



DIGITALISASI PREPARAT MIKROSKOPIS *Plasmodium falciparum* DAN *Plasmodium vivax* SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PROTOZOOLOGI

Reza Anindita^{1*}, Dede Dwi Nathalia², Chandra Rahmadi³

^{1,2}Program Studi Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Mitra Keluarga, Indonesia

³Program Studi Keperawatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Mitra Keluarga, Indonesia

*Email: rezaanindita@stikesmitrakeluarga.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.13803>

Submit: 30-10-2024; Revised: 11-12-2024; Accepted: 17-12-2024; Published: 30-12-2024

ABSTRAK: Salah satu kompetensi mahasiswa kesehatan pada mata kuliah protozoologi kesehatan adalah mampu mengidentifikasi morfologi mikroskopis *Plasmodium* sp. Namun, identifikasi *Plasmodium* sp. masih banyak dilakukan dengan ATLAS konvensional. Oleh sebab itu diperlukan inovasi menggunakan ATLAS digital. Tujuan penelitian ini untuk melakukan digitalisasi gambar mikroskopis *Plasmodium vivax* dan *falciparum* sebagai media pembelajaran mata kuliah protozoologi. Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Sumber data digital pada penelitian ini adalah preparat *Plasmodium falciparum* fase trofozoit dan gametosit serta *Plasmodium vivax* fase amoeboid. Metode penelitian ini meliputi dokumentasi, editing, validasi, deskripsi, inventarisasi, dan evaluasi. Hasil penelitian ini adalah jumlah gambar yang berhasil digitalisasi adalah 158 gambar yang terdiri dari *Plasmodium falciparum* fase ring sebanyak 58, fase gametosit sebanyak 19, dan *P. vivax* sebanyak 81 gambar dengan kualitas termasuk kategori cukup, persentase tingkat penggunaan ATLAS digital sebanyak 73,6 sedangkan ATLAS konvensional sebanyak 47,8. Kesimpulan penelitian ini adalah digitalisasi gambar mikroskopis *Plasmodium vivax* dan *falciparum* dapat dikembangkan menjadi aplikasi berbasis android

Kata Kunci: digitalisasi, malaria, plasmodium, falciparum, vivax.

ABSTRACT: One of the competencies of health students in the health protozoology course is being able to identify the microscopic morphology of *Plasmodium* sp. However, the identification of *Plasmodium* sp. is still widely done using conventional ATLAS. Therefore, innovation is needed using digital ATLAS. The purpose of this study was to digitize microscopic images of *Plasmodium vivax* and *falciparum* as a learning medium for protozoology courses. This type of research is quantitative descriptive. The sources of digital data in this study were *Plasmodium falciparum* trophozoite and gametocyte phase preparations and *Plasmodium vivax* amoeboid phase. This research method includes documentation, editing, validation, description, inventory, and evaluation. The results of this study are the number of images that were successfully digitized is 158 images consisting of *Plasmodium falciparum* ring phase as many as 58, gametocyte phase as many as 19, and *P. vivax* as many as 81 images with quality including the sufficient category, the percentage of digital ATLAS usage is 73.6 while conventional ATLAS is 47.8. The conclusion of this study is that the digitalization of microscopic images of *Plasmodium vivax* and *falciparum* can be developed into an Android-based application.

Keywords: digitalization, malaria, plasmodium, falciparum, vivax.

How to Cite: Anindita, R., Nathalia, D., & Rahmadi, C. (2024). Digitalisasi Preparat Mikroskopis *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax* Sebagai Media Pembelajaran Protozoologi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(2), 2290-2301. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i2.13803>



Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



PENDAHULUAN

Salah satu mata kuliah bidang Ilmu Pengetahuan Alam yang harus dikuasai oleh mahasiswa kesehatan adalah protozoologi khususnya sub materi *Plasmodium* sp (Kemenkes RI, 2024). Materi tersebut menuntut ketrampilan mahasiswa dalam mengidentifikasi morfologi *Plasmodium* sp. secara mikroskopis pada preparat apusan darah tebal. Menurut (Avichena & Anggriyani, 2023) Plasmodium termasuk kingdom protista, filum protozoa, kelas sporozoa. Puasa *et al.* (2022) menyatakan *Plasmodium* sp. adalah parasit penyebab penyakit malaria. Menurut Slater *et al.* (2022) malaria umumnya disebabkan oleh empat spesies plasmodium, yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, dan *Plasmodium ovale*. Data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023) melaporkan sebanyak 89% kasus positif malaria dengan persentase kematian sebanyak 28,67%.

Diagnosis malaria dapat dilakukan dengan pemeriksaan darah, baik secara mikroskopis, diagnosis cepat (*Rapid Diagnostic Test / RDT*), dan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) (Pimpin *et al.*, 2016). Menurut Kemenkes (2014) metode identifikasi mikroskopis merupakan standar baku emas (*gold standard*) dalam pemeriksaan *Plasmodium* sp. Namun, dalam melakukan metode tersebut diperlukan pengetahuan mengenai gambar morfologi mikroskopis dari setiap tahap perkembangan Plasmodium, khususnya untuk mahasiswa kesehatan agar siap melakukan pemeriksaan sebagai tenaga Kesehatan (rumah sakit, puskesmas, dan pusat pelayanan Kesehatan) (Krudsood *et al.*, 2009). Apabila tidak memiliki pengetahuan dasar mengenai karakteristik morfologi Plasmodium, maka berpotensi menghasilkan kesalahan diagnosis dan terapi antimalaria (Wernsdorfer *et al.*, 2007).

Salah satu strategi inovatif untuk meningkatkan keterampilan identifikasi Plasmodium dapat dilakukan dengan pembelajaran berbasis literasi digital. Menurut Hanifah *et al.* (2024) pembelajaran berbasis literasi digital merupakan pembelajaran yang memanfaatkan literasi digital oleh pengguna agar mudah dalam memahami teori dan praktik materi pembelajaran. Prayoga *et al.* (2022) menjelaskan bahwa literasi digital merupakan kemudahan seseorang dalam memanfaatkan teknologi digital untuk mencari materi pembelajaran. Jannah *et al.* (2024) menambahkan urgensi penting literasi digital pada pembelajaran modern meliputi kemudahan akses informasi secara praktis, meningkatkan kebiasaan dalam menggunakan teknologi pembelajaran dan mempersiapkan pengguna dalam menghadapi kebutuhan global yang serba digital. Peran teknologi dalam pendidikan kesehatan, khususnya dalam menunjang keterampilan identifikasi Plasmodium secara mikroskopis. Hal ini memudahkan dan memotivasi agar lebih tertarik mempelajari materi morfologi plasmodium sehingga meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam melakukan identifikasi jenis *Plasmodium* sp mahasiswa (Purniasih *et al.*, 2024).

Pembelajaran identifikasi Plasmodium pada setiap tingkat pendidikan, saat ini didominasi dengan pendekatan konvensional yaitu menggunakan buku ATLAS identifikasi Plasmodium. Penggunaan ATLAS tersebut memiliki kelemahan yaitu: tidak praktis, tidak bisa diakses kapan saja, dan tidak memfasilitasi pembelajaran di era literasi digital. Dengan demikian, dibutuhkan inovasi pembelajaran agar



mahasiswa memiliki keterampilan dasar dalam mengidentifikasi Plasmodium secara mikroskopis. Salah satunya dengan menyediakan morfologi Plasmodium yang sudah diolah secara digital dan mudah diakses oleh mahasiswa kesehatan. Menurut Achzab & Budiyanto (2017), penggunaan teknologi digital sebagai media pembelajaran menjadi salah satu pendekatan konstruktivisme. Media digital dapat memfasilitasi mahasiswa untuk mengembangkan rasa ingin tahu, sehingga mereka aktif dan termotivasi secara mandiri membangun atau mengkonstruksi pengalaman dan keterampilan mengenai topik pembelajaran (Lathifah, 2024).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, beberapa alat penunjang diagnosis malaria sudah pernah dikembangkan dengan memanfaatkan metode citra computer, *Convolutional Neural Networks*, *Multi Class Support Vector Machine* (SVM), dan *Faster-RCNN* dengan fokus identifikasi pada *Plasmodium vivax* dan *falciparum*. Namun, penggunaan semua aplikasi dari riset sebelumnya masih terlalu rumit, membutuhkan perangkat yang mahal, dan hanya ditujukan kepada tenaga kesehatan rumah sakit atau puskesmas. Penelitian tentang digitalisasi gambar mikroskopis *Plasmodium* sp. di Indonesia belum pernah ada yang dibuat khusus untuk insitusi pendidikan yang memiliki program studi Kesehatan. Dengan demikian, penelitian dasar mengenai digitalisasi gambar mikroskopis *Plasmodium* sp. sebagai salah satu strategi dalam meningkatkan keterampilan dasar melakukan identifikasi plasmodium. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan digitalisasi gambar mikroskopis *Plasmodium falciparum* dan *vivax* sebagai media teknologi pembelajaran konstruktivisme dalam melakukan dasar identifikasi jenis Plasmodium secara lebih efektif, praktis, dan efisien

METODE

Penelitian ini merupakan pengembangan dan evaluasi data digital dengan desain *mix methode*. Sampel data digital antara lain preparat apusan darah tebal *Plasmodium falciparum* fase trofozoit (ring) dan gametosit, *Plasmodium vivax* fase trofozoit amoeboid. Sampel diamati dengan mikroskop cahaya (olympus CX 23). Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

Dokumentasi Gambar Mikroskopis

Preparat apusan darah tebal *Plasmodium falciparum* dan *vivax* diamati dengan mikroskop cahaya perbesaran objektif 100x menggunakan minyak emersi. Dokumentasi digital dilakukan menggunakan kamera smartphone 48 megapixel. Dokumentasi dilakukan pada 20 lapang bidang pandang dengan zoom 2x dan 5x. Hasil dokumentasi disimpan dalam google drive.

Editing Dokumentasi Digital

Editing gambar digital yang telah tersimpan dalam google drive dilakukan seleksi dan perbaikan menggunakan software Artificial Intelligence (AI) enhance untuk meningkatkan kualitas gambar dengan mengatur filter, *brightening*, dan *contrast*.

Pembuatan Deskripsi dan Validasi Data

Database yang telah diseleksi dan diperbaiki kemudian dipindahkan pada software canva pro untuk dideskripsikan dan divalidasi setiap tahap *Plasmodium falciparum* dan *vivax*



Inventarisasi data digital Plasmodium sp.

Semua data gambar *Plasmodium falciparum* dan *vivax* yang telah diseleksi, dideskripsi, dan divalidasi disimpan kembali dalam google drive baru yang dapat diakses secara umum.

Evaluasi database Plasmodium sp.

Evaluasi dilakukan dengan memberikan penilaian terhadap kualitas gambar digital *Plasmodium falciparum* dan *vivax* Penilaian dilakukan dengan instrumen rating scale yang diisi oleh 30 responden (user). Instrumen *rating scale* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Mengenai Kualitas Database Digital Plasmodium

No Item	Penilaian Gambar	Interval Jawaban				
		SB	B	CB	KB	STB
		5	4	3	2	1
<i>Plasmodium falciparum (fase ring)</i>						
1	Kualitas gambar stadium trophozoit fase ring dibandingkan panduan ATLAS konvensional (Hardcopy)					
2	Kejelasan/ketajaman gambar fase di dalam eritrosit					
3	Kualitas warna sitoplasma (biru atau keunguan) Plasmodium					
4	Kualitas warna nukleus Plasmodium Plasmodium falciparum fase gametosit					
5	Kualitas gambar stadium gametosit dibandingkan panduan ATLAS konvensional (Hardcopy)					
6	Kejelasan/ketajaman gambar fase gametosit					
7	Kejelasan/ketajaman pigmen berbentuk batang (berwarna hitam/kekuningan) yang tersebar di bagian tengah gametosit					
8	Kualitas bentuk menyerupai pisang					
9	Kejelasan sisa eritrosit yang mengelilingi gametosit (corpuscular inclusion) atau garhams bodies					
<i>Plasmodium vivax fase amoeboid</i>						
10	Kualitas stadium amoboid dibandingkan panduan ATLAS konvensional (Hardcopy)					
11	Kejelasan/ketajaman gambar fase di dalam eritrosit					
12	Kualitas warna sitoplasma (biru atau keunguan) Plasmodium					
13	Kualitas warna nukleus Plasmodium					

Ket: SB : Sangat Bagus, B : Bagus, CB : Cukup Bagus, KB : Kurang Bagus, STB : Sangat Tidak Bagus

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan uji statistik deskriptif kuantitatif dan kualitatif dalam bentuk tabel dan grafik. Analisis skor instrumen mengacu pada Sudaryono (2021) yang dihitung dengan rumus:



$$\sum \text{Skor} = \text{Skor Tap Item} \times \text{Jumlah Item} \times \text{Jumlah Responden}$$

Adapun kategori kualitas gambar mikroskopis dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Kategori} = \frac{\sum \text{Skor Diperoleh}}{\sum \text{Skor Tertinggi}} \times 100\%$$

Interval kategori database dapat dilihat pada Tabel 2.

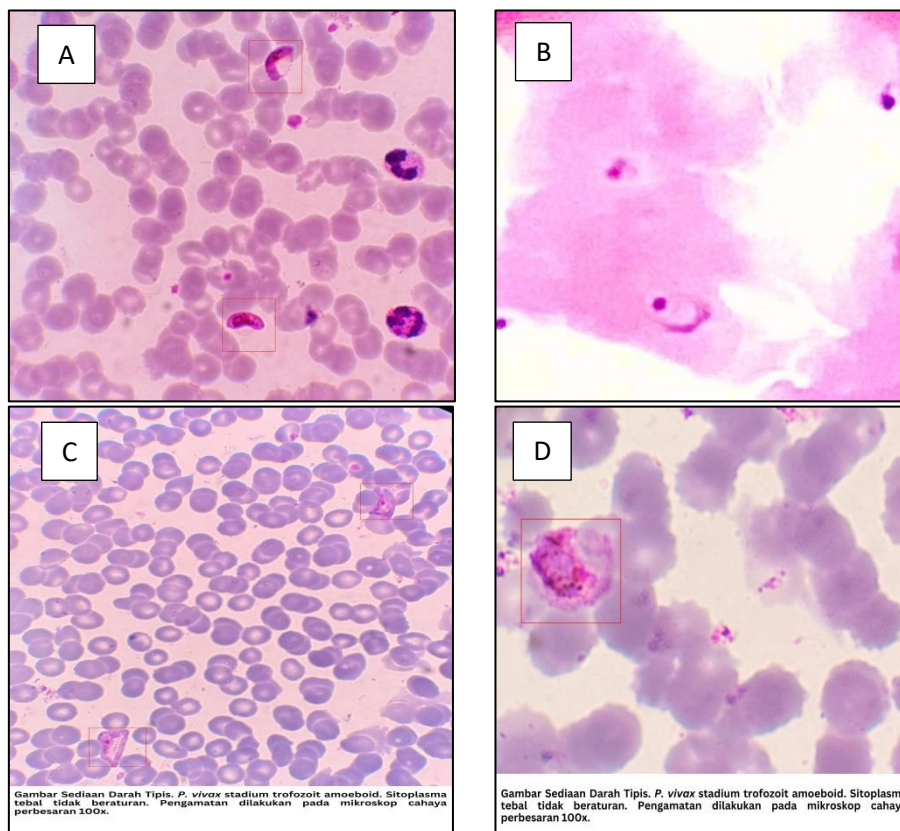
Tabel 2. Kategori Rating Scale Database

Kategori	Interval
0 % – 20%	Sangat lemah
20.99% - 40%	Lemah
40,99% - 60%	Cukup
60.99% - 80 %	Kuat
80.99% - 100%	Sangat kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian digitalisasi Plasmodium sebagai media pembelajaran protozoologi kesehatan dilakukan dengan melakukan pendataan preparat mikroskopis *Plasmodium vivax* dan *falciparum*. Pengamatan mikroskopis dilakukan pada 41 preparat sediaan darah tebal *Plasmodium vivax* dan *falciparum*. Semua preparat diperoleh dari apusan darah tipis pasien malaria pada rumah sakit di Provinsi Papua. Pemilihan preparat apusan darah tipis *P. falciparum* dan *vivax* sebagai sumber data digital untuk media pembelajaran protozoologi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Mosso & Song, 2020), (Elieser & Iswanto, 2021), dan (Huda *et al.*, 2023) yang melaporkan bahwa terdapat dua spesies Plasmodium yang sering ditemukan pada 82 pasien malaria yaitu *P. falciparum* dan *vivax* dengan spesies plasmodium yang dominan menyebabkan kematian adalah *P. falciparum* dengan provinsi papua masih menjadi wilayah di Indonesia dengan endemisitas tinggi infeksi *P. falciparum* dan *vivax*. Oleh sebab itu, Fantin *et al.* (2022) menyatakan pengamatan dan dokumentasi data digital mikroskopis preparat apusan darah tebal pasien malaria dari Provinsi Papua merupakan dasar dalam pembelajaran ketrampilan mengidentifikasi spesies plasmodium.

Pengamatan preparat Plasmodium dilakukan dengan mikroskop cahaya perbesaran 100x menggunakan minyak emersi. Menurut Siagian (2024) penggunaan minyak atsiri berfungsi meningkatkan resolusi dan kejernihan gambar dengan mengurangi ketidaksesuaian indeks bias antara spesimen dan lensa objektif. Suratno *et al.* (2022) menyatakan penambahan minyak atsiri akan meningkatkan visualisasi karakteristik morfologi Plasmodium, sehingga pengamat dapat optimal melakukan penilaian mikroskopis saat pendokumentasian data digital plasmodium. Hasil dokumentasi penelitian ini disimpan, diseleksi, dan divalidasi. Contoh hasil dokumentasi plasmodium yang telah tervalidasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh Database *Plasmodium* sp. Kotak merah. (A: *P. falciparum* Trofozoit Fase Ring, B: *P. falciparum* Fase Gametosit, C-D: *P. vivax* Fase Trofozoit Amoeboid

Gambar 1 merupakan sampel data digital *Plasmodium falciparum* dan *vivax* yang telah diseleksi, diedit, dan divalidasi. Dasar proses seleksi dan editing gambar 1 mengacu pada *review* dari Wibirama *et al.* (2018) dan Anindita *et al.* (2022) dengan melakukan *image processing* untuk mengurangi *noise*, meningkatkan kontras, dan mengatur warna menggunakan *software Artificial Intelligence (AI) enhance*. Validasi morfologi gambar digital *Plasmodium* sp. mengacu pada buku ATLAS Parasitologi Kedokteran yang diterbitkan oleh Pusrarwati *et al.* (2018) yang mendeskripsikan bahwa sediaan darah tipis yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* fase ring muda memiliki beberapa ciri, antara lain: eritrosit normal, sitoplasma halus, berukuran 1/5 -1/4 kali diameter eritrosit dan berwarna biru/keunguan dengan nukleus berwarna merah, sedangkan fase ring tua memiliki sitoplasma parasit tebal atau tidak beraturan dan sitoplasma eritrosit terdapat titik-titik kasar yang jarang (*maurer's cleft*). Pada fase gametosit *P. falciparum* memiliki bentuk pisang dengan kedua ujung membulat, inti besar di tengah dan difus, pigmen seperti batang tersebar, sitoplasma berwarna kemerahan, seringkali eritrosit tampak seperti corpuscular inclusions (*laveran's bib*). Adapun untuk gambar digital *P. vivax* fase trofozoit amoeboid memiliki ciri: parasit berada dalam eritrosit normal, sitoplasma parasit tidak beraturan (amoeboid) dan terdapat vakuola, sitoplasma parasit berisi titik-titik *schuffner*. Satoto (2018) menambahkan bahwa pengambilan data digital *Plasmodium* sp. sebagai media Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam harus

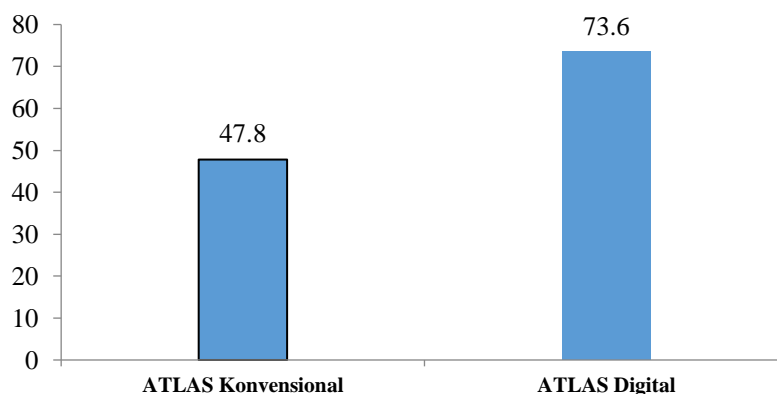
menghasilkan data dengan nukleus berwarna merah – ungu tua dengan sitoplasma berwarna biru-ungu.

Semua gambar kemudian dilakukan evaluasi dengan memasukkan link google drive pada materi praktikum identifikasi plasmodium. Evaluasi dilakukan oleh 30 user mahasiswa kesehatan program studi teknologi laboratorium medis. Evaluasi oleh user dilakukan dengan mengisi instrumen rating scale melalui google form sambil melakukan praktikum protozoologi di laboratorium. Hasil penilaian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Penilaian Kualitas Database Gambar Plasmodium

Jenis Penilaian	Penilaian (N=30)		
	Skor	% Kategori	Kategori
<i>P. falciparum</i>			
Fase Ring			
Kualitas/ketajaman gambar	181	60.3	Cukup bagus
Kualitas sitoplasma dan nukleus	185	61.6	Cukup bagus
Fase Gametosit			
Kualitas/ketajaman gambar	242	80.7	Bagus
Kualitas bentuk pisang	109	72.7	Cukup bagus
Kejelasan/ketajaman pigmen berbentuk batang	122	81.3	Bagus
Kejelasan/ketajaman <i>corpuseular inclusion</i> atau <i>garhams bodies</i>	102	68	Cukup bagus
<i>P. vivax</i>			
Fase Amoeboid			
Kualitas/ketajaman gambar	222	74	Cukup bagus
Kualitas sitoplasma dan nukleus	209	69.7	Cukup bagus
Total	1899	97.38	Bagus

Berdasarkan data pada Tabel 3 diketahui bahwa skor penilaian database gambar mikroskopis *P. falciparum* trofozoit fase ring untuk item kualitas/ketajaman gambar sebesar 181 (60.3%) dengan kategori cukup bagus, kualitas sitoplasma dan nukleus sebesar 185 (61.6%) dengan kategori cukup bagus, sedangkan fase gametosit memiliki kualitas/ketajaman gambar sebesar 242 (80.7%) dengan kategori bagus, kualitas bentuk seperti pisang sebesar 109 (72.7%) dengan kategori cukup bagus, kejelasan/ketajaman pigmen berbentuk batang sebesar 122 (81.3 %) dengan kategori bagus, dan kejelasan/ketajaman *corpuseular inclusion* atau *garhams bodies* sebesar 102 (68%) dengan kategori cukup bagus. Adapun untuk *P. vivax* fase trofozoit amoeboid memiliki kualitas/ketajaman gambar sebesar 222 (74%) dengan kategori cukup bagus, dan kualitas sitoplasma/nukleus sebesar 209 (69.7%) dengan kategori cukup bagus. Secara keseluruhan skor kualitas gambar database plasmodium sebesar 1899 (97.38) dengan kategori bagus. Adapun persentase skor perbandingan respon penggunaan ATLAS konvensional dan digital untuk keperluan identifikasi *plasmodium vivax* dan *falciparum* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Perbandingan Persentase Tingkat Penggunaan ATLAS Konvensional dan Digital Berdasarkan Keperluan Identifikasi

Hasil penelitian ini melengkapi hasil riset yang dilakukan oleh Agustina *et al.* (2020) dan Mawarti (2017) yang mengevaluasi fotografi preparat jaringan tumbuhan sebagai media pembelajaran biologi dan menghasilkan skor 80 %- 81% dengan kategori bagus. Ede *et al.* (2021) dan Marlinda & Hanim (2023) menambahkan hasil penilaian kualitas gambar fungi/jamur sebagai media pembelajaran biologi menghasilkan skor 76.9% dan 84% dengan kategori bagus. Skor kualitas gambar pada penelitian ini telah sesuai dengan penelitian Hoyos & Hoyos (2024), Guemas *et al.* (2024), dan Wang *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa kriteria data digital Plasmodium dikategorikan bagus apabila memiliki kualitas atau ketajaman yang lebih baik dari buku *hardcopy*, menghasilkan gambar yang minim noise dengan morfologi yang tidak jauh berbeda dengan yang terlihat saat pengamatan menggunakan mikroskop secara langsung. Shewajo & Fante (2023) menjelaskan bahwa kriteria kualitas citra mikroskopis Plasmodium sebagai media pembelajaran antara lain tidak banyak mengubah morfologi Plasmodium, sitoplasma dan nukleus terlihat jelas baik bentuk dan warna, serta memperlihatkan karakteristik khusus dari setiap tahap plasmodium sp. Menurut Purnomo & Rahmad (2025), karakteristik khusus tersebut, misalnya pada preparat apusan darah tipis dianggap positif *Plasmodium falciparum* apabila dominan ditemukan fase ring dan gametosit, sedangkan positif *P. vivax* apabila dominan ditemukan fase amoeboid.

Adapun keterbatasan penelitian ini antara lain pendokumentasian *P. falciparum* fase ring sangat sulit dilakukan karena memiliki ukuran yang sangat kecil (1/4 diameter eritrosit) sehingga hanya bisa menghasilkan gambar original dengan persentase maksimal 60% (kategori cukup bagus), jumlah database masih sedikit yaitu hanya berjumlah 158. Namun secara keseluruhan inventarisasi database gambar mikroskopis pada penelitian ini telah menghasilkan kualitas bagus.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa skor penilaian data digital gambar mikroskopis *P. falciparum* dan *vivax* oleh 30 user di bidang kesehatan tergolong cukup baik. Adapun persentase perbandingan tingkat penggunaan ATLAS digital lebih baik dibandingkan ATLAS konvensional dalam aspek ketajaman gambar dan kepraktisan penggunaan. Berdasarkan hal tersebut, *Uniform Resource Locator*: <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist>



data digital gambar *Plasmodium vivax* dan *falciparum* berpotensi dikembangkan menjadi aplikasi identifikasi Plasmodium berbasis android yang dapat digunakan untuk membantuk diagnosis penyakit malaria saat praktik di instansi kesehatan secara lebih efektif dan terukur.

SARAN

Hasil penelitian ini disarankan dilanjutkan oleh peneliti selanjutnya menjadi aplikasi identifikasi Plasmodium berbasis android. Selain itu bagi penelitian selanjutnya perlu dilakukan uji efektivitas aplikasi dalam konteks lapangan berupa pengembangan fitur tambahan, seperti *augmented reality* (AR), simulasi kasus klinis, atau integrasi data pasien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemendikbud Ristek yang telah memberikan Dana Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun 2024 dengan kontrak induk No. 105/E5/PG.02.00.PL/2024 tanggal 11 Juni 2024 dan kontrak turunan No. 776/LL3/AL.04/2024 tanggal 26 Juni 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Achzab, A., & Wawan Budiyanto, C. (2017). Analisis Penerapan Model Pembelajaran Konstruktivisme Menggunakan Teknologi Chatbot Dalam Meningkatkan Keterampilan dan Kompetensi Siswa SMK. *Seminar Nasional Pendidikan Vokasi Ke 2*, 131–140.
- Adhinata Dharma, F., Suryani, E., & Dirgahayu, P. (2016). Identification of Parasite Plasmodium SP. on Thin Blood Smears With Rule-Based Method. *Jurnal ITSMAST*, 5(1), 16-24. <https://doi.org/10.20961/itsmast.v5i1.2028>
- Anindita, R., Kurnia Putri, I., Uzia Beandrade, M., Dwi Nathalia, D., & Perwitasari, M. (2022). Reevaluation of methanol extract from Phoenix dactylifera var. sukkari fruit's potential against acne-inducing bacteria. *Jurnal Biolokus: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi Dan Biologi*, 5(2), 90–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30821/biolokus.v5i2.1363>
- Avichena, A., & Anggriyani, R. (2023). Analysis of Malaria Disease Caused by Plasmodium sp Against Human Blood. *EKOTONIA: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, 8(1), 30–37. <https://doi.org/10.33019/ekotonia.v8i1.4128>
- Azif, F. M., Nugroho, H. A., & Wibirama, S. (2018). Communications In Science And Technology *Detection of malaria parasites in thick blood smear: A review. Communications in Science and Technology*. 3(1), 27-35. <https://doi.org/10.21924/cst.3.1.2018.75>
- Dayat, A. R., & Ain Banyal, N. (2018). Klasifikasi Perkembangbiakan Plasmodium Penyebab Penyakit Malaria Dalam Sel Darah Merah Manusia Dengan Menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) Di Kota Jayapura-Papua. *Jurnal ilmiah ILKOM*, 10(1), 28–32. <https://doi.org/10.33096/ilkom.v10i1.196.28-32>



- Elieser, E., & Iswanto, D. (2021). Kajian Tentang Hematologi Penderita Plasmodium vivax di Laboratorium Inti Farma Jayapura-Papua. *Jurnal Biologi Papua*, 13(1), 36–43. <https://doi.org/10.31957/jbp.1363>
- Fantin, R. F., Abeijon, C., Pereira, D. B., Fujiwara, R. T., Bueno, L. L., & Campos-Neto, A. (2022). Proteomic Analysis of Urine from Patients with *Plasmodium vivax* Malaria Unravels a Unique *Plasmodium vivax* Protein That Is Absent from *Plasmodium falciparum*. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 7(10), 1-8. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7100314>
- Fomene, V. (2018). Ashesi university college developing a machine learning model for malaria diagnosis in rural areas applied project. Ashesi University College : Ghana.
- Guemas, E., Routier, B., Ghelfenstein-Ferreira, T., Cordier, C., Hartuis, S., Marion, B., Pasquier, G. (2024). Automatic patient-level recognition of four Plasmodium species on thin blood smear by a *Real-Time Detection Transformer* (RT-DETR) object detection algorithm: a proof-of-concept and evaluation. *Microbiology Spectrum*, 12(2), 1-11. <https://doi.org/10.1128/spectrum.01440-23>
- Hana Thifal Hanifah, Raisa Az Zahra, & Icshan Fauzi Rachman. (2024). Model Pendidikan Literasi Digital Pada Masyarakat Desa: Strategi Pengembangan Kemampuan Digital Untuk Meningkatkan Kualitas Hidup. *JURNAL ILMIAH PENDIDIKAN KEBUDAYAAN DAN AGAMA*, 2(3), 42–47. <https://doi.org/10.59024/jipa.v2i3.722>
- Hoyos, K., & Hoyos, W. (2024). Supporting Malaria Diagnosis Using Deep Learning and Data Augmentation. *Diagnostics*, 14(7), 1-19. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14070690>
- Huda, N., Dewi, A. Y., & Mahiruna, A. (2023). *Plasmodium falciparum* Identification Using Otsu Thresholding Segmentation Method Based on Microscopic Blood Image. *Scientific Journal of Informatics*, 10(4), 479-488 <https://doi.org/10.15294/sji.v10i4.47924>
- Jannah, S., Maulana, Moh. A. R., & Khairunnisa, D. (2024). Peran Penting Literasi Digital Dalam Pendidikan. *Jurnal Ilmiah Penelitian Mahasiswa*, 2(4), 16–23. <https://doi.org/10.61722/jipm.v2i4.208>
- Kasetsirikul, S., Buranapong, J., Srituravanich, W., Kaewthamasorn, M., & Pimpin, A. (2016). The development of malaria diagnostic techniques: A review of the approaches with focus on dielectrophoretic and magnetophoretic methods. *Malaria Journal*. 15(38), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s12936-016-1400-9>
- Kemendes RI. (2024). *Kurikulum Pelatihan untuk Pelatih Tata Laksana Malaria bagi Tenaga Medis di Fasilitas Pelayanan Kesehatan*. Jakarta.
- Lathifah, A. S. (2024). Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Pembelajaran Konstruktivisme: Meningkatkan Kualitas Pendidikan di Era Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan (JURDIKBUD)*, 4(1), 69–76. <https://doi.org/10.55606/jurdiqbud.v4i1.2838>
- Marlinda, A., & Hanim, N. (2023). Analisis Kelayakan Media Pembelajaran Atlas Jamur Makroskopis Pada Materi Kingdom Fungi. In *Prosiding Seminar*



- Nasional Biotik XI*. Vol. 11, pp. 81–89. Retrieved from <https://jurnal.ar-raniry.ac.id/index.php/PBiotik/index>
- Masud, M., Alhumyani, H., Alshamrani, S. S., Cheikhrouhou, O., Ibrahim, S., Muhammad, G., Shorfuzzaman, M. (2020). Leveraging Deep Learning Techniques for Malaria Parasite Detection Using Mobile Application. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2020/8895429>
- Masyitha, S., Arifin, K., & Gende Ede, S. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Atlas Jamur Pada Materi Fungi/Jamur Untuk Kelas X SMA. *Gema Pendidikan*, 28(2). <http://dx.doi.org/10.36709/gapend.v28i2.20053>
- Mautuka, Z. A., Karbeka, M., Molina, M., & Suratno, S. (2022). The Effect of Storage Time on the Quality of Immersion Oil Made from Kesambi (*Scheichera Oleosa*) in the Image of Onion Cell Plant. *Walisongo Journal of Chemistry*, 5(1), 45–52. <https://doi.org/10.21580/wjc.v5i1.9338>
- Mawarti, L. (2017). *Pengembangan Atlas Fotografi Preparat Jaringan Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta) Sebagai Sumber Belajar* (unpublished skripsi). UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Yogyakarta.
- Mosso, J. E., & Song, C. (2020). Distribusi prevalensi infeksi Plasmodium serta gambaran kepadatan parasit dan jumlah limfosit absolut pada penderita malaria di RSUD Kabupaten Manokwari periode Januari-Maret 2019. *Tarumanagara Medical Journal* 3 (1), 116-126. <https://doi.org/10.24912/tmj.v3i1.9735>
- Noor, R., Yulis Tika, N., & Agustina, P. (2020). Preparat Jaringan Tumbuhan Dengan Menggunakan Pewarna Alami Sebagai Media Belajar Jaringan Tumbuhan Praktikum Biologi Sel. *Jurnal Lentera Pendidikan Pusat Penelitian LPPM UM METRO*, 5(2), 136-148. <http://dx.doi.org/10.24127/jlpp.v5i2.1547>
- Prayoga, T., Suharto, Y., & Taryana, D. (2022). Pengembangan media pembelajaran literasi digital interaktif pada materi persebaran flora dan fauna. *Jurnal Integrasi Dan Harmoni Inovatif Ilmu-Ilmu Sosial (JIHI3S)*, 2(7), 619–632. <https://doi.org/10.17977/um063v2i72022p619-632>
- Puasa, R., Jakaria, F., Irma, & Lewa, B. Hi. (2022). Identification of *Plasmodium malaria* In Blood Thick Drops In Dodaga Village. *Media Analis Kesehatan*, 13(1). Retrieved from <https://doi.org/10.32382/mak.v13i1.2595>
- Purniasih, K. S., Agustiana, I. G. A. T., & Paramitha, M. V. A. (2024). Multimedia Interaktif Berbasis Literasi Digital dengan Topik Daur Hidup Hewan untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Kelas IV Sekolah Dasar. *Journal of Education Action Research*, 8(2), 318–326. <https://doi.org/10.23887/jear.v8i2.77998>
- Pusarwati, S., Ideham, B., Kusmartisnawati, Tantular, S. I., Basuki, S. *ATLAS Parasitologi Kedokteran*. 2018. Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta.
- Purnomo and Rahmad, A. 2015. *ATLAS Diagnostik Malaria*. Penerbit Buku Kedokteran EGC: Jakarta.
- Satoto, T.B. *Pedoman Diagnostik Mikroskopis Malaria*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.



- Shewajo, F. A., & Fante, K. A. (2023). Tile-based microscopic image processing for malaria screening using a deep learning approach. *BMC Medical Imaging*, 23(1), 36-45. <https://doi.org/10.1186/s12880-023-00993-9>
- Siagian, F. E. (2024). The Use of Immersion Oil in Parasitology Light Microscopic Examination. *International Journal of Pathogen Research*, 13(2), 1–8. <https://doi.org/10.9734/ijpr/2024/v13i2274>
- Slater, L., Ashraf, S., Zahid, O., Ali, Q., Oneeb, M., Akbar, M. H., Chaudhry, U. (2022). Current methods for the detection of Plasmodium parasite species infecting humans. *Current Research in Parasitology and Vector-Borne Diseases*. 2(22), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.crpvbd.2022.100086>
- Sudaryono. 2021. *Metode Penelitian : Kuantitatif, Kualitatif, dan Mix Method*. PT RajaGrafindo Persada : Depok.
- Tangpukdee, N., Duangdee, C., Wilairatana, P., & Krudsood, S. (2009). Malaria diagnosis: A brief review. *Korean Journal of Parasitology*. 47(2), 93-102. <https://doi.org/10.3347/kjp.2009.47.2.93>
- Wang, G., Luo, G., Lian, H., Chen, L., Wu, W., & Liu, H. (2023). Application of Deep Learning in Clinical Settings for Detecting and Classifying Malaria Parasites in Thin Blood Smears. *Open Forum Infectious Diseases*, 10(11), 1-8. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofad469>
- Wongsrichanalai, C., Barcus, M. J., Muth, S., Sutamihardja, A., & Wernsdorfer, W. H. (2007). A Review of Malaria Diagnostic Tools: Microscopy and Rapid Diagnostic Test (RDT). *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 77(Suppl 6), 119–127 Retrieved from www.malaria.mr4.org
- Yang, A., Bakhtari, N., Langdon-Embry, L., Redwood, E., Lapierre, S. G., Rakotomanga, P., Marcos, L. A. (2019). KankaNet: An artificial neural network-based object detection smartphone application and mobile microscope as a point-of-care diagnostic aid for soil-transmitted helminthiasis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 13(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007577>