

Effectiveness of Soybean Meal as a Feed Supplement on Gonadal Maturation, Gonadosomatic Index (GSI), Hepatosomatic Index (HSI), and Spawning Success of Female Broodstock Catfish

Efektivitas Tepung Kedelai sebagai Suplemen Pakan terhadap Pematangan Gonad, GSI, HSI, dan Keberhasilan Pemijahan Induk Betina Ikan Lele

Vika Maulidiyah^{1*}, Rizky Kusma Pratiwi¹, Anissa Aprilia Nurkhasanah², Andi Masriah¹, Amalia Febryane Adhani Mazaya², Maura Yasmin Dhia¹, Fajar Maulana Akmal Firdaus¹

*Corresponding author email: vikamaulidiyah@ub.ac.id

¹Program Studi Akuakultur, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, PSDKU Universitas Brawijaya Kediri, Kediri, 64111, Indonesia

²Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, PSDKU Universitas Brawijaya Kediri, Kediri, 64111, Indonesia

Abstract. The increasing demand for catfish (*Clarias sp.*) consumption necessitates a sustainable supply of broodstock and seed for aquaculture. One of the main constraints in meeting this demand is the low gonadal maturation rate of catfish outside the natural spawning season. Reproductive hormones play a central role in regulating gonadal maturation through the action of estrogen hormones, particularly 17 β -estradiol, which stimulates vitellogenesis or the synthesis of vitellogenin (egg yolk), a major component of oocytes. The increase in vitellogenesis and oocyte size is positively correlated with the level of gonadal maturity. Soybean is a natural source of phytoestrogens that function similarly to estrogen and is rich in linoleic acid, which can stimulate the production of 17 β -estradiol. This study aimed to determine the effect of soybean flour supplementation in feed on the Gonadal Maturity Level (GML), spawning success, Gonadosomatic Index (GSI), and Hepatosomatic Index (HSI) of female catfish broodstock. The experimental treatments included a control group (without soybean flour), TK 5% (supplementation of 5% soybean flour per kg of feed), and TK 10% (supplementation of 10% soybean flour per kg of feed). The results showed no significant differences among treatments in terms of GML, spawning success, GSI, or HSI of female broodstock. However, a potential increase in GSI was observed with higher soybean flour supplementation, with the highest GSI value recorded at the 10% dosage level.

Keywords: catfish, soybean meal, gonadal maturation, HSI, ovulation.

Abstrak. Peningkatan permintaan terhadap konsumsi ikan lele, menuntut ketersediaan bibit yang berkelanjutan untuk pembudi daya. Salah satu kendala dalam memenuhi kebutuhan benih tersebut adalah rendahnya tingkat kematangan gonad ikan lele di luar musim pemijahan. Hormon reproduksi berperan utama dalam regulasi pematangan gonad melalui kinerja hormon estrogen, salah satunya estradiol 17 β yang menstimulasi vitelogenesis atau pembentukan *vitellogenin* (egg yolk) sebagai komponen utama oosit. Peningkatan jumlah vitelogenesis dan ukuran oosit berkorelasi positif dengan tingkat kematangan gonad. Kedelai merupakan salah satu sumber fitoestrogen yang memiliki fungsi sama dengan estrogen dan tinggi asam linoleate yang dapat menstimulasi pembentukan estradiol 17 β . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suplementasi tepung kedelai pada pakan terhadap Tingkat Kematangan Gonad (TKG), keberhasilan pemijahan, *Gonado Somatic Index* (GSI), dan *Hepatosomatic Index* (HSI) pada induk betina ikan lele. Rancangan perlakuan yang diberikan, yaitu kontrol (tanpa penambahan tepung kedelai), TK 5% (penambahan tepung kedelai dosis 5%/kg pakan), dan TK 10% (penambahan tepung kedelai dosis 10%/kg pakan). Hasil penelitian menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan antar perlakuan yang diberikan terhadap Tingkat Kematangan Gonad (TKG), keberhasilan pemijahan, *Gonado Somatic Index* (GSI), dan *Hepatosomatic Index* (HSI) induk betina ikan lele. Namun, ada potensi peningkatan GSI induk betina seiring dengan peningkatan dosis tepung kedelai yang menghasilkan nilai tertinggi GSI pada dosis 10%.

Kata Kunci: ikan lele, kedelai, tingkat kematangan gonad, HSI, ovulasi.

Copyright © 2025 The Author(s).

This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



To cite this article (APA Style):

Maulidiyah, V., Pratiwi, R. K., Nurkhasanah, A. A., Masriah, A., Mazaya, A. F. A., Dhia, M. Y., & Firdaus, F. M. A. (2025). Effectiveness of Soybean Meal as a Feed Supplement on Gonadal Maturation, Gonadosomatic Index (GSI), Hepatosomatic Index (HSI), and Spawning Success of Female Broodstock Catfish. *Nekton*, 5(2), 177–185. <https://doi.org/10.47767/nekton.v5i2.1066>

<https://ojs.poltesa.ac.id/index.php/nekton>

Submitted: 19 Aug 2025; Received in revised form: 18 Sep 2025; Accepted: 10 Oct 2025; Published regularly: 20 Oct 2025

PENDAHULUAN

Ikan lele (*Clarias* sp.) merupakan salah satu komoditas perikanan budi daya air tawar yang populer di kalangan masyarakat. Harganya yang terjangkau dengan keunggulan nilai gizi dan rasa membuat permintaan pasar terhadap ikan ini makin meningkat. Tingginya permintaan terhadap ikan lele harus diimbangi dengan penyediaan stok benih untuk pembesaran agar kebutuhan pasar terpenuhi. Salah satu kendala dalam proses pembenihan ikan lele adalah sulitnya memperoleh induk matang gonad di luar musim pemijahan. Rendahnya tingkat kematangan gonad induk lele menjadi penyebab kegagalan induk dalam memijah. Induk ikan lele lebih aktif memijah saat musim penghujan (Muazu et al., 2021) sehingga usaha pembenihan ikan lele akan mengalami hambatan terutama di musim kemarau, saat induk tidak mencapai matang gonad. Faktor ini menyebabkan rendahnya produktivitas pembenihan dan menghambat kontinuitas pasokan benih untuk kebutuhan budidaya.

Secara fisiologis, pematangan gonad dikendalikan oleh sistem *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) dari otak yang menstimulasi pelepasan gonadotropin hormon, yaitu *Follicle Stimulating Hormone* (FSH) dan *Luteinizing Hormone* (LH) dari kelenjar hipofisis untuk merangsang gonad memproduksi hormon estradiol-17 β , testosteron (T), 11-ketotestosteron (11-KT), dan progesteron, yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam perkembangan dan pematangan gonad (Sundaray et al., 2020). Hormon estradiol 17 β adalah turunan dari hormon estrogen yang berperan dalam sintesis *vitellogenin* (egg yolk). Hormon estrogen secara alami disintesis oleh kolesterol yang dihasilkan tubuh dan dapat juga diperoleh dari makanan alami. Hormon ini akan merangsang hati untuk menstimulasi *vitellogenin* yang kemudian akan disimpan dalam oosit. Peningkatan ukuran oosit menunjukkan peningkatan tingkat kematangan gonad dan siap memasuki fase ovulasi atau pemijahan. Perubahan konsentrasi hormon estrogen di dalam tubuh induk berdampak pada tingkat kematangan gonad dan keberhasilan pemijahan (Sang et al., 2020). Peningkatan aktivitas hormon estradiol-17 β terbukti berkorelasi positif dengan perkembangan oosit dan kesiapan ikan untuk ovulasi.

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa suplementasi bahan pakan yang mengandung fitoestrogen dapat meningkatkan fungsi reproduksi ikan. Kandungan fitoestrogen yang terdapat dalam kedelai memiliki fungsi sama dengan hormon estrogen yang dapat berinteraksi dengan reseptor estrogen (Adriani & Nita, 2015). Selain itu, Kedelai memiliki kandungan protein, lipid, dan berbagai komponen fungsional seperti isoflavone yang strukturnya mirip dengan estradiol 17- β (Kim, 2021). Estradiol 17- β memiliki peran besar dalam reproduksi ikan, yaitu meregulasi proses vitelogenesis untuk menghasilkan *vitellogenin* (egg yolk) sebagai komponen dalam sel telur yang menentukan tingkat kematangan gonadnya. Selain itu, kedelai juga memiliki kandungan asam lemak jenuh meliputi oleat, linoleat, dan linolenat (Hanan, 2018). Asam linoleat dalam pakan mampu meningkatkan konsentrasi hormon estradiol 17- β dan nilai *Gonado Somatic Index* (GSI) ikan mas (*Cyprinus carpio*) (Ma et al., 2020).

Penelitian Chen et al. (2023) menunjukkan bahwa pakan berbasis tepung kedelai dapat menstimulasi biosintesis hormon steroid seksual dan *vitellogenesis* serta memberikan efek hipokolesterolemik pada induk betina ikan baung kuning (*female yellow catfish*). Penambahan 30% tepung kedelai dalam pakan mampu meningkatkan performa reproduksi induk betina ikan baung kuning yang ditandai dengan meningkatnya indeks gonadosomatik (GSI), fekunditas relatif, total produksi telur, diameter telur, dan tingkat penetasan. Namun, penelitian Nuzaiaba et al. (2023)

menunjukkan bahwa dosis tepung kedelai melebihi 25% dapat mengganggu sistem endokrin dan memengaruhi reproduksi ikan mas betina (*Cyprinus carpio*).

Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa kedelai berpotensi besar sebagai sumber alami fitoestrogen untuk meningkatkan kematangan gonad, tetapi dosis optimum penggunaannya masih belum terstandar antarspesies ikan. Belum banyak penelitian yang secara spesifik menguji pengaruh variasi dosis tepung kedelai terhadap tingkat kematangan gonad, GSI, dan keberhasilan pemijahan pada ikan lele (*Clarias sp.*). Oleh karena itu, penelitian ini memiliki posisi penting dalam memperkaya literatur reproduksi ikan air tawar, khususnya dalam mengevaluasi efektivitas suplementasi tepung kedelai pada pakan dengan dosis berbeda terhadap kematangan gonad induk betina ikan lele. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam formulasi pakan fungsional yang mendukung keberhasilan reproduksi dan produktivitas budidaya ikan lele secara berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kolam pemeliharaan induk milik pembudi daya ikan lele di Kec. Mojoroto, Kota Kediri pada bulan Mei-Juli 2025. Induk yang digunakan adalah induk betina ikan lele dengan bobot awal berkisar 1,0-1,4 kg. Rancangan penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 6 kali ulangan individu (Tabel 1).

Tabel 1. Rancangan penelitian

Perlakuan	Keterangan
K	Tanpa penambahan tepung kedelai
TK 5%	Penambahan tepung kedelai 5%/kg pakan
TK 10%	Penambahan tepung kedelai 10%/kg pakan

Suplementasi Pakan

Pelet yang digunakan adalah pelet komersial dengan komposisi untuk pakan induk lele dengan kandungan komposisi protein minimal 38%, lemak minimal 5%, serat maksimal 6%, abu maksimal 12%, dan kadar air maksimal 11%. Tepung kedelai yang disuplementasikan ke pakan adalah tepung kedelai komersial dengan bahan dasar 100% kedelai. Bahan perekat yang digunakan untuk mencampurkan pellet dengan tepung kedelai adalah *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dengan dosis 1%/kg pakan. Pakan yang telah ditimbang kemudian ditambah dengan CMC dan tepung kedelai sesuai dengan dosis perlakuan, diaduk dan disemprot air secara merata menggunakan sprayer. Pakan yang telah disuplementasi tepung kedelai dikeringkan di suhu ruangan selama minimal 24 jam.

Pemeliharaan Induk

Induk dipelihara selama 40 hari dengan pemberian pakan sebanyak 2 kali sehari sampai kenyang (*at satiation*). Induk dipelihara dalam kolam beton berukuran 1x1,5 meter dengan penambahan tanah liat di dasar kolam untuk menyesuaikan kondisi kolam di pemeliharaan sebelumnya.

Pengumpulan data

Variabel penelitian yang diukur adalah Tingkat Kematangan Gonad (TKG) dan keberhasilan ovulasi, *Gonado Somatic Index* (GSI), serta *Hepatosomatic Index* (HSI).

Variabel data diambil dari sampel ikan setiap perlakuan di akhir penelitian. Pengumpulan data TKG, GSI, dan HSI dilakukan melalui pembedahan ikan untuk mengamati visual gonad, dan menimbang bobot hati serta gonad ikan. Keberhasilan ovulasi diamati dengan melakukan stripping pada indukan yang sebelumnya telah disuntik menggunakan ovaprim dengan dosis 0,5 ml/kg. Induk yang berhasil mengeluarkan telur dikategorikan berhasil mengalami ovulasi.

Analisis Data

Analisis data GSI dan HSI dilakukan melalui uji ANOVA dan dilanjutkan Uji Duncan jika terdapat perbedaan yang nyata. Pengukuran GSI mengacu pada metode [Effendie \(2002\)](#) dengan rumus berikut:

$$GSI (\%) = \frac{\text{Bobot gonad}}{\text{Bobot tubuh}} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Pengukuran HSI mengacu pada Diana (2007) dengan rumus berikut:

$$HSI (\%) = \frac{\text{Bobot hati}}{\text{Bobot tubuh}} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

Tingkat kematangan dianalisis secara deskriptif melalui pengamatan visual gonad dengan mengacu pada [Effendie \(1997\)](#) sebagai berikut ([Tabel 2](#)):

Tabel 2. Indikator Tingkat kematangan gonad ikan

TKG	Morfologi Gonad
I (Immature)	Ovarium seperti benang, Panjang sampai ke depan rongga tubuh. Warna jernih, permukaan licin
II (Maturing)	Pewarnaan ovarium lebih gelap kekuning-kuningan, telur belum terlihat jelas dengan mata (berukuran 0,2 mm sampai 0,5 mm)
III (Developing)	Ovarium berwarna kuning dan secara morfologi telur mulai kelihatan butirnya dengan mata
IV (Ripe)	Ovarium makin besar, telur berwarna kuning, mudah dipisahkan. Butir minyak tidak tampak, mengisi ½ sampai 2/3 rongga perut, usus terdesak.
V (Spent)	Ovarium berkerut, dinding tebal, butir telur sisa terdapat di dekat pelepasan. Banyak telur seperti pada tingkat II

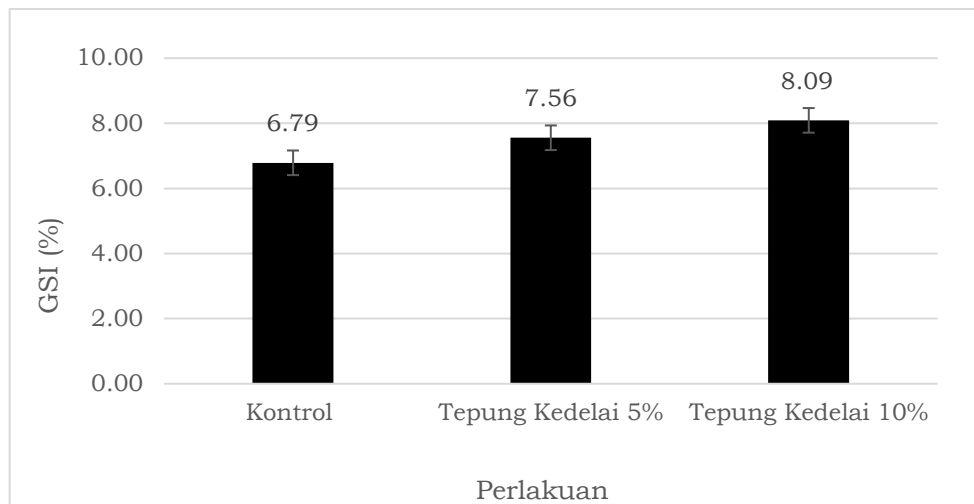
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gonado Somatic Index (GSI)

Gonado Somatic Index (GSI) adalah nilai persentase dari perbandingan bobot gonad terhadap bobot tubuh ikan ([Effendie, 2002](#)). GSI dapat menjadi salah satu indikator dalam menentukan tingkat kematangan gonad ([Deeng et al., 2022](#)). Hasil uji ANOVA dari data GSI menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara ketiga perlakuan. Namun, nilai GSI memiliki peningkatan seiring dengan penambahan dosis tepung kedelai pada pakan ([Gambar 1](#)). Nilai GSI tertinggi diperoleh dari induk lele yang diberikan suplementasi tepung kedelai pada pakan dengan dosis 10%.

Peningkatan kematangan gonad akan diiringi dengan peningkatan ukuran gonad hingga mencapai ukuran maksimal yang terjadi menjelang pemijahan ([Effendie, 1997](#)). Kedelai adalah salah satu sumber isoflavon yang bersifat estrogenik dan atau

antiestrogenik (Křizová et al., 2019). Senyawa fitoestrogen yang terkandung dalam ekstrak tepung kedelai hitam mampu menggantikan fungsi hormon estrogen endogen dalam proses reproduksi betina (Abdi et al., 2018). Estrogen merupakan hormon steroid yang sebagian besar terdapat di ovarium dan mengontrol perkembangan reproduksi ikan betina (Liu et al., 2017). Estrogen berperan dalam proses vitelogenesis oosit dengan menstimulasi produksi *vitellogenin* di hati ikan melalui reseptor estrogen (Ye et al., 2022).



Gambar 1. Nilai pengamatan *Gonado Somatic Index* (GSI)

Estrogen dalam darah memberikan umpan balik terhadap hipotalamus untuk mensekresikan *Gonadotropin Releasing Hormone* (GnRH) yang merangsang pituitari melepaskan *Gonadotropine* (GtH) untuk perkembangan awal oogenesis dan vitelogenesis (Nagahama, 1983; Aizen, 2007). Salah satu hormon GtH yang berperan terhadap proses vitelogenesis adalah *Follicle Stimulating Hormone* (FSH). Pemberian hormon FSH dapat meningkatkan kadar estradiol 17- β yang meningkatkan nilai GSI dan HSI di awal perkembangan gonad (Hutagalung et al., 2023). Makin banyak jumlah *vitellogenin* yang dihasilkan akan meningkatkan ukuran diameter telur dan memperbesar ukuran gonad sehingga tingkat kematangan gonad juga mengalami peningkatan. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya potensi tepung kedelai dalam meningkatkan ukuran gonad pada induk lele betina.

Tingkat Kematangan Gonad dan Keberhasilan Ovulasi

Hasil analisis tingkat kematangan gonad berdasarkan pengamatan visual menunjukkan bahwa rata-rata tingkat kematangan gonad dari ketiga perlakuan masuk ke dalam TKG IV (Tabel 3). Kondisi ovarium sudah membesar dan telur berwarna hijau kekuningan, serta kondisi gonad sudah mencapai 2/3 dari rongga perut. Sampel induk dari setiap perlakuan kemudian dipijahkan secara buatan dengan stimulasi hormon ovaprim sebanyak 0.5 ml/kg bobot induk. Hasil dari proses stripping menunjukkan bahwa induk dari semua perlakuan berhasil mengalami ovulasi.

Tingkat kematangan gonad dari semua perlakuan yang telah mencapai TKG-IV juga didukung dengan keberhasilan ovulasi di setiap perlakuan dengan metode pemijahan secara buatan menggunakan rangsangan hormon ovaprim. Meskipun tingkat kematangan gonad di semua perlakuan sama, hasil analisis GSI menunjukkan adanya potensi kenaikan bobot gonad seiring dengan peningkatan dosis tepung kedelai. Hal ini menunjukkan adanya potensi peningkatan fekunditas atau peningkatan diameter telur.

Hasil penelitian [Nuzaiaba et al. \(2023\)](#) menunjukkan bahwa dosis pemberian tepung kedelai pada pakan memengaruhi kadar hormon testosteron, estradiol, dan *vitellogenin* pada ikan mas betina. Kadar hormon dan *vitellogenin* yang tinggi ditemukan pada ikan mas yang diberi pakan dengan tambahan tepung kedelai dengan dosis maksimal 25%, dan mengalami penurunan seiring peningkatan dosis kedelai yang lebih dari 30%. Kadar fitoestrogen yang tinggi mengganggu fungsi reproduksi organisme yang berkaitan dengan sistem endokrin. Peningkatan dosis *genistein* yang terkandung dalam kedelai menyebabkan peningkatan kadar testosteron dan estradiol pada serum namun menurunkan jumlah dan ukuran oosit vitelogenik pada *Cyprinus carpio* ([Nuzaiaba et al., 2020](#)).

Tabel 3. Hasil pengamatan tingkat kematangan gonad dan keberhasilan ovulasi

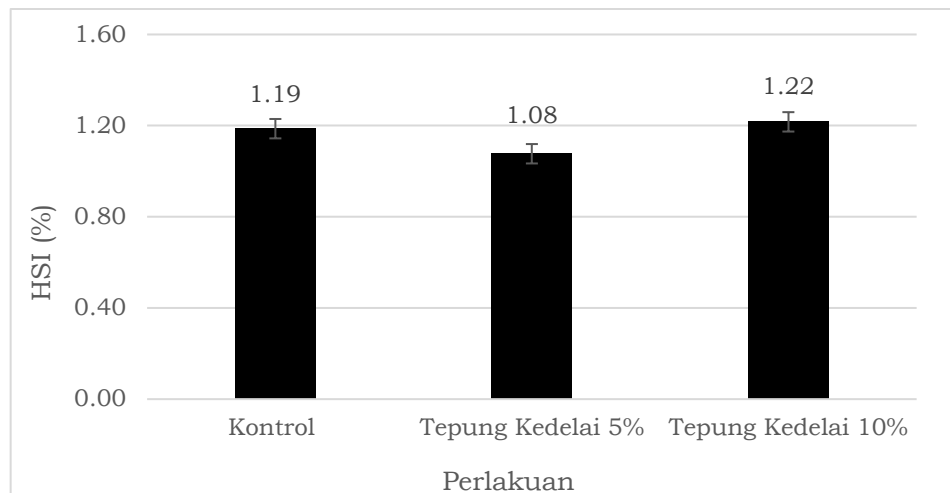
Perlakuan	Gambar	Tingkat Kematangan Gonad	Keberhasilan ovulasi
Kontrol		IV	Berhasil ovulasi
TK 5%		IV	Berhasil ovulasi
TK 10%		IV	Berhasil ovulasi

Hepatosomatic Index (HSI)

Hasil analisis ANOVA dari nilai *hepatosomatic index* menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan. Namun, nilai HSI tertinggi diperoleh dari induk matang gonad yang diberikan suplementasi tepung kedelai pada pakan dengan dosis 10% ([Gambar 2](#)). Nilai HSI berhubungan dengan aktivitas *vitellogenin* yang berlangsung di dalam hati ([Syarif et al., 2021](#)). Peningkatan nilai HSI menunjukkan adanya peningkatan sintesis *vitellogenin* yang menyebabkan penambahan bobot dan volume hati ([Putra et al., 2013](#)). Kedelai merupakan salah satu sumber fitoestrogen dalam bentuk senyawa isoflavon, yaitu *genistein* dan *daidzein* ([Miharja et al., 2015](#)).

Hasil penelitian [Himah et al. \(2018\)](#) menunjukkan bahwa senyawa isoflavon dalam kedelai berperan sebagai komponen antioksidan dan memiliki aktivitas

hepatoprotektor pada tikus wistur jantan. Hal ini menunjukkan bahwa tepung kedelai memiliki potensi untuk meningkatkan kinerja hati dalam memproduksi *vitellogenin* untuk mencapai kematangan gonad. Namun, ada potensi dampak negatif dari kedelai terhadap hepatosit berdasarkan hasil penelitian [Matulić et al. \(2020\)](#) yang menunjukkan bahwa substitusi tepung ikan menggunakan kombinasi tepung kedelai dan ragi dapat menurunkan ukuran sel inti hepatosit dan nilai *hepatosomatic index*. Oleh sebab itu, penentuan dosis penggunaan kedelai dalam pakan juga perlu diperhatikan.



Gambar 2. Nilai pengamatan *Hepatosomatic Index* (HSI)

SIMPULAN

Suplementasi tepung kedelai pada pakan induk ikan lele dengan dosis 5% dan 10% belum menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap Tingkat Kematangan Gonad (TKG), keberhasilan ovulasi, *Gonado Somatic Index* (GSI), dan *Hepatosomatic Index* (HSI). Namun, suplementasi tepung kedelai pada pakan memberikan potensi kenaikan GSI pada induk ikan lele dengan hasil tertinggi pada dosis tepung kedelai sebesar 10%.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Penulis menyatakan bahwa kontribusi setiap penulis terhadap pembuatan karya tulis ini adalah VM sebagai kontributor utama yang merancang penelitian dan konseptualisasi, RKP sebagai anggota yang menganalisis data, AANK sebagai anggota yang mengoreksi analisis data, AFAM sebagai anggota yang mengoreksi bahasa penulisan, AM sebagai anggota yang menganalisis data, MYD sebagai anggota yang mengumpulkan data, dan FMAF sebagai anggota yang mengumpulkan data.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis telah menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dengan pihak manapun terkait penerbitan artikel ini.

REFERENSI

Abdi, Y. F. R., Mahriani. M., Senjarini, K., & Oktarianti, R. (2018). Efek pemberian ekstrak tepung kedelai hitam (*Glycine soja*) terhadap leukosit mencit (*Mus musculus* L.) implantasi pasca ovariektomi. *Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(1), 38–45. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v3i1.1584>

- Adriani, A., & Nita, S. (2015). Pengaruh pemberian ekstrak kedelai (*Glycine max*) terhadap kuantitas dan kualitas spermatozoa tikus putih jantan (*Rattus norvegicus*) strain Sprague dawley. *Jurnal Kedokteran Yarsi*, 23(1), 012–027. <https://doi.org/10.33476/jky.v23i1.89>
- Chen, Z., Fei, S., Liu, C., Duan, Y., Liu, H., Han, D., Jin, J., Yang, Y., Zhu, X., & Xie, S. (2023). Compared to fishmeal, dietary soybean meal improves the reproductive performance of female yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) broodstock. *Aquaculture Nutrition*, 2023(1), 6240803. <https://doi.org/10.1155/2023/6240803>
- Deeng, R. B., Kusen, J. D., Kumampung, D. R. H., Ompi, M., Paruntu, C. P., & Tombokan, J. (2022). Analisis tingkat kematangan gonad dan indeks kematangan gonad pada ikan kakatua family scaridae. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 10(3), 332–340. <https://doi.org/10.35800/jplt.10.3.2022.55018>
- Effendie, M. I. (1997). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara.
- Effendie, M. I. (2002). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara.
- Hanan, W. H. (2018). *Uji kadar asam lemak tidak jenuh (linoleat, linolenat dan oleat) keju lemak nabati berbahan dasar sari kedelai sebagai pangan alternatif obesitas* [Undergraduate's Thesis, Universitas Brawijaya]. Universitas Brawijaya Repository. <https://repository.ub.ac.id/id/eprint/167629>
- Himah, S. A., Wisudanti, D. D., & Fatmawati, H. (2018). Effect of Soyflour (*Glycine max* L.) Hepatoprotector Activity on Liver MDA Level in Male Wistar Rat Induced by Diazinon. *Journal of Agromedicine and Medical Sciences*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.19184/ams.v4i1.6857>
- Hutagalung, R. A., Anggoro, S., Suryanti, S., & Muskananfola, M. R. (2023). Vitellogenesis activity of *Channa maruloides*, Bleeker, 1851, impact of follicle stimulating hormone as reproductive domestication. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 54(2), 589–597. <https://doi.org/10.36103/ijas.v54i2.1735>
- Kim, I. S. (2021). Current perspectives on the beneficial effects of soybean isoflavones and their metabolites for humans. *Antioxidants*, 10(7), 1064. <https://doi.org/10.3390/antiox10071064>
- Křížová, L., Dadáková, K., Kašparovská, J., & Kašparovský, T. (2019). Isoflavones. *Molecules*, 24(6), 1076. <https://doi.org/10.3390/molecules24061076>
- Liu, Y., Jiang, J., Lepik, B., Zhang, Y., Zinn, K. R., & Frank, S. J. (2017). Subdomain 2, not the transmembrane domain, determines the dimerization partner of growth hormone receptor and prolactin receptor. *Endocrinology*, 158(10), 3235–3248. <https://doi.org/10.1210/en.2017-00469>
- Ma, X., Wang, L., Xie, D., Tian, X., Zhang, Y., Wu, L., Liu, H., Wang, L., Dong, C., Li, X., & Nie, G. (2020). Effect of dietary linolenic/linoleic acid ratios on growth performance, ovarian steroidogenesis, plasma sex steroid hormone, and tissue fatty acid accumulation in juvenile common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Reports*, 18, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100452>
- Matulić, D., Barišić, J., Aničić, I., Tomljanović, T., Safner, R., Treer, T., Gao, J., Glojnarić, I., & Čož-Rakovac, R. (2020). Growth, health aspects and histopathology of brown bullhead (*Ameiurus nebulosus* L.): replacing fishmeal with soybean meal and brewer's yeast. *Scientific reports*, 10(1), 1104. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57722-3>
- Miharja, F. J., Supriyanto, S., & Hariyadi, S. (2015). Response from Milk Feeding of Phytoestrogens Soybean (*Glycine Max* (L) Merr) Towards the Quality of Male Sperm

- (Mus Musculus) Strain Balb-C. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*, 12(1), 686–691. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/7054>
- Muazu, T. A., Sulaiman, M. H., Baso, A., Zubairu, M., Ahmad, N. A., & Hawwat, A. U. (2021). Comparative Anatomy of Wild Adult African Catfish (*Clarias garlepinus*) Ovary During Rainy and Dry Periods in Zaria, Nigeria. *Journal of Veterinary Anatomy*, 14(2), 31–37. <https://doi.org/10.21608/jva.2021.197199>
- Nuzaiba, P. M., Nirmal, T., Arya, P., Varghese, T., Gupta, S., Sahu, N. P., & Srivastava, P. P. (2023). Impact of dietary soybean inclusion on the endocrine disruptive effect in female brood stock of *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 577, 739894. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739894>
- Nuzaiba, P. M., Varghese, T., Gupta, S., Sahu, N. P., Banani, M., Srivastava, P. P., & Krishna, G. (2020). Dietary genistein disrupts sex steroid and vitellogenic response in female common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquaculture*, 522, 735062. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735062>
- Putra, W. K. A., Sudrajattin, A. O., & Utomo, N. B. P. (2013). Induksi maturasi belut sawah (*monopterus albus*) dengan hormon human chorionic gonadotropin dan antidopamin. *Jurnal riset akuakultur*, 8(2), 209–220. <https://doi.org/10.15578/jra.8.2.2013.209-220>
- Sang, H. M., Ky, P. X., Lam, H. S., & Thu, P. M. (2020). Steroid hormones in reproduction and roles of GnRH-a in gonadal maturation of marine fish: a review. *Ann. Res. Rev. Biol*, 34, 1–12. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v34i430161>
- Sundaray, J. K., Rather, M. A., Kumar, S., & Agarwal, D. (2021). *Recent updates in molecular endocrinology and reproductive physiology of fish*. Springer Singapore.
- Syarif, A. F., Putri, D. F. A., & Robin, S. P. (2021). Induksi maturasi ikan seluang (*Rasbora einthovenii*) betina menggunakan hormon GnRH analog+ anti dopamin melalui pakan. *Jurnal Sains Akuakultur Tropis*, 5(1), 22–33.
- Ye, Z., Zhao, T., Wei, Q., Lin, H., Zhang, Y., & Li, S. (2022). Distinct roles of estrogen receptors in the regulation of vitellogenin expression in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15), 8632. <https://doi.org/10.3390/ijms23158632>