

# Identification of Parasite *Plasmodium* SP. on Thin Blood Smears With Rule-Based Method

Faisal Dharma Adhinata  
Program Studi Informatika  
Fakultas MIPA  
Universitas Sebelas Maret  
fadhinata@gmail.com

Esti Suryani  
Program Studi Informatika  
Fakultas MIPA  
Universitas Sebelas Maret  
estisuryani@staff.uns.ac.id

Paramasari Dirgahayu  
Program Studi Pendidikan Dokter  
Fakultas Kedokteran  
Universitas Sebelas Maret  
paramasari123@gmail.com

## ABSTRACT

*Malaria is a disease that is still a considerable problem in tropical countries, including Indonesia. Experts Parasitology in diagnosing the parasite Plasmodium through thin blood smear with Giemsa staining. During this inspection is done manually by searching the parasite Plasmodium thin blood smear on a slide using light microscopy. This study provides an alternative discourse enforcement diagnosis of malaria automatically by a computer base, based on changes rheology of red blood cells infected with Plasmodium parasite through a microscopic image was taken from the description of a thin blood smear with Giemsa staining. Parasite Plasmodium identified by the shape of red blood morphology. Each type of Plasmodium parasite has a special characteristic morphology of infected red blood cells. The morphological characteristics of red blood cells that are used are the area, areas in the ratio of cells with an area of normal red blood cells, the ratio of the diameter, and the ratio of roundness. Image processing method used was a median filter to pre-processing, Otsu and erosion to segments, then Bounding Box and Euclidean Distance for feature extraction. The test results showed that the method that is used to identify the type of parasite Plasmodium, and Plasmodium Vivax Falciparum with a system accuracy of 55%.*

## Keywords

Euclidean Distance, Plasmodium Falciparum, Plasmodium Vivax, Otsu, Bounding Box

## 1. PENDAHULUAN

Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi parasit darah genus *Plasmodium* sp, yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina. Penyakit ini menimbulkan gejala seperti demam tinggi, menggigil, dan nyeri otot [1]. Menurut WHO, pada tahun 2013 terdapat sekitar 198 juta kasus klinis malaria di seluruh dunia dengan 584.000 kematian [2]. Di Indonesia, secara umum spesies yang paling sering ditemukan adalah *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* jarang ditemukan di Indonesia bagian timur, sedangkan *Plasmodium ovale* lebih jarang lagi. Penemuannya pernah dilaporkan dari Flores, Timor dan Irian Jaya. Pada tahun 2013 penyebab malaria yang tertinggi adalah *Plasmodium vivax* (44%), kemudian *Plasmodium falciparum* (56%), sedangkan *Plasmodium ovale* dan *Plasmodium malariae* tidak dilaporkan. Di tahun yang sama, populasi penduduk Indonesia tercatat 249.865.631, dari sejumlah populasi tersebut yang dicurigai malaria tercatat 3.197.890, kasus positif terinfeksi malaria dilaporkan terdapat 343.527 dan tercatat 45 kematian [2].

Saat ini, diagnosis yang sering dilakukan adalah dengan pemeriksaan mikroskopis slide darah, terutama didasarkan pada apus darah tipis. Diagnosis yang dilakukan di daerah perifer (jauh dari pusat kota) adalah dengan pemeriksaan mikroskopis slide apus darah dengan pengecatan giemsa [3]. Prosedur ini memerlukan keahlian khusus dalam hal identifikasi sehingga penegakkan diagnosis-nya menimbulkan kendala, terutama di daerah-daerah perifer. Diagnosis spesies parasit *Plasmodium* dikenali berdasarkan perubahan morfologi sel darah merah yang telah terinfeksi. Mengingat kompleksitasnya yang tidak ringan, maka sesungguhnya penegakkan diagnostik spesies *Plasmodium* dengan cara yang mudah, murah dan aplikatif di masyarakat sangat dibutuhkan, terutama di daerah-daerah endemis malaria, yang pada dasarnya masih sangat sedikit ahli parasitologi yang berada di daerah tersebut. Berdasarkan patogenesisnya, parasit *Plasmodium* yang baru hidup dan bertumbuh kembang dalam sel darah merah akan menimbulkan perubahan-perubahan pada sel darah merah tersebut, meliputi perubahan bentuk, ukuran, perubahan permukaan sel darah merah serta penambahan gambaran parasit yang bisa terdeteksi melalui pemeriksaan apusan darah tipis dengan pengecatan giemsa [3].

Penelitian ini memberikan wacana alternatif penegakkan diagnostik penyakit malaria berdasarkan perubahan rheologi sel darah merah tersebut melalui citra mikroskopis yang diambil dari gambaran apus darah tipis dengan pengecatan giemsa. Jenis parasit *Plasmodium* yang terdapat dalam sel darah merah diidentifikasi berdasarkan bentuk morfologinya, ada ciri khusus bentuk dalam setiap jenis. Karakteristik morfologi yang digunakan ada tiga buah, yakni luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebundaran. Penelitian yang diusulkan menggunakan metode Otsu thresholding untuk memisahkan sel darah merah dari komponen sel darah lainnya, dan kemungkinan adanya parasit dari background [4]. Morfologi erosi untuk menghilangkan noda atau titik-titik kecil pada citra [4]. Bounding Box untuk labelling atau penomoran sel [4]. Euclidean Distance untuk menghitung jarak diameter objek sel pada citra [4]. Algoritma identifikasi yang diusulkan adalah menggunakan rule based. Rule based menggunakan logika sederhana if/then [5]. Menurut Tunmibi, Adeniji, Aregbesola, dan Dasyilva (2013) dalam jurnalnya yang berjudul "A Rule Based Expert System for Diagnosis of Fever", metode rule based dapat digunakan untuk mendiagnosis jenis demam. Harapannya hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penentuan pengobatan berbasis spesies penyebab penyakit malaria dilapangan meskipun tidak dilakukan oleh tenaga medis.

## 2. LITERATURE REVIEW

### 2.1 Sel darah merah (Eritrosit)

Sel darah merah (eritrosit) merupakan salah satu sel darah dengan jumlah paling banyak dibandingkan dengan sel darah lainnya. Sel darah merah matang berbentuk cakram dengan kedua permukaannya cekung

atau *bikonkaf* dengan struktur sel yang tidak lengkap dengan tebal 1,5-2,5 mikron. Darah merah normal mempunyai volume 80-96 femoliter (1fL = 10-15 liter) dengan diameter kira-kira 7-8 mikron, sama dengan inti limfosit kecil. Diameter sel darah merah dapat diukur dengan membandingkan sel darah merah dengan inti limfosit kecil dalam bidang yang sama atau berdekatan [6].

**2.2 Klasifikasi Malaria**

Hingga saat ini terdapat 5 spesies *Plasmodium*, empat diantaranya menginfeksi manusia yang menyebar dari satu orang ke orang lain melalui nyamuk *Anopheles* betina, yaitu *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, dan *Plasmodium ovale*. Dalam beberapa tahun terakhir juga terdapat kasus malaria yang disebabkan oleh *Plasmodium knowlesi* yang menginfeksi kalangan monyet di kawasan hutan tertentu Asia Tenggara [2].

*P. falciparum* kebanyakan ditemukan di daerah tropis dan subtropis (didiera khatulistiwa). Infeksi *P. falciparum* dapat menyebabkan komplikasi yang mengancam jiwa setelah beberapa hari pertama. Spesies *Plasmodium* ini sering resisten terhadap obat antimalaria yang sering digunakan (chloroquine) dan memerlukan perawatan dengan obat-obatan lainnya. *P. vivax* dan *P. malariae*

ditemukan di seluruh daerah tropis di dunia. *P. ovale* ditemukan di Afrika barat, dan *P. knowlesi* ditemukan di Asia Tenggara. Infeksi *P. vivax*, *P. malariae*, atau *P. ovale* biasanya tidak mengancam jiwa, dan seseorang mungkin pulih dalam satu bulan tanpa pengobatan. Tetapi infeksi *P. knowlesi* dapat berakibat fatal. *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi* umumnya tidak resisten terhadap obat seperti *P. falciparum*. *P. vivax*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi* dapat ditemukan di dalam hati, hal ini memerlukan pengobatan lebih lanjut dengan obat untuk mencegah kekambuhan [7].

**2.3 Karakteristik jenis parasit Plasmodium**

Morfologi *plasmodium* di dalam sel darah merah memiliki sitoplasma dengan bentuk tidak teratur pada berbagai stadium pertumbuhan dan mengandung kromatin, pigmen serta granula. Pigmen malaria ialah suatu kompleks yang terdiri dari protein yang telah di denaturasi, yaitu *hamozoinatau hamatin*, suatu hasil metabolisme parasit dengan bahan-bahan dari sel darah merah. Pigmen ini tidak ada pada parasit *eksoeritrositik* yang terdapat dalam sel hati. Gametosit dapat dibedakan dari *tropozoit* tua karena sitoplasma lebih padat, tidak ada pembelahan kromatin dan pigmen yang tersebar dibagian tepi [8]. Karakteristik jenis parasit *Plasmodium sp.* [9] disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1 Karakteristik jenis parasit Plasmodium [9]**

Spesies Plasmodium	Fase dalam darah	Citra	Penampakan sel darah merah (RBC)	Penampakan parasit
<i>P. falciparum</i>	<i>Ring</i>		Sel darah merah tidak membesar; titik Maurer (dengan pewarnaan tertentu)	Sitoplasma tipis; terdapat 1 atau 2 titik kromatin kecil;
	<i>Trophozoite</i>		Sel darah merah tidak membesar; titik Maurer (dengan pewarnaan tertentu)	Sitoplasma tebal; pigmen gelap
	<i>Schizont</i>		Sel darah merah tidak membesar; titik Maurer (dengan pewarnaan tertentu)	dewasa = 8 sampai 24 merozoite kecil; pigmen gelap, mengelompok menjadi satu
	<i>Gametocyte</i>		Bentuknya tidak teratur mengikuti parasit	Berbentuk sabit atau sosis; kromatin mengelompok menjadi satu (macrogametocyte) atau menyebar (microgametocyte); pigmen gelap mengumpul
<i>P. vivax</i>	<i>Ring</i>		Ukuran sel darah merah normal sampai membesar 1.25 kali, berbentuk bulat; kadang terdapat titik-titik Schüffner;	titik kromatin besar
	<i>Trophozoite</i>		Ukuran sel darah merah membesar 1.5 sampai 2 kali; kadang bentuknya tidak teratur; terdapat titik-titik Schüffner	sitoplasma amoeboid besar; kromatin besar ; terdapat pigmen coklat kekuningan
	<i>Schizont</i>		Ukuran sel darah merah membesar 1.5 sampai 2 kali; kadang bentuknya tidak teratur; terdapat titik-titik Schüffner	besar, hampir mengisi seluruh RBC; dewasa = 12 sampai 24 merozoite; coklat kekuningan, pigmen mengumpul
	<i>Gametocyte</i>		Ukuran sel darah merah membesar 1.5 sampai 3 kali; kadang bentuknya tidak teratur; terdapat titik-titik Schüffner	berbentuk bulat sampai oval; padat; hampir mengisi seluruh RBC; kromatin padat, eccentric (macrogametocyte) atau menyebar (microgametocyte); tersebar pigment coklat

**2.4 Gejala Umum Malaria**

Gejala malaria terdiri dari beberapa serangan demam dengan interval tertentu (disebut parokisme), diselingi oleh suatu periode yang

penderitanya bebas sama sekali dari demam disebut periode laten. Masa tunas malaria sangat tergantung pada spesies Plasmodium yang menginfeksi. Masa tunas paling pendek dijumpai pada malaria

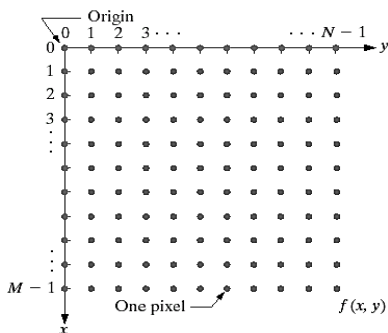
falciparum, dan terpanjang pada malaria kuartana (*P.malariae*). Pada malaria yang alami, yang penularannya melalui gigitan nyamuk, masa tunas adalah 12 hari (9-14) untuk malaria falciparum, 14 hari (8-17 hari) untuk malaria vivax, 28 hari (18-40 hari) untuk malaria kuartana dan 17 hari (16-18 hari) untuk malaria ovale. Selain pengaruh spesies dan strain, masa tunas bisa menjadi lebih lama karena pemakaian obat anti malaria untuk pencegahan (kemoprofilaksis) [8].

**2.5 Giemsa Stain**

Ber macam-macam pewarnaan telah dikembangkan untuk mendeteksi parasit malaria tetapi stain Romanowsky yang dengan pewarnaan inti merah dan sitoplasma biru telah terbukti yang paling mudah dipahami dan sering digunakan dalam studi kasus. Alkohol berbasis Giemsa stain adalah "gold standard". Ini adalah pewarnaan yang paling umum digunakan dan yang terbaik untuk diagnosis karena penerapannya baik dalam *fims* darah tebal maupun tipis, stabil selama penyimpanan atau tidak luntur dan kualitas pewarnaan konstan dalam rentang suhu tertentu. Meskipun relatif mahal, ini adalah pewarnaan pilihan untuk *peripheral* laboratorium [3].

**2.6 Pengolahan Citra**

Citra dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi dari  $f(x,y)$  dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat bidang dan amplitude dari  $f$  pada pasangan koordinat apapun adalah intensitas atau tingkat keabu-abuan dari citra pada titik tersebut. Jika  $x, y$ , dan nilai intensitas dari  $f$  tersebut berhingga, bernilai diskrit, citra tersebut disebut citra digital. Satuan terkecil dari citra digital disebut *pixel* atau *picture element*. Citra digital memiliki  $M$  baris dan  $N$  kolom. Umumnya citra dibentuk dari kotak-kotak persegi empat yang teratur sehingga jarak horizontal dan vertikal antara *pixel* adalah sama pada seluruh bagian citra [10]. Aturan koordinat representasi citra digital  $M \times N$  dalam bentuk matrix ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Aturan koordinat representasi citra digital [10]

**2.7 Grayscale Image Transformation**

*Grayscale Morphology* adalah generalisasi multidimensi operasi biner. Objek yang dikenal sebagai foto hitam dan putih adalah gambar grayscale. Seringkali, intensitas grayscale disimpan sebagai 8-bit integer yang memberikan 256 kemungkinan warna abu-abu dari hitam menjadi putih. Warna abu-abu adalah salah satu komponen warna merah, hijau dan biru yang semuanya memiliki intensitas yang sama dalam RGB, sehingga hanya diperlukan untuk menentukan nilai intensitas tunggal untuk setiap *pixel*. Formula yang digunakan *grayscale* adalah :

$$Gray = w_R R + w_G G + w_B B \tag{1}$$

dengan  $w_R, w_G,$  dan  $w_B$  masing-masing adalah bobot untuk elemen warna merah, hijau dan biru [10].

**2.8 Median Filtering**

Median filter sangat efektif untuk *noise* lembut yang disebut juga *salt* dan *pepper noise*. Formula yang digunakan median filter adalah :

$$f'(x, y) = \underset{(s,t) \in S_{xy}}{\text{median}}\{g(s, t)\} \tag{2}$$

Dimana,

$f'(x, y)$  : hasil median filter

$g(s, t)$  : sub-image  $S_{xy}$

$S_{xy}$  : window daerah yang diliputi oleh filter [10].

**2.9 Citra Biner**

Citra biner adalah citra yang hanya memiliki 2 nilai. Artinya,  $G = \{v_{fg}, v_{bg}\}$ , di mana  $v_{fg}$  disebut nilai foreground dan  $v_{bg}$  disebut nilai background. Seringkali, nilai foreground ( $v_{fg} = 0$ , dan background ( $v_{bg} = -\infty$ ). Kemungkinan lain adalah  $\{v_{fg}, v_{bg}\} = \{0, \infty\}, \{0, 1\}, \{1, 0\}, \{0, 255\}$ , and  $\{255, 0\}$ . Citra ini biasanya ditampilkan dalam hitam dan putih. Dalam bentuk numerik, nilai 0 untuk hitam, dan 1 atau 255 untuk putih. Citra biner sering dihasilkan oleh thresholding grayscale atau citra berwarna, dalam hal ini untuk memisahkan obyek dalam gambar dari *background*. Warna obyek (biasanya putih) disebut sebagai warna *foreground*. Sisanya (biasanya hitam) disebut sebagai warna *background* [10].

**2.10 Segmentasi Citra**

Segmentasi adalah membagi gambar menjadi komponen daerah-daerah atau objek-objek. Keakuratan segmentasi akan menentukan keberhasilan atau kegagalan dalam analisis perhitungan. Salah satu metode segmentasi citra berdasarkan histogram citra adalah metode Otsu. Algoritma Otsu sebagai berikut.

- a. Menghitung histogram ternormalisasi dari citra. Menyimbolkan histogram tersebut sebagai  $p_i, i = 0, 1, 2, \dots, L - 1$ .

$$p_i = \frac{n_i}{MN} \tag{3}$$

Dengan  $n_i$  adalah jumlah *pixel* pada tiap intensitas dan  $MN$  adalah jumlah semua  $n_i$  mulai dari  $n_0$  sampai  $n_{L-1}$ .

- b. Menghitung jumlah kumulatif (cumulative sum) dari  $P_1(k)$ , untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$  dengan menggunakan rumus

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^k p_i \tag{4}$$

- c. Menghitung rerata kumulatif (cumulative mean),  $m(k)$ , untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$  dengan menggunakan rumus

$$m(k) = \sum_{i=0}^k ip_i \tag{5}$$

- d. Menghitung rerata intensitas global  $m_G$ , menggunakan rumus

$$m_G = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i \tag{6}$$

- e. Menghitung varians antar kelas (between-class variance)  $\sigma_B^2(k)$ , untuk  $k = 0, 1, 2, \dots, L - 1$  dengan menggunakan rumus

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[m_G P_1(k) - m(k)]^2}{P_1(k)[1 - P_1(k)]} \tag{7}$$

- f. Memilih nilai threshold  $k^*$  yang merupakan indeks dimana nilai varians antar kelas maksimum  $\sigma_B^2(k) \rightarrow \max$ . Jika ternyata terdapat lebih dari satu nilai  $k^*$  maka rata-ratakan untuk mendapatkan nilai threshold.

- g. Menghitung *separability measurement*,  $\eta^*$  pada  $k = k^*$  dengan menggunakan rumus

$$\eta(k) = \frac{\sigma_B^2(k)}{\sigma_G^2} \tag{8}$$

Sedangkan,

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{L-1} (1 - m_G)^2 p_i \tag{9}$$

nilai  $k$  adalah pada saat  $\sigma_B^2(k)$  maksimum [10].

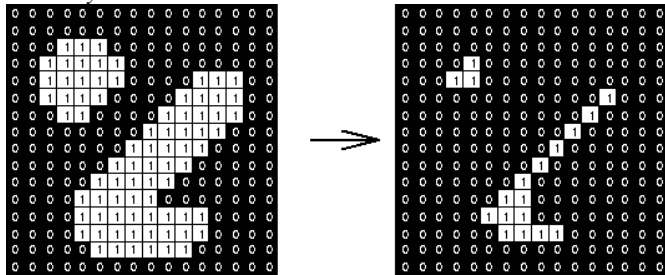
**2.11 Erosi**

Erosi merupakan operasi perpaduan sebuah citra asli dengan sebuah struktur khusus yang biasa disebut dengan strel. Erosi biasanya digunakan untuk menghapus ataupun mengurangi piksel-piksel (memperkecil ukuran) suatu objek citra. Pada citra biner, operasi erosi akan menghapus piksel-piksel pada lapisan terluar objek. Operasi erosi antara citra  $A$  dengan strel  $B$  dituliskan dengan  $A \ominus B$  dimana  $A$  dan  $B$  adalah himpunan dari  $Z^2$  dan dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$A \ominus B = \{z | [(B)z \cap A] \subseteq A\} \tag{10}$$

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa erosi terjadi antara citra  $A$  oleh strel  $B$  terdiri atas semua titik  $z = (x, y)$  dimana  $(B)z$  ada di

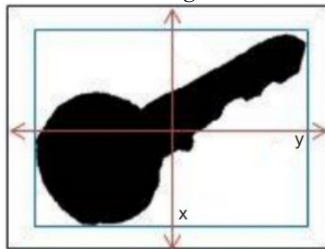
dalam himpunan  $A$ . Untuk melakukan erosi,  $B$  digeser sedemikian hingga di dalam  $A$  tepat pada tepinya dan dicari pada bagian mana saja  $B$  benar-benar ada di dalam  $A$ . Untuk kondisi yang memenuhi syarat tersebut maka area yang bersesuaian dengan  $B$  perlu ditandai [10]. Gambar 2 menunjukkan contoh erosi dengan elemen matriks 3x3 pada citra *binary*.



Gambar 2 Erosi elemen matriks 3x3 pada citra *binary* [11]

**2.12 Bounding Box**

*Bounding Box* atau kotak pembatas merupakan sebuah persegi panjang yang digunakan sebagai pembatas sebuah objek dalam citra. *Bounding Box* dibedakan menjadi dua, yaitu *Bounding Box* yang berorientasi citra dan *Bounding Box* yang berorientasi pada objek [12]. Gambar 3 merupakan contoh *Bounding Box* berorientasi citra.



Gambar 3 *Bounding Box* berorientasi citra [12]

*Bounding Box* berorientasi citra dari suatu area  $R$  dapat dinyatakan dengan

$$\text{Bounding box } (R) = \{y_{min}, y_{max}, x_{min}, x_{max}\} \quad (11)$$

dengan

$$\text{lebar} = y_{max} - y_{min} \quad (12)$$

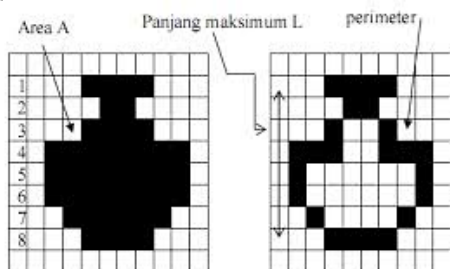
$$\text{tinggi} = x_{max} - x_{min} \quad (13)$$

**2.13 Kebundaran**

Kebundaran atau *circularity* merupakan ukuran dari tingkat kelengkungan objek hingga membentuk sebuah lingkaran.

$$C = \frac{4\pi A}{p^2} \quad (14)$$

$A$  adalah luas area dan  $p$  adalah perimeter atau tepi area seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Kebundaran objek

Objek yang memiliki bentuk bundar sempurna bernilai penuh (satu). Sedangkan untuk objek yang tidak memiliki kebundaran sempurna bernilai kurang dari satu [13].

**2.14 Distance Transform**

Salah satu metode *Distance Transform* (DT) dalam pengolahan citra adalah Euclidean distance. Untuk *pixel*  $p, q, z$  dengan koordinat  $(x, y), (s, t),$  dan  $(v, w),$  dimana  $D$  adalah fungsi jarak atau matrik jika [10]:

- a.  $D(p, q) \geq 0$  ( $D(p, q) = 0$  jika  $p = q$ ),
- b.  $D(p, q) = D(q, p)$ , dan
- c.  $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$

Euclidean distance antara  $p$  dan  $q$  didefinisikan sebagai :

$$D_e(p, q) = [(x - s)^2 + (y - t)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

**2.15 Rule Based System**

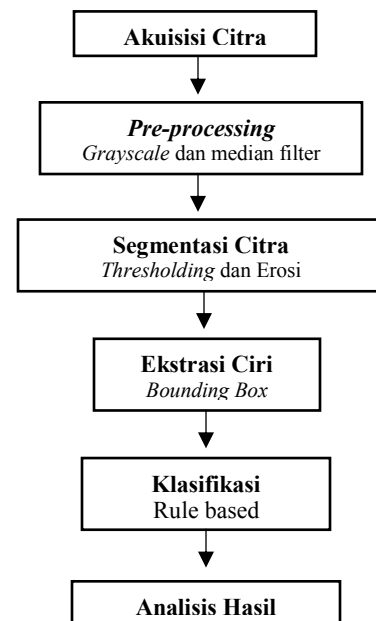
Sistem pakar yang dibuat dengan *rule based system* merupakan sistem yang berdasarkan pada aturan – aturan dimana program disimpan dalam bentuk aturan-aturan sebagai prosedur pemecahan masalah. Aturan tersebut biasanya berbentuk IF – THEN. Kinerja *rule based system* ini dengan menyimpan dan memanipulasi pengetahuan untuk menginterpretasikan informasi dalam cara yang bermanfaat.

*Rule based system* mempunyai dua bagian *rule*, yaitu:

- a. *Antecedent*, yaitu bagian yang mengekspresikan situasi atau premis (Pernyataan berawalan IF).
- b. *Consequent*, yaitu bagian yang menyatakan suatu tindakan tertentu atau konklusi yang diterapkan jika situasi atau premis bernilai benar (Pernyataan berawalan THEN) [14].

**3. METODOLOGI**

Implementasi dalam penelitian ini dilakukan dengan langkah kerja yang dijelaskan pada Gambar 5.



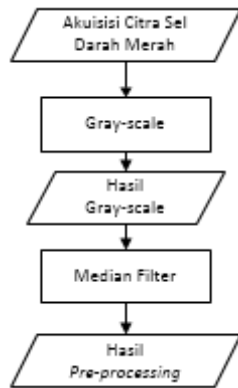
Gambar 5 Diagram kerja penelitian

**3.1 Akuisisi Citra**

Proses akuisisi citra dilakukan dengan cara mengambil citra dengan mikroskop digital dari preparat malaria yang diperoleh dari Laboratorium Parasit FK UNS Surakarta. Pengambilan citra tersebut dengan menggunakan mikroskop digital di Laboratorium FMIPA terpadu UNS. Mikroskop digital ini mempunyai kamera dengan tipe Nikon eclipse E200, perbesaran dalam pengambilan citra menggunakan 1000x, dan menggunakan resolusi citra 1280 x 960 *pixel*. Data citra yang digunakan untuk penelitian adalah 30 citra apus darah tipis yang

mengandung parasit *Plasmodium falciparum* dan 30 citra apus darah tipis yang mengandung parasit *Plasmodium vivax*.

### 3.2 Pre-processing

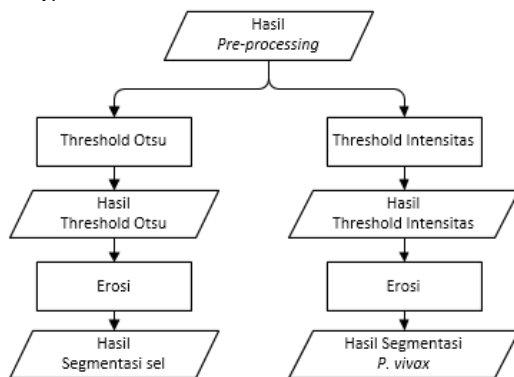


Gambar 6 Diagram alir proses pre-processing

Tahap pre-processing bertujuan untuk menghilangkan efek yang tidak diinginkan (noise) dari citra dan menyesuaikan citra yang diperlukan untuk diproses lebih lanjut. Tahap ini terdiri dari konversi gray-scale dan median filter. Komponen foreground dapat berisi sel darah merah, leukosit, trombosit, artefak, dan parasit itu sendiri. Input citra menunjukkan beberapa variasi warna sehingga perlu diubah kedalam citra gray-scale yang bertujuan untuk mengurangi kompleksitas tanpa merusak detail parasit.

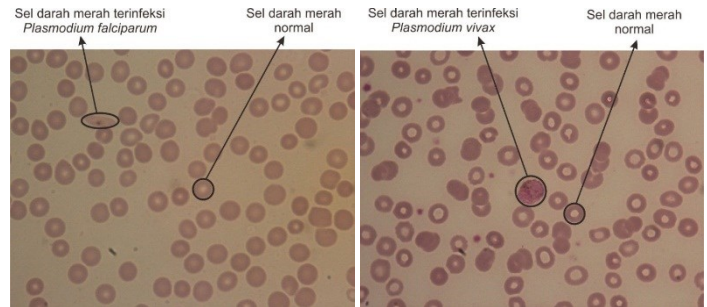
Konversi gray-scale dilanjutkan dengan median filter yang menggantikan nilai setiap pixel dalam citra dengan nilai median sekitarnya yang bertujuan untuk mengurangi ketajaman, yaitu adanya indikasi dari random noise. Penggunaan median filter ini untuk menghilangkan noise yang tidak diinginkan tanpa menghilangkan detail parasit. Hasil dari pre-processing ini berupa citra dengan warna abu-abu yang akan dilakukan proses lebih lanjut pada tahapan ekstraksi ciri.

### 3.3 Segmentasi Citra



Gambar 7 Diagram alir proses segmentasi citra

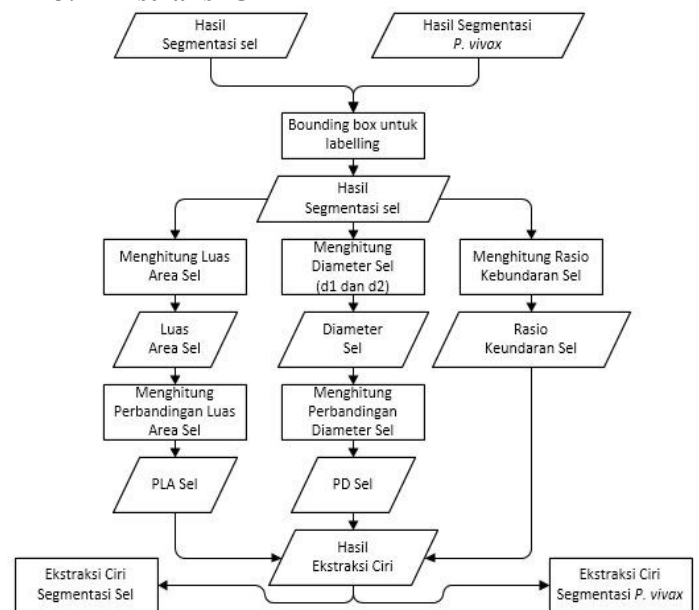
Proses segmentasi citra untuk memisahkan objek yaitu sel darah merah, komponen sel darah lainnya, dan kemungkinan adanya parasit, yaitu *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax* dari background citra. Karakteristik *Plasmodium falciparum* yang paling menonjol adalah bentuknya yang menyerupai bulan sabit, serta diameter terpanjang lebih dua kali dari diameter terpendeknya. Sedangkan, karakteristik *Plasmodium vivax* yang paling menonjol adalah ukurannya membesar dibanding sel darah merah normal, membesarnya bisa mencapai tiga kali sel darah merah normal. Gambar 8 menunjukkan contoh citra yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*.



Gambar 8 Contoh citra darah terinfeksi Plasmodium falciparum dan Plasmodium vivax

Algoritma yang digunakan dalam tahap ini menggunakan *otsu thresholding*. Proses ini menghasilkan sebuah citra yang menampilkan posisi dari intensitas citra berupa warna binary atau hitam putih. Namun dari citra yang dihasilkan masih terlihat citra titik-titik kecil yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri. Oleh karena itu diperlukan algoritma untuk menghilangkan titik-titik citra yang kecil. Algoritma yang digunakan adalah operasi erosi. Kemudian untuk melakukan segmentasi sesuai karakteristik dari parasit *Plasmodium vivax* yang berupa warna lebih gelap dibanding dengan sel darah merah normal dengan cara threshold intensitas. Hal ini sesuai karakteristik *Plasmodium vivax* yang mempunyai warna lebih gelap dibanding sel darah merah normal. Gelapnya warna ini karena parasit *Plasmodium vivax* hampir mengisi seluruh ruang di sel darah merah yang terinfeksi. Selanjutnya dilakukan operasi erosi untuk menghilangkan titik-titik kecil yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri. Hasil dari segmentasi ini akan terlihat daerah sel darah merah yang akan dilakukan proses lebih lanjut pada tahapan ekstraksi ciri.

### 3.4 Ekstraksi Ciri



Gambar 9 Diagram alir proses ekstraksi ciri

Proses ekstraksi ciri ini dilakukan untuk menyesuaikan citra yang akan diproses kedalam tahap klasifikasi parasit malaria. Metode yang digunakan dalam tahap ini adalah *Bounding Box*. Metode ini akan memberikan label berupa angka disetiap sel darah untuk dilihat karakteristiknya. Karakteristik dari setiap sel darah yang akan digunakan pada tahap klasifikasi adalah luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel.

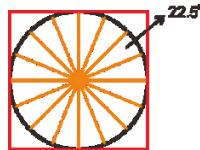
- a. Luas area sel

Luas area sel diperoleh dengan menghitung jumlah *pixel* setiap sel dari hasil proses segmentasi, satuan yang digunakan adalah *pixel*. Sedangkan perbandingan luas area diperoleh dengan menghitung luas area sel dibagi dengan luas area sel darah merah normal (LA RBC normal). Perbandingan luas area untuk melakukan deteksi parasit *Plasmodium vivax*. Rumus perbandingan luas area seperti pada persamaan 15.

$$\text{perbandingan luas area} = \frac{\text{Luas Area}}{\text{LA RBC normal}} \times 100\% \quad (16)$$

b. Rasio diameter

Rasio diameter ini berasal dari perbandingan diameter terpanjang (*d1*) dan diameter terpendek (*d2*) dari setiap sel. Perhitungan ini menggunakan algoritma *Euclidean distance* dengan mencari jarak terpanjang dan terpendek delapan garis yang terbentuk dari titik pusat sel. Masing-masing garis diputar sejauh 22.5° supaya akurat dalam menentukan diameter terpanjang dan diameter terpendeknya. Gambar 10 merupakan ilustrasi perhitungan diameter.



Gambar 10 Ilustrasi Perhitungan diameter

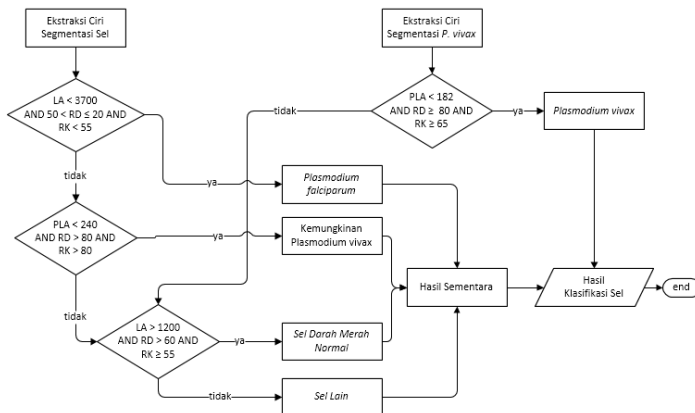
Rasio diameter diperoleh dengan membandingkan diameter terpendek dan terpanjang dari sel, yaitu *d2* : *d1*.

c. Rasio kebularan

Rasio kebularan atau *circularity* merupakan perbandingan antara luas area sel dengan tepi area sel. Rasio ini diukur menggunakan diameter terpanjang (*d1*) dari sel, sehingga rumus rasio kebularan menjadi seperti pada persamaan 16.

$$C = \frac{4\pi A}{p^2} = \frac{4\pi A}{(\pi d1)^2} = \frac{4A}{\pi d1^2} \quad (17)$$

3.5 Klasifikasi



Gambar 11 Diagram alir proses klasifikasi

Proses klasifikasi ini untuk mengidentifikasi sel darah merah positif malaria termasuk kedalam jenis *Plasmodium falciparum* atau *Plasmodium vivax*. Proses identifikasi ini menggunakan kriteria luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebularan berdasarkan ciri jenisnya. Ada karakteristik ciri yang paling menonjol dalam jenis parasit.

3.6 Analisis Hasil

Hasil akurasi sistem dihitung menggunakan rumus :

a. Analisis setiap sel

Hasil akurasi sistem untuk setiap sel dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Specivicity} = \frac{TN}{TN + FP}$$

$$\text{Positive Predictive Value (PPV)} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$F_1 = \frac{2 \times \text{PPV} \times \text{Sensitivity}}{\text{PPV} + \text{Sensitivity}}$$

*TP* adalah *true positives*, *FN* adalah *false negatives*, dan *FP* adalah *false positives* [15].

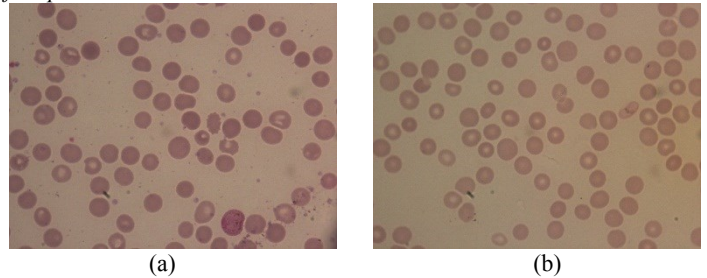
b. Analisis setiap citra

Hasil akurasi sistem dari citra keseluruhan dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Akurasi sistem} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Total data pengujian}} \times 100\%$$

4. PEMBAHASAN

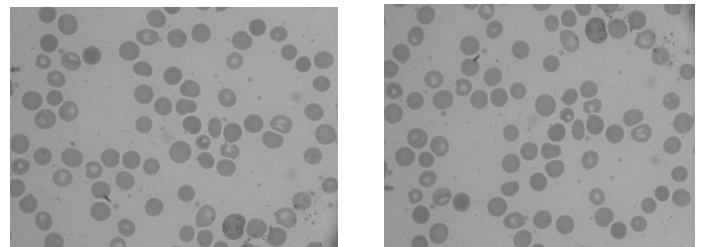
Proses akuisisi citra dilakukan dengan mengambil file citra apusan darah tipis sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*. Setelah proses akuisisi citra, dilanjutkan dengan proses *pre-processing* yang akan dibahas pada sub bab 4.1. Gambar 12 merupakan contoh citra sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* atau *Plasmodium vivax*.



Gaambar 12 Citra sel darah merah, (a) terinfeksi Plasmodium vivax, (b) terinfeksi Plasmodium falciparum

4.1 Pre-processing

Tahap *pre-processing* merupakan tahap pertama untuk mengolah citra yang bertujuan menghilangkan *noise* dari citra dan mengurangi ketajaman citra. Proses ini dilakukan dengan mengambil nilai *pixel* warna Red, Green, dan Blue. Kemudian dilakukan pembagian masing-masing koefisien bobot warna yang apabila dijumlahkan bernilai 1. Hasil dari pembagian koefisien bobot warnanya adalah  $w_R = 0.139$ ,  $w_G = 0.757$ ,  $w_B = 0.114$ . Angka pada komponen warna *gray-scale* ini berasal dari percobaan yang disesuaikan untuk tahapan segmentasi citra. Tahapan selanjutnya setelah dilakukan konversi *gray-scale* adalah proses *median filter*. Proses ini menggunakan  $3 \times 3$  *median filtering*. Citra hasil operasi *gray-scale* dan  $3 \times 3$  *median filtering* ditunjukkan pada Gambar 13.



(a) (b)

**Gambar 13** Citra hasil operasi, (a) *gray-scale*, (b) *3x3 median filtering*

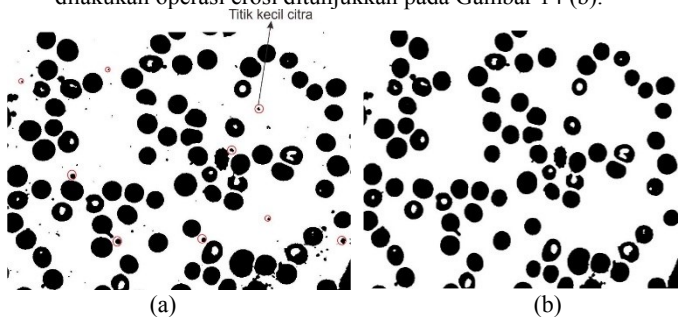
Hasil *pre-processing* ini nampak citra dengan warna abu-abu dengan ketajaman warna yang sudah berkurang dari citra asli.

**4.2 Segmentasi citra**

Proses segmentasi citra untuk memisahkan objek yaitu sel darah merah, komponen sel darah lainnya, dan kemungkinan adanya parasit dari background. Hasil tahapan *pre-processing* digunakan untuk segmentasi sel dan segmentasi parasit *Plasmodium vivax*.

a. Segmentasi sel

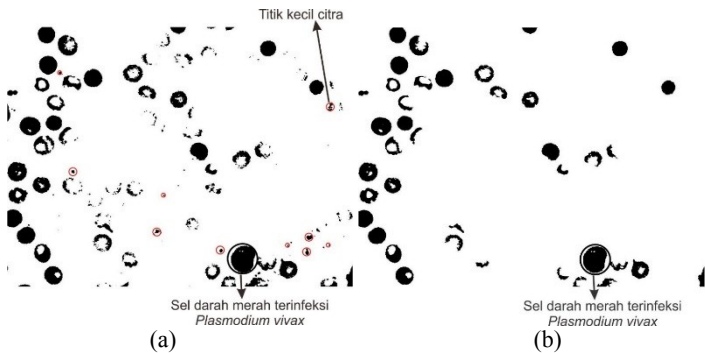
Algoritma yang digunakan adalah *Otsu thresholding*. Gambar yang dihasilkan berupa warna *binary* atau hitam putih. Hasil operasi *Threshold Otsu* masih terdapat beberapa titik-titik citra yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri, seperti yang ditandai dengan bulatan merah pada Gambar 14 (a). Oleh karena itu diperlukan algoritma untuk menghilangkan titik-titik citra yang kecil. Algoritma yang digunakan adalah operasi erosi. Hasil citra setelah dilakukan operasi erosi ditunjukkan pada Gambar 14 (b).



**Gambar 14** Hasil segmentasi sel, (a) *Threshold Otsu*, (b) erosi

b. Segmentasi parasit *Plasmodium vivax*

Segmentasi parasit *Plasmodium vivax* dilakukan dengan *threshold* intensitas pada citra hasil *pre-processing* untuk memisahkan sel yang nampak berwarna gelap. Penggunaan *threshold* intensitas sesuai karakteristik *Plasmodium vivax* yang mempunyai warna lebih gelap dibanding sel darah merah normal, seperti yang ditandai pada Gambar 15 (a). Gelapnya warna karena parasit *Plasmodium vivax* hampir mengisi seluruh ruang di sel darah merah yang terinfeksi. Batas nilai *threshold* intensitas yang sesuai adalah  $\leq 99$ . Citra hasil *thresholding* selanjutnya dilakukan operasi erosi untuk menghilangkan titik-titik kecil yang tidak diperlukan dalam tahap ekstraksi ciri. Hasil citra setelah dilakukan operasi erosi ditunjukkan pada Gambar 15 (b).



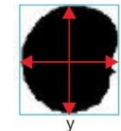
**Gambar 15** Hasil segmentasi parasit *Plasmodium vivax*, (a) *Threshold* intensitas, (b) erosi

Citra hasil segmentasi sel dan segmentasi parasit *Plasmodium vivax* akan diproses untuk dilakukan ekstraksi ciri, yaitu mengenali

setiap sel darah dari morfologi (luas area, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel) sehingga akan terlihat mana sel darah merah yang normal dan sel darah merah yang terjangkit parasit malaria jenis *Plasmodium vivax* atau *Plasmodium falciparum*.

**4.3 Ekstraksi Ciri**

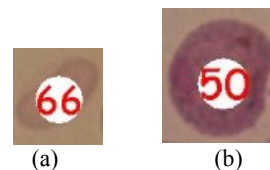
Tahapan ekstraksi ciri yang pertama adalah melakukan seleksi sel dengan *Bounding Box* dan dilakukan penomoran pada sel yang terseleksi. Kemudian yang kedua melakukan ekstraksi ciri berdasarkan morfologi sel dengan kriteria yaitu luas area sel, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel. Hasil segmentasi dilakukan penyeleksian dengan menggunakan algoritma *Bounding Box*, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 16.



**Gambar 16** Seleksi sel menggunakan *Bounding Box*

Lebar *Bounding Box* diilustrasikan dengan  $x$ , sedangkan tinggi *Bounding Box* diilustrasikan dengan  $y$ . Panjang minimal *Bounding Box* dengan lebar dan tinggi sebesar  $30 \text{ pixel}$ . Citra yang yang terseleksi kemudian diberi label atau nomor.

Proses ekstraksi ciri dilakukan berdasarkan hasil segmentasi dengan diambil dua jenis sel, yaitu hasil segmentasi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*. Gambar 17 (a) merupakan hasil segmentasi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum*, sedangkan Gambar 17 (b) merupakan hasil segmentasi sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*.



**Gambar 17** Contoh hasil segmentasi, (a) sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum*, (b) sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*

Berdasarkan hasil segmentasi, diperoleh beberapa karakteristik untuk proses identifikasi sel, yaitu luas area sel, rasio diameter, dan rasio kebulatan sel.

a. Luas area sel dan perbandingan luas area

Luas area sel diperoleh dengan menghitung jumlah *pixel* setiap sel dari hasil proses segmentasi, satuan yang digunakan adalah *pixel*. Sedangkan perbandingan luas area diperoleh dengan menghitung luas area sel dibagi dengan 2500. Pemilihan angka 2500 ini berdasarkan ukuran rata-rata luas area sel darah merah normal. Perbandingan luas area untuk melakukan deteksi parasit *Plasmodium vivax*.

Pada Gambar 15 (a) mempunyai luas area sel sebesar  $3125 \text{ pixel}$  dan perbandingan luas area sel sebesar

$$\text{perbandingan luas area} = \frac{3125}{2500} \times 100\% = 125\%$$

sedangkan pada Gambar 15 (b) mempunyai luas area sel sebesar  $6710 \text{ pixel}$  dan perbandingan luas area sel sebesar

$$\text{perbandingan luas area} = \frac{6710}{2500} \times 100\% = 268\%$$

b. Rasio diameter

Rasio diameter ini berasal dari perbandingan diameter terpanjang ( $d1$ ) dan diameter terpendek ( $d2$ ) dari setiap sel. Perhitungan ini menggunakan algoritma *Euclidean distance* dengan mencari jarak

terpanjang dan terpendek delapan garis yang terbentuk dari titik pusat sel. Masing-masing garis diputar sejauh 22.5°. Rasio diperoleh dengan membandingkan diameter terpendek dan terpanjang dari sel, yaitu  $d2 : d1$ .

Pada Gambar 15 (a) mempunyai rasio diameter sel sebesar  $42:86 = 48\%$ , sedangkan pada Gambar 15 (b) mempunyai rasio diameter sel sebesar  $87:97 = 89\%$ .

c. Rasio kebularan

Rasio kebularan atau *circularity* merupakan perbandingan antara luas area sel dengan tepi area sel. Rasio ini diukur menggunakan diameter terpanjang ( $d1$ ) dari sel, sehingga rumus rasio kebularan menjadi seperti pada persamaan 16.

Pada Gambar 15 (a) mempunyai rasio kebularan sel sebesar

$$C = \frac{4A}{\pi d1^2}$$

$$C = \frac{4 \times 3125}{3.14 \times (86)^2} = \frac{12500}{23223.44} = 53\%$$

Pada Gambar 15 (b) mempunyai rasio kebularan sel sebesar

$$C = \frac{4A}{\pi d1^2}$$

$$C = \frac{4 \times 6710}{3.14 \times (97)^2} = \frac{26840}{29544.26} = 90\%$$

4.4 Klasifikasi

Klasifikasi jenis parasit dilakukan berdasarkan luas area sel (LA), perbandingan luas area (PLA), rasio diameter (RD), dan rasio kebularan sel (RK) hasil ekstraksi ciri. Sel yang akan dilakukan klasifikasi adalah sel darah merah normal, sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium falciparum*, dan sel darah merah yang terinfeksi *Plasmodium vivax*. Tabel 2 merupakan *rule* untuk mengklasifikasikan jenis sel.

Tabel 2 Rule klasifikasi jenis sel

No.	Jenis Sel	LA	PLA	RD	RK
1	Sel darah merah terinfeksi <i>Plasmodium falciparum</i>	< 3700 pixel	-	50% < RD ≤ 20%	< 55%
2	Sel darah merah terinfeksi <i>Plasmodium vivax</i>	-	> 240%	> 80%	> 80%
3	Sel darah merah terinfeksi <i>Plasmodium vivax</i> (threshold intensitas)	-	≥ 182%	≥ 80%	≥ 65%
4	Sel darah merah normal	> 1200 pixel	-	> 60%	≥ 55%

Penentuan hasil identifikasi jenis parasit *Plasmodium* menggunakan ketentuan *if-else*, jika terdapat satu atau lebih sel darah merah terinfeksi *Plasmodium falciparum*, maka hasilnya citra positif teridentifikasi *Plasmodium falciparum*. Jika terdapat satu atau lebih sel darah merah terinfeksi *Plasmodium vivax*, maka citra tersebut belum tentu terinfeksi *Plasmodium vivax*. Selanjutnya untuk mengecek positif atau negatifnya menggunakan hasil dari *threshold* intensitas, apabila *rule* terinfeksi *Plasmodium vivax* terpenuhi, maka positif *Plasmodium vivax*. Kemudian jika terdapat satu atau lebih sel darah merah terinfeksi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*, maka hasilnya citra positif teridentifikasi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*.

4.5 Analisis Hasil

a. Analisis setiap sel

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap masing-masing sel dari 60 citra yang terdiri dari 30 citra yang terjangkit

diameter

parasit *Plasmodium falciparum* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3 dan 30 citra yang terjangkit parasit *Plasmodium vivax* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4, maka diperoleh hasil pengujian keseluruhan sel sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil positif pada Tabel 5 merupakan sel yang teridentifikasi *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*.

Tabel 3 Hasil pengujian pada parasit *Plasmodium falciparum*

	Positif	Negatif (Sel lain)
Jumlah sel	14	2024
Sel diklasifikasikan benar	11	2007
Sel diklasifikasikan salah	3	17

Tabel 4 Hasil pengujian pada parasit *Plasmodium vivax*

	Positif	Negatif (Sel lain)
Jumlah sel	31	1950
Sel diklasifikasikan benar	25	1946
Sel diklasifikasikan salah	6	4

Tabel 5 Hasil pengujian keseluruhan sel

	Positif	Negatif (Sel lain)
Jumlah sel	45	3974
Sel diklasifikasikan benar	36	3953
Sel diklasifikasikan salah	9	21

$$Sensitivity = \frac{36}{36 + 9} = 0.8$$

$$Specivicity = \frac{3953}{3953 + 21} = 0.9947$$

$$PPV = \frac{36}{36 + 21} = 0.6315$$

$$F_1 = \frac{2 \times 0.6315 \times 0.8}{0.6315 + 0.8} = 0.7058$$

b. Analisis setiap citra

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari 30 citra yang terjangkit parasit *Plasmodium falciparum* dan 30 citra yang terjangkit parasit *Plasmodium vivax*, maka diperoleh hasil akurasi sistem sebagai berikut.

$$Akurasi\ sistem = \frac{10 + 23}{60} \times 100\% = 55\%$$

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada Pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa morfologi citra mampu mengidentifikasi spesies parasit *Plasmodium falciparum* dan *Plasmodium vivax*, dengan akurasi sistem sebesar 55% dari hasil pengujian. Kemudian model klasifikasi untuk setiap sel menghasilkan *sensitivity* sebesar 0.8, *specificity* sebesar 0.9947, *PPV* sebesar 0.6315, dan  $F_1$  sebesar 0.7058. Kelemahan sistem yang dibuat adalah belum mampu memisahkan sel yang *overlap* atau menumpuk sehingga menyebabkan luas area sel, perbandingan luas area, rasio diameter, dan rasio kebularan berbeda dengan *rule* yang sudah ditentukan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya, sel yang *overlap* atau menumpuk pada sel darah merah yang terinfeksi parasit *Plasmodium falciparum* dapat dipisahkan dengan menambahkan metode baru, sehingga dapat teridentifikasi antara sel darah merah yang normal dengan yang terinfeksi. Kemudian perlu adanya penambahan metode



untuk menghitung sudut kelengkungan pada sel darah merah yang terinfeksi parasit *Plasmodium falciparum*.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] WebMD 2013, *Overview Malaria*, Medical Reference from Healthwise, Amerika Serikat.
- [2] WHO 2009, *Malaria Microscopy Quality Assurance Manual*, Version 1, World Health Organization, Switzerland.
- [3] Tomari, R, Zakaria, WNW, Ngadengon, R & Wahab, MHA 2015, 'Red Blood Cell Counting Analysis by Considering an Overlapping Constraint', *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, ISSN: 1819-6608, Vol. 10, No.3.
- [4] Tunmibi, S, Adeniji, O, Aregbesola, A & Dasyuva, A 2013, 'A Rule Based Expert System for Diagnosis of Fever', *International Journal of Advanced Research*, Vol. 1, Issue 7, hh. 343-348.
- [5] Bell A, & Sallah S, 2007, *The Morphology of Human Blood Cells*, Seventh Edition, Abbott, USA.
- [6] WebMD 2013, *Malaria Cause*, Medical Reference from Healthwise, Amerika Serikat.
- [7] Arsin, A, A, 2012, *Malaria di Indonesia Tinjauan Aspek Epidemiologi*, Masagena Press, Makassar.
- [8] CDC 2013, *Comparison of the Plasmodium Species Which Cause Human Malaria*, Center for Disease Control and Prevention, USA.
- [9] Gonzales, RC & Woods, RE 2008, *Digital Image Processing*, 3<sup>rd</sup> Edition, Prentice-Hall Inc.
- [10] Fisher, R, Perkins, S, Walker, A & Wolfart, E 2003, *Erosion, Image Processing Learning Resources*. HIPR2. Explore With Java. dilihat 22 Oktober 2015, <<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/erode.htm>>.
- [11] Kadir, A & Susanto, A 2012, *Pengolahan Citra Teori dan Aplikasi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [12] Putra, D 2010, *Pengolahan Citra Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [13] Negnevitsky, M 2005, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, Addison-Wesley, London.
- [14] Powers, DMW 2011, 'Evaluation: From Precision, Recall and F-Measure to ROC, Informedness, Markedness & Correlation', *Journal of Machine Learning Technologies*, Vol. 2, hh. 37-63.