

PENDETEKSIAN MALARIA DALAM CITRA MIKROSKOPIS SEL DARAH MENGGUNAKAN SEGMENTASI CITRA

Julius P. P. Naibaho

Jurusan Teknik, Universitas Negeri Papua
Jl. Gunung salju Amban, Manokwari
e-mail: juliusppn@gmail.com

Abstrak

Malaria pada manusia disebabkan oleh empat plasmodium yaitu plasmodium falciparum, plasmodium vivax, plasmodium malariae dan plasmodium ovale. Di dalam tubuh manusia, parasit plasmodium akan berkembang biak di organ hati kemudian menginfeksi sel darah merah yang akhirnya menyebabkan penderita mengalami gejala-gejala malaria seperti gejala pada penderita influenza. Malaria harus segera diobati, bila tidak diobati maka akan semakin parah dan dapat terjadi komplikasi yang berujung pada kematian. Pendeteksian malaria secara konvensional dilakukan dengan melihat darah manusia menggunakan mikroskop. Pendeteksian secara konvensional kurang mendukung dalam analisa parasit plasmodium karena tidak ada penyimpanan data visual hasil pengelihatian dari mikroskop. Dewasa ini pengamatan parasit plasmodium dikembangkan dengan pemotretan hasil yang tampak pada mikroskop. Citra hasil pemotretan sel darah yang terlihat melalui mikroskop dinamakan citra mikroskopis sel darah. Parasit plasmodium yang terdapat dalam citra mikroskopis sel darah memiliki intensitas warna yang berbeda jika dibandingkan dengan sel darah. Perbedaan intensitas warna antara parasit dengan sel darah menjadi kunci pendeteksian adanya parasit plasmodium di dalam sel darah tersebut. Pada penelitian ini, penulis membuat dan menjabarkan pemanfaatan teknik segmentasi citra dalam mendeteksi parasit plasmodium dan menghitung jumlah parasit di dalam sel darah. Aplikasi komputer ini dapat mendeteksi dan menghitung jumlah parasit plasmodium di dalam sel darah. Aplikasi komputer pendeteksian malaria ini menampilkan citra awal sel darah, citra *grayscale* sel darah, citra hasil median filter, citra binerisasi, jumlah sel darah dan jumlah parasit di dalam citra sel darah.

Kata kunci: malaria, plasmodium, segmentasi

Abstract

There are four species of the Plasmodium parasite that can cause malaria in humans, plasmodium falciparum, plasmodium vivax, plasmodium malariae and plasmodium ovale. In human body, parasite plasmodium live and growth in heart then infected red blood cell and finally caused malaria diseases. Conventional, malaria detection is looking human blood using microscope. Conventional malaria detection do not support in analyzing parasite plasmodium because conventional malaria detection do not record the result of visual data. Today malaria detection is develop with analyzing microscopic image blood cell. Microscopic image is an image that recorded from microscope when looking blood cell. The colour of Parasite plasmodium object in microscopic image has different intensity with red blood cell. The different of their colour intensity be the key to detected the parasite plasmodium in microscopic image. In this research, the writer try to make an application to detecting and counting parasite plasmodium in microscopic image using image segmentation technic.

Key words: malaria, plasmodium, segmentation

1. PENDAHULUAN

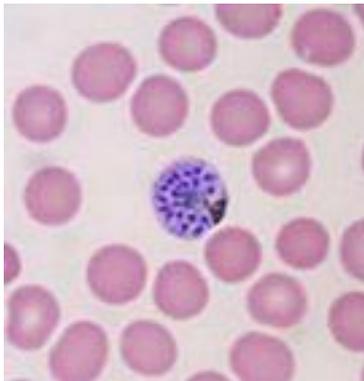
Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh parasit yang bernama Plasmodium. Penyakit malaria ini ditularkan melalui gigitan nyamuk yang sudah terinfeksi parasit tersebut. Di dalam tubuh manusia, parasit Plasmodium akan berkembang biak di organ hati kemudian menginfeksi sel darah merah. ^[1]

Parasit sebagai penyebab penyakit malaria berkembang biak di dalam sel darah merah, yang kemudian pecah dalam waktu 48 sampai 72 jam, menginfeksi sel darah merah. Mayoritas gejala disebabkan oleh rilis besar merozoit ke dalam

aliran darah, anemia akibat penghancuran sel darah merah, dan masalah yang disebabkan oleh sejumlah besar hemoglobin bebas dilepaskan ke sirkulasi setelah sel darah merah pecah.

Pendeteksian malaria secara konvensional dilakukan dengan melihat tetesan darah penderita melalui mikroskop. Pendeteksian secara konvensional kurang mendukung dalam analisa parasit plasmodium karena pengamatan mata pada saat menggunakan mikroskop tidak tersimpan. Pendeteksian secara konvensional juga kurang mendukung untuk digunakan sebagai pendeteksian massal (jumlah banyak).

Dewasa ini, pendeteksian malaria mulai dikembangkan secara digital menggunakan teknologi pengolahan citra digital. Hasil yang terlihat di mikroskop pada saat pengamatan sel darah dipotret sehingga menghasilkan citra mikroskopis sel darah. Pemotretan hasil yang terlihat di mikroskop dapat menggunakan mikroskop digital yang telah dilengkapi fasilitas pemotretan.



Gambar 1. Citra mikroskopis sel darah

Pada penelitian ini, penulis menggunakan citra-citra mikroskopis sel darah yang terdapat pada situs web center for disease control and prevention <http://www.cdc.gov/>.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri atas pengumpulan studi literatur, pengumpulan data, pembuatan aplikasi dan uji coba.

2.1. Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini adalah dengan mempelajari artikel-artikel tentang malaria. Penyakit malaria terdapat di seluruh dunia sehingga artikel tentang penyakit ini cukup banyak dan memudahkan para peneliti yang ingin mempelajari tentang penyakit ini.

2.2. Pengumpulan Data

Sumber data dalam penelitian ini adalah sumber data sekunder yaitu data yang didapatkan secara tidak langsung. Data dalam penelitian ini menggunakan citra-citra mikroskopis sel darah yang terdapat pada situs <http://www.cdc.gov/>.

2.3. Pembuatan Aplikasi

Pembuatan aplikasi dalam penelitian ini terdiri atas:

1. Perancangan Sistem. Perancangan sistem dalam pembuatan aplikasi ini menggunakan flowchart.

2. Pembuatan Kode Program. Pembuatan kode program aplikasi ini menggunakan Interpreter Matlab 7.0.
3. Uji Coba. Ujicoba pembuatan aplikasi ini dilakukan dengan menggunakan citra-citra mikroskopis sel darah yang terdapat pada situs web <http://www.cdc.gov/>.

3. DASAR TEORI

Citra adalah gambar pada bidang dwimatra (dua dimensi). Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dari intensitas cahaya pada bidang dwimatra[2].

Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, pemindai (*scanner*), dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam.

3.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik.

Umumnya, operasi-operasi pada pengolahan citra diterapkan pada citra bila [2]:

1. Perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra.
2. Elemen di dalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan, atau diukur.
3. Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

3.2 Segmentasi Citra

Proses segmentasi bertujuan mengelompokkan *pixel-pixel* objek menjadi wilayah (*region*) yang merepresentasikan objek[2]. Ada dua pendekatan yang digunakan dalam segmentasi objek [2]:

1. Segmentasi berdasarkan batas wilayah (tepi dari objek). *Pixel-pixel* tepi ditelusuri sehingga rangkaian *pixel* yang menjadi batas (*boundary*) antara objek dengan latar belakang dapat diketahui secara keseluruhan.
2. Segmentasi ke bentuk-bentuk dasar, misalnya segmentasi huruf menjadi garis-garis vertikal dan horizontal, segmentasi

objek menjadi bentuk lingkaran, elips, dan sebagainya.

3.3 Citra Mikroskopis Sel Darah

Citra mikroskopis sel darah adalah citra hasil pemotretan terhadap pengamatan sel darah melalui mikroskop. Darah pasien diambil dan diletakkan pada kaca tipis agar kandungan dari darah pasien tersebut dapat diamati. Pemotretan dapat dilakukan menggunakan kamera biasa atau juga menggunakan kamera yang terdapat dalam mikroskop.

3.4 Grayscale

Citra *grayscale* adalah citra yang hanya menggunakan warna pada tingkatan warna abu-abu. Spektrum *grayscale* (tingkat keabuan) yaitu warna yang dibentuk dari gabungan tiga warna utama dengan jumlah yang sama, berada pada garis yang menghubungkan titik hitam dan putih.

Warna abu-abu adalah satu-satunya warna pada ruang RGB dengan komponen merah, hijau dan biru mempunyai intensitas yang sama. Pada citra beraras keabuan hanya perlu menyatakan nilai intensitas untuk tiap piksel sebagai nilai tunggal, sedangkan pada citra berwarna perlu tiga nilai intensitas untuk tiap pikselnya [2].

3.5 Median Filter

Filtering citra merupakan salah satu bagian dari perbaikan kualitas citra, yaitu menghaluskan dan menghilangkan *noise* yang ada pada citra, baik secara linear maupun secara non-linear. Median filter merupakan salah satu filtering yang banyak digunakan dalam perbaikan kualitas citra.

Median filter mengganti nilai suatu piksel dengan median nilai tingkat keabuan dari piksel tetangga (nilai asli piksel digunakan juga pada saat perhitungan nilai median tersebut). Media filter ini cukup populer karena beberapa tipe gangguan acak (seperti *salt noise*, *pepper noise*). Teknik ini mampu mengurangi gangguan yang lebih baik dibandingkan dengan model linear smooting dengan ukuran yang sama.

Median filter mengubah suatu titik dengan tingkat keabuan yang berbeda menjadi lebih mirip dengan tetangganya. Selain itu juga median filter mengganti nilai cluster piksel terisolasi, yang lebih terang atau gelap dibandingkan dengan piksel tetangganya serta luasannya kurang dari $n^2/2$, dengan nilai median dari *masking* $n \times n$.

3.6 Binerisasi Citra

Binerisasi Citra adalah sebuah proses untuk mengubah citra menjadi citra biner. Citra biner adalah citra yang hanya terdiri dari dua warna yaitu hitam dan putih. Citra biner terdiri atas *pixel-pixel* bernilai 0 atau 1.

Thresholding adalah sebuah teknik segmentasi yang dapat digunakan untuk mengubah citra menjadi citra biner. *Thresholding* membutuhkan suatu nilai yang digunakan sebagai nilai pembatas antara objek utama dengan latar belakang, dan nilai tersebut dinamakan dengan *threshold*.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{if } f(x, y) < T \end{cases}$$

Gambar 2. Pengubahan Citra *Grayscale* menjadi citra biner dengan teknik *thresholding*

Proses pengubahan citra menjadi citra biner menggunakan persamaan seperti yang tampak pada gambar 2. Bila piksel citra lebih besar atau sama dengan *threshold* maka dirubah menjadi *pixel* bernilai 1. Bila *pixel* citra bernilai lebih kecil dari *threshold* maka *pixel* citra dirubah menjadi 0 [2].

Thresholding digunakan untuk mempartisi citra dengan mengatur nilai intensitas semua piksel yang lebih besar dari nilai *threshold* T sebagai latar depan dan yang lebih kecil dari nilai *threshold* T sebagai latar belakang. Biasanya pengaturan nilai *threshold* dilakukan berdasarkan histogram *grayscale* [3].

4. PEMBUATAN APLIKASI

Pembuatan aplikasi ini menggunakan Interpreter Matlab 7.0. Pembuatan aplikasi ini terdiri atas tujuh langkah, yaitu:

1. Pembacaan Citra Mikroskopis sel darah.
2. Konversi citra mikroskopis sel darah ke bentuk *grayscale*.
3. Pengurangan *Noise* menggunakan median filter.
4. Binerisasi.
5. Pengisian Lubang-lubang sel darah yang terdapat pada citra mikroskopis.
6. Penghitungan jumlah sel darah.
7. Penghitungan jumlah parasit plasmodium dalam citra mikroskopis sel darah.

4.1 Pembacaan Citra Mikroskopis sel darah.

Pembacaan Citra Mikroskopis sel darah adalah sebuah langkah untuk meletakkan citra mikroskopis di memori agar dapat diproses oleh prosesor. Pembacaan Citra Mikroskopis sel darah seperti yang terlihat pada Gambar 3 dibuat dengan memanfaatkan fungsi membaca citra pada interpreter matlab 7.0 yaitu “imread”.

```
%PEMBACAAN CITRA MIKROSKOPIS SEL DARAH
gambarasli=imread('16.jpg');
```

Gambar 3. Kode Matlab untuk membaca citra mikroskopis sel darah

4.2. Konversi citra mikroskopis sel darah ke bentuk *grayscale*.

Pada langkah kedua ini dilakukan konversi Citra Mikroskopis sel darah ke bentuk *grayscale*. Konversi Citra Mikroskopis sel darah ke bentuk *grayscale* diperlihatkan dalam Gambar 4. Hal ini dilakukan agar dapat diproses dalam segmentasi citra berikutnya.

```
% KONVERSI CITRA MIKROSKOPIS KE BENTUK GRAYSCALE
gray_gambarasli = rgb2gray(gambarasli);
```

Gambar 4. Kode Matlab untuk mengubah citra mikroskopis sel darah ke bentuk *grayscale*

4.3. Pengurangan *Noise* menggunakan median filter.

Pada langkah ketiga dilakukan perbaikan citra dengan menghilangkan *noise* pada citra. *Noise* adalah noda-noda yang tidak diinginkan dalam sebuah citra. Pengurangan *noise* dilakukan menggunakan median filter. Pengimplementasian median filter seperti yang terlihat pada Gambar 5 menggunakan fungsi `medfilt2` yang tersedia di dalam interpreter matlab 7.0.

```
%MEDIAN FILTER
mf_gray_gambarasli = medfilt2(gray_gambarasli);
```

Gambar 5. Kode Matlab untuk memfilter citra mikroskopis sel darah dengan median filter

4.4. Binerisasi.

Pada langkah ke-empat dilakukan proses binerisasi. Proses binerisasi dilakukan dengan menggunakan teknik *thresholding*.

```
% BINERISASI
inadjust_nf_gray_gambarasli = ...
inadjust(nf_gray_gambarasli,stretchlin(nf_gray_gambarasli),[1 0]);
graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli = ...
1.28*graythresh(inadjust_nf_gray_gambarasli);
bw_graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli = ...
in2bw(inadjust_nf_gray_gambarasli,graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli);
```

Gambar 6. Kode Matlab untuk mengubah citra mikroskopis sel darah menjadi bentuk biner

Pengimplementasian teknik *thresholding* pada Gambar 6 menggunakan fungsi `im2bw` yang tersedia di dalam interpreter matlab 7.0.

Proses Binerisasi dalam pembuatan aplikasi ini ditujukan agar memisahkan antara objek *background* dan objek sel darah, sehingga jumlah sel darah dapat dihitung.

4.5. Pengisian Lubang-lubang sel darah yang terdapat pada citra mikroskopis.

Pada saat proses binerisasi, mungkin terdapat lubang-lubang pada objek sel darah. Pada langkah ke-lima ini dilakukan pengisian lubang-lubang sel darah agar objek di dalam citra hanya terdiri atas objek *background* dan objek sel darah. Kode untuk pengisian ini ditampilkan dalam Gambar 7.

```
% PENGISIAN LUBANG SEL DARAH
fill_bw_graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli = ...
infill(bw_graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli,'holes');
se = strel('disk',5);
eroded_fill_bw_graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli = ...
inerode(fill_bw_graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli,se);
bin_image = ...
imdilate(eroded_fill_bw_graythresh_inadjust_nf_gray_gambarasli,se);
```

Gambar 7. Kode Matlab untuk mengisi lubang-lubang objek sel darah pada citra mikroskopis sel darah

4.6. Penghitungan jumlah sel darah.

Pada langkah ke-enam dilakukan penghitungan jumlah objek sel darah merah. Proses pembuatan label untuk setiap objek dilakukan dengan memanfaatkan fungsi `bwlabel` yang terdapat di interpreter matlab 7.0.

```
% MENGHITUNG JUMLAH SEL TOTAL
label_bin_image = bwlabel(bin_image);
Jumlah_Sel_Total = max(max(label_bin_image));
```

Gambar 8. Kode Matlab untuk menghitung jumlah objek sel darah pada citra mikroskopis sel darah

4.7. Penghitungan jumlah parasit plasmodium dalam citra mikroskopis sel darah.

Langkah terakhir dalam pembuatan aplikasi ini adalah penghitungan jumlah parasit plasmodium di dalam Citra Mikroskopis sel darah. Objek parasit memiliki intensitas warna yang berbeda dari sel darah normal.

Proses penghitungan parasit plasmodium terdiri dari tiga langkah, yaitu:

1. Proses *thresholding* terhadap citra mikroskopis sel darah. Hasil dari proses ini

- adalah citra yang hanya memiliki objek parasit plasmodium.
2. Pembuatan label untuk setiap objek parasit plasmodium.
 3. Jumlah parasit plasmodium adalah label tertinggi yang terdapat di dalam citra mikroskopis sel darah.

5. UJI COBA

Ujicoba dilakukan dengan menggunakan citra-citra mikroskopis sel darah yang terdapat di situs <http://www.cdc.gov/>. Uji Coba dilakukan dengan menampilkan hasil dari pengimplementasian setiap langkah aplikasi Pendeteksian Malaria Dalam Citra Mikroskopis Sel Darah Menggunakan Segmentasi Citra.

5.1 Ujicoba 1

Ujicoba 1 ini dimulai dengan langkah I yaitu pembacaan citra mikroskopis sel darah. Hasil dari pembacaan citra mikroskopis sel darah ditampilkan dalam Gambar 9(a).

Langkah II dalam aplikasi ini adalah perubahan citra mikroskopis sel darah menjadi bentuk *grayscale*. Hasil dari perubahan citra mikroskopis sel darah menjadi bentuk *grayscale* ditampilkan dalam Gambar 9(b).

Langkah III dalam aplikasi ini adalah pengurangan *noise* citra mikroskopis sel darah dengan menggunakan median filter. Hasil dari langkah III ini ditampilkan dalam Gambar 9(c).

Langkah IV dalam aplikasi ini adalah perubahan citra mikroskopis sel darah bentuk *grayscale* menjadi bentuk biner. Hasil dari langkah IV ini ditampilkan dalam Gambar 9(d).

Langkah V dalam aplikasi ini adalah pengisian lubang-lubang sel darah. Hasil dari langkah V ini ditampilkan dalam Gambar 9(e).

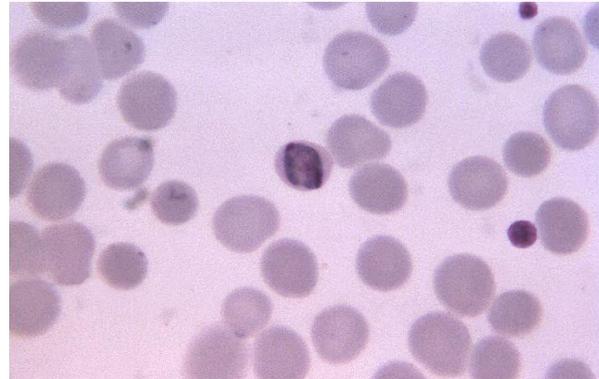
Langkah VI dalam aplikasi ini adalah melakukan pelabelan terhadap semua objek sel darah dalam citra mikroskopis sel darah. Label tertinggi (maksimal) menunjukkan jumlah sel darah dalam citra mikroskopis sel darah.

Langkah VII dalam aplikasi ini adalah penghitungan jumlah parasit plasmodium dalam citra mikroskopis sel darah. Sel darah yang rusak akibat dari aktifitas parasit plasmodium memiliki intensitas warna yang berbeda dengan sel darah. Berdasarkan perbedaan intensitas ini dapat dilakukan *thresholding* terhadap citra mikroskopis sel darah sehingga didapatkan objek-objek sel darah yang rusak oleh parasit plasmodium. Sel darah yang rusak akibat

aktifitas parasit plasmodium ini ditampilkan dalam gambar 9(f).

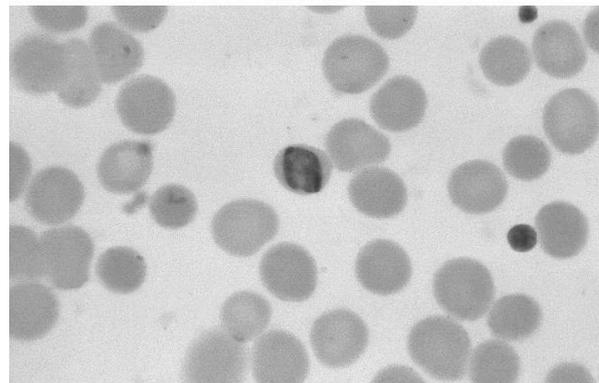
Hasil akhir dari aplikasi ini adalah menampilkan jumlah sel darah dan jumlah parasit plasmodium. Hasil ini ditampilkan dalam Gambar 9(g).

Citra Mikroskopis



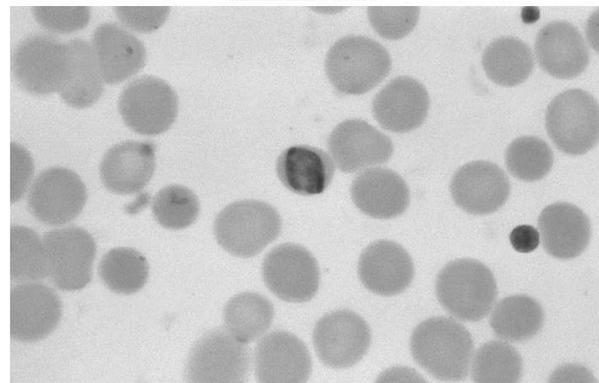
Gambar 9(a). Citra mikroskopis sel darah

Grayscale

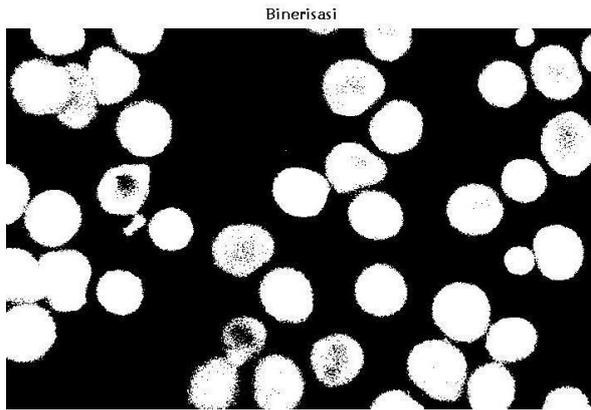


Gambar 9(b). Citra mikroskopis sel darah bentuk *grayscale*

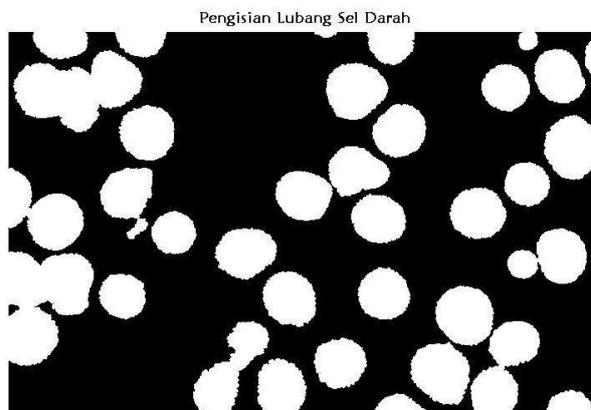
Citra Median Filter



Gambar 9(c). Hasil dari pengimplementasian median filter terhadap Citra mikroskopis sel darah



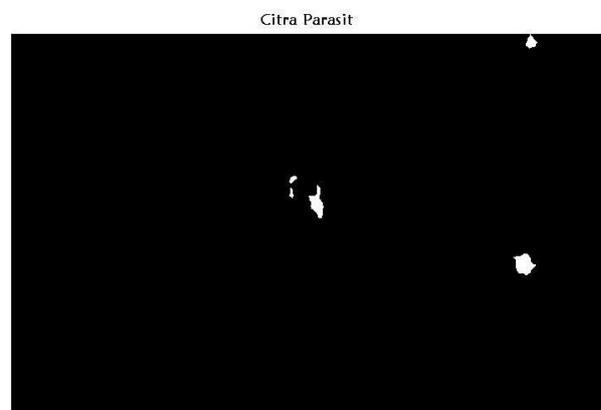
Gambar 9(d). Citra mikroskopis sel darah dalam bentuk biner



Gambar 9(e). Pengisian lubang-lubang terhadap sel darah pada Citra mikroskopis sel darah

darah dalam citra mikroskopis sel darah. Label tertinggi(maksimal) menunjukkan jumlah sel darah dalam citra mikroskopis sel darah.

Langkah VII dalam aplikasi ini adalah penghitungan jumlah parasit plasmodium dalam citra mikroskopis sel darah. Sel darah yang rusak akibat dari aktifitas parasit plasmodium memiliki intensitas warna yang berbeda dengan sel darah. Berdasarkan perbedaan intensitas ini dapat dilakukan *thresholding* terhadap citra mikroskopis sel darah sehingga didapatkan objek-objek sel darah yang rusak oleh parasit plasmodium. Sel darah yang rusak akibat aktifitas parasit plasmodium ini ditampilkan dalam gambar 10 (f).



Gambar 9(f). Objek parasit plasmodium dalam Citra mikroskopis sel darah

5.2 Uji Coba 2

Ujicoba 2 ini dimulai dengan langkah I yaitu pembacaan citra mikroskopis sel darah. Hasil dari pembacaan citra mikroskopis sel darah ditampilkan dalam Gambar 10(a).

Langkah II dalam aplikasi ini adalah pengubahan citra mikroskopis sel darah menjadi bentuk *grayscale*. Hasil dari pengubahan citra mikroskopis sel darah menjadi bentuk *grayscale* ditampilkan dalam Gambar 10 (b).

Langkah III dalam aplikasi ini adalah pengurangan *noise* citra mikroskopis sel darah dengan menggunakan median filter. Hasil dari langkah III ini ditampilkan dalam Gambar 10 (c).

Langkah IV dalam aplikasi ini adalah pengubahan citra mikroskopis sel darah bentuk *grayscale* menjadi bentuk biner. Hasil dari langkah IV ini ditampilkan dalam Gambar 10 (d).

Langkah V dalam aplikasi ini adalah pengisian lubang-lubang sel darah. Hasil dari langkah V ini ditampilkan dalam Gambar 10 (e).

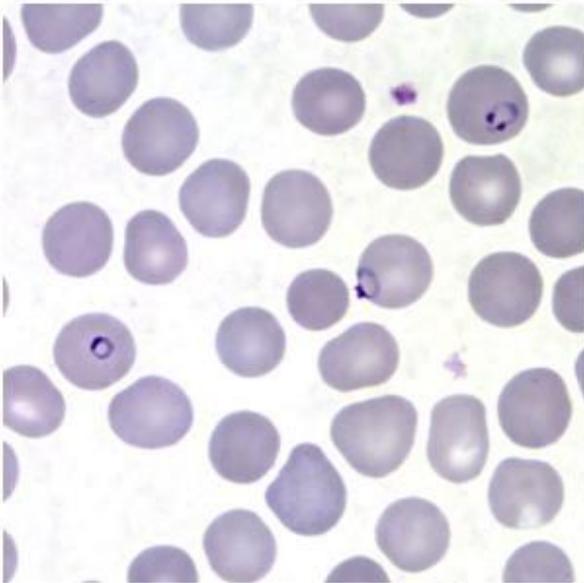
Langkah VI dalam aplikasi ini adalah melakukan pelabelan terhadap semua objek sel

```
Jumlah_Sel_Total =
    41

Jumlah_Parasit =
    3
```

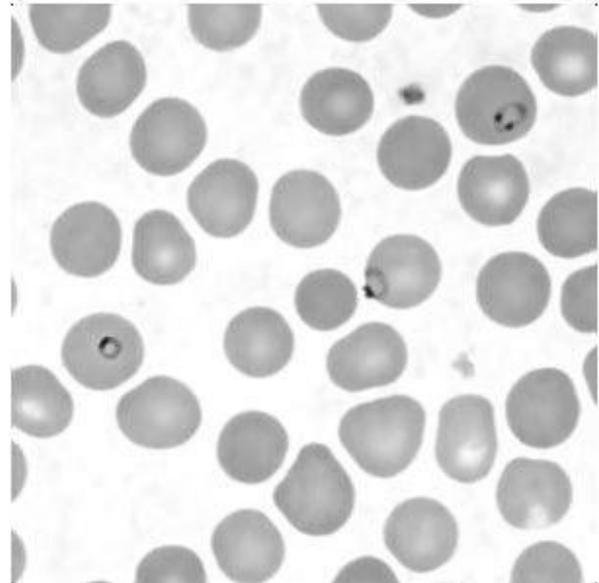
Gambar 9(g). Hasil akhir dari aplikasi

Citra Mikroskopis



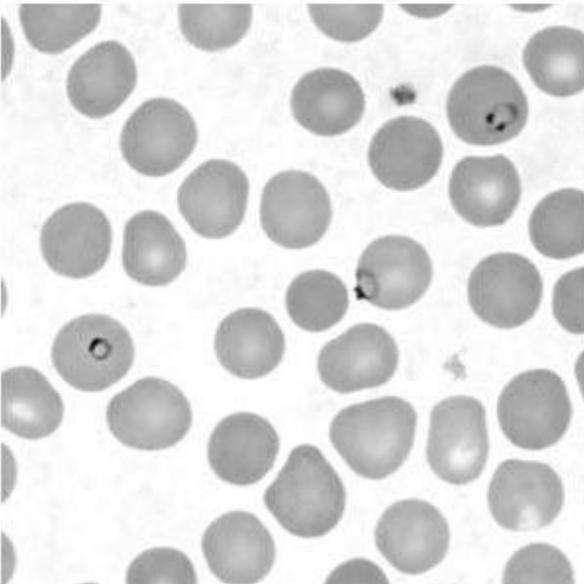
Gambar 10(a). Citra mikroskopis sel darah

Citra Median Filter



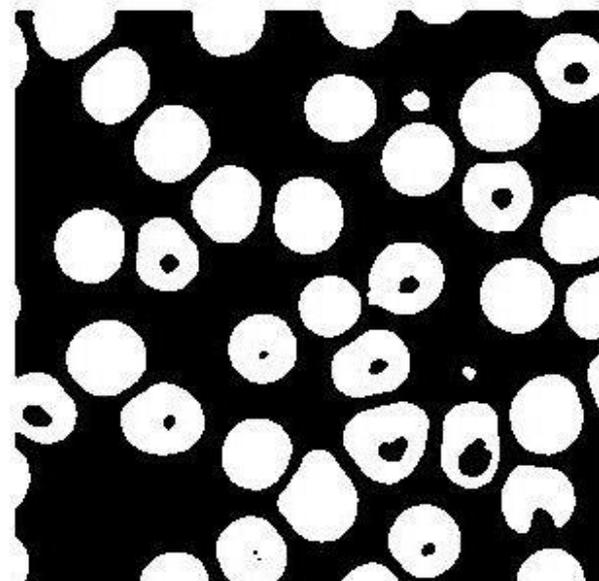
Gambar 10 (c). Hasil dari pengimplementasian median filter terhadap Citra mikroskopis sel darah

Grayscale



Gambar 10 (b). Citra mikroskopis sel darah bentuk grayscale

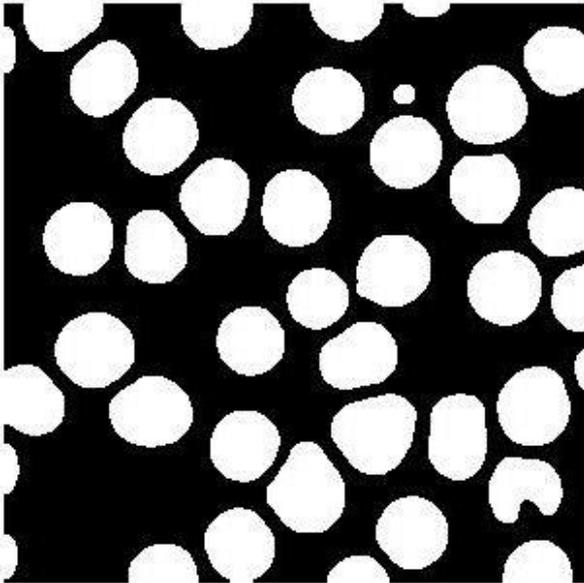
Binerisasi



Gambar 10 (d). Citra mikroskopis sel darah dalam bentuk biner

Hasil akhir dari aplikasi ini adalah menampilkan jumlah sel darah dan jumlah parasit plasmodium. Hasil ini ditampilkan dalam Gambar10 (g).

Pengisian Lubang Sel Darah



Gambar 10 (e). Pengisian lubang-lubang terhadap seldarah pada Citra mikroskopis sel darah

Citra Parasit



Gambar 10 (f). Objek parasit plasmodium dalam Citra mikroskopis sel darah

```
Jumlah_Sel_Total =
    41

Jumlah_Parasit =
    3
```

Gambar 10 (g). Hasil akhir dari aplikasi

6. KESIMPULAN DAN SARAN

PENGEMBANGAN SELANJUTNYA

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan ujicoba pada aplikasi Pendeteksian Malaria Dalam Citra Mikroskopis Sel Darah Menggunakan Segmentasi Citra dalam penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbedaan intensitas warna antara sel darah dengan sekitarnya dapat dimanfaatkan untuk menghitung jumlah sel darah dalam sebuah citra mikroskopis sel darah.
2. Perbedaan intensitas warna antara parasit plasmodium dengan sel darah dan juga sekitarnya dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi dan menghitung sel parasit plasmodium di dalam citra mikroskopis sel darah.

6.2 Saran Pengembangan Selanjutnya

Penelitian tentang kandungan sel darah memang topik yang sangat menarik dan mengandung banyak misteri yang dapat diungkapkan dalam peningkatan pelayanan medis. Saran untuk pengembangan aplikasi ini adalah:

1. Perbandingan prosentasi antara objek sel darah dengan objek parasit plasmodium dapat dijadikan sebagai bahan untuk mengetahui tingkatan penyebaran parasit plasmodium di dalam darah pasien.
2. Ukuran objek parasit plasmodium dapat dijadikan sebagai bahan untuk mengetahui fase parasit plasmodium di dalam darah pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Center For Disease Control and Prevention, Malaria Parasites, <http://www.dpd.cdc.gov>, 5 Agustus 2014 12:11am.
- [2] Rafeal C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image. Processing with Matlab : 2 nd edition*, Prentice Hall, New Jersey, 2006.
- [3] Angraini, D., Nugroho, A.S., Pratama, C., Rozi, I.E., Iskandar, A.A., Hartono, R.N. (2011). Automated Status Identification of Microscopic Images Obtained from Malaria Thin Blood Smears.