Alrasyid, 1993). Secara botani, nangka merupakan buah majemuk, di mana sekitar 7–14% dari total beratnya terdiri atas biji. Setiap biji dilapisi aril putih, endosperm tipis berwarna coklat, dan kotiledon yang kaya akan pati dan protein (Mukprasirt et al., 2004). Dalam kondisi matang, biji nangka biasa dimasak sebagai makanan pelengkap atau diolah dalam berbagai resep kuliner Asia. Untuk meningkatkan umur simpan dan nilai ekonomisnya, biji nangka dapat diproses menjadi tepung melalui beberapa tahapan, termasuk perendaman, blanching, pengeringan, dan penggilingan (Rizal et al., 2013). Perendaman dilakukan menggunakan larutan natrium bisulfit berkonsentrasi sekitar 700 ppm pada suhu stabil 27–31°C selama kurang dari 72 jam (Arogba, 1999).

Kandungan Nutrisi Bahan Baku Nabati

Menurut Handajani dan Widodo (2010), kebutuhan protein untuk ikan dapat diperoleh dari bahan nabati, namun

beberapa kandungan seperti kadar air dan serat kasar harus dikurangi. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan fisik dari tahap awal hingga akhir untuk menurunkan kadar serat kasar dan air pada bahan baku nabati. Contoh bahan nabati yang dapat digunakan sebagai sumber protein antara lain kacang kedelai, jagung, bungkil kelapa, bungkil kacang tanah, biji kapuk, kacang hijau, kacang merah, biji bunga matahari, dan berbagai jenis bahan nabati lainnya. Pemilihan bahan pakan sebaiknya

mempertimbangkan kemudahan didapat, harga yang murah, kandungan nutrisi yang tinggi, serta tidak bersaing dengan kebutuhan manusia. Bahan pakan ikan biasanya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan basal yang mengandung protein kurang dari 20% dan suplemen yang mengandung protein lebih dari 20%. Beberapa jenis bahan baku nabati serta kandungan nutrisinya yang bisa digunakan sebagai bahan pakan ikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber Bahan Baku Nabati Sebagai Pakan Ikan Untuk Kegiatan Budidaya

Bahan Baku Nabati	Nama Ilmiah	Bagian yang dimanfaatkan	Kandungan	Referensi
Biji Nangka	<i>Artocapus heterophyllus Lamk</i>	Biji	Biji nangka mengandung karbohidrat 37%, protein 4,1%, dan lemak 0,15%.	Setyawati 1990
Biji Kapuk	<i>Ceiba pentandra</i>	Biji	Kadar air biji kapuk sekitar 10,0%, protein kasar 27,0%, lemak 5,3%, serat kasar 23,8%, bahan ekstrak tanpa nitrogen 21,1%, abu 6,0%, kalsium 0,3%, dan fosfor 0,6%.	Widodo 2005
Kacang Tanah	<i>Arachis hypogaea</i>	Semua bagian	Kacang tanah mengandung protein sekitar 24-29%, lemak 38%-48%, karbohidrat 13%, dan vitamin B1.	Cibro 2008
Jagung	<i>Zea mays</i>	Semua bagian	Kadar air 7,5%, kadar abu 0,3%, kadar protein terlarut 2,5%, protein total 8,3%, kadar amilosa 32,8%, kapasitas penyerapan air 118,5%, kapasitas penyerapan minyak 150%, dan <i>swelling power</i> 14%.	Aini et al., 2016
Kacang Kedelai	<i>Glycine max</i>	Semua bagian	Energi sekitar 340 kkal, protein 36,5 gram, karbohidrat 30,5 gram, lemak	Taufik 2018

			21 gram, kalsium 190 mg, fosfor 560 mg, dan zat besi 7,8 mg.	
Kacang Koro Pedang	<i>Vigna radiata</i>	Semua bagian	Karbohidrat 60,1%, protein 30,36%, dan serat 8,3%.	Widiantara et al., 2021

Pengaruh Pengolahan Fisik terhadap Kualitas Pakan Nabati Pengeringan

Pengeringan merupakan metode sederhana yang digunakan untuk mengolah produk sampingan terutama yang mengandung kadar air tinggi dan zat antinutrisi yang mudah hilang saat pemanasan. Proses ini melibatkan pemindahan panas dan uap air secara bersamaan, yang memerlukan energi untuk menguapkan air dari permukaan bahan. Tujuannya adalah menurunkan kadar air hingga tingkat tertentu yang dibutuhkan agar bahan bisa diproses lebih lanjut dengan menggunakan panas (Maharani 2012). Setelah bahan baku dipadatkan, pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam pakan menjadi sekitar 10% sehingga pakan menjadi stabil dan bebas dari pertumbuhan jamur atau mikroorganisme (Yulfiperius 2009).

Pengeringan dapat dilakukan dengan dua cara utama, yaitu pengeringan alami dan pengeringan buatan. Pengeringan alami biasanya dilakukan dengan menjemur bahan di bawah sinar matahari, seperti yang dilakukan pada kacang panjang dengan durasi 8 jam per hari selama 3 hari di daerah dengan intensitas matahari tinggi. Namun, penjemuran ini harus diperhatikan karena perubahan suhu yang drastis dapat merusak kualitas benih. Di sisi lain, pengeringan buatan dilakukan secara mekanis dengan pengaturan suhu, kelembaban, dan kecepatan angin yang lebih presisi sehingga kebersihan dan higienitas lebih mudah dikontrol. Meski begitu, metode mekanis ini belum banyak digunakan karena biaya peralatannya yang relatif mahal dibandingkan pengeringan alami (Masyamsir 2001).

Pencampuran

Pencampuran adalah proses menggabungkan dan meratakan bahan-bahan dengan bantuan gaya mekanik agar campuran menjadi homogen (Lubis 2012). Proses ini harus dilakukan secara efisien, menghasilkan campuran yang seragam dalam waktu dan biaya yang minimal (Fahrenheit 1994). Namun, tantangan dalam pencampuran sering muncul ketika bahan yang dicampur memiliki perbedaan berat jenis, ukuran, atau bentuk, yang dapat mempengaruhi homogenitas campuran (Rempe 1976). Mesin mixer bekerja dengan menciptakan arus yang menggabungkan bahan secara merata melalui gerakan difusi dan konveksi (Goh 2002). Keseragaman hasil campuran dipengaruhi oleh faktor seperti ukuran dan bentuk partikel, densitas, muatan statis, urutan pencampuran, jumlah bahan, desain dan pemeliharaan mesin, serta durasi pencampuran.

Penggilingan

Penggilingan atau penepungan adalah proses yang bertujuan memperkecil dan menghaluskan bahan baku, khususnya biji-bijian, sehingga ukurannya menjadi seragam dan memudahkan pencampuran dalam pembuatan pakan (Yulfiperius 2009; Wikantiasi 2001). Selain itu, proses ini dapat menghancurkan ikatan serat kasar dengan membuka struktur dinding sel, sehingga enzim dan mikroba pencernaan lebih mudah menembus dan mencerna bahan tersebut. Namun, penggilingan yang terlalu halus dapat menyebabkan pakan mengalir lebih cepat keluar dari rumen, sehingga waktu tinggal pakan (mean retention time/MRT) berkurang dan pencernaan menurun. Oleh karena itu, ukuran partikel pakan perlu diatur dengan tepat agar terjadi keseimbangan antara peningkatan konsumsi

pakan dan efisiensi pencernaan, sehingga penggunaan pakan menjadi optimal (Murni et al., 2008).

Pengukusan

Pengukusan bertekanan tinggi adalah metode yang digunakan untuk meningkatkan kualitas bahan pakan kasar dengan cara mengembangkan serat sehingga lebih mudah dicerna oleh enzim mikroorganisme. Proses ini memecah ikatan antara selulosa, hemiselulosa, dan lignin tanpa mengubah komposisi kimianya, sehingga meningkatkan ketersediaan energi melalui peningkatan kelarutan serat dan pelepasan zat terdegradasi dari lignin dan silika. Efektivitas pengukusan dipengaruhi oleh tekanan, kadar air, dan durasi perlakuan. Studi oleh Liu et al. (1999) menunjukkan bahwa pengukusan pada tekanan 15 bar selama 5 menit dengan rasio air dan bahan 3:7 memberikan hasil optimal. Penelitian lain melaporkan bahwa pengukusan serat sawit pada tekanan 15 kg/cm² selama 10 menit meningkatkan kecernaan bahan organik dari 15% menjadi 42%, dan peningkatan tekanan menjadi 30 kg/cm² selama 1 menit meningkatkan kecernaan hingga 51,6%. Selain itu, pengukusan pada kacang kedelai dapat mengurangi kandungan fitat sebesar 5-15% (Shi et al. 2004). Namun, penggunaan metode ini terbatas karena memerlukan peralatan dan energi yang mahal.

Perendaman

Perendaman bahan pakan dilakukan dengan media air, larutan garam, atau alkali. Proses ini bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan kandungan

antinutrisi seperti asam sianida dan fitat pada biji-bijian dan kacang-kacangan. Setelah perendaman selama 24 jam, kandungan fitat dapat berkurang hingga 50% dan penurunan ini akan semakin meningkat jika waktu perendaman diperpanjang (Salvia et al. 2022).

Kandungan Nutrisi Bahan Baku Fisik Sebelum dan Sesudah Pengolahan Fisik

Ada berbagai cara yang dapat dilakukan untuk mengolah bahan baku nabati salah satunya adalah pengolahan fisik. Pengolahan fisik dilakukan agar kandungan yang ada pada bahan baku nabati bisa berkurang. Menggunakan bahan baku nabati dapat menurunkan biaya pakan dengan cara mengurangi atau menggantikan bahan baku lain untuk sumber protein nabati sebagai pakan alternatif yang mudah didapat dengan harga yang terjangkau, antara lain pemanfaatan bahan baku nabati berupa kacang kedelai, jagung, , kacang tanah, biji kapuk, kacang hijau, kacang merah, biji bunga matahari dan berbagai jenis tumbuhan. Kegiatan budidaya perikanan perlu diperhatikan terutama pengolahan fisik dan kualitas serta kuantitas pakan. Pakan yang berkualitas baik adalah pakan yang mengandung nutrisi seimbang. Salah satu upaya untuk meningkatkan keuntungan dalam kegiatan budidaya ikan sangat tergantung dari pengolahan fisiknya agar dapat menurunkan kandungan yang sulit dicerna atau tidak baik untuk pakan ikan. Beberapa jenis pengolahan fisik untuk bahan baku nabati serta kandungan nutrisi sebelum dan sesudah diolah yang bisa digunakan sebagai bahan pakan ikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Kandungan Nutrisi Bahan Baku Nabati Sebelum dan Sesudah Pengolahan Fisik

Jenis Bahan Baku Nabati	Metode Pengolahan Fisik	Kandungan Nutrisi Sebelum Pengolahan Fisik	Kandungan Nutrisi Sesudah Pengolahan Fisik	Referensi
Biji Kapuk	Pencampuran dengan sekam padi	Kadar air sebesar 8%	Hasil kadar air yang didapatkan 4,40% - 5,03%	Lestari 2015

Bungkil Jagung	Perendaman	Persentase lignin 17,35% dan persentase serat kasar 34,3%	Perendaman tongkol jagung dengan FASP sebanyak 22% menghasilkan persentase lignin dan serat kasar terendah masing-masing sebesar 13,95% dan 28,10%.	Kriskenda <i>et al.,,</i> 2016
Tepung biji buah nangka	Pencampuran	Komponen gizi terdiri dari air 5%, abu 2%, protein 12%, lemak 1%, karbohidrat 79%, dan serat kasar 2%.	Setelah pencampuran, kandungan nutrisi adalah protein 13,4%, lemak 12%, kadar air 7,2%, dan kadar abu 2,1%.	Lahay 2019
Kacang Koro Pedang	Pengeringan	Kacang koro pedang mengandung berbagai unsur gizi dengan kadar yang cukup tinggi, yaitu karbohidrat sekitar 60%, protein sekitar 30%, dan serat sekitar 8%.	Setelah pengeringan, kandungan terdiri dari kadar air 9%, kadar abu 12%, protein kasar (N x 6,25) 30%, lemak kasar 7%, karbohidrat 42%, dan serat kasar 5%.	Aryzegovina 2022
Kacang Tanah	Pengeringan	Kadar air kacang tanah sebesar 22,72%	Kadar air kacang tanah menurun dari sekitar 23% menjadi 19,5% setelah proses selama 20 menit.	Irham 2022
Kacang Kedelai	Pengeringan	Kadar air kedelai sebelum diolah mencapai 14%	Kadar air tepung kedelai terendah pada pengeringan dengan oven pada suhu 100°C yaitu 8,52%. tertinggi yaitu 9,15%.	Rosiana <i>et al.,,</i> 2023

Pengaruh Penambahan Bahan Baku Nabati Yang Sudah Diolah Pada Pakan Ikan

Penggunaan bahan baku nabati sebagai alternatif pakan ikan semakin banyak diteliti untuk mengatasi tingginya harga pakan komersial yang dapat menghambat pertumbuhan ikan dan menurunkan nilai jualnya (Agustono dan Paramita, 2010). Oleh karena itu, diperlukan bahan pakan alternatif yang murah, melimpah di alam, mudah diperoleh, dan memiliki kandungan nutrisi yang baik. Pakan yang diformulasikan dari bahan nabati ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan

nutrisi ikan secara seimbang, yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan, energi, aktivitas, dan reproduksi ikan (Yanti *et al.,* 2013; Novriadi, 2019).

Bahan baku nabati memiliki yang sudah diolah secara fisik dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya, salah satunya adalah untuk formulasi pakan sebagai pengganti pakan alternatif. Pengaruh penambahan bahan baku nabati yang sudah diolah dengan pengolahan fisik dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini merupakan pengaruh penambahan bahan baku nabati yang sudah diolah pada formulasi pakan dalam budidaya perikanan.

Tabel 3. Formulasi pakan dalam budidaya perikanan.

Penambahan	Organisme	Treatment	Hasil	Referensi
Tepung Jagung	Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	Penambahan tepung biji kapuk sebanyak 20%	Laju pertumbuhannya tertinggi (1,96 %) konversi pakan (2,38 %)	Samsudin 2011
Bungkil Biji Kapuk	Ikan bawal (<i>Colossoma Macropomum</i>)	Penambahan tepung biji kapuk sebanyak 10%	Menghasilkan laju pertumbuhan mutlak ikan bawal sebesar sekitar 4,0 ± 0,2 gram, efisiensi pakan sekitar 76,3 ± 6,4%, dan tingkat kelangsungan hidup mencapai 100 ± 0%.	Bani 2013
Tepung Kacang Koro Pedang	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Penambahan tepung biji koro pedang sebanyak 10%	Memperoleh laju pertumbuhan harian maksimum sebesar 1,2% dan efisiensi pakan tertinggi mencapai 30,3%.	Merah 2014
Biji Kacang Tanah	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Dosis yang ditambahkan hingga taraf 20%	Nilai laju pertumbuhan terbaik mencapai sekitar 0,7%, dengan efisiensi pakan sebesar 16,8%.	Puspita et al., 2015
Tepung biji buah nangka	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Pemberian pakan dengan dosis 5 %	Meningkatkan kenaikan berat total sebesar 0,4 gram dan laju pertumbuhan berat harian sekitar 0,02 gram.	Lahay 2019
Kacang Kedelai	Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Susbtitusi tepung kedelai 7 %	Menghasilkan efisiensi pemanfaatan pakan antara 63,4% hingga 72,2% serta meningkatkan pertambahan panjang mutlak sebesar 3,8 cm.	Marwa 2022

SIMPULAN

Bahan baku nabati banyak mengandung protein, serat kasar dan kadar air yang tinggi. Pengolahan bahan baku nabati secara fisik sangat efektif dan ekonomis karena dapat menurunkan serat kasar serta kadar air yang terlalu tinggi pada bahan baku nabati. Selain itu bahan baku nabati mudah

ditemukan dimana saja. Pengolahan fisik, konsentrasi dan lama waktu pengolahan mempengaruhi kualitas bahan baku nabati. Pemberian bahan baku nabati dengan komposisi pakan yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup beberapa ikan seperti nila, mas dan bawal. Oleh karena itu, dapat

disimpulkan bahwa bahan baku nabati yang diolah secara fisik berpotensi untuk digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan pakan ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N., Wijonarko, G., & Sustriawan, B. (2016). Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Agritech*, 36(2), 160-169.
- Agustono, A., Widodo, A. S., & Paramita, W. (2010). Kandungan protein kasar dan serat kasar pada daun kangkung air (*Ipomoea aquatica*) yang difermentasi. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 2(1), 37-44. <https://doi.org/10.20473/jipk.v2i1.11666>
- Allen, P.G., L.W. Botsford, A.M. Schuur, and W.E. Johnston. (2002). Bioeconomics of aquaculture. Elsevier, Amsterdam.
- Ambarsari, H., & Sonomoto, K. (2015). Acetone-Butanol-Ethanol Fermentation for Bioenergy using Various Substrates in Defined TYA Media. *Jurnal Energi dan Lingkungan (Enerlink)*, 11(1).
- Arogba, S. (1999). The performance of processed mango (*Mangifera indica*) kernel flour in a model food system. *Biores. Technol.*, 70(3), 277-281.
- Aryzegovina, R., Desmiati, I., & Aisyah, S. (2022). Kualitas Pakan Buatan Menggunakan Kacang Koro Pedang (*Canavalia ensiformis*) Sebagai Pengganti Tepung Kedelai Untuk Pakan Lobster Pasir (*Panulirus homarus*). *Barakuda 45: Jurnal Ilmu Perikanan dan Kelautan*, 4(2), 151-159.
- Bani, C.S. (2013). Evaluasi tepung biji kapuk (*Ceiba petandra* Gaertn) yang difermentasi cairan rumen domba sebagai pengganti bungkil kedelai dalam pakan ikan bawal (*Colossoma macropomum*). Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Choubey A. (2011). In Vitro Growth and Inhibition Studies of *Ceiba Pentandra* on Monosodium Urate Monohydrate Crystals. *Pharmacology Online* 2.
- Cibro, M.A. (2008). Respon Beberapa Varietas Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Terhadap Pemakaian Mikoriza Pada Berbagai Cara Pengolahan Tanah. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- De Silva, S.S., T. A. Anderson. (1995). Fish nutrition in aquaculture. Edisi 6. Chapman and Hall, London.
- Doss, A., M. Pugalenth, dan V. Vadivel. (2011). Nutritional Evaluation of Wild Jack Bean (*Canavalia ensiformis*) Seeds in Different Locations of South India. *Word Applied Sciences Journal* 13(7): 1606-1612.
- Ermawati, R., Sirat, M. M. P., Hartono, M., Fathul, F., & Farda, F. T. (2023). The Effectiveness of *Azolla microphylla* Flour Supplementation in Rations on Body Weight, Total Blood Plasma Protein and Total Microbial Contamination of Broiler Carcasses. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*, 11(1), 65-81.
- Fahrenheit, C. (1994). Proportioning and mixing cost center. In *Feed Manufacturing Technology IV*. 1994. RR McElhiney, Technical Editor. American Feed Industry Association, Inc. Arlington, pp 99-102.
- FAO. (2013). The state of World Fisheries and Aquaculture 2013. FAO Fisheries And Aquaculture Department, Roma.
- Francis, G., H.P.S. Makkar, K. Becker. (2001). Antinutritional Factors Present in Plant-Derived Alternate Fish Feed Ingredients and Their Effects in Fish. *Aquaculture*. 199: 197-227.
- Goh LC. (2002). Mixing. *Finnfeeds International*.
- Han, K.K., J.M. Soares Jr., M.A. Haidar, G.R. De Lima, and E.C. Baracat., (2002). Benefits of soy isoflavone therapeutic regimen on menopausal symptoms.

- Obstetrics & Gynecology 99(3): 389-394.
- Handajani, H. dan Widodo W. (2010). *Nutrisi Ikan*. Malang : UMM Press.
- Irham, M. A. (2022). Rancang Bangun Mesin Rotary Drying Kacang Tanah.
- Irwan, S.A. (2010). *Tanaman Kapas dan Kaitannya dengan Gosipol*. Balai Penelitian Ternak: Bogor.
- Kanchana. (2016). Glycine Max (L.) Merr. (Soybean). *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science* 5(1): 356-371.
- Kasryno, F., Effendi P., Suyamto., Adnyana, MO. (2007). *Gambaran Umum Jagung Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan: Bogor.
- Kole, L., B. Gin, S.K. Manna, B. Pali, and S. Ghosh. (2011). Biochanin-A, an isoflavon, showed anti-proliferative and anti-inflammatory activities through the inhibition of iNOS expression, p38-MAPK and ATF-2 phosphorylation and blocking NF- κ B nuclear translocation. *European journal of pharmacology* 653(1):8-15.
- Kriskenda, Y., Heriyadi, D., & Hernaman, I. (2016). Pengaruh perendaman tongkol jagung dengan berbagai konsentrasi filtrat abu sekam padi terhadap kadar lignin dan serat kasar. *Majalah Ilmiah Peternakan*, 19(1), 164356.
- Lahay, Y., Hasim, H., & Syamsudin, S. (2019). Pengaruh Penambahan Tepung Biji Buah Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) Pada Pembuatan Pakan Ikan Terhadap Pertumbuhan Dan Sintasan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 3(1), 21-30.
- Lalujan, L., et al, (2017) Komposisi Kimia Dan Gizi Jagung Lokal Varietas Manado Kuning Sebagai Bahan Pangan Pengganti Beras. *jurnal Teknologi Pertanian nomor 1, vol 8, hal.47-54*. Unsrat Manado. 2017.
- Latuharhary, R.A., Saputro, T.B. (2017). Respon Morfologi Tanaman Jagung (*Zea mays*) Varietas Bisma dan Srikandi Kuning pada Kondisi Cekaman Salinitas Tinggi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6 (2).
- Lestari, P. A. (2015). Pemanfaatan bungkil biji kapuk (ceiba pentandra) sebagai campuranbriket sekam padithe utilization of cotton seed meal (ceiba pentandra) as a mixture ofa rice husk briquette. *UNESA Journal of Chemistry*, 4(1).
- Liua, C., & Bar-Cohenb, Y. (1999). Scaling Laws of Microactuators and potential applications of Electroactive Polymers in MEMS. In *Proceedings of SPIE's 6th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials (Vol. 1, p. 5)*.
- Lubis, Ahmad Husni. (2012). *Pencampuran Bahan Kimia (MIXING PROCESS)*.
- Lubis, D.A. (1998). *Ilmu makanan ternak*. P.T. Pembangunan, Jakarta.
- Marwa Safra, A. (2022). *Substitusi Tepung Kedelai (Glycinemax L. Merril) Menggunakan Tepung Biji Ketapang (Terminalia catappa) Pada Pakan Formulasi Ikan Nila (Oreochromis niloticus) (Doctoral dissertation, Universitas Mataram)*.
- Masyamsir. (2001). *Penanganan Hasil Perikanan*. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Merah, N. (2014). *Substitusi Tepung Kedelai Dengan Tepung Biji Koro Pedang (Canavalia ensiformis) Terhadap Pertumbuhan, Survival Rate Dan Efisiensi Pakan Ikan*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan Vol, 6(1)*.
- Mochtar, D.Y., Hamzah, M. dan Muskita, W.H. (2018). Pengaruh pemberian tepung bungkil biji kapuk (*Ceiba petandra*) hasil fermentasi dalam pakan buatan terhadap pertumbuhan juvenil ikan bandeng (*Chanos chanos*) yang dipelihara selama 60 hari. *Media Akuatika*, 3(3), 730-739.
- Molla, M. M. (2008). Preparation and packaging of jackfruit chips. *Int J Sustain Crop prod*, 3(6), 41-47.
- Mukprasirt, Amornrat, & Sajjaanantakul, K. (2004). *Phisico-chemical properties of flafour and starch from jackfruit seeds (artocarpus heterophyllus lam)*

- compared with modified starches. *International Journal of Food Science and Technology*, 39, 271-276.
- Murni, R., Supardjo, A., & BL, G. (2008). *Buku Ajar Teknologi Pemanfaatan Pakan Limbah Untuk Pakan. Laboratorium Makanan Ternak. Jambi: Fakultas Peternakan Universitas Jambi.*
- Novriadi, R. (2019). Pengaruh reduksi tepung ikan. *Info Akuakultur*. (49) : 24-27.
- Nurlela, Azizah, M., & Suwarnata, A. A. E. (2021). Edukasi Tentang Pangan Fungsional Berbasis Pangan Lokal: Porang dan Jagung. *Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Nusa Bangsa. Logista Jurnal ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. Vol. 5 No. 2 Tahun 202. ISSN: 2579-6283 E-ISSN: 2655-951X
- Pangan, E. (2006). *Karakteristik Kedelai Sebagai Bahan Pangan Fungsional.*
- Poedjioetami, E., Syamsuri, S., & MCA, T. (2016). Ipteks Bagi Masyarakat Desa Tawangrejo Melalui Usaha Pengeringan Porang.
- Precoppe M. (2005). Jack Bean -Wonder Bean *Canavalia ensiformis*.
- Puspita, T., Andriani, Y., & Hamdani, H. (2015). Pemanfaatan Bungkil Kacang Tanah Dalam Pakan Ikan Terhadap Laju Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan Kelautan*, 6(2 (1)).
- Rempe JE. (1976). Weighing and mixing operation. in *Feed Manufacturing Technology*. 1976. H.B. Pfof, Technical Editor and D. Pickering, Production Editor. *Feed Production Council, American Feed Manufacturers Association, Inc.* pp. 327-329.
- Richana, Nur., Ratnaningsih., 2012. dan Winda H. 2012. *Teknologi Pascapanen Jagung. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca panen Pertanian. BOGOR.*
- Rimbach, G., C.B. Saadatmandi, J. Frank, D. Fuchs, U. Wenzel, H. Daniel, W.L. Hall and P.D. Weinberg. 2008. Dietary isoflavones in the prevention of cardiovascular disease-A molecular prespective. *Food and Chem. Toxicol.* 46:1308-1319.
- Riwandi., Merakati, Handajaningsih., Hasanudin. (2014). *Teknik Budidaya Jagung dengan Sistem Organik di Lahan Marjinal. Bengkulu: UNIB Press.*
- Rizal, S., Sumarlan, S. H., & Yulianingsih, R. (2013). Pengaruh konsentrasi natrium bisulfit dan suhu pengeringan terhadap sifat fisik-kimia tepung biji nangka (*artocarpus heterophyllus*). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(2), 1-10.
- Rosiana, N. M., Suryana, A. L., & Olivia, Z. (2023). Pengaruh proses pengeringan terhadap sifat fungsional tepung kedelai. *Teknologi Pangan: Media Informasi dan Komunikasi Ilmiah Teknologi Pertanian*, 14(1), 29-34.
- Salgado, J.M. and C.M. Donado-Pestana 2011. Soy as a Functional Food. pp.21-44. Hany A. El-Shemy (ed.). In *Soybean and Nutrition. InTech. Croatia.*
- Salvia, S., Ramaiyulis, R., Dewi, M., & Sari, D. K. (2022). *Teknologi Pengolahan Pakan.*
- Samsudin, R., Suhenda, N., Melati, I., & Nugraha, A. (2011). Evaluasi pemanfaatan pakan dengan dosis tepung jagung hasil fermentasi yang berbeda untuk pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Riset Akuakultur*, 6(2), 281-289.
- Setchell, K.D.R., N.M. Brown, L. Zimmer-Nechemias, W.T. Brashear, B.E. Wolfe, A. Sattar, and M.A. Akhtar. (1990). Irradiation and germination effects on phytate, protein and amino acids of soybean. *Plant Foods Hum. Nutr.* 40:185-194.
- Setyawati. (1990). *Karakteristik Pati dan Manfaatnya Dalam Industri. IPB. Bogor.*
- Shi, Y., Lan, F., Matson, C., Mulligan, P., Whetstine, J. R., Cole, P. A., ... & Shi, Y. (2004). Histone demethylation mediated by the nuclear amine oxidase homolog LSD1. *Cell*, 119(7), 941-953.

- Siti, W, Ahmad N. dan Puspa D. (2010). Sifat Nutrisional Protein Rich Flour (PRF) Koro Pedang (*Canavalia ensiformis* L.). Jurnal Agrotek. Volume 4. Nomor 1. Hal 18 – 26.
- Suharti, Sri, & Alrasyid, H. (1993). Pedoman teknis tanaman buah nangka (*artocarpus heterophyllus* lamk). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Konservasi Alam.
- Suriati, Hamzah, M dan Muskita, W.H., (2019). Pengaruh pemberian tepung ampas minyak biji kapuk (*Ceiba petandra*) terhadap pertumbuhan benih ikan bandeng (*Chanos chanos*). Media Akuatika, 4(2), 82-92.
- Suyanto OC. (2014). Pengaruh substitusi koro pedang (*Canavalia ensiformis*) terhadap sifat fisikokimia dan sensori selai kacang [tesis]. Semarang (ID): Universitas Katolik Soegijapranata.
- Taku, K., K. Umegaki, Y. Sato, Y. Taki, K. Endoh, and S. Watanabe. (2007). Soy isoflavones lower serum total and LDL cholesterol in humans: a meta-analysis of 11 randomized controlled trials. The American journal of clinical nutrition 85(4):1148-1156.
- Taufik, Y. (2018). Pengaruh Konsentrasi Bubur Buah Dan Tepung Kedelai (*Glycine Max*) Terhadap Karakteristik Fit Bar Black Mulberry (*Morus Nigra* L.). Pasundan Food Technology Journal (PFTJ), 5(1), 10-17.
- Widhianti WD. (2011). Pembuatan Arang Aktif dari Biji Kapuk (*Ceiba pentandra* L.) sebagai Absorben Zat Warna Rhodomin B. [Skripsi]. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Widiantara, T., Taufik, Y., & Ghaffar, R.M. (2021). Pemanfaatan Komoditas Lokal Melalui Pembuatan Produk Mie Berbasis Tepung Kacang Koro Pedang (*Canavalia ensiformis*) Termodifikasi Secara Fermentasi Spontan. Pasundan Food Technology Journal (PFTJ) 8 (3).
- Widodo, W. 2005. Tanaman Beracun Dalam Kehidupan Ternak. Umm Press. Malang.
- Wikantiasi, A. (2001). Uji Sifat Fisik Pakan Ikan Jenis Pelet Tanggelam dengan Proses Pengukusan dan Tingkat Penambahan Tepung Tapioka sebagai Perekat (Doctoral dissertation, IPB (Bogor Agricultural University)).
- Yanti, Z., Z.A. Muchlisin & Sugito. (2013). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*) pada beberapa konsentrasi tepung daun jaloh (*Salix tetrasperma*) dalam pakan. Depik. 2 : 16- 19.
- Yulfiperius. 2009. Nutrisi Ikan. Agroquapress. Bogor. 133 hlm.
- Zaheer, K. and M.H. Akhtar. 2015. An updated review of dietary isoflavones: nutrition, processing, bioavailability and impacts on human health. Critical reviews in food science and nutrition, pp. 1280–1293.