



Hubungan Indeks Eritrosit (MCV, MCH, MCHC) Sebagai Indikator Anemia Parasitik Pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) Yang Diberi Suplementasi Enzim Bromelin

*The Relationship Between Erythrocyte Indexes (MCV, MCH, MCHC) as Indicators of Parasitic Anemia in Carp (*Cyprinus carpio*) Supplemented with Bromelain Enzyme*

Adimas Bagus Fahturohman^{1*}, Zakyatul Muna¹, Farid Mukhtar Riyadi¹, Wijayanti Ristyaningrum¹, I Kadek Sumiana¹

¹ Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Peternakan, Kelautan dan Perikanan, Universitas Nusa Cendana, Kota Kupang, Indonesia

Article Information		Abstract
Revised	: 23/02/2026	Goldfish cultivation currently faces several major problems, such as the high prevalence of parasitic infections, particularly those caused by <i>Argulus japonicus</i> . This study aims to identify and analyze the relationship between MCV, MCH, and MCHC values as indicators of parasitic anemia in goldfish (<i>Cyprinus carpio</i>) infested with <i>Argulus japonicus</i> and the effect of bromelain enzyme supplementation in commercial feed. The research stages include aquarium and maintenance media preparation, bromelain enzyme production from pineapple core, treatment feed production, and <i>Argulus japonicus</i> culture. The experiment employed a factorial-based Completely Randomized Design (CRD) comprising eight treatment combinations, and data analysis utilized the Pearson correlation test in conjunction with multiple linear regression. The results showed a strong positive relationship between MCV and MCH, reflecting normal erythropoiesis, in which erythrocyte enlargement is followed by an increase in hemoglobin per cell. In practice, these findings can be used to detect anemia early, potentially reducing aquaculture productivity. The application of the results of this research can potentially increase fish resistance to disease and support production efficiency in intensive fish farming.
Accepted	: 24/02/2026	
Published	: 01/06/2026	
Keywords		
Anemia, <i>Argulus japonicus</i> , Bromelain enzyme <i>Erythrocyte indices</i> , Gold fish, MCH, MCHC, MCV,		
Correspondence		
Adimas Bagus Fahturohman adimas.fahturohman@staf.undana.ac.id		

PENDAHULUAN

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) merupakan spesies ikan air tawar bernilai ekonomis tinggi yang berkontribusi secara signifikan terhadap produksi akuakultur global (Trivedi *et al.*, 2024). Berdasarkan laporan dari *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2024), produksi global ikan mas (*Cyprinus carpio*) diperkirakan akan mencapai sekitar 4,3 hingga 5,9 juta ton pada tahun 2025, yang menunjukkan laju pertumbuhan moderat sesuai dengan pola historis sebelumnya. Meskipun demikian masalah utama dalam budidaya ikan mas adalah tingginya prevalensi infeksi parasit, terutama yang disebabkan oleh *Argulus japonicus* (Bahtiar & Petchsupa, 2024). Infeksi ini dapat menyebabkan anemia, kerusakan jaringan, dan stres fisiologis yang cukup serius pada ikan (Amriana *et al.*, 2021). Infestasi *Argulus* dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tubuh ikan dan menyebabkan gangguan pada sistem hematologis, kondisi tersebut umumnya dianggap

sebagai indikator awal munculnya anemia yang diinduksi oleh infeksi parasitik pada ikan (Ranzani-Paiva & Tavares-Dias, 2024).

Indeks eritrosit meliputi *Mean Corpuscular Volume* (MCV), *Mean Corpuscular Hemoglobin* (MCH), dan *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration* (MCHC), merupakan parameter hematologis yang sangat esensial untuk menentukan jenis serta tingkat keparahan anemia pada ikan (Bavia *et al.*, 2024). *MCV* menggambarkan rata-rata volume sel darah merah, *MCH* menunjukkan kandungan rata-rata hemoglobin per sel darah merah, sedangkan *MCHC* mencerminkan tingkat konsentrasi hemoglobin dalam setiap sel darah merah (Witeska *et al.*, 2022). Analisis terhadap ketiga indeks eritrosit memungkinkan klasifikasi anemia ke dalam tipe normositik, mikrositik, hipokromik, atau hiperkromik, serta berperan penting dalam menilai status fisiologis ikan, terutama dalam kondisi stres atau infeksi (Witeska *et al.*, 2023).

Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menitikberatkan pada parameter hematologis umum, seperti jumlah eritrosit dan kadar hemoglobin, namun belum banyak yang mengkaji secara mendalam dinamika perubahan indeks eritrosit yang padahal berperan penting dalam mengidentifikasi jenis anemia (Hamed *et al.*, 2024). Di sinilah letak kesenjangan penelitian (*research gap*) yang hendak diisi, yaitu mengidentifikasi dan menganalisis hubungan antara nilai *MCV*, *MCH* dan *MCHC* sebagai indikator anemia parasitik pada ikan mas (*Cyprinus carpio*). Salah satu pendekatan alami yang potensial dalam mengurangi dampak anemia akibat infestasi parasit adalah suplementasi enzim bromelin dari bonggol nanas (*Ananas comosus*). Bromelin sebagai enzim proteolitik memiliki sifat antiinflamasi, imunostimulan, serta aktivitas antiparasitik yang mendukung respons fisiologis ikan terhadap infeksi parasit (Kansakar *et al.*, 2024). Penggunaan bromelin sebagai pakan aditif dalam budidaya ikan telah terbukti meningkatkan hematologis dan respon imun pada berbagai spesies ikan, serta berkontribusi dalam mengurangi dampak fisiologis yang ditimbulkan oleh infeksi parasitic (Muahiddah & Diamahesa, 2023). Meskipun pemanfaatan enzim bromelin dalam pakan ikan telah banyak diteliti, penelitian yang secara spesifik mengevaluasi keterkaitan antara indeks eritrosit dengan efektivitas bromelin dalam menurunkan gejala anemia akibat infestasi parasit pada ikan mas masih relatif terbatas.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara indeks eritrosit (*MCV*, *MCH*, dan *MCHC*) sebagai indikator anemia parasitik pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang terinfestasi *Argulus japonicus* dengan suplementasi enzim bromelin dalam pakan komersial. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan strategi manajemen kesehatan ikan secara alami dan berkelanjutan pada sistem budidaya intensif.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain ikan mas (*Cyprinus carpio*) sebagai hewan uji dengan panjang tubuh 5-8 cm dan berat tubuh berkisar antara 2-3 gram. Sebanyak 48 ekor ikan mas diperoleh dari Pasar Ikan Gunung Sari, Surabaya, selain itu 180 ekor *Argulus japonicus* digunakan sebagai infestasi parasit. Pembuatan enzim bromelin dilakukan dengan menggunakan 2 kg bonggol nanas sebagai bahan utama yang kemudian diekstrak dengan bantuan alkohol 70%, selain itu air tawar yang sudah memenuhi standar kualitas juga digunakan sebagai media pemeliharaan ikan selama penelitian berlangsung dan larutan *EDTA* sebagai antikoagulan dalam pengambilan sampel darah ikan. Bahan pakan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pakan komersial dengan suplementasi ekstrak bonggol nanas.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas 24 unit akuarium berkapasitas 3,7 liter dan dua buah bak tandon untuk penyimpanan air. Peralatan pendukung dalam pemeliharaan ikan mencakup pompa aerator lp 200, ember, serok, seser, alat sipon, selang dan batu aerasi. Pemantauan parameter kualitas air dilakukan menggunakan alat ukur berupa DO meter (*Dissolved Oxygen*), pH meter, dan *ammonia test kit* untuk mendeteksi kadar ammonia dalam media pemeliharaan. Alat morfometrik ikan berupa penggaris dan timbangan digital. Proses ekstraksi enzim menggunakan peralatan laboratorium pangan seperti pisau, blender, kertas label, plastik klip, oven, pot sampel dan lemari pendingin (*refrigerator*). Selain itu, peralatan analisis indeks eritrosit yang digunakan mencakup cawan petri, sentrifus, spuit, beaker glass, tabung *Ethylene Diamine Tetra-acetic Acid* (EDTA), mikroskop olympus cx23, dan *hematology analyzer*. Beberapa alat bantu tambahan termasuk baskom, gunting, pinset, nampan, dan perlengkapan alat tulis untuk mendukung proses pencatatan data dan dokumentasi.

Tahapan Penelitian

1. Persiapan akuarium dan media pemeliharaan

Sebanyak 24 unit akuarium dengan diameter 15 cm, tinggi, 21 cm, dan volume efektif 3,7 liter disiapkan sebelum pemeliharaan. Upaya pencegahan terhadap mikroorganisme patogen dilakukan melalui pembersihan menyeluruh pada permukaan dalam dan luar akuarium, kemudian direndam dalam larutan klorin dengan konsentrasi 20-30 ppm selama 24 jam. Perlakuan ini bertujuan untuk mensterilkan wadah dari *pathogen*, agen infeksius dan menghilangkan sisa organik yang mungkin menempel (Guo *et al.*, 2021). Setelah selesai akuarium dibilas dengan air tawar yang memenuhi standar kualitas budidaya ikan mas meliputi suhu 22-32°C, pH 6,5-8, DO >5 mg/l, ammonia <0,02 mg/l untuk menghilangkan sisa klorin sebelum digunakan (Yanuhar *et al.*, 2022). Media pemeliharaan yang digunakan berupa air tawar bersih dengan kualitas yang telah dipastikan sesuai standar. Pengisian air dilakukan hingga 11 cm guna menyesuaikan volume efektif akuarium berdasarkan desain yang ditentukan, selanjutnya air dibiarkan selama 24 jam untuk menstabilkan parameter kimia dan fisika sebelum ikan mas (*Cyprinus carpio*) dimasukkan ke dalam media pemeliharaan (Suryadi *et al.*, 2022).

2. Pembuatan enzim bromelin dari bonggol nanas

Pembuatan enzim bromelin dilakukan dari bonggol nanas (*Ananas comosus*), menggunakan pendekatan kimia dan fisika sederhana yang efisien untuk skala laboratorium. Bonggol nanas dicuci hingga bersih, dipotong kecil-kecil, kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga homogen. Hasil pembenderan kemudian diperas dan disaring untuk mendapatkan sarinya. Sari bonggol nanas dicampur dengan alkohol 70% dengan rasio 1:4 (sari:alkohol), lalu didiamkan selama 1 jam pada suhu ruang untuk memfasilitasi presipitasi awal protein. Setelah tahap tersebut, hasil campuran disimpan di refrigerator dengan suhu 10°C hingga membentuk endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan melalui proses sentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm selama 30 menit pada suhu 4°C. Endapan hasil sentrifugasi kemudian ditempatkan ke dalam cawan petri dan dikeringkan menggunakan oven bersuhu maksimal 40°C untuk mencegah terjadinya denaturasi. Setelah kering, endapan dihancurkan menggunakan mortar dan alu hingga diperoleh serbuk enzim bromelin kasar. Serbuk tersebut kemudian ditimbang sesuai dosis perlakuan (2,25%) dan digunakan untuk suplementasi dalam penelitian. Prosedur ini mengacu pada pendekatan ekstraksi bromelin dari limbah bonggol nanas yang telah terbukti efektif dalam aktivitas proteolitik maupun kestabilan enzim, misalnya penggunaan rasio padat:cair 1:5 pada proses ekstraksi mampu menghasilkan aktivitas enzim hingga 127,8 U/ml ketika menggunakan teknik ultrafiltrasi (Chiarelli *et al.*, 2024).

3. Pembuatan pakan perlakuan

Pakan utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa pakan komersial terapung dengan kadar protein minimum 30%, komposisi ini mengacu pada standar nutrisi dasar ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang ditetapkan oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) serta berbagai publikasi internasional yang menyatakan bahwa ikan mas memerlukan kadar protein tidak kurang dari 28-32% untuk mendukung pertumbuhan yang optimal, meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan, serta mempertahankan homeostasis fisiologis, terutama dalam sistem budidaya intensif (Bartley, 2022). Setiap perlakuan dalam penelitian ini menggunakan pakan komersial sebagai basis formulasi dengan konsentrasi penuh (100%). Suplementasi dilakukan dengan penambahan enzim bromelin kasar dari bonggol nanas (*Ananas comosus*) sebanyak 2,25% dari total berat pakan. Campuran tersebut kemudian diaduk hingga homogen untuk memastikan distribusi enzim yang merata diseluruh pakan. Proses pengeringan dilakukan di tempat yang teduh selama 6-8 jam, dengan perlindungan dari sinar matahari langsung untuk mencegah degradasi senyawa bioaktif (Mbwale *et al.*, 2025). Pakan yang telah kering kemudian disimpan dalam wadah tertutup rapat pada suhu ruang agar dapat mempertahankan stabilitas aktivitas enzim selama periode penelitian (Rathod & Kumawat, 2024).

4. Kultur *Argulus japonicus*

Proses awal kultur *Argulus japonicus* dilakukan dengan persiapan media berupa lima unit akuarium berukuran kecil (diameter 15 cm; tinggi 21cm; volume 3,7 liter) serta dua buah akuarium besar berukuran (panjang 45 cm; lebar 25cm; tinggi 30 cm). Seluruh akuarium dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran maupun debu yang menempel dengan menggunakan air bersih, kemudian dikeringkan secara alami dengan menempatkannya dibawah sinar matahari langsung. Setelah tahap sterilisasi selesai, substrat berupa batu diletakkan di dasar akuarium sebagai media bertelurnya *Argulus japonicus*, selanjutnya akuarium diisi dengan air bersih serta dilakukan pemasangan aerasi dan batu aerasi. Kualitas air yang digunakan dalam kultur disesuaikan dengan standar pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*) untuk menjamin lingkungan kultur yang optimal. Setiap akuarium diisi dengan dua ekor ikan mas (*Cyprinus carpio*) dengan ukuran panjang antara 5-8 cm dan berat 2-3 gram. Kemudian melakukan infestasi buatan dengan lima ekor *Argulus japonicus* per ikan, yang terdiri atas dua jantan dan tiga betina. Jumlah tersebut mengacu pada tingkat infestasi ringan berdasarkan klasifikasi tingkat keparahan infestasi ektoparasit. Dalam rentang waktu 5 sampai 7 hari setelah infestasi, *Argulus japonicus* mulai menghasilkan telur berwarna kuning yang menempel pada substrat bebatuan dalam akuarium. Proses penetasan berlangsung dalam waktu 40 hari pada suhu berkisar 28°C hingga 30°C. Namun demikian, tidak semua telur berhasil menetas, Sebagian mengalami degenerasi, yang ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi hitam pekat, sebagai indikasi kerusakan struktural atau kegagalan perkembangan embrio. Telur *Argulus japonicus* yang berhasil menetas akan berkembang menjadi larva naupilius yang bersifat infeksiif dan memiliki kemampuan berenang bebas untuk mencari inang. Larva ini berukuran kecil, tidak bersegmen, dan memiliki kecenderungan menginfestasi pada bagian ventral tubuh ikan mas (*Cyprinus carpio*). Fase naupilius berlangsung selama 8 hingga 10 hari sebelum larva mengalami metamorfosis menjadi stadium metanaupilius. Stadium metanaupilius menunjukkan morfologi yang menyerupai individu dewasa, namun belum memiliki alat penghisap (*sucker*). Ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang telah terinfestasi beserta air dan substrat dipindahkan ke akuarium yang berukuran lebih besar, yang diisi dengan ikan mas berukuran panjang 20-25 cm dengan berat 250 gram. Pemindahan ini dimaksudkan agar parasit berpindah ke inang yang lebih besar, yang secara fisiologis memiliki sistem imun dan ketahanan tubuh yang lebih baik. Sebagaimana yang dikemukakan oleh Khoris & Bileh (2024),

ikan mas berukuran lebih besar umumnya menunjukkan respons infestasi yang lebih rendah secara klinis karena memiliki sisik dan kulit yang tebal. Pada fase metanauplius, parasit cenderung menginfestasi permukaan tubuh serta bagian sirip, khususnya pada caudal fin, selama 5 hingga 7 hari sebelum mencapai fase dewasa.

Prosedur Pengujian

1. Ekstraksi enzim bromelin dari bonggol nanas

Prosedur ekstraksi ini merupakan hasil modifikasi dari metode konvensional yang telah banyak diterapkan dalam penelitian terkait enzim bromelin dari bonggol nanas. Tahapan yang dilakukan meliputi proses homogenisasi menggunakan blender, pemilihan rasio optimal antara buffer dan pelarut, pemisahan supernatant melalui sentrifugasi pada kecepatan 5000 rpm, serta pengeringan dengan suhu rendah untuk mempertahankan konsentrasi dan aktivitas enzim. Nilai aktivitas enzim dan konsentrasi enzim dengan menggunakan metode spektrofotometri, khususnya melalui deteksi pelepasan tirosin sebagai indikator aktivitas bromelin, serta pengukuran konsentrasi enzim melalui pendekatan *Bradford* (Purba *et al.*, 2024).

2. Teknik infestasi *Argulus japonicus* ke ikan mas (*Cyprinus carpio*)

Infestasi *Argulus japonicus* yang digunakan sebagai organisme uji tantang dikondisikan dalam keadaan terkontrol untuk menjamin jumlahnya sama seperti pada rancangan percobaan yang akan dilakukan. *Argulus japonicus* diperoleh dari Pasar Ikan Gunung Sari Surabaya atau dari ikan yang sebelumnya memang sudah terinfestasi. Penyesuaian terhadap lingkungan baru terhadap *Argulus japonicus* dilakukan di Laboratorium dalam kurun waktu 24 jam, hal ini bertujuan untuk memulihkan keseimbangan mekanisme fisiologisnya. Parasit yang digunakan dalam kondisi fase perkembangan dengan ukuran yang homogen, serta penentuan padat tebar untuk infestasi disesuaikan dengan acuan sumber Pustaka yang digunakan (Nagasawa, 2023).

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) dengan ukuran dimensi tubuh dengan panjang 5-8 cm serta bobot 2-3 gram, diaklimasi pada wadah percobaan hingga dua minggu lamanya sebagai persiapan masuk perlakuan uji. Perlakuan infestasi ringan menggunakan 5 *Argulus japonicus*, infestasi sedang dengan 10 *Argulus japonicus* serta infestasi berat dengan 15 *Argulus japonicus*, kemudian masing-masing perlakuan uji dilakukan pada beaker glass volume 500 ml yang diisi satu individu ikan mas. Perlakuan dengan metode tersebut mengikuti cara yang sering dilakukan pada penelitian organisme *pathogen* yang bersifat parasit dalam budidaya perikanan, setelah perlakuan infestasi dilakukan, kemudian masing-masing ikan dimonitor secara terus-menerus untuk menyakinkan bahwa *Argulus japonicus* melekat secara sempurna di organisme inang. Pengamatan dikonsentrasikan disekitar bagian permukaan organ seperti kulit, sirip, dan insang, kemudian dilakukan juga pendataan daerah pelekatan serta banyaknya satuan pelekatan parasit (Bahtiar & Petchsupa, 2024). Penentuan perlakuan infestasi ringan, sedang, dan berat pada percobaan ini mengikuti metode bertingkat yang pernah dilakukan sebelumnya oleh Shameena *et al.* (2021).

3. Prosedur pengambilan darah ikan mas (*Cyprinus carpio*)

Sampel darah ikan mas (*Cyprinus carpio*) dikumpulkan diakhir periode percobaan, setelah 28 hari masa pemeliharaan. Prosedur pemuasaan dilakukan selama 12 jam sebelum sampel darah ikan diambil, bertujuan untuk mencegah adanya kontaminasi pada darah ikan karena proses metabolisme (Witeska *et al.*, 2023). Ikan diambil dengan menggunakan serok dengan hati-hati, kemudian setiap ikan diambil darahnya sebanyak ± 1 mL dan jarum berukuran 25 G dengan posisi *ventrodorsal*, sebagai upaya memperkecil kemungkinan terjadinya resiko gangguan jaringan serta memperjelas visualisasi area pengambilan darah ikan (Lawrence *et al.*, 2020). Darah ikan

yang baru diambil langsung ditampung menggunakan tabung *Ethylene Diamine Tetraacetic Acid* (EDTA) agar terhindar dari proses pembekuan, kemudian dimasukkan dalam *coolbox* pada suhu 4°C untuk selanjutnya dilakukan analisis parameter indeks eritrosit meliputi MCV, MCH, MCHC dengan menggunakan *hematology analyzer* (Unalli & Ozarda, 2021).

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Desain percobaan yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) berbasis faktorial, yang terdiri atas delapan kombinasi perlakuan dan tiga ulangan. Rancangan ini dinilai efektif untuk mengontrol variabilitas yang muncul dalam lingkungan percobaan serta meningkatkan ketepatan estimasi efek perlakuan. Penempatan unit eksperimen yaitu akuarium dilakukan secara acak untuk memastikan distribusi perlakuan yang merata dan menjaga homogenitas lingkungan antar perlakuan (Fortin-Hamel & Chapman, 2024). Analisis data yang digunakan yaitu uji korelasi pearson digunakan untuk mengevaluasi hubungan linier antara dua indeks eritrosit secara berpasangan (MCV-MCH, MCV-MCHC, MCH-MCHC), kemudian dilanjutkan dengan analisis regresi berganda yang berfungsi untuk mengevaluasi kontribusi variabel independen (MCV dan MCHC) terhadap variabel dependen (MCH). Pendekatan uji korelasi pearson dengan regresi linier berganda telah diadopsi secara luas dalam penelitian hematologi ikan untuk mengevaluasi hubungan antar parameter darah dan menentukan prediktor hematologis yang paling dominan (Klaoudatos *et al.*, 2024). Metode regresi berganda juga telah digunakan dalam penelitian tentang hubungan antara MCV, MCH, MCHC pada spesies budidaya ikan dan telah terbukti secara akurat terhadap status hematologis ikan (Nurrahmad *et al.*, 2021). Maka dari itu, kedua pendekatan ini dirancang untuk memastikan hasil yang dapat diinterpretasikan secara statistik dan direplikasi oleh peneliti lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Hubungan antara Nilai MCV, MCH, MCHC

Analisis hubungan indeks eritrosit dilakukan menggunakan uji korelasi Pearson untuk menentukan tingkat hubungan linier antar variabel disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis hubungan antara nilai MCV, MCH, dan MCHC.

Table 1. Results of the analysis of the relationship between MCV, MCH, and MCHC values

Variable	R	P
MCV with MCH	0.794	0.000
MCV with MCHC	-0.547	0.006
MCH with MCHC	0.680	0.752

Semua prediktor secara statistik signifikan pada ($p < 0.01$)

Hasil analisis diatas terdapat hubungan yang sangat signifikan antara indeks eritrosit *MCV* dan *MCH*, menunjukkan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,794$ dengan signifikasi $p = 0,000$ sehingga nilai $p < 0,001$. Hal ini menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat kuat dan signifikan antara ukuran rata-rata eritrosit (*MCV*) dengan kadar hemoglobin per eritrosit (*MCH*). Hasil ini mengindikasikan bahwa semakin besar ukuran rata-rata eritrosit, maka kandungan hemoglobin di dalamnya juga akan tinggi. Hubungan tersebut menunjukkan berlangsungnya proses fisiologis normal dalam pembentukan eritrosit pada ikan (*eritropoiesis*). Fenomena ini sesuai dengan temuan sebelumnya yang mengungkapkan bahwa nilai *MCH* cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran eritrosit, terutama pada ikan yang berada dalam kondisi fisiologis stabil (Nabi *et al.*, 2022). Dalam aspek fisiologis, eritrosit yang berukuran lebih besar memiliki kapasitas lebih besar untuk menampung hemoglobin, sehingga efisiensi distribusi

oksigen ke jaringan tubuh tetap terjaga, bahkan ketika ikan menghadapi tekanan lingkungan atau adanya perubahan kondisi eksternal (Vo *et al.*, 2022).

Di sisi lain, hasil analisis statistik hubungan antara indeks *MCV* dan *MCHC* menunjukkan nilai koefisien korelasi negatif sebesar $r = -0,547$ dengan signifikansi $p = 0,006$ sehingga nilai $p < 0,001$. Hal ini mengindikasikan adanya korelasi negatif yang signifikan dengan kekuatan korelasinya sedang. Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan volume eritrosit menyebabkan penurunan konsentrasi hemoglobin per eritrosit (*MCHC*). Hasil ini menguatkan hipotesis bahwa anemia *normokromik* dan *hipokromik* ditandai oleh adanya peningkatan ukuran eritrosit sehingga dapat menyebabkan pengenceran hemoglobin intraseluler, suatu kondisi yang sering terjadi pada ikan yang mengalami stress fisiologis ataupun infeksi kronis akibat adanya infestasi parasit (Witeska *et al.*, 2023). Mekanisme tersebut berkaitan dengan gangguan sintesis hemoglobin, meningkatnya laju pergantian eritrosit serta respon fisiologis seperti aktivitas imun yang meningkat dan penyesuaian terhadap kondisi hipoksia akibat dari infeksi yang sedang berlangsung (Satkar *et al.*, 2024). Lebih lanjut studi pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang mengalami infeksi bakteri menunjukkan tren serupa, dimana *MCV* meningkat sebagai respon fisiologis, disertai oleh adanya penurunan yang signifikan pada *MCHC* akibat pembesaran eritrosit yang tidak diimbangi oleh akumulasi kadar hemoglobin secara proposional (Philominal *et al.*, 2024). Temuan ini sejalan dengan laporan sebelumnya yang menyebutkan bahwa anemia *makrositik hipokromik* ditandai oleh ukuran eritrosit yang membesar disertai penurunan kadar hemoglobin, kondisi ini sering ditemukan pada ikan yang mengalami tekanan lingkungan ataupun infeksi yang menyerang darah (Sayed *et al.*, 2022).

Sebaliknya, analisis korelasi antara *MCH* dengan *MCHC* tidak menunjukkan hubungan yang signifikan secara statistik, dengan nilai koefisien $r = 0,680$ dan $p = 0,752$ ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa tidak adanya hubungan linier antara kadar hemoglobin per eritrosit (*MCH*) dengan konsentrasi hemoglobin per eritrosit (*MCHC*) pada ikan mas. Ketidaksignifikanan ini mencerminkan variabilitas fisiologis alami atau berpotensi terikat dengan faktor lain seperti tingkat metabolisme, kondisi sistem imun dan faktor nutrisi tambahan. Menurut Vo *et al.* (2022) Parameter *MCH* dan *MCHC* cenderung lebih stabil dibandingkan dengan indeks eritrosit lainnya, bahkan dalam kondisi stres ringan atau terpapar patogen. Fenomena serupa juga dilaporkan oleh Méndez-Martínez *et al.* (2022) yang melakukan kajian terhadap dua spesies ikan air tawar, yang menunjukkan bahwa nilai *MCH* dan *MCHC* tetap berada dalam kisaran normal meskipun terjadi fluktuasi pada parameter hematologi lain akibat stres lingkungan atau infeksi, yang mengindikasikan bahwa kedua parameter tersebut memiliki tingkat kestabilan fisiologis yang tinggi serta memiliki potensi yang dapat digunakan sebagai indikator *homeostasis* eritrosit dalam jangka panjang. Dari sudut pandang patologis, beberapa jenis anemia non regeneratif maupun anemia ringan akibat adanya infeksi kronis, termasuk akibat infestasi parasit *Argulus japonicus* tidak selalu disertai dengan perubahan simultan antara *MCH* dan *MCHC* (Ali *et al.*, 2024). Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian saat ini yang menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan linier antara *MCH* dan *MCHC* pada ikan mas. Penelitian terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang mengalami infeksi bakteri menunjukkan pola yang serupa, di mana *MCH* mengalami fluktuasi yang berkaitan dengan tingkat aktivitas *eritropoiesis*, namun *MCHC* tetap stabil (Sayed *et al.*, 2023). Kondisi ini mengindikasikan bahwa *MCH* dan *MCHC* dapat merefleksikan aspek fisiologis yang berbeda dalam sistem hematopoietik ikan, sehingga keduanya tidak selalu menunjukkan hubungan secara statistik, terutama dalam kondisi subklinis atau inflamasi tingkat ringan (Sheikh *et al.*, 2022).

Analisis Hubungan antara Nilai MCH terhadap MCV dan MCHC

Analisis hubungan antara nilai *MCH* terhadap *MCV* dan *MCHC* dilakukan menggunakan regresi linier berganda untuk mengetahui kontribusi masing-masing parameter terhadap variasi nilai *MCH* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien regresi linier berganda untuk memprediksi nilai *MCV* dan *MCHC* terhadap *MCH*

Table 2. Multiple linear regression coefficients for predicting *MCV* and *MCHC* values against *MCH*

Predictor Variable	Unstandardized Coefficients (B)	Std. Error	Standardized Coefficients (β)	t-value	p-value
(Konstanta)	-36.627	1.765	0.000	-20.747	0.000
MCV	0.268	0.006	1.186	48.122	0.000
MCHC	1.359	0.047	0.717	29.085	0.000

Variabel dependen : Rata-rata Hemoglobin Korpuskular (*MCH*). Semua variabel prediktor secara statistik signifikan pada ($p < 0,01$).

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda diatas, diperoleh hasil bahwa kedua variabel independen yaitu *Mean Corpuscular Volume (MCV)* dan *Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration (MCHC)*, memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel dependen *Mean Corpuscular Hemoglobin (MCH)*. Nilai konstantanya sebesar -36,627 menunjukkan bahwa jika nilai *MCV* dan *MCHC* adalah nol, maka nilai *MCH* secara teoritis sebesar -36,627. Dalam konteks analisis statistik, konstanta tersebut berfungsi sebagai titik awal dalam persamaan regresi. Koefisien regresi tak terstandarisasi menunjukkan bahwa variabel *MCV* memiliki nilai sebesar 0,268 dengan nilai p sebesar 0,000, sedangkan *MCHC* memiliki nilai sebesar 1,359 dengan nilai p juga 0,000. Ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu unit pada *MCV* dan *MCHC* maka akan meningkatkan nilai *MCH* masing-masing sebesar 0,268 dan 1,359 dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan. Nilai t hitung yang tinggi pada *MCV* sebesar 48,122 dan *MCHC* sebesar 29,085 juga mengindikasikan bahwa kedua variabel independent secara individual memberikan kontribusi yang signifikan terhadap variabel dependent. Seluruh variabel independent memiliki nilai $p < 0,01$, sehingga hipotesis nol ditolak dan dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang sangat signifikan antara *MCV* dan *MCHC* terhadap *MCH*. Nilai koefisien terstandarisasi tertinggi yaitu pada variabel *MCV* ($\beta = 1,186$) dibandingkan dengan *MCHC* ($\beta = 0,717$). Dengan demikian, *MCV* merupakan variabel yang paling dominan dalam menentukan nilai *MCH* pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang mengalami anemia akibat infestasi *Argulus japonicus* dengan pemberian suplementasi enzim bromelin.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat signifikan antara indeks eritrosit *MCV* dan *MCHC* terhadap nilai *MCH*, yang sekaligus menegaskan pentingnya ketiga parameter tersebut sebagai indikator hematologis yang relevan dalam identifikasi anemia parasitik pada ikan mas (*Cyprinus carpio*). Temuan ini memperkuat teori fisiologi hematologi akuatik yang menyatakan bahwa perubahan ukuran sel darah merah (*MCV*) dan kadar hemoglobin per sel berkorelasi langsung dengan kadar hemoglobin rata-rata per eritrosit (*MCH*). Penelitian ini sejalan dengan hasil studi yang dilakukan oleh Hamed *et al.* (2024), yang menyatakan bahwa kondisi anemia akibat paparan toksin dan infeksi parasit dapat menyebabkan penurunan yang signifikan pada parameter *MCV* dan *MCH*. Namun demikian, respon fisiologis melalui suplementasi nutrisi dapat memulihkan kedua parameter tersebut pada kisaran normal.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Fahturohman & Rahmawati (2022), menunjukkan bahwa enzim bromelin dari bonggol nanas mampu meningkatkan kadar

hematokrit dan jumlah trombosit pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) yang terinfestasi (*Argulus japonicus*). Namun, penelitian tersebut belum secara khusus mengevaluasi keterkaitan antar indeks eritrosit. Dengan demikian penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah baru (*state of the art*) dengan mengembangkan model prediktif yang menghubungkan *MCV* dan *MCHC* terhadap *MCH*, serta mengevaluasi efektivitas suplementasi enzim bromelin dari sudut pandang hematologis. Dukungan tambahan berasal dari penelitian pada ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*), yang menunjukkan bahwa suplementasi enzim bromelin dapat memperbaiki profil hematologis, ditandai dengan meningkatnya nilai *MCH* dan beberapa parameter hematologis lainnya, namun demikian nilai *MCHC* tetap dalam kisaran normal dan stabil serta tidak mengalami perubahan yang signifikan secara statistik (Gopalraaj *et al.*, 2022). Hal ini mendukung hipotesis bahwa perubahan nilai *MCV* dan *MCHC* secara kolektif lebih representatif dalam mencerminkan fungsi eritrosit secara fisiologis dibandingkan penggunaan *MCH* secara individual. Kondisi ini memberikan prospek positif bagi pemanfaatan indeks eritrosit sebagai indikator diagnostik kuantitatif dalam evaluasi status Kesehatan ikan, serta memperkuat potensi aplikasi terapi fitogenik dalam sistem budidaya berkelanjutan. Pendekatan ini juga relevan sebagai landasan dalam pengembangan biomarker anemia yang lebih akurat dan spesifik dalam sistem akuakultur modern (Bardhan *et al.*, 2024).

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya hubungan signifikan antara beberapa indeks eritrosit sebagai indikator anemia parasitic pada ikan mas (*Cyprinus carpio*), terdapat hubungan positif yang sangat kuat antara *MCV* dan *MCH* mencerminkan fisiologis normal dalam proses *eritropoiesis*, dimana pembesaran eritrosit diikuti oleh peningkatan kadar hemoglobin per sel. Sebaliknya, hubungan negatif antara *MCV* dan *MCHC* menunjukkan kemungkinan terjadinya pengenceran hemoglobin dalam sel sebagai respons terhadap pembesaran eritrosit, yang merupakan karakteristik dari anemia normokromik yang dipicu oleh adanya stres atau infeksi parasit. Tidak adanya hubungan yang signifikan antara *MCH* dan *MCHC* menunjukkan adanya variabilitas fisiologis atau adanya pengaruh faktor eksternal lain. Secara teoretis, indeks eritrosit terutama *MCV* dan *MCHC* berpotensi digunakan sebagai indikator hematologis yang sensitif dalam mendeteksi anemia akibat infestasi *Argulus japonicus* pada ikan mas. Temuan ini mendukung hipotesis awal bahwa *MCV* dan *MCHC* secara signifikan berpengaruh terhadap nilai rata-rata hemoglobin per eritrosit (*MCH*), sehingga kedua parameter ini berpotensi menjadi indikator penting dalam menilai kondisi hematologis ikan. Secara praktis, temuan ini dapat diaplikasikan dalam program monitoring kesehatan ikan pada usaha budidaya, terutama sebagai sarana deteksi awal anemia yang berpotensi menurunkan produktivitas akuakultur.

IMPLIKASI KEBIJAKAN

Penelitian ini memberikan landasan ilmiah yang kuat untuk pengembangan metode diagnosis hematologis yang lebih efisien dalam mendeteksi anemia akibat parasit pada budidaya ikan. Penelitian terhadap perubahan nilai *MCV*, *MCH*, dan *MCHC* dapat dijadikan indikator fisiologis untuk menilai status kesehatan ikan, terutama dalam kondisi stress kronis yang disebabkan oleh infestasi ektoparasit. Temuan ini membuka peluang eksplorasi lebih lanjut terhadap peran suplementasi enzim bromelin dalam memperbaiki profil eritrosit dan mengurangi kerusakan yang ditimbulkan oleh parasit. Penerapan hasil penelitian ini berpotensi dalam meningkatkan ketahanan ikan terhadap penyakit serta mendukung efisiensi produksi pada budidaya ikan secara intensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. A., Refat, N. A., Mowafy, R. E., Gaheen, S. A., & Abdel Mageed, M. A. (2024). Impact of ultrastructural and molecular identified *Babesiosoma* spp. in both Egyptian freshwater fishes (common carp and african catfish): hematological, biochemical, and histopathological findings. *Open Veterinary Journal*, 14(1), 407-415. <https://doi.org/10.5455/OVJ.2024.v14.i1.37>
- Amriana, A., Sari, K. D., Sriwulan, S., & Anshary, H. (2021). Prevalence of *Argulus indicus*, histopathology and hematological properties of infected wild fish in Lake Towuti, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(8), 3578-3584. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220859>
- Bahtiar, S. A., & Petchsupa, N. (2024). The Prevalence, intensity and degree of infestation profile *Argulus japonicus* ectoparasite in common carp (*Cyprinus carpio*) at Ngawi and Tambakrejo, Sidoarjo, East Java, Indonesia. *Journal of Aquaculture & Fish Health*, 13(1), 134-143. <https://doi.org/10.20473/jafh.v13i1.54102>
- Bardhan, A., Abraham, T. J., Das, R., & Patil, P. K. (2024). Visualization of poikilocytosis as an emerging erythrocytic biomarker for fish health assessment. *Animal Research and One Health*, 2(2), 136–157. <https://doi.org/10.1002/aro2.47>
- Bartley, D. M. (2022). *World Aquaculture 2020—A brief overview*. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1233. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb7669en>
- Bavia, L., da Silva, A. P., Carneiro, M. C., Kmecick, M., Pozzan, R., Esquivel-Muelbert, J., Isaac, L., & Prodócimo, M. M. (2024). Health status biomarkers and hemato-biochemical indices in nile tilapia. *Comparative Immunology Reports*, 7, 200168. <https://doi.org/10.1016/j.cirep.2024.200168>
- Chiarelli, P. G., Martinez, B., Nakamura, T., & Mis Solval, K. (2024). Enhancing bromelain recovery from pineapple by-products: a sustainable approach for value addition and waste reduction. *Foods*, 13(4), 1-16. <https://doi.org/10.3390/foods13040589>
- Fahturohman, A. B., & Rahmawati, Y. (2022). The effect of bromelain enzyme on pineapple core on the relationship between platelet count and hematocrit value in carp (*Cyprinus carpio*) infested with *Argulus japonicus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1036(1), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1036/1/012058>
- FAO. (February 23, 2024) *Introduced species fact sheets*. <https://www.fao.org/fishery/en/introsp/733/en>.
- Fortin-Hamel, L., & Chapman, L. J. (2024). Interactive effects of sedimentary turbidity and elevated water temperature on the pugnose shiner (*Miniellus anogenus*), a threatened freshwater fish. *Conservation Physiology*, 12(1), 1-14. <https://doi.org/10.1093/conphys/coae053>
- Gopalraaj, J., Raj, J. B. S., Velayudhannair, K., & Chandrakas, L. (2022). Bromelain improves the growth, biochemical, and hematological profiles of the fingerlings of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 10(2), 73–77. <https://doi.org/10.7324/JABB.2022.10s207>
- Guo, Y., Liu, Z., Lou, X., Fang, C., Wang, P., Wu, G., & Guan, J. (2021). Insights into antimicrobial agent sulfacetamide transformation during chlorination disinfection process in aquaculture water. *Rsc Advances*, 11(24), 14746–14754. <https://doi.org/10.1039/d1ra01605a>
- Hamed, M., Abou Khalil, N. S., Alghriany, A. A. I., & Sayed, A. E.-D. H. (2024). The protective effects of dietary microalgae against hematological, biochemical, and histopathological

- alterations in pyrogallol-intoxicated *Clarias gariepinus*. *Heliyon*, 10(24), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40930>
- Kansakar, U., Trimarco, V., Manzi, M. V., Cervi, E., Mone, P., & Santulli, G. (2024). Exploring the therapeutic potential of bromelain: applications, benefits, and mechanisms. *Nutrients*, 16(13), 1-19. <https://doi.org/10.3390/nu16132060>
- Khoris, E. A., & Bileh, S. S. (2024). Effect of Artemisia extract on *Argulus coregoni* and *Lernaea cyprinacea* infestation in carp fish. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 14(6), 969–974. <https://www.advetresearch.com/index.php/AVR/article/view/1896>
- Klaoudatos, D., Michail, G., Gkafas, G. A., Sarantopoulou, J., Neofitou, N., Conides, A., Vafidis, D., Gourzioti, E., Kravva, N., & Apostolidis, A. P. (2024). Hematological parameters of the European hake (*Merluccius merluccius*) in Toroneos Gulf, northern Greece: A case study. *Journal of Biological Methods*, 11(4), 1-12. <https://doi.org/10.14440/jbm.2024.0064>
- Lawrence, M. J., Raby, G. D., Teffer, A. K., Jeffries, K. M., Danylchuk, A. J., Eliason, E. J., Hasler, C. T., Clark, T. D., & Cooke, S. J. (2020). Best practices for non-lethal blood sampling of fish via the caudal vasculature. *Journal of Fish Biology*, 97(1), 4–15. <https://doi.org/10.1111/jfb.14339>
- Mbwale, I., Giliba, R. A., Kisula, L., & Kemboi, D. (2025). Unlocking nature's pharmacy: Euphorbia hirta (L.) as a potent defense against *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* infections in Tanzania. *South African Journal of Botany*, 177, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.11.036>
- Méndez-Martínez, Y., Puente-Mendoza, M. M., Torres-Navarrete, Y. G., Zamora-Zambrano, R. J., Botello-León, A., & Ramírez, J. L. (2022). Comparative study of serum biochemical and hematological parameters of *Andinoacara rivulatus* and *Ichthyoelephas humeralis* in Los Ríos Province, Ecuador. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 50(2), 289–300. <https://doi.org/10.3856/vol50-issue2-fulltext-2795>
- Muahiddah, N., & Diamahesa, W. A. (2023). Use of pineapple (*Ananas comosus*) as an Immunostimulant in aquaculture. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(4), 658–663. <http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v23i4.5748>
- Nabi, N., Ahmed, I., & Wani, G. B. (2022). Hematological and serum biochemical reference intervals of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* cultured in Himalayan aquaculture: Morphology, morphometrics and quantification of peripheral blood cells. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2942–2957. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.019>
- Nagasawa, K. (2023). Distribution of fish parasites *Argulus japonicus* and *Argulus coregoni* (Crustacea: Branchiura: Argulidae) in the lake biwa basin, central japan. *Species Diversity*, 28(2), 217–223. <https://doi.org/10.12782/specdiv.28.217>
- Nurrahmad, N. R., Yuliani, M. G. A., Ernawati, R., Chusniati, S., Herupradoto, E. B. A., & Wahyuni, R. S. (2021). Pengaruh vaksinasi outer membran protein 52 kda terhadap perubahan indeks eritrosit ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diinfeksi *Aeromonas hydrophila* effect of vaccination outer membrane protein 52 kDa on changes in erythrocyte index of tilapia (*Oreochromis niloticus*) infected by *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Basic Medical Veterinary*, 10(1), 7–14. <https://doi.org/10.20473/jbm.v10i1.28592>
- Philominal, P., Uma, A., Ahilan, B., & Jayakumar, N. (2024). Hematobiochemical changes, immunological response and immune gene expression in nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) experimentally infected with *Shewanella putrefaciens*. *Indian Journal of Animal Research*, 8(2), 23–25. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-5337>

- Purba, H. F. P., Sinaga, H., & Husin, A. (2024). The effect of centrifugation speed on the characteristics of bromelain enzyme crude extract from flesh, core and peel sipahutar pineapple. *Journal of Environmental and Development Studies*, 5(02), 54–60. <https://doi.org/10.32734/jeds.v5i01.12510>
- Ranzani-Paiva, M. J. T., & Tavares-Dias, M. (2024). Fish hematology in brazil: a review. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 50(1), 1-28. <https://doi.org/10.20950/1678-2305/bip.2024.50.e914>
- Rathod, A., & Kumawat, M. (2024). Storage of feed ingredients and finished feed. *Indian Farmer*, 11(02), 77–82. https://indianfarmer.net/uploads/IndFarmVol11Issue02_06
- Satkar, S. G., Bhusare, S., Sahu, A., Aitwar, V. S., Kunjir, S. N., & Girkar, M. M. (2024). Stress-induced hematological and serum alterations as biomarkers in fish health assessment. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 8(2), 416–420. <https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i2sf.614>
- Sayed, A. E. D. H., Idriss, S. K., Abdel-Ghaffar, S. K., & Hussein, A. A. A. (2023). Haemato-biochemical, mutagenic, and histopathological changes in *Oreochromis niloticus* exposed to BTX. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21), 59301–59315. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26604-2>
- Sayed, A. E. D. H., Taher, H., Soliman, H. A. M., & Salah, El-Din, A. E. D. (2022). Immunological and hemato-biochemical effects on catfish (*Clarias gariepinus*) exposed to dexamethasone. *Frontiers in Physiology*, 13(1), 1-9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1018795>
- Shameena, S. S., Kumar, K., Kumar, S., Kumari, P., Krishnan, R., Karmakar, S., Kumar, H. S., Rajendran, K. V, & Raman, R. P. (2021). Dose-dependent co-infection of *Argulus* sp. and *Aeromonas hydrophila* in goldfish (*Carassius auratus*) modulates innate immune response and antioxidative stress enzymes. *Fish & Shellfish Immunology*, 114, 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.04.026>
- Sheikh, Z. A., Ahmed, I., Jan, K., Nabi, N., & Fazio, F. (2022). Haematological profile, blood cell characteristic and serum biochemical composition of cultured brown trout, *Salmo trutta* fario with respect to sex. *Helijon*, 8(8), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10247>
- Suryadi, I. B. B., Kelana, P. P., & Subhan, U. (2022). Studi kesesuaian kualitas air untuk budidaya ikan mas (*Cyprinus carpio*) strain majalaya guna mendukung program kampung lauk di kabupaten bandung. *Aurelia Journal*, 4(1), 71–78. <https://dx.doi.org/10.15578/aj.v4i1.11054>
- Trivedi, A., Pathak, R. K., & Agniwanshi, S. (2024). Ecological impact and aquaculture significance of *Cyprinus carpio*: a review. *Acta Entomology and Zoology*, 5(2), 45–46. <https://doi.org/10.33545/27080013.2024.v5.i2a.154>
- Unalli, O. S., & Ozarda, Y. (2021). Stability of hematological analytes during 48 hours storage at three temperatures using Cell-Dyn hematology analyzer. *Journal of Medical Biochemistry*, 40(3), 252-260. <https://doi.org/10.5937/jomb0-27945>
- Vo, V.-T., Tran, T.-H., Nguyen, T.-T.-T., Truong, V.-T., Pham, C.-T., Pham, T.-M., & Thuong, H. N. T. (2022). Hematological parameters of red tilapia (*Oreochromis* sp.) fed essential oils of *Mentha piperita* after challenge with *Streptococcus agalactiae*. *Pakistan Journal of Zoology*, 2022, 1–8. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20211106031127>
- Witeska, M., Kondera, E., & Bojarski, B. (2023). Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology : a review. *Animals*, 13(16), 1-12. <https://doi.org/10.3390/ani13162625>

- Witeska, M., Kondera, E., Ługowska, K., & Bojarski, B. (2022). Hematological methods in fish – Not only for beginners. *Aquaculture*, 547, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737498>
- Yanuhar, U., Musa, M., Evanuarini, H., Wuragil, D. K., & Permata, F. S. (2022). Water quality in koi fish (*Cyprinus carpio*) concrete ponds with filtration in Nglegok District, Blitar Regency. *Universal Journal of Agricultural Research*, 10(6), 814-820. <https://doi.org/10.13189/ujar.2022.100619>.