

Identifikasi Stadium Plasmodium Ovale Penyebab Penyakit Malaria dari Apusan Darah Tipis dengan Sistem Berbantuan Komputer

Adelia Sukma Ardana
Program Studi Informatika – Program
Sarjana
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Indonesia
17523161@students.uii.ac.id

Izzati Muhimmah*
Jurusan Informatika
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Indonesia
izzati@uii.ac.id

Novyan Lusiyana
Fakultas Kedokteran
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, Indonesia
novyan.lusiyana@uii.ac.id

Abstrak— Malaria merupakan penyakit yang ditularkan dari gigitan nyamuk Anopheles betina infektif yang menghisap darah manusia. Pada tahun 2016 World Health Organization (WHO) melaporkan terdapat 216 juta kasus di dunia dan tercatat 445.000 jiwa diantaranya meninggal. Parasit yang menyebabkan penyakit malaria adalah parasit dari genus *Plasmodium* yang terdiri dari empat jenis, yaitu *Plasmodium malariae*, *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, dan *Plasmodium ovale*. Untuk melakukan diagnosis penyakit malaria, World Health Organization (WHO) telah menyarankan sebuah metode yang disebut pengujian diagnosis berbasis parasit, contohnya adalah analisis mikroskopis. Namun, metode ini membutuhkan ahli mikroskopis yang berpengalaman dan berkompentensi agar tidak menyebabkan keterlambatan dalam menangani pasien. Oleh karena itu, dibutuhkan Computer Aided Diagnosis (CAD) untuk dapat melakukan deteksi dini pada penyakit malaria. CAD merupakan sebuah sistem untuk membantu menginterpretasikan citra medis dalam waktu singkat dan meningkatkan hasil akurasi diagnosis. Pada penelitian ini dilakukan ROI dengan *cropping* manual untuk 30 citra dengan ukuran 200 x 200 piksel sebagai tahap *preprocessing*. Setelah itu, data dilakukan segmentasi dengan metode *thresholding* untuk mengidentifikasi parasit *Plasmodium ovale*. Kemudian, dilanjutkan dengan ekstraksi dan seleksi fitur bentuk, ukuran dan tekstur untuk mengklasifikasikan citra berdasarkan stadiumnya. Hasil dari seleksi 16 atribut fitur didapatkan empat atribut terpilih, yaitu *major*, *circle*, *contrast* dan *energy*. Dari hasil uji data pada Weka dengan menggunakan metode LibSVM diperoleh akurasi sebesar 66,6667%.

Keywords—Malaria, *Plasmodium ovale*, HSV, *Thresholding*, Operasi morfologi, *Multiclass SVM*.

I. PENDAHULUAN

Malaria merupakan salah satu penyakit tropis yang menjadi masalah di seluruh dunia. Malaria ditularkan dari gigitan nyamuk Anopheles betina infektif yang menghisap darah manusia. Berdasarkan data pada tahun 2015, sebanyak 89% kasus penyakit malaria disebabkan oleh *Plasmodium falciparum*, 6,8% kaus disebabkan oleh *Plasmodium ovale* dengan total kasus sebanyak 4.690 dan seluruh kasus tersebut terjadi di Afrika [1]. Pada tahun 2015 juga ditemukan kasus malaria di Indonesia sebanyak 850 kasus, dengan daerah terbanyak terdapat di pulau Papua, Kalimantan dan Sulawesi. Kemudian, pada tahun 2016 World Health Organization (WHO) melaporkan terdapat 216 juta kasus di dunia dan tercatat 445.000 jiwa diantaranya meninggal [2].

Parasit yang menyebabkan penyakit malaria adalah parasit dari genus *Plasmodium* yang terdiri dari empat jenis, yaitu

Plasmodium malariae, *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, dan *Plasmodium ovale*. Setiap jenis parasit tersebut akan melewati tiga stadium dalam siklus hidupnya yang terdiri dari stadium trophozoit, skizon dan gametosit. Masing-masing dari jenis dan stadium parasit *Plasmodium* memiliki gejala dan ketahanan yang berbeda-beda terhadap obat. Oleh karena itu, dibutuhkan diagnosis yang tepat [2]. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mendiagnosis penyakit malaria, yaitu Rapid Diagnosis Test (RDT), Polymerase Chain Reaction (PCR), dan analisis mikroskopis.

Untuk melakukan diagnosis penyakit malaria, World Health Organization (WHO) telah menyarankan sebuah metode yang disebut pengujian diagnosis berbasis parasit, contohnya adalah analisis mikroskopis. Namun, metode ini membutuhkan ahli mikroskopis yang berpengalaman dan berkompentensi. Selain itu, banyaknya data yang harus dianalisis dengan waktu yang singkat oleh ahli mikroskopis juga akan menjadi masalah dalam Mass Blood Survey (MBS) [3]. Masalah lainnya adalah peralatan medis yang tidak tersedia di daerah pedesaan. Masalah-masalah tersebut dapat mempengaruhi penentuan jenis parasit yang berakibat keterlambatan dalam penanganan pasien.

Dari berbagai masalah yang ada, Computer Aided Diagnosis (CAD) dapat digunakan untuk deteksi dini penyakit malaria. CAD merupakan sistem yang digunakan untuk membantu menginterpretasikan citra medis dalam waktu singkat dan meningkatkan hasil akurasi diagnosis [2]. Beberapa penelitian dengan tujuan identifikasi parasit berbantuan komputer telah dilakukan dengan berbagai percobaan metode. Contohnya pada proses segmentasi dapat dilakukan dengan menggunakan metode *otsu*, *thresholding*, *k-means*, *active contour*, *adaptive color*, atau *edge detection* [4].

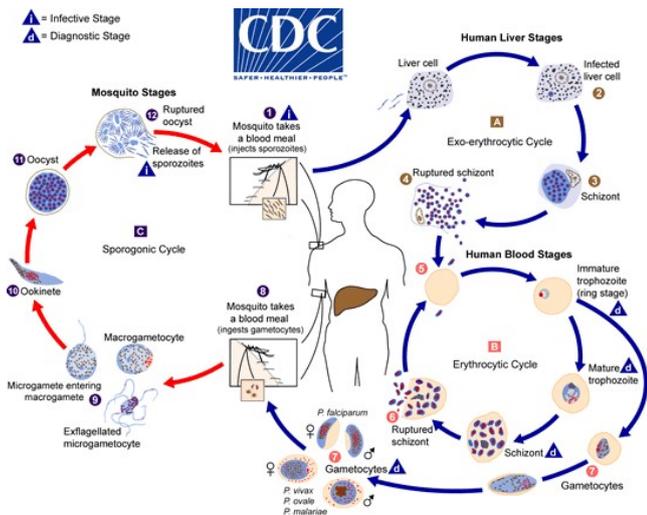
Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan parasit *Plasmodium ovale* berdasarkan stadiumnya dengan sistem berbantuan komputer. Pada proses segmentasi dilakukan dengan metode *thresholding* dan klasifikasi dilakukan berdasarkan fitur bentuk, ukuran, dan tekstur dengan menggunakan metode *multi class SVM*. Diharapkan dengan dilakukannya identifikasi parasit *Plasmodium* dengan tepat dapat membantu diagnosis parasit dengan lebih cepat dan tepat.

II. LANDASAN TEORI

A. Siklus Hidup Plasmodium

Parasit malaria melibatkan dua inang dalam siklus hidupnya, yaitu manusia dan nyamuk Anopheles. Manusia dapat terinfeksi malaria saat nyamuk Anopheles betina yang infeksi menghisp darah manusia tersebut. Pada manusia, parasit akan tumbuh dan berkembang biak di dalam sel hati dan berlanjut di sel darah merah. Kemudian, parasit akan mengalir mengikuti sirkulasi darah manusia dan masuk ke dalam hati. Parasit yang telah menginfeksi sel hati akan terus berkembang dan matang menjadi skizon [5]. Setelah itu, skizon yang telah matang akan pecah dan melepaskan merozoit. Pada *Plasmodium vivax* dan *Plasmodium ovale* tahap dorman (hipnozoit) dapat bertahan di hati saat tidak diobati dan menyebabkan kekambuhan dengan menyerang aliran darah dalam waktu berminggu-minggu atau hingga bertahun-tahun kemudian. Proses awal di hati ini disebut dengan skizogoni eksoeritrositik.

Setelah itu, parasit akan mengalami multiplikasi aseksual di dalam sel darah merah (eritrosit) yang disebut proses skizogoni eritrositik. Pada tahap inilah terbentuknya fase trophozoit tahap cincin yang akan matang menjadi skizon dan melepaskan merozoit. Setelah lepasnya merozoit, beberapa parasit yang berdiferensiasi akan menjadi tahap eritrositik seksual atau yang dikenal dengan gametosit. Parasit pada tahap eritrositik yang bertanggung jawab atas manifestasi klinis penyakit malaria. Gambar 1 merupakan ilustrasi siklus hidup dari parasit *Plasmodium*.



Gambar 1. Siklus hidup parasit *Plasmodium* [5]

B. Morfologi Plasmodium

- Trophozoit berbentuk cincin memiliki satu titik kromatin, tetapi juga memungkinkan mengandung titik kromatin ganda. Ketika ditemukan sitoplasma yang tebal dengan titik kromatin yang besar, maka kemungkinan akan sulit dibedakan dengan *Plasmodium vivax*. Saat trophozoit dewasa, sel darah merah akan sedikit membesar yang bisa jadi akan menunjukkan fimbria (tepi berambut) dan titik Schüffner. Pastikan setiap kalimat memiliki subjek dan predikat.
- Skizon lebih kecil dan mengandung lebih sedikit merozoit (4-16, rata-rata 8) dari *Plasmodium vivax*. Perpanjangan dari bulat ke bentuk oval dan biasanya

fimbria terjadi. Pigmen lebih ringan dan tidak terlalu kasar.

- Gametosit *Plasmodium ovale* juga akan sulit dibedakan dengan *Plasmodium vivax*, meskipun pembesaran yang terjadi pada sel darah merah yang terinfeksi pada umumnya lebih sedikit. Makrogametosit yang matang mengisi sel darah merah pada inang, sedangkan mikrogametosit berukuran lebih kecil. Titik Schüffner dan fimbria bisa terlihat jika dilakukan dengan pewarnaan yang tepat [6].

C. ROI (Region Of Interest)

Region of Interest merupakan proses pengolahan untuk pengambilan bagian atau wilayah tertentu pada citra. Proses pemotongan ini dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah proses selanjutnya agar hasil identifikasi mendapatkan nilai akurasi yang tinggi [7].

D. HSV (Hue Saturation Value)

HSV merupakan ruang warna yang terdiri dari tiga komponen, yaitu *hue*, *saturation* dan *value*. Hue merupakan komponen yang menyatakan jenis warna asli, seperti merah, kuning atau hijau. Saturation merupakan komponen untuk menghitung tingkat kemurnian dari warna asli. Sedangkan value adalah komponen yang menghitung tingkat kecerahan warna [8]. Jarak warna yang dimiliki HSV adalah murni dan konsep yang dimilikinya hampir serupa, sehingga kuantisasi HSV menghasilkan warna yang padat dan lengkap. HSV merupakan turunan model warna dari RGB (*Red, Green, Blue*), maka agar mendapatkan warna HSV sebuah citra harus dikonversi terlebih dahulu dari RGB ke HSV. Model HSV ideal untuk digunakan dalam mengembangkan algoritma pemrosesan citra yang intuitif dan natural karena HSV memisahkan intensitas dari citra warna [9].

E. Thresholding

Thresholding merupakan proses untuk mengubah citra grayscale menjadi citra biner atau hitam putih [10]. *Thresholding* dalam menentukan ambang batas menggunakan satu nilai piksel yang ditentukan secara manual. Nilai ambang batas yang optimal dapat membedakan nilai intensitas, sehingga dapat memisahkan kelompok [11].

F. Operasi Morfologi

Morfologi merupakan teknik pengolahan citra yang dalam pengolahannya mengacu dari bentuk objek [12]. Operasi morfologi bekerja sesuai dengan urutan munculnya piksel, sehingga teknik ini sesuai untuk digunakan pada pengolahan *binary image* dan *grayscale image* [13]. Terdapat beberapa *structuring element* (strel) yang dapat diberikan untuk meningkatkan hasil segmentasi, yaitu:

- Dilasi : untuk menambah piksel pada batas dari suatu objek.
- Erosi : untuk mengurangi piksel pada batas dari suatu objek.
- Opening : untuk memperhalus permukaan objek dan menghilangkan piksel yang terdapat di area yang terlalu sempit dan kecil dengan elemen.
- Closing : untuk menghaluskan objek yang terdapat bagian kontur dan lubang-lubang kecil.
- Filling : untuk menutup objek yang terdapat lubang kecil dengan mengganti piksel yang bernilai 1 menjadi 0 [10].

G. Multi Class SVM (Support Vector Machine)

Support Vector Machine (SVM) merupakan salah satu metode dari supervised machine learning yang digunakan untuk melakukan pengelompokan berdasarkan ciri tertentu. SVM dapat digunakan untuk mengelompokkan teks, tulisan tangan, tone recognition, digit recognition, gambar, data, maupun deteksi objek. SVM bekerja dengan memisahkan support vector kelas satu dengan *support vector* kelas lainnya.

H. Penelitian Sejenis

Sebelum penelitian sudah ada beberapa penelitian sejenis yang dilakukan dengan hasil akurasi yang berbeda-beda. Penelitian terkait dengan parasit *Plasmodium* yang dilakukan oleh Banyal [14] yang melakukan klasifikasi pada citra *Plasmodium* dengan menggunakan metode *Multi Class Support Vector Machine (SVM)*. Penelitian ini menggunakan Filter Gabor sebagai tahapan untuk melakukan ekstraksi fitur berdasarkan ciri tekstur. *Literature* ini memiliki tingkat akurasi 73,33%.

Dwi Harini Sulistyawati [15] membahas tentang cara menganalisa citra parasit malaria dalam ruang warna *hue*, *saturation*, dan *value*. *Literature* ini bertujuan untuk mempercepat dalam mendeteksi parasit malaria dan mengurangi faktor subyektifitasnya. Hasil yang didapatkan berupa parasit malaria terlihat jelas pada komponen *saturation*.

Izzati Muhimmah [4] yang membahas tentang cara menentukan karakteristik eritrosit yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dengan menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tahapan dari tropozoit, skizon dan gametosit *Plasmodium falciparum* berdasarkan ekstraksi ciri bentuk, ukuran, warna dan tekstur. Penelitian ini memiliki nilai akurasi sebesar 83,25%.

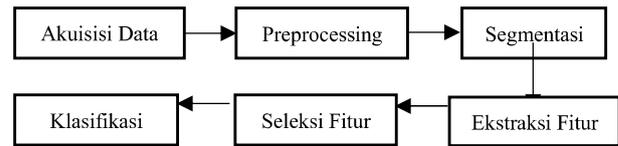
I Made Agus Wirahadi Putra [16] melakukan penelitian dengan menerapkan segmentasi multi kanal untuk mendeteksi sel parasit *Plasmodium sp.* Penelitian ini menggunakan ruang warna HSV, dan segmentasi dengan metode Otsu. Hasil memunculkan fitur parasit dengan optimal.

Hanung Adi Nugroho [2] membahas tentang klasifikasi dari *Plasmodium malaria* dan *Plasmodium ovale* pada citra digital apusan darah tipis mikroskopis. Metode klasifikasi yang digunakan adalah dan dilakukan operasi morfologi dengan tujuan menghilangkan *noise* pada citra. Akurasi nilai yang didapat dari penelitian ini adalah 99,68%.

G. Karthik [17] membahas sistem dan metode untuk mendeteksi malaria. Penelitian ini dilakukan menggunakan MATLAB dengan beberapa tahapan, antara lain: akuisisi citra, *preprocessing* termasuk segmentasi, klasifikasi dan beberapa gabungan teknik pengolahan citra yang lain.

H. A. Nugroho [18] dengan penelitian berjudul "Feature Extraction and Classification for Detection Malaria Parasites in Thin Blood Smear" melakukan deteksi parasit malaria dengan hasil mencapai akurasi 87,8%, sensitivitas 81,7%, dan spesifisitas 90,8% untuk mendeteksi sel darah merah yang terinfeksi.

III. METODOLOGI PENELITIAN



A. Akuisisi Data

Proses akuisisi data dilakukan dengan tujuan mengubah data asli menjadi data digital (citra digital) [19]. Data pada penelitian ini menggunakan citra mikroskopis digital dua dimensi dari apusan darah tipis yang terinfeksi parasit *Plasmodium ovale*. Data yang digunakan diperoleh dari Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia dan Centers for Disease Control and Prevention (CDC) [5]. Citra dari Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Islam tersebut diperoleh dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran lensa 1000 kali dengan resolusi 2560 x 2048 piksel. Data berupa citra parasit *Plasmodium ovale* yang berjumlah 30 citra, terdiri dari 20 citra fase tropozoit, 6 citra fase skizon, dan 4 citra fase gametosit.

B. Preprocessing

Pada tahap ini citra asli dilakukan ROI dengan tujuan mendapatkan objek yang diinginkan lebih jelas dan memudahkan dalam melakukan identifikasi. Kemudian, citra RGB asli akan diubah terlebih dahulu menjadi citra HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*) dengan tujuan untuk agar kualitas kontras dari gambar menjadi tinggi dan *noise* juga berkurang. Dengan kualitas citra yang lebih baik akan meningkatkan hasil pada proses selanjutnya [18].

C. Segmentasi

Segmentasi dilakukan dengan menggunakan metode *thresholding* untuk memisahkan suatu objek tertentu dengan latarnya ataupun dari objek lainnya [18]. Proses ini dilakukan dengan tujuan agar objek yang diinginkan akan lebih terlihat. Setelah itu akan dilakukan operasi morfologi untuk meningkatkan kualitas citra hasil segmentasi.

D. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur merupakan sebuah proses yang dilakukan untuk mendapatkan deskriptor gambar dari hasil segmentasi berdasarkan perhitungan komputer [2]. Fitur yang digunakan adalah fitur bentuk, ukuran dan tekstur. Hasil dari ekstraksi fitur untuk setiap citra akan digunakan untuk melakukan klasifikasi berdasarkan tiga stadium berbeda.

E. Seleksi Fitur

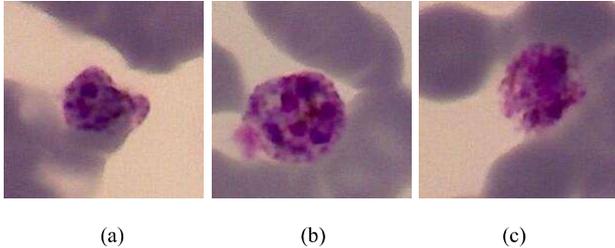
Seleksi fitur dilakukan untuk menghilangkan fitur yang tidak yang tidak memberikan hasil yang signifikan. Melakukan seleksi pada fitur akan meningkatkan nilai akurasi pada tahap klasifikasi [2].

F. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan tahapan untuk mengelompokkan beberapa sampel darah yang terinfeksi *Plasmodium ovale* ke dalam tiga stadium, yaitu: tropozoit, skizon, dan gametosit. Metode yang digunakan untuk melakukan proses klasifikasi adalah *multi class SVM* dengan teknik One Versus All (OVA).

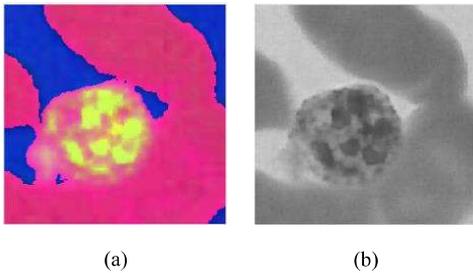
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra dari hasil akuisisi dilakukan ROI dengan *cropping* manual yang berukuran 200 x 200 piksel sebagai tahap *preprocessing*. Dari 30 citra parasit *Plasmodium ovale* terdapat tiga jenis stadium yang terdiri dari 20 citra trophozoit, 6 citra skizon, dan 4 citra gametosit. Gambar adalah contoh citra hasil ROI. Gambar 2 adalah contoh citra dari stadium trophozoit, skizon, dan gametosit setelah dilakukan ROI.



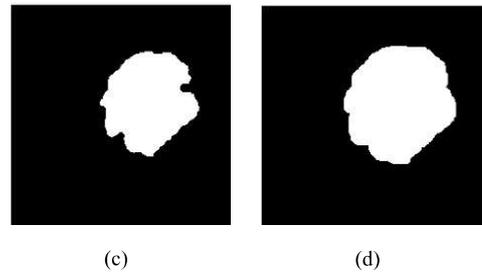
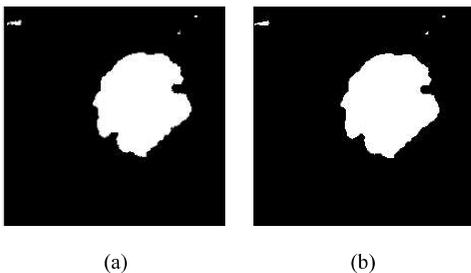
Gambar 2. *Plasmodium ovale* stadium: a) trophozoit, b) skizon, dan c) gametosit

Kemudian setelah itu, citra hasil ROI yang berupa citra warna RGB dilakukan konversi ke ruang warna HSV dengan mengekstraksi warna S. Gambar 3 merupakan contoh hasil citra RGB yang dikonversi ke ruang warna HSV dan citra mengekstrak warna S.



Gambar 3. Citra parasit hasil: a) HSV dan b) saturation

Proses segmentasi menggunakan metode *thresholding* dengan mengubah citra dari kanal S menjadi citra biner dengan fungsi *im2bw*. Setelah itu, untuk memperbaiki hasil segmentasi dilakukan operasi morfologi dengan beberapa fungsi, seperti *imclose*, *imfill*, *bwareopen* dan *imdilate*. Pada proses ini strel *closing* dan dilasi berbentuk *disk* dengan radius 5 pixel dan 7 pixel. Kemudian, dilakukan *opening* dengan tujuan untuk menghapus objek di bawah 1500 pixel. Gambar 4 merupakan contoh hasil segmentasi dari citra parasit stadium gametosit.



Gambar 4. Citra hasil: a) *thresholding*, b) *closing*, c) *opening*, dan d) dilasi

Dari hasil segmentasi akan dilanjutkan dengan ekstraksi fitur untuk setiap citra berdasarkan ciri dari masing-masing stadium. Fitur yang digunakan berupa fitur bentuk, ukuran dan tekstur. Fitur bentuk yang digunakan adalah *solidity*, *eccentricity*, *circularity*, *compactness*, *elongation*, *sphericity* dan *roundness*. Pada fitur ukuran yang digunakan adalah *area*, *convex area*, *equivalent diameter*, *major axis length*, *minor axis length*, dan *perimeter*. Kemudian, pada fitur tekstur digunakan metode GLCM untuk mendapatkan nilai derajat keabuan dari *contrast*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity*.

TABLE I. CONTOH TABEL HASIL EKSTRAKSI FITUR TEKSTUR DENGAN METODE GLCM

Nama	Contrast	Correlation	Energy	Homogeneity
Trophozoit	0,07828	0,98492	0,23639	0,96128
Trophozoit	0,07572	0,97098	0,25704	0,96216
Skizon	0,09077	0,97774	0,22413	0,95587
Skizon	0,12376	0,92541	0,36770	0,94189
Gametosit	0,07983	0,97433	0,23683	0,96013
Gametosit	0,06903	0,96762	0,34805	0,96782

Setelah itu, dilakukan seleksi fitur dengan menggunakan perangkat lunak Weka. Seleksi atribut menggunakan *CfsSubsetEval* (*Correlation-based Feature Selection*) dengan metode pencarian berdasarkan "*best first*" dengan "*Attribute Selection Mode: 10-fold cross-validation*". Dari hasil seleksi fitur melalui Weka didapat empat atribut terpilih, yaitu *major*, *circle*, *contrast* dan *energy*.

```
Selected attributes: 3,10,14,16 : 4
Major
Circle
Contrast
Energy
```

Gambar 5. Hasil seleksi fitur menggunakan Weka

Kemudian, seluruh data di uji ketepatannya berdasarkan nilai fiturnya pada *Classifier* dengan LibSVM melalui Weka dan diperoleh nilai akurasi 66,6667%.

```

Time taken to build model: 0.04 seconds

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===

Correctly Classified Instances      20           66.6667 %
Incorrectly Classified Instances    10           33.3333 %
Kappa statistic                    0
Mean absolute error                0.2222
Root mean squared error            0.4714
Relative absolute error            64.1026 %
Root relative squared error        114.2577 %
Total Number of Instances          30
Ignored Class Unknown Instances    73

```

Gambar 6. Hasil uji data menggunakan Weka

Tahap klasifikasi pada Matlab berdasarkan tiga jenis stadium akan dilakukan dengan membagi data menjadi dua bagian, yaitu sebagai data latih dan data uji. Proses pelatihan dan pengujian data akan menggunakan metode *multiclass SVM*.

V. KESIMPULAN

Identifikasi dan klasifikasi parasit *Plasmodium ovale* dilakukan dengan membagi parasit menjadi tiga kelas stadium, yaitu tropozoit, skizon dan gametosit. Dari hasil mengkaji literatur sejenis ditetapkan bahwa proses klasifikasi akan dilakukan pada tahap pelatihan dan pengujian data dengan menggunakan metode *multi class SVM*.

Pada uji data melalui Weka diperoleh nilai akurasi sebanyak 66,6667%. Dari hasil akurasi tersebut disimpulkan bahwa penelitian ini belum sepenuhnya sesuai dengan yang diharapkan. Adanya kemiripan dalam setiap morfologi stadium parasit membuat hasil klasifikasi tidak sesuai dengan seharusnya. Kurangnya variasi data dan metode segmentasi yang digunakan juga dapat menjadi penyebab hasil klasifikasi yang tidak tepat.

Dari kekurangan penelitian ini diharapkan penelitian selanjutnya dapat memperbaiki identifikasi dengan metode segmentasi yang dapat menghasilkan perbedaan yang spesifik, sehingga dapat mengelompokkan citra parasit berdasarkan stadium dengan tepat.

REFERENSI

- [1] V. Joste, C. Kamaliddin, E. Kendjo, V. Hubert, N. Argy, and S. Houzé, "Distinction of *Plasmodium ovale wallikeri* and *Plasmodium ovale curtisi* using quantitative Polymerase Chain Reaction with High Resolution Melting revelation," *Sci. Rep.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2018, doi: 10.1038/s41598-017-18026-1.
- [2] H. A. Nugroho, A. Darajatun, I. Ardiyanto, and R. L. B. Buana, "Classification of *Plasmodium Malaria* and *Plasmodium Ovale* in microscopic thin blood smear digital images," *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 8, no. 6, pp. 2301–2307, 2018, doi: 10.18517/ijaseit.8.6.6514.
- [3] A. S. Nugroho *et al.*, "Two-stage feature extraction to identify *Plasmodium ovale* from thin blood smear microphotograph," *Proc. 2014 Int. Conf. Data Softw. Eng. ICODSE 2014*, pp. 1–4, 2014, doi: 10.1109/ICODSE.2014.7062676.
- [4] I. Muhimmah, N. Hamiawati, and N. Lusiyana, "Characteristics determination of infected erithrocytes by *plasmodium falciparum* as a diagnostic of malaria, based on microscopic images," *2017 Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics, ICACCI 2017*, vol. 2017-Janua, pp. 1844–1847, 2017, doi: 10.1109/ICACCI.2017.8126113.
- [5] Centers for Disease Control and Prevention (CDC), "CDC - Malaria - About Malaria - Biology," *Centers for Disease Control and Prevention*. pp. 1–2, 2019, [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/index.html+&cd=1&hl=en&>.
- [6] "CDC - DPDx - Malaria." <https://www.cdc.gov/dpdx/malaria/index.html> (accessed Nov. 21, 2020).
- [7] R. Rosnelly and J. Kusanti, *Pengembangan Sistem Identifikasi Penyakit Malaria Berdasarkan Pengolahan Citra Digital*. 2019.
- [8] D. Prasetyo, "Aplikasi Pendeteksi Jerawat Di Wajah Dengan Menggunakan Teknik Pengolahan Citra Pada Foto," p. 52, 2018, [Online]. Available: <http://www.ijctjournal.org/archives/ijctt-v67i5p109>.
- [9] R. rakhmawati, puji, "Sistem Deteksi Jenis Bunga Menggunakan Nilai Hsv Dari Sistem Deteksi Jenis Bunga Menggunakan Nilai Hsv Dari Citra Mahkota Bunga," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [10] K. Umam and B. S. Negara, "Deteksi Obyek Manusia Pada Basis Data Video Menggunakan Metode Background Subtraction Dan Operasi Morfologi," *J. CoreIT J. Has. Penelit. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, p. 31, 2016, doi: 10.24014/coreit.v2i2.2391.
- [11] H. A. Nugroho, K. Imaroh, and I. Ardiyanto, "Automated Detection of *Plasmodium Ovale* and *Malariae* Species on Microscopic Thin Blood Smear Images," vol. 12, no. 1, 2020.
- [12] A. Pamungkas, K. Adi, and C. Anam, "Penghitungan Otomatis Jumlah Sel Darah Merah Dan Identifikasi Fase *Plasmodium Falciparum* Menggunakan Operasi Morfologi," *Youngster Phys. J.*, vol. 1, no. 1, p. 8, 2012.
- [13] F. Plasmodium, F. Menggunakan, and O. Morfologi, "Penghitungan otomatis jumlah sel darah merah dan identifikasi fase *plasmodium falciparum* menggunakan operasi morfologi," no. November, 2012.
- [14] N. A. Banyal, S. Surlanti, and A. R. Dayat, "Klasifikasi Citra *Plasmodium* Penyebab Penyakit Malaria dalam Sel Darah Merah Manusia dengan Menggunakan Metode Multi Class Support Vector Machine (SVM)," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 8, no. 2, pp. 111–118, 2016, doi: 10.33096/ilkom.v8i2.54.111-118.
- [15] D. H. Sulistyawati, "Analisa Citra Parasit Malaria Dalam Ruang Warna Hue Saturation Value (HSV)," *J. Has. Penelit. LPPM Untag Surabaya*, vol. 03, no. 01, pp. 63–66, 2018.
- [16] I. M. A. W. Putra and I. M. S. Wibawa, "PENERAPAN SEGMENTASI MULTI KANAL DALAM MENDETEKSI SEL PARASIT PLASMODIUM SP.," *Dinamika*, vol. 8, no. 1, pp. 18–29, Sep. 2017, Accessed: Nov. 23, 2020. [Online]. Available: <https://journal.uncp.ac.id/index.php/dinamika/article/view/651/559>.
- [17] G. Karthik, S. Muttan, M. P. Saravanan, R. Seetharaman, and V. Vignesh, "Automated Malaria Diagnosis Using Microscopic Images," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2019*, Jan. 2019, pp. 514–517, doi: 10.1109/ICISC44355.2019.9036458.
- [18] H. A. Nugroho, S. A. Akbar, and E. E. H. Murhandarwati, "Feature extraction and classification for detection malaria parasites in thin

blood smear,” *ICITACEE 2015 - 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. Green Technol. Strength. Inf. Technol. Electr. Comput. Eng. Implementation, Proc.*, vol. 1, no. c, pp. 197–201, 2016, doi: 10.1109/ICITACEE.2015.7437798.

- [19] W. Propagation, “M 2 , P 2 M 1 , P 1,” vol. 08, no. May, pp. 2–3, 2018.
- [20] I. M. A. W. Putra and I. M. S. Wibawa, “PENERAPAN SEGMENTASI MULTI KANAL DALAM MENDETEKSI SEL PARASIT PLASMODIUM SP.,” *Dinamika*, vol. 8, no. 1, pp. 18–29, Sep. 2017, Accessed: Nov. 23, 2020. [Online]. Available: <https://journal.uncp.ac.id/index.php/dinamika/article/view/651/559>.
- [21] G. Karthik, S. Muttan, M. P. Saravanan, R. Seetharaman, and V. Vignesh, “Automated Malaria Diagnosis Using Microscopic Images,” in *Proceedings of the 3rd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2019*, Jan. 2019, pp. 514–517, doi: 10.1109/ICISC44355.2019.9036458.
- [22] H. A. Nugroho, S. A. Akbar, and E. E. H. Murhandarwati, “Feature extraction and classification for detection malaria parasites in thin blood smear,” *ICITACEE 2015 - 2nd Int. Conf. Inf. Technol. Comput. Electr. Eng. Green Technol. Strength. Inf. Technol. Electr. Comput. Eng. Implementation, Proc.*, vol. 1, no. c, pp. 197–201, 2016, doi: 10.1109/ICITACEE.2015.7437798.
- [23] W. Propagation, “M 2 , P 2 M 1 , P 1,” vol. 08, no. May, pp. 2–3, 2018.