

EVALUASI PEMANFAATAN ZAT BESI ORGANIK (Fe) DALAM KANDUNGAN PAKAN TERHADAP KINERJA PERTUMBUHAN DAN KESEHATAN IKAN LELE (*Clarias gariepinus*)

MUHAMMAD RAZI



**PROGRAM MAGISTER ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tesis dengan judul “Evaluasi Pemanfaatan Zat Besi Organik (Fe) dalam Kandungan Pakan terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Kesehatan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. 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 Tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Muhammad Razi
C1501232061

- 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

MUHAMMAD RAZI. Evaluasi Pemanfaatan Zat Besi Organik (Fe) dalam Kandungan Pakan terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Kesehatan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*). Dibimbing oleh MUHAMMAD AGUS SUPRAYUDI, DEDI MUSADI, dan MIA SETIAWATI

Zat besi (Fe) merupakan salah satu mikromineral esensial yang berperan penting dalam berbagai proses fisiologis pada ikan, antara lain sebagai komponen hemoglobin dan mioglobin dalam transportasi serta penyimpanan oksigen, kofaktor berbagai enzim yang terlibat dalam metabolisme energi, sintesis DNA, respirasi seluler, sistem kekebalan tubuh, dan mekanisme pertahanan antioksidan. Ketersediaan Fe yang memadai diperlukan untuk menunjang eritropoiesis, menjaga keseimbangan metabolisme, serta mendukung pertumbuhan dan kesehatan ikan. Namun, keseimbangan kandungan Fe dalam pakan harus diperhatikan karena defisiensi maupun kelebihan Fe dapat menimbulkan dampak negatif terhadap performa fisiologis ikan. Defisiensi Fe menyebabkan gangguan pembentukan eritrosit, penurunan kadar hemoglobin, anemia, dan penurunan pertumbuhan, sedangkan kelebihan Fe meningkatkan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) yang memicu stres oksidatif dan kerusakan jaringan. Fe dalam bentuk organik memiliki ketersediaan hayati (*bioavailability*) yang lebih tinggi dibandingkan bentuk anorganik sehingga lebih efisien diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh ikan. Meskipun demikian, informasi mengenai dosis optimal suplementasi Fe organik pada ikan lele (*Clarias gariepinus*) masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh suplementasi Fe organik dalam pakan terhadap performa pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, status hematologi, respons imun non-spesifik, sistem antioksidan, distribusi Fe dalam tubuh, serta kondisi fisiologis dan histologis organ ikan lele.

Penelitian dilaksanakan selama 60 hari menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan lima taraf suplementasi Fe organik, yaitu 0, 20, 40, 80, dan 160 mg kg⁻¹ pakan, masing-masing terdiri atas empat ulangan. Ikan lele berukuran 9–10 cm dipelihara dengan kepadatan 15 ekor per akuarium berukuran 45 × 30 cm dan diberi pakan dua kali sehari menggunakan metode *at satiation*. Kualitas air dipertahankan melalui pergantian air secara bertahap selama pemeliharaan. Parameter yang diamati meliputi performa pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, status hematologi, respons imun non-spesifik, sistem antioksidan setelah uji tantang hipoksia, kandungan Fe tubuh, serta histologi hati dan morfometri vili usus.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplementasi Fe organik memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, status hematologi, respons imun, sistem antioksidan, kandungan Fe tubuh, serta kondisi histologis organ. Dosis 40 mg kg⁻¹ pakan memberikan respons terbaik dengan meningkatkan bobot akhir hingga 122,32% dibandingkan kontrol, disertai peningkatan biomassa, laju pertumbuhan spesifik, efisiensi protein, dan retensi protein serta penurunan rasio konversi pakan. Perlakuan tersebut juga meningkatkan kadar hemoglobin, jumlah eritrosit, dan hematokrit, dengan nilai MCV lebih rendah serta MCH dan MCHC tetap normal yang menunjukkan kondisi eritrosit yang lebih baik. Aktivitas *respiratory burst*, lisozim, SOD, dan CAT meningkat, sedangkan kadar MDA menurun, menunjukkan peningkatan kapasitas

imun dan sistem pertahanan antioksidan. Selain itu, dosis optimal mampu mempertahankan integritas jaringan hati dan meningkatkan morfometri vili usus sehingga mendukung absorpsi nutrisi. Sebaliknya, suplementasi Fe organik sebesar 160 mg kg⁻¹ pakan meningkatkan akumulasi Fe dalam jaringan, meningkatkan kadar MDA, menyebabkan peningkatan MCV dan penurunan MCHC yang mengindikasikan anemia fungsional, serta menimbulkan perubahan histologis pada hati dan usus akibat stres oksidatif.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa suplementasi Fe organik dalam pakan berpengaruh signifikan terhadap performa pertumbuhan, efisiensi pemanfaatan pakan, status hematologi, respons imun non-spesifik, sistem antioksidan, distribusi Fe dalam tubuh, serta kondisi fisiologis dan histologis organ ikan lele (*Clarias gariepinus*). Dosis suplementasi Fe organik sebesar 40 mg kg⁻¹ pakan merupakan dosis optimal karena mampu meningkatkan pertumbuhan, memperbaiki efisiensi pemanfaatan pakan, meningkatkan kapasitas transportasi oksigen, memperkuat sistem imun dan antioksidan, serta mempertahankan integritas organ tanpa menyebabkan akumulasi Fe yang berlebihan. Temuan ini menunjukkan bahwa suplementasi Fe organik pada dosis yang tepat berpotensi diterapkan sebagai strategi nutrisi untuk meningkatkan produktivitas dan kesehatan ikan lele dalam budidaya secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Antioksidan, Ikan Lele, Hematologi, Pertumbuhan, Zat Besi

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.



SUMMARY

MUHAMMAD RAZI. Evaluation of Organic Iron (Fe) Supplementation in Feed on the Growth Performance and Health Status of Catfish (*Clarias gariepinus*). Supervised by MUHAMMAD AGUS SUPRAYUDI, DEDI JUSADI, and MIA SETIAWATI.

@Hak cipta milik IPB University

Iron (Fe) is an essential trace mineral that plays a crucial role in various physiological processes in fish, including serving as a component of hemoglobin and myoglobin for oxygen transport and storage, acting as a cofactor for enzymes involved in energy metabolism, DNA synthesis, cellular respiration, immune function, and antioxidant defense mechanisms. Adequate Fe availability is essential to support erythropoiesis, maintain metabolic homeostasis, and promote optimal growth and health in fish. However, maintaining an appropriate dietary Fe balance is critical because both deficiency and excess can adversely affect fish physiological performance. Iron deficiency impairs erythrocyte formation, reduces hemoglobin concentration, causes anemia, and suppresses growth, whereas excessive Fe promotes the formation of reactive oxygen species (ROS), leading to oxidative stress and tissue damage. Organic Fe has higher bioavailability than inorganic Fe, resulting in more efficient absorption and utilization by fish. Nevertheless, information regarding the optimal dietary level of organic Fe supplementation for African catfish (*Clarias gariepinus*) remains limited. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of dietary organic Fe supplementation on growth performance, feed utilization efficiency, hematological status, non-specific immune response, antioxidant defense system, body Fe distribution, and the physiological and histological conditions of African catfish.

The experiment was conducted for 60 days using a completely randomized design (CRD) consisting of five dietary organic Fe supplementation levels: 0, 20, 40, 80, and 160 mg kg⁻¹ diet, with four replicates per treatment. African catfish with an initial length of 9–10 cm were stocked at a density of 15 fish per aquarium (45 × 30 cm) and fed twice daily using the *at satiation* feeding method. Water quality was maintained through periodic partial water exchange throughout the experimental period. The evaluated parameters included growth performance, feed utilization efficiency, hematological indices, non-specific immune responses, antioxidant defense system following a hypoxia challenge test, body Fe content, liver histology, and intestinal villus morphometry.

The results demonstrated that dietary organic Fe supplementation significantly affected growth performance, feed utilization efficiency, hematological status, immune response, antioxidant capacity, body Fe accumulation, and tissue histology. Supplementation with 40 mg kg⁻¹ diet produced the most favorable biological responses, increasing final body weight by 122.32% compared with the control, accompanied by improvements in biomass, specific growth rate, protein efficiency, protein retention, and feed conversion ratio. This treatment also increased hemoglobin concentration, erythrocyte count, and hematocrit value, while producing lower mean corpuscular volume (MCV) with normal mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), indicating healthier erythrocyte characteristics.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.

Furthermore, respiratory burst activity, lysozyme activity, superoxide dismutase (SOD), and catalase (CAT) activities were significantly enhanced, whereas malondialdehyde (MDA) concentration was reduced, indicating improved innate immune function and antioxidant defense. Histological observations revealed that the optimal Fe supplementation maintained liver integrity and improved intestinal villus morphometry, thereby supporting more efficient nutrient absorption. In contrast, supplementation with 160 mg kg⁻¹ diet resulted in excessive Fe accumulation in tissues, elevated MDA levels, increased MCV, decreased MCHC indicative of functional anemia, and histopathological alterations in the liver and intestine associated with oxidative stress.

In conclusion, dietary organic Fe supplementation significantly influences growth performance, feed utilization efficiency, hematological status, non-specific immune response, antioxidant defense system, body Fe distribution, and the physiological and histological conditions of African catfish (*Clarias gariepinus*). Supplementation with 40 mg kg⁻¹ diet was identified as the optimal dosage, as it enhanced growth, improved feed utilization efficiency, increased oxygen transport capacity, strengthened immune and antioxidant defenses, and maintained tissue integrity without causing excessive Fe accumulation. These findings suggest that appropriate dietary organic Fe supplementation represents a promising nutritional strategy to improve the productivity, health, and physiological balance of African catfish under aquaculture conditions.

Keywords: Antioxidants, Catfish, Growth, Hematology, Iron

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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.



- 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 2026
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



EVALUASI PEMANFAATAN ZAT BESI ORGANIK (Fe) DALAM KANDUNGAN PAKAN TERHADAP KINERJA PERTUMBUHAN DAN KESEHATAN IKAN LELE (*Clarias gariepinus*)

MUHAMMAD RAZI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Akuakultur

**PROGRAM MAGISTER ILMU AKUAKULTUR
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Prof. Dr. Munti Yuhana
2. Prof. Dr. Widanarni

Judul Tesis : Evaluasi Pemanfaatan Zat Besi Organik (Fe) dalam Kandungan Pakan terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Kesehatan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Nama : Muhammad Razi

NIM : C1501232061

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Muhammad Agus Suprayudi, M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Dedi Jusadi, M.Sc.

Pembimbing 3:

Dr. Ir. Mia Setiawati, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si.

NIP 196709271994032001

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Dr. Beginer Subhan, S.Pi., M.Si

NIP. 198001182005011003



Tanggal Ujian:
30 Juni 2026

Tanggal Lulus:



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga Tesis ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak Agustus–Oktober 2025 dengan judul “Evaluasi Pemanfaatan Zat Besi Organik (Fe) dalam Kandungan Pakan terhadap Kinerja Pertumbuhan dan Kesehatan Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang terlibat selama proses penulisan Tesis. Pertama, penulis ucapkan terima kasih kepada Komisi Pembimbing yaitu Prof. Dr. Ir. Muhammad Agus Suprayudi, M.Si, Prof. Dr. Ir. Dedi Jusadi, M.Sc, dan Dr. Ir. Mia Setiawati, M.Si. yang telah membimbing dan memberi banyak saran kepada penulis. Kemudian ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen seminar yaitu Prof. Mulyono S. Baskoro. Penulis juga sampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Munti Yuhana selaku dosen Penguji Luar Komisi serta kepada Prof. Dr. Ir. Widanarni, M.Si. selaku dosen Gugus Kendali Mutu (GKM). Ungkapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Program Studi Ilmu Akuakultur, Departemen Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, seluruh teknisi dan staf laboratorium atas segala fasilitas dan bantuannya selama proses penelitian dan hingga penyusunan Tesis.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Abdul Razak (Alm) dan Ibu Rizawati selaku Orangtua kebanggaan beserta Keluarga besar yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian Tesis ini. Kemudian kepada seluruh rekan Mahasiswa Ilmu Akuakultur 2024, rekan Divisi Nutrisi dan Teknologi Pakan Ikan, serta semua pihak yang terlibat dalam proses penelitian hingga penyusunan Tesis ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juni 2026

Muhammad Razi



- 



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Hipotesis	3
II. METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Rancangan Penelitian	4
2.3 Prosedur Penelitian	4
2.4 Parameter Penelitian	7
2.5 Analisis Data	12
III. HASIL DAN PEMBAHASAN	13
3.1 Hasil	13
3.2 Pembahasan	18
IV. SIMPULAN DAN SARAN	21
4.1 Simpulan	21
4.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	27
RIWAYAT HIDUP	39

DAFTAR TABEL

1	Kebutuhan Fe pada berbagai komoditas	2
2	Rancangan perlakuan penelitian	4
3	Formulasi pakan uji	5
4	Hasil analisis proksimat pakan	5
5	Ukuran vili usus ikan lele	13
6	Uji hematoli ikan lele	14
7	Uji MCV, MCH, MCHC ikan lele	15
8	Status kesehatan ikan lele	15
9	Respons antioksidan ikan lele	16
10	Kandungan Fe dalam tubuh ikan lele	16
11	Kinerja hati ikan lele	16
12	Kinerja pertumbuhan ikan lele	18

DAFTAR GAMBAR

1	Histologi usus ikan lele	13
2	Histologi hati ikan lele	17

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil pengukuran kualitas air	32
2	Prosedur uji proksimat	32
3	Analisis statistik ukuran vili usus ikan lele statistik	35
4	Analisis statistik hematologi ikan lele	37
5	Analisis statistik MCV, MCH, dan MCHC ikan lele	38
6	Analisis statistik status kesehatan ikan lele	39
7	Analisis statistik respon antioksidan ikan lele	40
8	Analisis statistik kandungan Fe dalam tubuh ikan lele	40
9	Analisis statistik kinerja hati ikan lele	41
10	Analisis statistik kinerja pertumbuhan ikan lele	42