

SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi



Kutipan dari Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan,
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia
Nomor: 34/E/KPT/2018
Tentang Hasil Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 3 Tahun 2018

CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)

E-ISSN: 2502714X

Penerbit: Universitas Negeri Medan

Ditetapkan sebagai Jurnal Ilmiah

TERAKREDITASI PERINGKAT 3

Akreditasi berlaku selama 5 (lima) tahun, yaitu
Volume 2 Nomor 1 Tahun 2017 sampai Volume 6 Nomor 2 Tahun 2021

Jakarta, 10 Desember 2018

Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan

Dr. Muhammad Dimiyati
NIP. 195912171984021001



35	<i>Bravo's</i>	2597677X	STKIP PGRI Jombang	Reakreditasi Naik Peringkat dari Peringkat 5 ke Peringkat 4 mulai Volume 9 Nomor 2 Tahun 2021 sampai Volume 14 Nomor 1 Tahun 2026
36	Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam	27162554	Politeknik Ahli Usaha Perikanan	Akreditasi Baru Peringkat 4 mulai Volume 2 Nomor 1 Tahun 2020 sampai Volume 6 Nomor 2 Tahun 2024
37	Buletin Studi Ekonomi	25805312	Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana	Reakreditasi Tetap di Peringkat 4 mulai Volume 25 Nomor 2 Tahun 2020 sampai Volume 30 Nomor 1 Tahun 2025
38	Capital : Jurnal Ekonomi dan Manajemen	25989618	Universitas PGRI Madiun	Reakreditasi Naik Peringkat dari Peringkat 5 ke Peringkat 4 mulai Volume 5 Nomor 1 Tahun 2021 sampai Volume 9 Nomor 2 Tahun 2025
39	Cendekiawan	2685595X	Universitas Muhammadiyah Bangka Belitung Press	Akreditasi Baru Peringkat 4 mulai Volume 1 Nomor 1 Tahun 2019 sampai Volume 5 Nomor 2 Tahun 2023
40	CESS (<i>Journal of Computer Engineering, System and Science</i>)	2502714X	Universitas Negeri Medan	Reakreditasi Turun Peringkat dari Peringkat 3 ke Peringkat 4 mulai Volume 6 Nomor 2 Tahun 2021 sampai Volume 11 Nomor 1 Tahun 2026
41	Citra Delima: Jurnal Ilmiah STIKES Citra Delima Bangka Belitung	26550792	STIKES Citra Delima Bangka Belitung	Reakreditasi Naik Peringkat dari Peringkat 5 ke Peringkat 4 mulai Volume 5 Nomor 1 Tahun 2021 sampai Volume 9 Nomor 2 Tahun 2025



JESS (JOURNAL OF COMPUTER ENGINEERING, SYSTEM AND SCIENCE)

UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

P-ISSN : 25027131 <> E-ISSN : 2502714X Subject Area : Science

**2.91071**
Impact Factor

**2175**
Google Citations

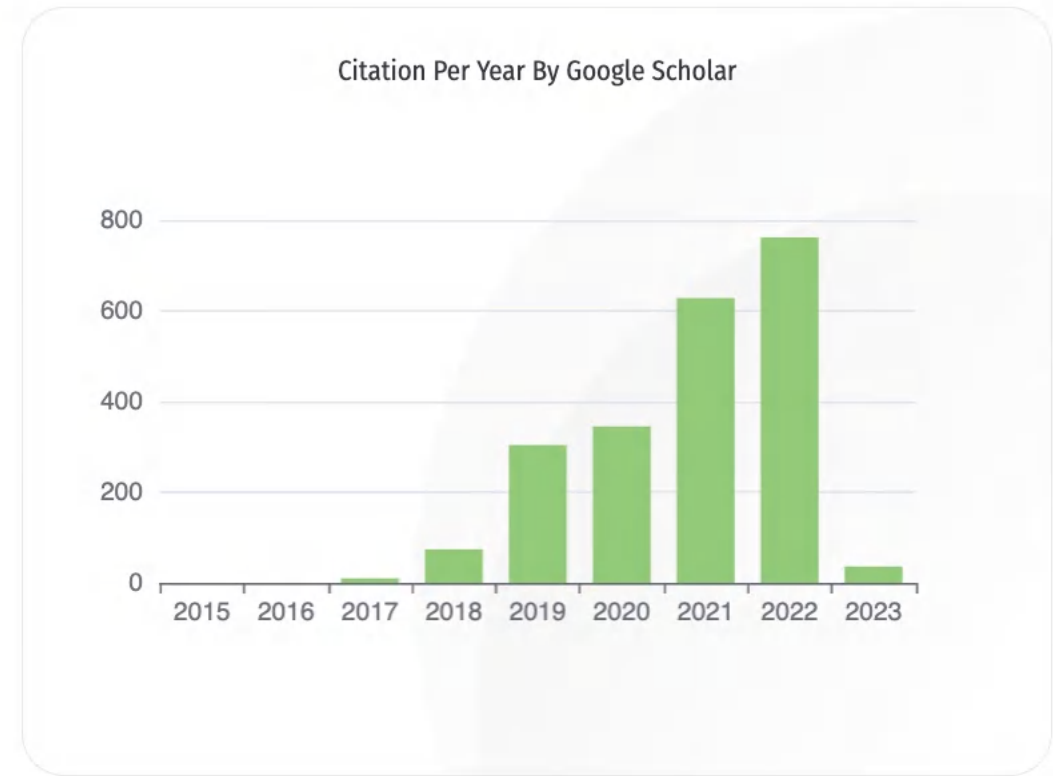
**Sinta 4**
Current Accreditation

 Google Scholar

 Garuda

 Website

 Editor URL



Journal By Google Scholar

	All	Since 2018
Citation	2175	2155
h-index	24	24
i10-index	63	63



***JOURNAL OF
COMPUTER ENGINEERING,
SYSTEM AND SCIENCE (CESS)***



Volume 7 Nomor 2 Juli 2022

P-ISSN : 2502-7131
E-ISSN : 2502-714X



<https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess/index> 

journal_cess@unimed.ac.id 

Universitas Negeri Medan 
Jl. Willem Iskandar Pasar v Medan Estate,
Medan, 20221, Sumatera Utara

Indexed Journal:





Home > **AIMS AND SCOPE**

AIMS AND SCOPE

CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science) contains articles on research results and conceptual studies in the fields of informatics engineering, computer science and information systems. The main topics published include:

1. Information security
2. Computer security
3. Networking & Data communication
4. Cloud & grid computing
5. Mobile Computing & Applications
6. Artificial Intelligence
7. Decision Support System
8. Data Minig
9. Other topics related to information technology

CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)



CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science) is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

USER

Username

Password

☐ Remember me

Login

JOURNAL INFO

[Focus And Scope](#)

[Publication Ethice](#)

[Copyright Notice](#)

[Contact Us](#)

[Editorial Team](#)

[Reviewer](#)

[Indexing](#)



Home > **EDITORIAL TEAM**

EDITORIAL TEAM

EDITOR IN CHIEF

- Mohamad Ihwani, (Scopus ID : [57204047751](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia

ASSOCIATE EDITOR

- Adi Widarma, (Scopus ID : [57204180007](#) | SINTA ID : [6018955](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Asahan, Indonesia
- Oris Krianto Sulaiman, (Scopus ID : [57202255486](#) | SINTA ID : [5974793](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Islam Sumatera Utara, Indonesia
- M. Dedi Irawan, (SINTA ID : [6054939](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Indonesia
- Bagoes Maulana, (SINTA ID : [75078](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Swono Sibagariang, (SINTA ID : [5998801](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Politeknik Negeri Batam, Indonesia
- Beny Irawan, (SINTA ID : [6659528](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Institut Kesehatan Medistra Lubuk Pakam, Indonesia

EDITORIAL ADVISORY BOARD

- Hermawan Syahputra, (Scopus ID : [56568270900](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Janner Simarmata, (Scopus ID : [57204151181](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Sriadhi, (Scopus ID : [57202300419](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia

ASSISTANT EDITOR

- Muhammad Basri, Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Rianda Armaya, Universitas Negeri Medan, Indonesia

CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)



CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science) is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#)

USER

Username

Password

☐ Remember me

JOURNAL INFO

[Focus And Scope](#)

[Publication Ethics](#)

[Copyright Notice](#)

[Contact Us](#)

[Editorial Team](#)

[Reviewer](#)

[Indexing](#)

[Visitor Statistic](#)

[Author Guidelines](#)

[Submission Guidelines](#)



PEER REVIEWERS

- Robbi Rahim, (Scopus ID : [57202895920](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen Sukma, Indonesia
- Agus Perdana Windarto, (Scopus ID : [57197780326](#) | Profil : [Google Scholar](#)), STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar, Indonesia
- Anjarwanto, (Scopus ID : [57200091869](#) | Profil : [Google Scholar](#)), STIKOM Tunas Bangsa Pematangsiantar, Indonesia
- Sriadhi, (Scopus ID : [57202300419](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Mesran, (Scopus ID : [57202058599](#) | Profil : [Google Scholar](#)), STMIK Budi Darma Medan, Sumatera Utara, Indonesia
- Janner Simarmata, (Scopus ID : [57204151181](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Qurotul Aini, (Scopus ID : [57211980890](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Raharja, Indonesia
- Rohmat Indra Borman, (Scopus ID : [57205615323](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Teknokrat Indonesia, Indonesia
- Heliza Rahmania Hatta, (Scopus ID : [56596337500](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Mulawarman, Indonesia
- Dwi Ely Kurniawan, (Scopus ID : [57200983756](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Politeknik Negeri Batam, Indonesia
- Alfa Saleh, (Scopus ID : [57200210551](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Potensi Utama, Indonesia
- Rohmat Gunawan, (Scopus ID : [57211267688](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Siliwangi, Indonesia
- Galih Abdul Fatah, (Scopus ID : [57202308014](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Garut, Indonesia
- Puji Sari Ramadhan, (Scopus ID : [57222343067](#) | Profil : [Google Scholar](#)), STMIK Triguna Dharma, Indonesia
- Dudih Gustian, (Scopus ID : [57203143861](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Nusa Putra, Indonesia
- Hermawan Syahputra, (Scopus ID : [56568270900](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Negeri Medan, Indonesia
- Dimas Sasongko, (Scopus ID : [57193503355](#) | Profil : [Google Scholar](#)), Universitas Muhammadiyah Magelang, Indonesia

CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)



CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science) is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

USER

Username

Password

☐ Remember me

JOURNAL INFO

[Focus And Scope](#)

[Publication Ethics](#)

[Copyright Notice](#)

[Contact Us](#)

[Editorial Team](#)

[Reviewer](#)

[Indexing](#)

[Visitor Statistic](#)

[Author Guidelines](#)

[Submission Guidelines](#)

[Author Fee](#)

Table of Contents

Kernel Comparison on Support Vector Machine for Detecting Stairs Descent <i>Ahmad Wali Satria Bahari Johan, Ardian Yusuf Wicaksono, Muhammad Dzulfikar Fauzi, Rizky Fenaldo Maulana, Kharisma Monika Dian Pertiwi</i>	289-298
Decision Support System for Teacher Performance Assessment at the Yayasan Pendidikan Islam Al-Islamiyah with the Analytical Hierarchy Process Method (AHP) <i>Sulhi Romadhoni, Anita Diana</i>	299-314
Decision Tree and K-Nearest Neighbor (K-NN) Algorithm Based on Particle Swarm Optimization (PSO) for Diabetes Mellitus Prediction Accuracy Analysis <i>Andi Nur Rachman, Supratman, Euis Nur Fitriani Dewi</i>	315-324
Forecasting Room Occupancy Rates Based on Hotel Class in Bali Using the ARIMA Method <i>I Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi, Ni Putu Sri Mulyani, Wayan Gede Suka Parwita</i>	325-339
Comparative Audit of Batam City Information System and COVID-19 National Website <i>Hendi Sama, Muhammad Rivaldy Hisham, Jumiliono Pratama, Luky Andito, Andy Kho, Hendry Wijaya</i>	340-354
Video Streaming Data Security Using AES-Rijndael Algorithm <i>Zebedeus Cheyso, I Made Agus Dwi Suarjaya, Gusti Made Arya Sasmita</i>	355-367
Analysis of User Acceptance of OpenSource Software (OSS) Using Task Technology Fit (TTF) and Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 (UTAUT 2) Model <i>Stephanie Ngadiman, Nurul Mutiah, Renny Puspita Sari</i>	368-383
K-Nearest Neighbor's Accuracy in Dermatic Bacterial Disease Diagnosis Results <i>Puji Sari Ramadhan, Saiful Nurafif, Muhammad Syahril</i>	384-393
Dashboard System for Predicting Student Practicum Performance Using the Data Mining Method <i>Adam Fahsyah Nurzaman, Riyanto Jayadi</i>	394-406
Volumetry Reality Augmented Reality Application with Android Based Marker Based Tracking Method <i>Tri Ika Jaya Kusumawati</i>	407-419

Clustering Analysis in Sales Grouping Using The K-Means Algorithm at Cafe 47°Coffee <i>Raihan Hidayat, Harni Kusniyati</i>	420-434
Comparison of Adam's Optimization Function and Stochastic Gradient Descent on Bad Credit Classification of Savings and Loan Cooperatives Using Multilayer Perceptron <i>Jaka Tirta Samudra, B. Herawan Hayadi</i>	435-441
Online Standard Test System Based on HOTS Using Fisher-Yates Shuffle Algorithm on Final Level Students in Medan State University <i>Mulyahadi Wijaya Duha, Arie Rafika Dewi, Eka Rahayu</i>	442-448
Detections of White Blood Cell Areas in Unstained Blood Smear Images using Morphological Techniques <i>Lina, Michelle Augustine, Arlends Chris</i>	449-458
Implementation of Random Forest on Face Recognition Using Isomap Features <i>Rifki Kosasih, Achmad Fahrurrozi, Desti Rimirarsih</i>	459-469
Application of Arnold Cat Map and Logistic Map Methods for Securing Citizens' Data Image <i>Thomas Adi Putra, Ikhwan Ruslianto, Syamsul Bahri</i>	470-481
Implementation of Mamdani Fuzzy Logic on Obstacle Avoidance Robots <i>Wahiddatun Nisa, Dwi Marisa Midyanti, Dedi Triyanto, Irma Nirmala</i>	482-494
Implementation of Decision Support System for Determining the Best Posyandu Using the Simple Additive Weighting Method <i>Allsela Meiriza, M. Rifki Ali</i>	495-509
Internet of Things Based Monitoring and Control System for Indoor Lettuce Cultivation on Soil Media <i>Caecilia Cantica Gita Mileniae Ahen, Ikhwan Ruslianto, Uray Ristian</i>	510-525
Determine the Eligibility Level of Village Fund Direct Cash Assistance Recipients using Fuzzy Mamdani Method <i>Hansen Alexander Rustan, Ikhwan Ruslianto, Irma Nirmala</i>	526-536
Drugs consumption clustering model using K-Means Technique <i>Haviluddin Haviluddin, Yudi Sukmono, Didit Suprihanto, Arif Harjanto, Olivia Angelica Murtioso</i>	537-546
Implementation of VIKOR Method in Determining Recipients of Cash Direct Assistance in Kalimas Village <i>Sy Kamal Baraqbah, Rahmi Hidayati, Irma Nirmala</i>	547-559

Payroll Program Design at The Employee Cooperative of The Republic Indonesia Kancawinaya Teachers Karawang <i>Nuraeni Herlinawati, Dahlia Dahlia, Verry Riyanto, Ganda Wijaya</i>	560-571
Irrigation Control Using Fuzzy Logic on The Internet of Things Agriculture System <i>Angga Prasetyo, Yovi Litanianda, Fadelan, Arief Rahman Yusuf, Sugianti</i>	572-580
Epoch Optimization on Rice Leaf Image Classification Using Convolutional Neural Network (CNN) MobileNet <i>Fauzan Masykur, Mohammad Bhanu Setyawan, Kuntang Winangun</i>	581-590
Determination of the Quality of Onion Seeds using Additive Ratio Assessment (ARAS) Method <i>Juniar Hutagalung, Mukhlis Ramadhan, Muhammad Dahria, Rudi Gunawan</i>	591-602

Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS
(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



**Pendeteksian Area Sel Darah Putih pada Citra Darah Tanpa Pewarnaan
dengan Teknik Morfologi**

***Detections of White Blood Cell Areas in Unstained Blood Smear Images using
Morphological Techniques***

Lina^{1*}, Michelle Augustine², Arlends Chris³

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara

³ Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara

Jl. Letjen. S. Parman No.1, Grogol Petamburan, Jakarta 11440

email: ¹lina@untar.ac.id, ²michelle@stu.untar.ac.id, ³daniel.a71e@gmail.com

Submitted: 22 Juni 2022 | Revision: 19 Juli 2022 | Accepted: 26 Juli 2022

ABSTRAK

Diagnosis penyakit melalui analisis terhadap sel darah putih sangat bermanfaat dalam bidang medis. Seiring dengan kemajuan teknologi, proses analisis terhadap sel darah putih secara otomatis semakin banyak dikembangkan. Namun demikian, selama ini proses pendeteksian sel darah putih umumnya menggunakan preparat yang telah diwarnai terlebih dahulu untuk memperjelas lokasi keberadaan sel darah putih. Proses pewarnaan preparat membutuhkan waktu dan biaya yang cukup tinggi. Dalam penelitian yang dikembangkan, citra masukan bagi sistem adalah citra preparat yang tidak melalui proses pewarnaan sama sekali. Selanjutnya proses pendeteksian area sel darah putih dimulai dengan tahapan *pre-processing* untuk pengolahan domain warna citra, penghalusan citra, penajaman citra, serta teknik morfologi. Tahapan berikutnya adalah melakukan eliminasi area sel darah merah dari citra hasil *pre-processing* menggunakan metode transformasi *watershed*. Selanjutnya, tahapan *post-processing* dilakukan menggunakan teknik dilasi dan ekstraksi fitur berdasarkan perhitungan nilai karakteristik ukuran dan rasio setiap area yang tersisa. Luaran yang dihasilkan oleh sistem berupa hasil deteksi area citra yang mengandung sel darah putih saja. Sistem yang dikembangkan kemudian diujicobakan terhadap 167 data citra sel darah. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem mampu menghilangkan area sel darah merah dari citra preparat tanpa pewarnaan hingga 97%, namun rata-rata tingkat akurasi pendeteksian sistem belum optimal yaitu 46.13% dari jumlah citra uji.

Kata Kunci: *Sel Darah Putih; Preparat tanpa Pewarnaan; Operasi Morfologi; Otsu Thresholding, Watershed.*

*Penulis Korespondensi: Lina
email: lina@untar.ac.id

ABSTRACT

Diagnosis of diseases through the analysis of white blood cells is very useful in the medical field. Along with technological advances, the development of automatic white blood cells analytic systems is also increased. However, researchers usually use stained images in the process of detecting white blood cells in order to achieve high clarity of the presence of white blood cells in the images. The process of staining process normally requires a high amount of time and cost. In this research, the input image for the proposed system is the unstained image that does not go through the slide coloring processes at all. The detection process of the white blood cell area begins with the pre-processing stage which consists of processing the image color domain, image smoothing, image sharpening, and implementations of morphological techniques. The next step is to eliminate the red blood cell areas from the pre-processed image using the watershed transformation method. Finally, the post-processing stage is carried out using dilation and the feature extraction techniques based on the calculation of the size and ratio values of each remaining areas. The output of the system is the detected areas of the white blood cells. The developed system was tested on 167 blood cell images. The experimental results show that the proposed system is able to remove up to 97% of the red blood cell area from the unstained images. However, the average detection accuracy of the system is not optimal with only 46.13% of the test images.

Keywords: *White Blood Cell; Unstained Blood Smear; Morphological Operation; Otsu Thresholding; Watershed Transformation.*

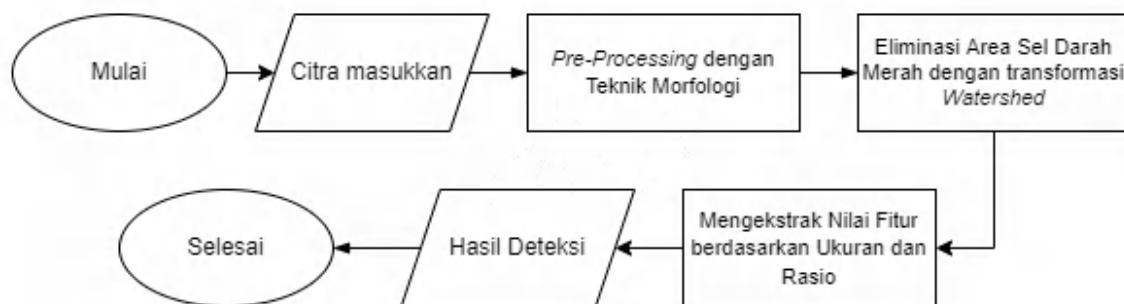
1. PENDAHULUAN

Sel darah putih merupakan salah satu bagian dari komposisi sel darah manusia yang memiliki peranan penting dalam sistem imun tubuh untuk membunuh kuman penyakit yang masuk ke aliran darah. Hal ini yang menyebabkan pendeteksian sel darah putih menjadi salah satu prosedur umum untuk mendapatkan informasi mengenai diagnosis penyakit dari sampel darah yang diamati. Oleh sebab itu, hingga saat ini masih banyak penelitian yang diselesaikan dengan menggunakan metode pengolahan citra seperti pendeteksian menggunakan teknik kontur atau pewarnaan untuk mendeteksi sel darah putih [1][2][3]. Selain itu banyak terdapat penelitian terkait pendeteksian dan pengenalan sel darah putih dari citra preparat dengan pendekatan *neural networks* [4][5]. Namun, selama ini proses pendeteksian sel darah putih umumnya dilakukan menggunakan citra darah yang telah diberi pewarnaan terlebih dahulu, sehingga penampakan warna sel darah putih terlihat lebih kontras pada mikroskop. Proses pendeteksian dan pengenalan terhadap sel darah putih dengan pewarnaan diketahui telah memberikan hasil yang optimal, namun proses pewarnaan preparat sel darah ini memerlukan waktu yang lebih lama serta tenaga dan biaya yang cukup tinggi. Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, sistem yang diusulkan pada makalah ini adalah pendeteksian area sel darah putih menggunakan citra preparat tanpa pewarnaan.

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah pendeteksian area sel darah putih secara otomatis pada citra preparat tanpa pewarnaan. Dalam penelitian ini, peneliti fokus pada penggunaan teknik pengolahan citra dan *computer vision* yang meliputi teknik morfologi, transformasi *watershed*, serta teknik ekstraksi fitur berdasarkan ukuran dan rasio citra untuk memperoleh hasil akurasi yang baik untuk pendeteksian area sel darah putih dari citra preparat tanpa melalui proses pewarnaan.

2. SISTEM PENDETEKSIAN SEL DARAH PUTIH

Sistem yang dirancang adalah sistem untuk mendeteksi sel darah putih pada citra preparat tanpa pewarnaan menggunakan teknik morfologi. Dalam sistem yang dikembangkan, citra masukan bagi sistem adalah citra preparat yang tidak melalui proses pewarnaan sama sekali. Citra preparat sel darah diambil menggunakan kamera yang diletakkan pada lensa okuler mikroskop. Selanjutnya dilakukan tahapan *pre-processing* terhadap citra yang terdiri dari proses ekstraksi nilai saturasi pada citra dengan domain warna *Hue Saturation Value* (HSV), proses penghalusan citra menggunakan *Gaussian Smoothing*, proses penajaman citra, proses *grayscale* dan *thresholding*, dan diakhiri dengan pemrosesan citra dengan teknik morfologi [6][7]. Tahapan berikutnya adalah melakukan eliminasi area sel darah merah dari citra hasil *pre-processing* menggunakan metode transformasi *watershed*. Hasil akhir dari sistem berupa area yang berisi sel darah putih saja. Selanjutnya, tahapan *post-processing* akan dilakukan menggunakan teknik dilasi dan perhitungan nilai karakteristik berdasarkan ukuran dan rasio setiap area yang tersisa. Sistem akan menandai area tersebut dengan kotak sebagai area sel darah putih yang terdeteksi. Skema dari sistem deteksi yang dikembangkan dapat dilihat di Gambar 1.



Gambar 1. Skema Sistem yang Dirancang

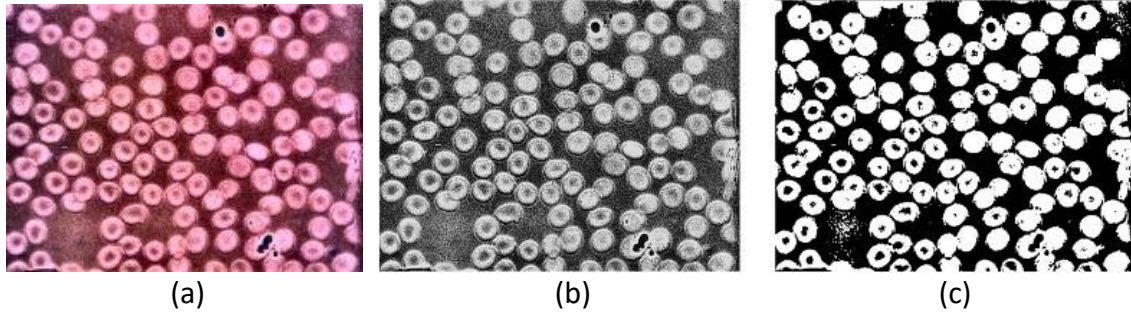
2.1. Tahap *Pre-processing*

Pada tahapan ini, perbaikan kualitas citra dilakukan secara menyeluruh untuk mengekstraksi area sel darah putih dan memperkuat kontras terhadap area sel darah merah. Hal ini dikarenakan saat pengambilan citra, keseragaman intensitas cahaya dan tingkat kontras citra tidak dapat sama satu sama lainnya. Citra merupakan fungsi penerus dari intensitas cahaya, dimana cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik. Terdapat dua jenis citra, yaitu citra analog dan citra digital. Citra digital memiliki susunan dua dimensi yang disimpan dalam bentuk *array* dua dimensi (matriks). Piksel merupakan nilai yang menjadi penyusun warna dalam sebuah citra, baik *grayscale*, *Red Green Blue* (RGB) maupun dalam ruang warna lainnya [8].

Langkah pertama yang dilakukan pada tahap *pre-processing* adalah memperjelas area sel darah putih yang memiliki nilai tekstur lebih tinggi. Ruang warna merupakan model matematis dari informasi warna yang terdapat di citra digital. Rangkaian nilai piksel yang berada di citra digital mewakili warna tersebut dan membentuk komponen warna yang dapat dikombinasikan. Pada citra dengan domain warna RGB, area dari sel darah putih tidak terlihat atau transparan, sehingga perlu dilakukan konversi perubahan ruang warna dari RGB ke HSV untuk mengekspos area yang berpotensi sebagai area sel darah putih [6]. Selanjutnya, nilai Saturasi pada citra dalam

ruang warna HSV akan diekstraksi untuk mendapatkan informasi mengenai tekstur. Citra hasil ekstraksi direpresentasikan sebagai area yang mengandung titik-titik.

Setelah melakukan konversi dalam ruang warna HSV, akan diterapkan proses *smoothing* dan *sharpening* untuk mengurangi *noise* pada citra. Proses *smoothing* dapat mengikuti rumusan Kernel Gaussian dan proses *sharpening* dapat mengikuti teknik konvolusi. Tahapan terakhir dari proses konversi ruang warna adalah perubahan citra HSV menjadi citra *grayscale* sehingga dapat digunakan dalam proses *thresholding*. Hasil dari proses ini dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Citra setelah (a) *Smoothing*, (b) *Grayscale*, dan (c) *Thresholding*

Pada tahapan *thresholding*, citra *grayscale* dikonversi menjadi citra biner. Salah satu metode *thresholding* yang populer digunakan adalah *Otsu Thresholding*. Algoritma *Otsu Thresholding* mengikuti rumusan sebagai berikut [9][10]:

1. Bentuk histogram dari citra *grayscale* untuk mendapatkan jumlah piksel pada setiap tingkat keabuan.
2. Kalkulasi probabilitas dari setiap piksel n_i menggunakan persamaan berikut:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

3. Kalkulasi jumlah kumulatif untuk setiap tingkat keabuan piksel menggunakan persamaan berikut:

$$\omega(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (2)$$

4. Kalkulasi rata-rata kumulatif menggunakan persamaan berikut:

$$\mu(k) = \sum_{i=0}^k i \cdot p_i \quad (3)$$

5. Kalkulasi rata-rata intensitas global menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} i \cdot p_i \quad (4)$$

6. Kalkulasi varians antar kelas menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (5)$$

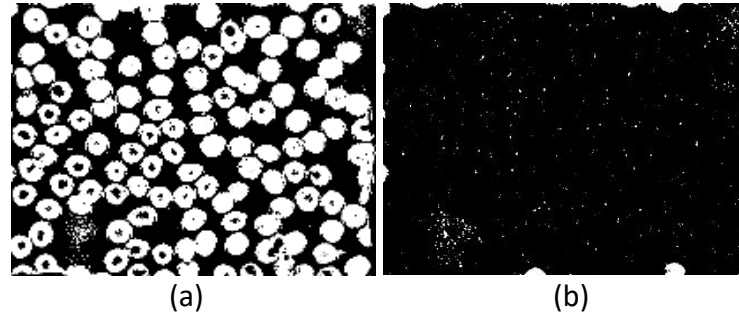
7. Dari hasil varians antar kelas (langkah 6), pilih nilai maksimum yang akan digunakan sebagai nilai *thresholding* berdasarkan persamaan berikut:

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k < L} \sigma_B^2(k) \quad (6)$$

8. Lakukan *general thresholding* untuk menentukan apakah suatu area bernilai 1 atau 0 menggunakan persamaan berikut:

$$G(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (7)$$

dimana T merupakan nilai *threshold*, dan $f(x, y)$ merupakan nilai piksel di posisi x dan y .



Gambar 3. Citra (a) Hasil Morfologi, (b) Hasil Transformasi *Watershed*

Pada tahapan terakhir dari *pre-processing*, dilakukan teknik morfologi pada citra untuk meningkatkan aspek dari bentuk dan struktur agar area yang menjadi target dapat dikenali dengan mudah. Tujuan utama dari teknik morfologi pada sistem ini adalah untuk memperjelas bentuk dan area sel dengan menghilangkan objek-objek kecil yang bukan merupakan bagian dari objek yang diamati (menggunakan erosi [11]) atau mengisi lubang atau area kosong di dalam objek atau area sel. Dalam sistem yang dikembangkan, digunakan teknik morfologi meliputi teknik dilasi untuk menebalkan area sel darah merah menjadi satu area yang utuh, teknik erosi untuk menghilangkan piksel kecil yang kemungkinan merupakan *noise* pada citra. Rumusan dari teknik dilasi menggunakan persamaan (8) dan teknik erosi tercakup dalam persamaan (9).

$$g(x, y) = f(x, y) \oplus SE \quad (8)$$

$$g(x, y) = f(x, y) \ominus SE \quad (9)$$

Hasil dari proses dengan teknik morfologi dapat dilihat di Gambar 3(a).

2.2. Tahap Eliminasi Area Sel Darah Merah

Pada sistem yang dikembangkan, transformasi *watershed* digunakan untuk melakukan segmentasi. Transformasi *watershed* merupakan metode segmentasi yang kuat dengan konsep menggabungkan teknik pertumbuhan daerah dan deteksi tepi untuk membagi citra menjadi dua area yang berbeda, yaitu cekungan resapan dan garis daerah aliran sungai. Jika suatu citra dapat dilihat sebagai permukaan topografi, transformasi *watershed* dapat dipahami sebagai proses penggenangan, sehingga setiap dua badan air dari muara yang berbeda bertemu membentuk garis (bendungan). Saat menerapkan transformasi *watershed* pada gradien citra, proses dilakukan sesuai dengan area yang memiliki tingkat keabuan citra yang homogen.

Konsep dari transformasi *watershed* adalah bahwa sebuah citra memiliki bentuk tiga dimensi, dimana posisi dari piksel (x , y dan z) merupakan setiap tingkat warna yang dimiliki piksel tersebut. Jadi, posisi x dan y adalah bidang dasar atau lokasi piksel, sedangkan posisi z adalah tingkat warna piksel. Tujuan dari transformasi *watershed* ini adalah untuk menghilangkan area citra yang mengandung sel darah merah. Dalam prosesnya, transformasi *watershed* diterapkan pada citra

pre-processing yang telah menerapkan proses erosi. Hasil yang diperoleh dari proses ini adalah citra yang hanya menyisakan area tekstur berupa area titik-titik.

Algoritma dari transformasi *watershed* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut [12]:

1. Carilah nilai minimum dan maksimum dari piksel $g(x, y)$ sebagai nilai minimum dan maksimum. Tetapkan koordinat minimum ke M_i . Topografi akan tergenang dalam peningkatan genangan *integer* dari $n = \min + 1$. Misalkan $C_n(M_i)$ sebagai koordinat cekungan resapan yang berkaitan dengan M_i minimum yang tergenang pada tahap n .
2. Hitunglah:

$$C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n] \quad (11)$$

Jika $(x, y) \in C(M_i)$ dan $(x, y) \in T[n]$, $C_n(M_i) = 1$ di lokasi (x, y) ; jika tidak $C_n(M_i) = 0$. Kemudian misalkan $C[n]$ menyatakan gabungan dari cakupan resapan yang tergenang pada tahap n :

$$C[n] = \bigcup_{i=1}^R C_n(M_i) \quad (12)$$

Tetapkan $n = n + 1$.

3. Turunkan himpunan komponen terhubung dalam $T[n]$ yang dinyatakan sebagai Q . Untuk setiap komponen terhubung $q \in Q[n]$, terdapat tiga kondisi:
 - a. Jika $q \cap C[n-1]$ kosong, komponen q yang terhubung digabungkan ke dalam $C[n-1]$ untuk membentuk $C[n]$ karena mewakili minimum baru yang ditemui.
 - b. Jika $q \cap C[n-1]$ mengandung satu komponen yang terhubung dari $C[n-1]$, komponen q yang terhubung digabungkan ke dalam $C[n-1]$ untuk membentuk $C[n]$ karena memiliki arti q terletak di dalam cakupan resapan dari beberapa minimal regional.
 - c. Jika $q \cap C[n-1]$ mengandung lebih dari satu komponen $C[n-1]$ yang terhubung, direpresentasikan sebagai semua atau sebagian punggung yang memisahkan dua atau lebih cakupan resapan sehingga kita harus mencari titik-titik punggung dan mengaturnya sebagai "bendungan".
4. Susun $C[n]$ berdasarkan persamaan (11) dan (12). Tetapkan $n = n + 1$.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 hingga n mencapai $\max + 1$.

Dalam rancangan yang diusulkan, dilakukan modifikasi terhadap algoritma *watershed*. Konsep yang tertera di atas umumnya digunakan pada citra *grayscale*, sedangkan pada sistem yang dirancang, citra yang digunakan dalam bentuk citra biner yang dihasilkan dari teknik morfologi. Hal ini menyebabkan algoritma *watershed* tidak dapat diterapkan secara langsung dan citra hasil tahapan *pre-processing* diubah menjadi citra gradien terlebih dahulu menggunakan *Euclidean Distance Transform* (EDT). Hasil dari transformasi EDT berupa citra dengan tingkat keabuan yang terlihat seperti citra masukan, kecuali intensitas tingkat keabuan titik-titik di dalam daerah tertentu memiliki area yang berupa titik-titik. Hasil dari segmentasi *watershed* dapat dilihat di Gambar 3(b).

2.3. Tahap Ekstraksi Fitur

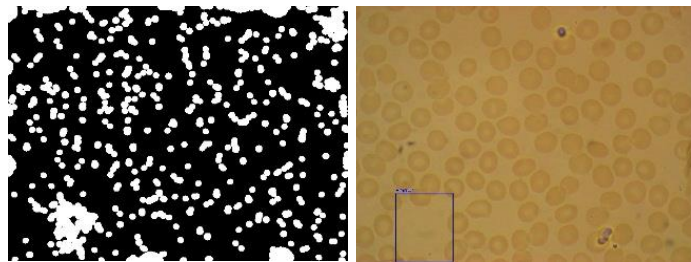
Tahap ini merupakan tahap terakhir untuk menentukan area yang kemungkinan merupakan sel darah putih. Proses yang dilakukan pada tahap ini adalah menebalkan area titik-titik pada citra menggunakan teknik dilasi, sehingga objek berbintik yang berdekatan dapat saling berhubungan menjadi satu daerah yang utuh. Setelah itu, nilai karakteristik dihitung berdasarkan dua fitur, yaitu:

1. Area: Total piksel bukan nol di suatu daerah.

2. Rasio Aspek: Perbandingan antara lebar dan tinggi pada suatu area, yang ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{\text{Width}}{\text{Height}} \quad (13)$$

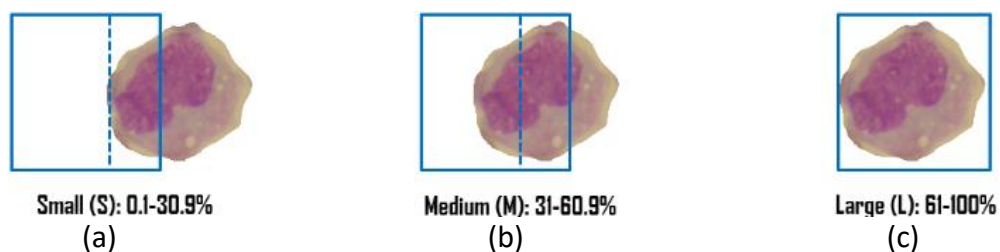
Setiap area akan di iterasi dan dibandingkan dengan nilai *threshold* yang telah ditentukan, dimana dalam sistem ini nilai *threshold* untuk area adalah $4450 < \text{area}_i < 11400$ dan aspek rasio dalam kisaran $0.5 < \text{ratio}_i < 2.3$. Nilai *threshold* ini ditentukan berdasarkan informasi area sel darah putih secara umum yang memiliki ukuran lebih besar dari area sel darah. Dengan demikian, setiap area yang memenuhi kriteria sesuai dengan nilai yang telah ditentukan akan dianggap sebagai area sel darah putih dan sistem akan memberikan label terhadap area tersebut dengan membuat kotak persegi panjang (berwarna biru), seperti tertera pada Gambar 4.



Gambar 4. Citra (a) *Post-processing* dan (b) Hasil Pendeteksian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji keakuratan hasil yang diberikan sistem, dilakukan eksperimen dengan menggunakan dua tipe data, yaitu data citra yang memiliki sel darah putih dan data citra yang tidak memiliki sel darah putih. Total data citra adalah 167 citra dengan rincian 67 citra mengandung sel darah putih dan 100 citra tanpa sel darah putih. Dalam pengukuran hasil akurasi sistem, untuk setiap hasil deteksi akan dilakukan penentuan kategori terhadap area terdeteksi berdasarkan seberapa besar kotak hasil deteksi mencakup area sel darah putih yang terdeteksi. Penentuan kelas kategori hasil deteksi tertera pada Gambar 5.



Gambar 5. Klasifikasi dari Area yang Terdeteksi, yaitu (a) Kecil, (b) Sedang, dan (c) Besar

Eksperimen dilakukan menggunakan dua skenario pada setiap data uji. Skenario pertama didasarkan pada jumlah area yang terdeteksi dan skenario kedua didasarkan pada jumlah citra yang diuji. Akurasi dari skenario pertama dihitung berdasarkan jumlah area yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah area yang terdeteksi, sedangkan akurasi dari skenario kedua dihitung berdasarkan jumlah citra yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah total citra yang telah diuji, yaitu 67 (dengan sel darah putih) dan 100 (tanpa sel darah putih) citra. Dikarenakan adanya kemungkinan dalam sebuah citra memiliki lebih dari satu sel darah putih, maka sistem dirancang untuk mendeteksi lebih dari satu area sel darah putih dalam sebuah citra. Jadi, sebuah citra dapat memiliki satu atau lebih kotak deteksi sebagai area yang terdeteksi sel

darah putih yang mempengaruhi akurasi pada skenario pertama (berdasarkan area yang terdeteksi). Hal ini berbeda dari skenario kedua, dimana jika ada satu atau lebih area yang terdeteksi dengan benar berarti citra telah berhasil dideteksi. Hasil pendeteksian dari sistem yang dikembangkan ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Secara khusus, tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi sel darah putih berdasarkan jenisnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pendeteksian Sistem pada Dataset 1 (Sel Darah Putih)

Skenario	Terdeteksi			Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)	Waktu rata-rata (detik)
	S	M	L			
Berdasarkan Area Terdeteksi	4	6	25	46	43.21	0.5132
Berdasarkan Total Citra	2	6	25	34	49.25	

Tabel 2. Hasil Pendeteksian Sistem pada Dataset 2 (Tanpa Sel Darah Putih)

Skenario	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)	Waktu rata-rata (detik)
Berdasarkan Area Terdeteksi	92	43	46.74	0.4959
Berdasarkan Total Citra	57	43	43.00	

Tabel 3. Hasil Pendeteksian Sistem Berdasarkan Jenis Sel Darah Putih

Tipe Sel Darah Putih	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Total	Akurasi (%)
Neutrofil	20	18	38	52.63
Eosinofil	5	1	6	83.33
Basofil	0	0	0	-
Monosit	6	2	8	75
Limfosit	3	14	17	17.65

Berdasarkan hasil eksperimen pada *dataset* pertama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, sistem mencapai akurasi 43.21% (berdasarkan area yang terdeteksi) dan 49.25% (berdasarkan total citra) dari 67 citra yang diuji, dengan waktu deteksi rata-rata adalah 0.5132 detik. Sedangkan percobaan pada *dataset* kedua seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, memiliki akurasi sebesar 46.74% (berdasarkan area yang terdeteksi) dan 43% (berdasarkan total citra) dari 100 citra yang diuji, dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 0.4959 detik. Secara keseluruhan, rata-rata akurasi pada sistem ini adalah 44.98% berdasarkan jumlah area pendeteksian dan 46.13% berdasarkan jumlah citra yang diuji dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 0.5046 detik.

Masih cukup banyak area yang terdeteksi mengandung sel darah putih yang muncul pada *dataset* 1 meskipun hanya memiliki satu sel darah putih atau pada *dataset* 2 yang tidak memiliki sel darah putih. Hal ini disebabkan oleh adanya *noise* pada area tekstur atau tidak adanya sel darah putih. Selain itu, beberapa kegagalan diakibatkan oleh penggunaan variabel yang sangat sederhana untuk penentuan keberhasilan deteksi yaitu hanya didasarkan pada ukuran area dan *aspect ratio* dari citra. Diketahui dari hasil percobaan bahwa metode yang diusulkan belum cukup kuat untuk mendeteksi sel darah putih tanpa pewarnaan secara sempurna. Namun hal ini dapat dipahami, mengingat objek sel darah putih pada citra masukan sepenuhnya tidak terlihat oleh

mata manusia (transparan). Selain itu, juga terdapat beberapa area sel darah putih yang tidak memiliki tekstur yang dapat diekstraksi. Namun demikian, tahapan segmentasi citra menggunakan transformasi *watershed* berhasil menghilangkan area sel darah merah hingga 97%, meskipun terkadang masih terdapat beberapa area sel yang berdekatan dengan batasan citra tidak dapat ter segmentasi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari sistem pendeteksi area sel darah putih adalah teknik morfologi yang diterapkan mampu menghilangkan hingga 97% area sel darah merah dari citra preparat tanpa pewarnaan dengan baik, sehingga hanya menyisakan area tekstur sel darah putih yang terlihat seperti area titik. Dari hasil percobaan, tidak semua area sel darah putih berhasil terdeteksi oleh sistem dengan nilai rata-rata akurasi pendeteksian adalah 44.98% berdasarkan jumlah area yang terdeteksi dan akurasi mencapai 46.13% berdasarkan jumlah citra yang diuji. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan proses deteksi cukup cepat, yaitu 0.5046 detik.

Pada penelitian selanjutnya, diperlukan sebuah metode untuk penentuan area tekstur secara otomatis dengan tidak lagi menggunakan nilai berdasarkan luas area atau rasio, tetapi dengan menggunakan teknik *clustering* atau menganalisis jumlah titik-titik yang berdekatan pada suatu area.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara atas dukungan pendanaan untuk kegiatan penelitian ini melalui Hibah Pendamping Dikti Periode I Tahun Anggaran 2022 Nomor: 0533-Int-KLPPM/UNTAR/IV/2022.

REFERENSI

- [1] J. Rodellar, S. Alferez, A. Acevedo, A. Molina, and A. Merino, "Image Processing and Machine Learning in the Morphological Analysis of Blood Cells," *International Journal of Laboratory Hematology*, vol. 40, no. 1, pp.46-53, 2018.
- [2] P. S. Hiremath, P. Bannigidad, and S. Geeta, "Automated Identification and Classification of White Blood Cells (Leukocytes) in Digital Microscopic Images," *IJCA Special Issue on "Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition"* RTIPPR, pp. 59-63, 2010.
- [3] L. Lina, D. Reynaldo, D. Danny, and A. Chris, "White Blood Cells Detection from Unstained Microscopic Images using Modified Watershed Segmentation," *International Journal of Computer Science*, vol. 48, no. 4, pp. 1151-1161, 2021.
- [4] M. Z. Othman, T. S. Mohammed, and A. B. Ali, "Neural Network Classification of White Blood Cell using Microscopic Images," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 8 no. 5, pp. 99-104, 2017, doi: 10.14569/IJACSA.2017.080513.
- [5] A. Acevedo, S. Alferez, A. Merino, L. Puigvi, and J. Rodellar, "Recognition of Peripheral Blood Cell Images using Convolutional Neural Network," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 180, 105020, 2019.
- [6] U. Ahmad, "Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya," Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [7] R. C. Gonzales and R. E. Woods, "Digital Image Processing," 3rd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2008.

- [8] D.A. Prabowo and D. Abdullah, "Deteksi dan perhitungan objek berdasarkan warna menggunakan Color Object Tracking," *Pseudocode*, vol. 5, no. 2, pp.85-91, 2018, doi: 10.33369/pseudocode.5.2.85-91.
- [9] S. I. Syafi'i, R. T. Wahyuningrum and A. Muntasa, "Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding," *Jurnal Informatika*, vol. 13, no. 1, pp. 1-8, 2015.
- [10] N. M. Sobhy, N. M. Salem, and M. E. Dosoky, "A Comparative Study of White Blood cells Segmentation using Otsu Threshold and Watershed Transformation," *Journal of Biomedical Engineering and Medical Imaging*, vol. 3, no. 3, pp. 15, 2016, doi: 10.14738/jbemi.33.2078.
- [11] G. Poshamallu, "Binary Image Processing Implementation on FPGA Using Morphological Dilation and Erosion Techniques," *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 6, no. 4, pp.4280-4283, 2016.
- [12] J. B. Roerdink, and A. Meijster, "The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies," *Fundamenta informaticae*, vol.41, no. 1, 2, pp 187-228, 2000, doi: 10.3233/FI-2000-411207.

Pendeteksian Area Sel Darah Putih pada Citra Darah Tanpa Pewarnaan dengan Teknik Morfologi

by Lina Lina

Submission date: 22-Aug-2022 05:05PM (UTC+0700)

Submission ID: 1885428606

File name: 20Jul-RevisedCESS.pdf (888.4K)

Word count: 3625

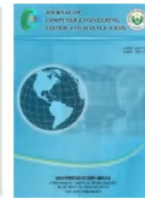
Character count: 21493

Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS

(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



Pendeteksian Area ²Sel Darah Putih pada Citra Darah Tanpa Pewarnaan dengan Teknik Morfologi

⁸Detections of White Blood Cell Areas in Unstained Blood Smear Images using Morphological Techniques

Lina¹, Michelle Augustine², Arlends Chris³

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara

³ Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara

Jl. Letjen. S. Parman No.1, Grogol Petamburan, Jakarta 11440

email: ¹lina@untar.ac.id, ²michelle@stu.untar.ac.id, ³daniel.a71e@gmail.com

ABSTRAK

Diagnosis penyakit melalui analisis terhadap sel darah putih sangat bermanfaat dalam bidang medis. Seiring dengan kemajuan teknologi, proses analisis terhadap sel darah putih secara otomatis semakin banyak dikembangkan. Namun demikian, selama ini proses pendeteksian sel darah putih umumnya menggunakan preparat yang telah diwarnai terlebih dahulu untuk memperjelas lokasi keberadaan sel darah putih. Proses pewarnaan preparat membutuhkan waktu dan biaya yang cukup tinggi. Dalam penelitian yang dikembangkan, citra masukan bagi sistem adalah citra preparat yang tidak melalui proses pewarnaan sama sekali. Selanjutnya proses pendeteksian area sel darah putih dimulai dengan tahapan *pre-processing* untuk pengolahan domain warna citra, penghalusan citra, penajaman citra, serta teknik morfologi. Tahapan berikutnya adalah melakukan eliminasi area sel darah merah dari citra hasil *pre-processing* menggunakan metode transformasi *watershed*. Selanjutnya, tahapan *post-processing* dilakukan menggunakan teknik dilasi dan ekstraksi fitur berdasarkan perhitungan nilai karakteristik ukuran dan rasio setiap area yang tersisa. Luaran yang dihasilkan oleh sistem berupa hasil deteksi area citra yang mengandung sel darah putih saja. Sistem yang dikembangkan kemudian diujicobakan terhadap 167 data citra sel darah. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem mampu menghilangkan area sel darah merah dari citra preparat tanpa pewarnaan hingga 97%, namun rata-rata tingkat akurasi pendeteksian sistem belum optimal yaitu 46.13% dari jumlah citra uji.

Kata Kunci: Sel Darah Putih, Preparat tanpa Pewarnaan, Operasi Morfologi, Otsu Thresholding, Watershed.

ABSTRACT

Diagnosis of diseases through the analysis of white blood cells is very useful in the medical field. Along with technological advances, the development of automatic white blood cells analytic systems is also increased. However, researchers usually use stained images in the process of detecting white blood cells in order to achieve high clarity of the presence of white blood cells in the images. The process of staining process normally requires a high amount of time and cost. In this research, the input image for the proposed system is the unstained image that does not go through the slide coloring processes at all. The detection process of the white blood cell area begins with the pre-processing stage which consists of processing the image color domain, image smoothing, image sharpening, and implementations of morphological techniques. The next step is to eliminate the red blood cell areas from the pre-processed image using the watershed transformation method. Finally, the post-processing stage is carried out using dilation and the feature extraction techniques based on the calculation of the size and ratio values of each remaining areas. The output of the system is the detected areas of the white blood cells. The developed system was tested on 167 blood cell images. The experimental results show that the proposed system is able to remove up to 97% of the red blood cell area from the unstained images. However, the average detection accuracy of the system is not optimal with only 46.13% of the test images.

Keywords: White Blood Cell, Unstained Blood Smear, Morphological Operation, Otsu Thresholding, Watershed Transformation.

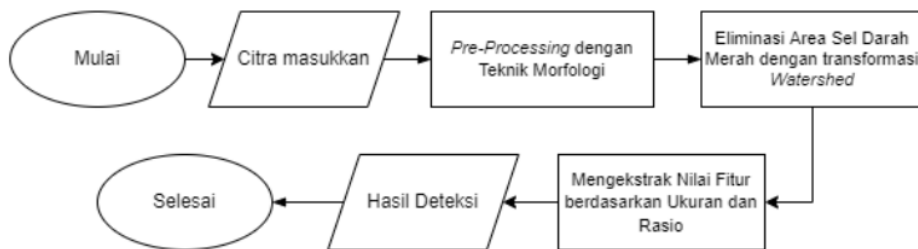
1. PENDAHULUAN

Sel darah putih merupakan salah satu bagian dari komposisi sel darah manusia yang memiliki peranan penting dalam sistem imun tubuh untuk membunuh kuman penyakit yang masuk ke aliran darah. Hal ini yang menyebabkan pendeteksian sel darah putih menjadi salah satu prosedur umum untuk mendapatkan informasi mengenai diagnosis penyakit dari sampel darah yang diamati. Oleh sebab itu, hingga saat ini masih banyak penelitian yang diselesaikan dengan menggunakan metode pengolahan citra seperti pendeteksian menggunakan teknik kontur atau pewarnaan untuk mendeteksi sel darah putih [1][2][3]. Selain itu banyak terdapat penelitian terkait pendeteksian dan pengenalan sel darah putih dari citra preparat dengan pendekatan *neural networks* [4][5]. Namun, selama ini proses pendeteksian sel darah putih umumnya dilakukan menggunakan citra darah yang telah diberi pewarnaan terlebih dahulu, sehingga penampakan warna sel darah putih terlihat lebih kontras pada mikroskop. Proses pendeteksian dan pengenalan terhadap sel darah putih dengan pewarnaan diketahui telah memberikan hasil yang optimal, namun proses pewarnaan preparat sel darah ini memerlukan waktu yang lebih lama serta tenaga dan biaya yang cukup tinggi. Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas, sistem yang diusulkan pada makalah ini adalah pendeteksian area sel darah putih menggunakan citra preparat tanpa pewarnaan.

Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah pendeteksian area sel darah putih secara otomatis pada citra preparat tanpa pewarnaan. Dalam penelitian ini, peneliti fokus pada penggunaan teknik pengolahan citra dan *computer vision* yang meliputi teknik morfologi, transformasi *watershed*, serta teknik ekstraksi fitur berdasarkan ukuran dan rasio citra untuk memperoleh hasil akurasi yang baik untuk pendeteksian area sel darah putih dari citra preparat tanpa melalui proses pewarnaan.

2. SISTEM PENDETEKSIAN SEL DARAH PUTIH

Sistem yang dirancang adalah sistem untuk mendeteksi sel darah putih pada citra preparat tanpa pewarnaan menggunakan teknik morfologi. Dalam sistem yang dikembangkan, citra masukan bagi sistem adalah citra preparat yang tidak melalui proses pewarnaan sama sekali. Citra preparat sel darah diambil menggunakan kamera yang diletakkan pada lensa okuler mikroskop. Selanjutnya dilakukan tahapan *pre-processing* terhadap citra yang terdiri dari proses ekstraksi nilai saturasi pada citra dengan domain warna *Hue Saturation Value* (HSV), proses penghalusan citra menggunakan *Gaussian Smoothing*, proses penajaman citra, proses *grayscale* dan *thresholding*, dan diakhiri dengan pemrosesan citra dengan teknik morfologi [6][7]. Tahapan berikutnya adalah melakukan eliminasi area sel darah merah dari citra hasil *pre-processing* menggunakan metode transformasi *watershed*. Hasil akhir dari sistem berupa area yang berisi sel darah putih saja. Selanjutnya, tahapan *post-processing* akan dilakukan menggunakan teknik dilasi dan perhitungan nilai karakteristik berdasarkan ukuran dan rasio setiap area yang tersisa. Sistem akan menandai area tersebut dengan kotak sebagai area sel darah putih yang terdeteksi. Skema dari sistem deteksi yang dikembangkan dapat dilihat di Gambar 1.



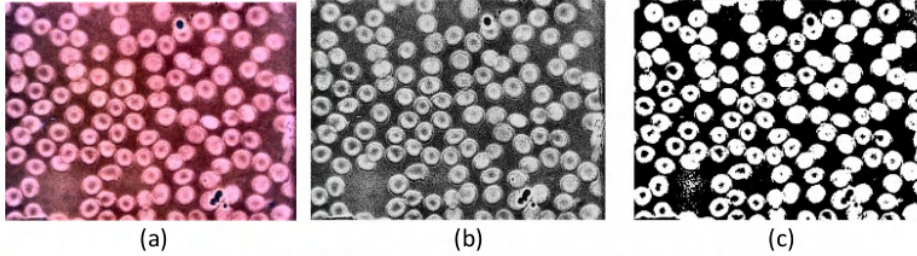
Gambar 1. Skema Sistem yang Dirancang

2.1. Tahap *Pre-processing*

Pada tahapan ini, perbaikan kualitas citra dilakukan secara menyeluruh untuk mengekstraksi area sel darah putih dan memperkuat kontras terhadap area sel darah merah. Hal ini dikarenakan saat pengambilan citra, keseragaman intensitas cahaya dan tingkat kontras citra tidak dapat sama satu sama lainnya. Citra merupakan fungsi penerus dari intensitas cahaya, dimana cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik. Terdapat dua jenis citra, yaitu citra analog dan citra digital. Citra digital memiliki susunan dua dimensi yang disimpan dalam bentuk *array* dua dimensi (matriks). Piksel merupakan nilai yang menjadi penyusun warna dalam sebuah citra, baik *grayscale*, *Red Green Blue* (RGB) maupun dalam ruang warna lainnya [8].

Langkah pertama yang dilakukan pada tahap *pre-processing* adalah memperjelas area sel darah putih yang memiliki nilai tekstur lebih tinggi. Ruang warna merupakan model matematis dari informasi warna yang terdapat di citra digital. Rangkaian nilai piksel yang berada di citra digital mewakili warna tersebut dan membentuk komponen warna yang dapat dikombinasikan. Pada citra dengan domain warna RGB, area dari sel darah putih tidak terlihat atau transparan, sehingga perlu dilakukan konversi perubahan ruang warna dari RGB ke HSV untuk mengekspos area yang berpotensi sebagai area sel darah putih [6]. Selanjutnya, nilai Saturasi pada citra dalam ruang warna HSV akan diekstraksi untuk mendapatkan informasi mengenai tekstur. Citra hasil ekstraksi direpresentasikan sebagai area yang mengandung titik-titik.

Setelah melakukan konversi dalam ruang warna HSV, akan diterapkan proses *smoothing* dan *sharpening* untuk mengurangi *noise* pada citra. Proses *smoothing* dapat mengikuti rumusan Kernel Gaussian dan proses *sharpening* dapat mengikuti teknik konvolusi. Tahapan terakhir dari proses konversi ruang warna adalah perubahan citra HSV menjadi citra *grayscale* sehingga dapat digunakan dalam proses *thresholding*. Hasil dari proses ini dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Citra setelah (a) *Smoothing*, (b) *Grayscale*, dan (c) *Thresholding*

Pada tahapan *thresholding*, citra *grayscale* dikonversi menjadi citra biner. Salah satu metode *thresholding* yang populer digunakan adalah *Otsu Thresholding*. Algoritma *Otsu Thresholding* mengikuti rumusan sebagai berikut [9][10]:

1. Bentuk histogram dari citra *grayscale* untuk mendapatkan jumlah piksel pada setiap tingkat keabuan.
2. Kalkulasi probabilitas dari setiap piksel n_i menggunakan persamaan berikut:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

3. Kalkulasi jumlah kumulatif untuk setiap tingkat keabuan piksel menggunakan persamaan berikut:

$$\omega(k) = \sum_{i=0}^k p_i \quad (2)$$

4. Kalkulasi rata-rata kumulatif menggunakan persamaan berikut:

$$\mu(k) = \sum_{i=0}^k i \cdot p_i \quad (3)$$

5. Kalkulasi rata-rata intensitas global menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} i \cdot p_i \quad (4)$$

6. Kalkulasi varians antar kelas menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (5)$$

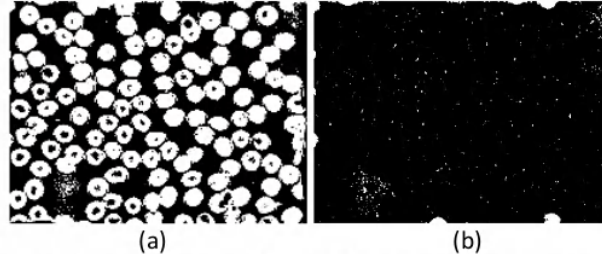
7. Dari hasil varians antar kelas (langkah 6), pilih nilai maksimum yang akan digunakan sebagai nilai *thresholding* berdasarkan persamaan berikut:

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k < L} \sigma_B^2(k) \quad (6)$$

8. Lakukan *general thresholding* untuk menentukan apakah suatu area bernilai 1 atau 0 menggunakan persamaan berikut:

$$G(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (7)$$

dimana T merupakan nilai *threshold*, dan $f(x, y)$ merupakan nilai piksel di posisi x dan y .



Gambar 3. Citra (a) Hasil Morfologi, (b) Hasil Transformasi *Watershed*

Pada tahapan terakhir dari *pre-processing*, dilakukan teknik morfologi pada citra untuk meningkatkan aspek dari bentuk dan struktur agar area yang menjadi target dapat dikenali dengan mudah. Tujuan utama dari teknik morfologi pada sistem ini adalah untuk memperjelas bentuk dan area sel dengan menghilangkan objek-objek kecil yang bukan merupakan bagian dari objek yang diamati (menggunakan erosi [11]) atau mengisi lubang atau area kosong di dalam objek atau area sel. Dalam sistem yang dikembangkan, digunakan teknik morfologi meliputi teknik dilasi untuk menebalkan area sel darah merah menjadi satu area yang utuh, teknik erosi untuk menghilangkan piksel kecil yang kemungkinan merupakan *noise* pada citra. Rumusan dari teknik dilasi menggunakan persamaan (8) dan teknik erosi tercakup dalam persamaan (9).

$$g(x, y) = f(x, y) \oplus SE \quad (8)$$

$$g(x, y) = f(x, y) \ominus SE \quad (9)$$

Hasil dari proses dengan teknik morfologi dapat dilihat di Gambar 3(a).

2.2. Tahap Eliminasi Area Sel Darah Merah

Pada sistem yang dikembangkan, transformasi *watershed* digunakan untuk melakukan segmentasi. Transformasi *watershed* merupakan metode segmentasi yang kuat dengan konsep menggabungkan teknik pertumbuhan daerah dan deteksi tepi untuk membagi citra menjadi dua area yang berbeda, yaitu cekungan resapan dan garis daerah aliran sungai. Jika suatu citra dapat dilihat sebagai permukaan topografi, transformasi *watershed* dapat dipahami sebagai proses penggenangan, sehingga setiap dua badan air dari muara yang berbeda bertemu membentuk garis (bendungan). Saat menerapkan transformasi *watershed* pada gradien citra, proses dilakukan sesuai dengan area yang memiliki tingkat keabuan citra yang homogen.

Konsep dari transformasi *watershed* adalah bahwa sebuah citra memiliki bentuk tiga dimensi, dimana posisi dari piksel (x, y dan z) merupakan setiap tingkat warna yang dimiliki piksel tersebut. Jadi, posisi x dan y adalah bidang dasar atau lokasi piksel, sedangkan posisi z adalah tingkat warna piksel. Tujuan dari transformasi *watershed* ini adalah untuk menghilangkan area citra yang mengandung sel darah merah. Dalam prosesnya, transformasi *watershed* diterapkan pada citra *pre-processing* yang telah menerapkan proses erosi. Hasil yang diperoleh dari proses ini adalah citra yang hanya menyisakan area tekstur berupa area titik-titik.

Algoritma dari transformasi *watershed* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut [12]:

1. Carilah nilai minimum dan maksimum dari piksel $g(x, y)$ sebagai nilai minimum dan maksimum. Tetapkan koordinat minimum ke M_i . Topografi akan tergenang dalam peningkatan genangan *integer* dari $n = \min + 1$. Misalkan $C_n(M_i)$ sebagai koordinat cekungan resapan yang berkaitan dengan M_i minimum yang tergenang pada tahap n .
2. Hitunglah:

$$C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n] \quad (11)$$

Jika $(x, y) \in C(M_i)$ dan $(x, y) \in T[n]$, $C_n(M_i) = 1$ di lokasi (x, y) ; jika tidak $C_n(M_i) = 0$. Kemudian misalkan $C[n]$ menyatakan gabungan dari cakupan resapan yang tergenang pada tahap n :

$$C[n] = \bigcup_{i=1}^R C_n(M_i) \quad (12)$$

Tetapkan $n = n + 1$.

3. Turunkan himpunan komponen terhubung dalam $T[n]$ yang dinyatakan sebagai Q . Untuk setiap komponen terhubung $q \in Q[n]$, terdapat tiga kondisi:
 - a. Jika $q \cap C[n-1]$ kosong, komponen q yang terhubung digabungkan ke dalam $C[n-1]$ untuk membentuk $C[n]$ karena mewakili minimum baru yang ditemui.
 - b. Jika $q \cap C[n-1]$ mengandung satu komponen yang terhubung dari $C[n-1]$, komponen q yang terhubung digabungkan ke dalam $C[n-1]$ untuk membentuk $C[n]$ karena memiliki arti q terletak dalam cakupan resapan dari beberapa minimal regional.
 - c. Jika $q \cap C[n-1]$ mengandung lebih dari satu komponen $C[n-1]$ yang terhubung, direpresentasikan sebagai semua atau sebagian punggung yang memisahkan dua atau lebih cakupan resapan sehingga kita harus mencari titik-titik punggung dan mengaturnya sebagai "bendungan".
4. Susun $C[n]$ berdasarkan persamaan (11) dan (12). Tetapkan $n = n + 1$.
5. Ulangi langkah 3 dan 4 hingga n mencapai $\max + 1$.

Dalam rancangan yang diusulkan, dilakukan modifikasi terhadap algoritma *watershed*. Konsep yang tertera di atas umumnya digunakan pada citra *grayscale*, sedangkan pada sistem yang dirancang, citra yang digunakan dalam bentuk citra biner yang dihasilkan dari teknik morfologi. Hal ini menyebabkan algoritma *watershed* tidak dapat diterapkan secara langsung dan citra hasil tahapan *pre-processing* diubah menjadi citra gradien terlebih dahulu menggunakan *Euclidean Distance Transform* (EDT). Hasil dari transformasi EDT berupa citra dengan tingkat keabuan yang terlihat seperti citra masukan, kecuali intensitas tingkat keabuan titik-titik di dalam daerah tertentu memiliki area yang berupa titik-titik. Hasil dari segmentasi *watershed* dapat dilihat di Gambar 3(b).

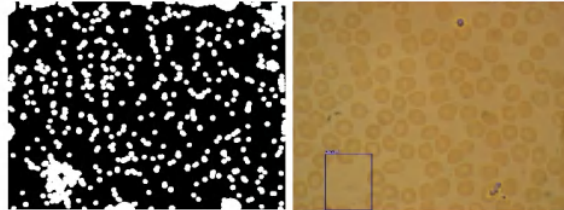
2.3. Tahap Ekstraksi Fitur

Tahap ini merupakan tahap terakhir untuk menentukan area yang kemungkinan merupakan sel darah putih. Proses yang dilakukan pada tahap ini adalah menebalkan area titik-titik pada citra menggunakan teknik dilasi, sehingga objek berbintik yang berdekatan dapat saling berhubungan menjadi satu daerah yang utuh. Setelah itu, nilai karakteristik dihitung berdasarkan dua fitur, yaitu:

1. **Area**: Total piksel bukan nol di suatu daerah.
2. **Rasio Aspek**: Perbandingan antara lebar dan tinggi pada suatu area, yang ditentukan dengan persamaan:

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{\text{Width}}{\text{Height}} \quad (13)$$

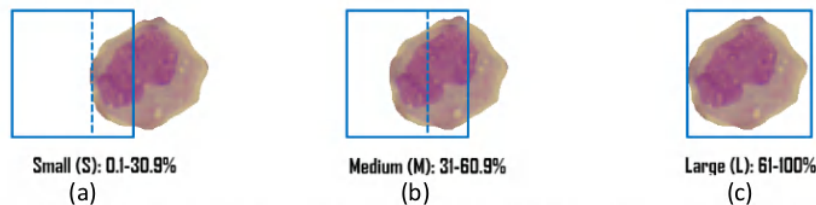
1 Setiap area akan diiterasi dan dibandingkan dengan nilai *threshold* yang telah ditentukan, dimana dalam sistem ini nilai *threshold* untuk area adalah $4450 < \text{area}_i < 11400$ dan aspek rasio dalam kisaran $0.5 < \text{ratio}_i < 2.3$. Nilai *threshold* ini ditentukan berdasarkan informasi area sel darah putih secara umum yang memiliki ukuran lebih besar dari area sel darah. Dengan demikian, setiap area yang memenuhi kriteria sesuai dengan nilai yang telah ditentukan akan dianggap sebagai area sel darah putih dan sistem akan memberikan label terhadap area tersebut dengan membuat kotak persegi panjang (berwarna biru), seperti tertera pada Gambar 4.



Gambar 4. Citra (a) *Post-processing* dan (b) Hasil Pendeteksian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menguji keakuratan hasil yang diberikan sistem, dilakukan eksperimen dengan menggunakan dua tipe data, yaitu data citra yang memiliki sel darah putih dan data citra yang tidak memiliki sel darah putih. Total data citra adalah 167 citra dengan rincian 67 citra mengandung sel darah putih dan 100 citra tanpa sel darah putih. Dalam pengukuran hasil akurasi sistem, untuk setiap hasil deteksi akan dilakukan penentuan kategori terhadap area terdeteksi berdasarkan seberapa besar kotak hasil deteksi mencakup area sel darah putih yang terdeteksi. Penentuan kelas kategori hasil deteksi tertera pada Gambar 5.



Gambar 5. Klasifikasi dari Area yang Terdeteksi, yaitu (a) Kecil, (b) Sedang, dan (c) Besar

Eksperimen dilakukan menggunakan dua skenario pada setiap data uji. Skenario pertama didasarkan pada jumlah area yang terdeteksi dan skenario kedua didasarkan pada jumlah citra yang diuji. Akurasi dari skenario pertama dihitung berdasarkan jumlah area yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah area yang terdeteksi, sedangkan akurasi dari skenario kedua dihitung berdasarkan jumlah citra yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah total citra yang telah diuji, yaitu 67 (dengan sel darah putih) dan 100 (tanpa sel darah putih) citra. Dikarenakan adanya kemungkinan dalam sebuah citra memiliki lebih dari satu sel darah putih, maka sistem dirancang untuk mendeteksi lebih dari satu area sel darah putih dalam sebuah citra. Jadi, sebuah citra dapat memiliki satu atau lebih kotak deteksi sebagai area yang terdeteksi sel darah putih yang mempengaruhi akurasi pada skenario pertama (berdasarkan area yang terdeteksi). Hal ini berbeda dari skenario kedua, dimana jika ada satu atau lebih area yang terdeteksi dengan benar berarti citra telah berhasil dideteksi. Hasil pendeteksian dari sistem

yang dikembangkan ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Secara khusus, tingkat keberhasilan sistem dalam mendeteksi sel darah putih berdasarkan jenisnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Hasil Pendeteksian Sistem pada Dataset 1 (Sel Darah Putih)

Skenario	Terdeteksi			Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)	Waktu rata-rata (detik)
	S	M	L			
Berdasarkan Area Terdeteksi	4	6	25	46	43.21	0.5132
Berdasarkan Total Citra	2	6	25	34	49.25	

Tabel 2. Hasil Pendeteksian Sistem pada Dataset 2 (Tanpa Sel Darah Putih)

Skenario	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)	Waktu rata-rata (detik)
Berdasarkan Area Terdeteksi	92	43	46.74	0.4959
Berdasarkan Total Citra	57	43	43.00	

Tabel 3. Hasil Pendeteksian Sistem Berdasarkan Jenis Sel Darah Putih

Tipe Sel Darah Putih	Tedeteksi	Tidak Terdeteksi	Total	Akurasi (%)
Neutrofil	20	18	38	52.63
Eosinofil	5	1	6	83.33
Basofil	0	0	0	-
Monosit	6	2	8	75
Limfosit	3	14	17	17.65

Berdasarkan hasil eksperimen pada *dataset* pertama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, sistem mencapai akurasi 43.21% (berdasarkan area yang terdeteksi) dan 49.25% (berdasarkan total citra) dari 67 citra yang diuji, dengan waktu deteksi rata-rata adalah 0.5132 detik. Sedangkan percobaan pada *dataset* kedua seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, memiliki akurasi sebesar 46.74% (berdasarkan area yang terdeteksi) dan 43% (berdasarkan total citra) dari 100 citra yang diuji, dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 0.4959 detik. Secara keseluruhan, rata-rata akurasi pada sistem ini adalah 44.98% berdasarkan jumlah area pendeteksian dan 46.13% berdasarkan jumlah citra yang diuji dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 0.5046 detik.

Masih cukup banyak area yang terdeteksi mengandung sel darah putih yang muncul pada *dataset* 1 meskipun hanya memiliki satu sel darah putih atau pada *dataset* 2 yang tidak memiliki sel darah putih. Hal ini disebabkan oleh adanya *noise* pada area tekstur atau tidak adanya sel darah putih. Selain itu, beberapa kegagalan diakibatkan oleh penggunaan variabel yang sangat sederhana untuk penentuan keberhasilan deteksi yaitu hanya didasarkan pada ukuran area dan *aspect ratio* dari citra. Diketahui dari hasil percobaan bahwa metode yang diusulkan belum cukup kuat untuk mendeteksi sel darah putih tanpa pewarnaan secara sempurna. Namun hal ini dapat dipahami, mengingat objek sel darah putih pada citra masukan sepenuhnya tidak terlihat oleh mata manusia (transparan). Selain itu, juga terdapat beberapa area sel darah putih yang tidak memiliki tekstur yang dapat diekstraksi. Namun demikian, tahapan segmentasi citra menggunakan transformasi *watershed* berhasil menghilangkan area sel darah merah hingga 97%,

meskipun terkadang masih terdapat beberapa area sel yang berdekatan dengan batasan citra tidak dapat tersegmentasi.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari sistem pendeteksi area sel darah putih adalah teknik morfologi yang diterapkan mampu menghilangkan hingga 97% area sel darah merah dari citra preparat tanpa pewarnaan dengan baik, sehingga hanya menyisakan area tekstur sel darah putih yang terlihat seperti area titik. Dari hasil percobaan, tidak semua area sel darah putih berhasil terdeteksi oleh sistem dengan nilai rata-rata akurasi pendeteksian adalah 44.98% berdasarkan jumlah area yang terdeteksi dan akurasi mencapai 46.13% berdasarkan jumlah citra yang diuji. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan proses deteksi cukup cepat, yaitu 0.5046 detik.

Pada penelitian selanjutnya, diperlukan sebuah metode untuk penentuan area tekstur secara otomatis dengan tidak lagi menggunakan nilai berdasarkan luas area atau rasio, tetapi dengan menggunakan teknik *clustering* atau menganalisis jumlah titik-titik yang berdekatan pada suatu area.

5

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Tarumanagara atas dukungan pendanaan untuk kegiatan penelitian ini melalui Hibah Pendamping Dikti Periode I Tahun Anggaran 2022 Nomor: 0533-Int-KLPPM/UNTAR/IV/2022.

REFERENSI

- [1] J. Rodellar, S. Alferez, A. Acevedo, A. Molina, and A. Merino, "Image Processing and Machine Learning in the Morphological Analysis of Blood Cells," *International Journal of Laboratory Hematology*, vol. 40, no. 1, pp.46-53, 2018.
- [2] P. S. Hiremath, P. Bannigidad, and S. Geeta, "Automated Identification and Classification of White Blood Cells (Leukocytes) in Digital Microscopic Images," *IJCA Special Issue on "Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition" RTIPPR*, pp. 59-63, 2010.
- [3] L. Lina, D. Reynaldo, D. Danny, and A. Chris, "White Blood Cells Detection from Unstained Microscopic Images using Modified Watershed Segmentation," *International Journal of Computer Science*, vol. 48, no. 4, pp. 1151-1161, 2021.
- [4] M. Z. Othman, T. S. Mohammed, and A. B. Ali, "Neural Network Classification of White Blood Cell using Microscopic Images," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 8 no. 5, pp. 99-104, 2017, doi: 10.14569/IJACSA.2017.080513.
- [5] A. Acevedo, S. Alferez, A. Merino, L. Puigvi, and J. Rodellar, "Recognition of Peripheral Blood Cell Images using Convolutional Neural Network," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 180, 105020, 2019.
- [6] U. Ahmad, "Pengolahan Citra Digital & Teknik Pemrogramannya," Graha Ilmu, Yogyakarta, 2005.
- [7] R. C. Gonzales and R. E. Woods, "Digital Image Processing," 3rd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2008.
- [8] D.A. Prabowo and D. Abdullah, "Deteksi dan perhitungan objek berdasarkan warna menggunakan Color Object Tracking," *Pseudocode*, vol. 5, no. 2, pp.85-91, 2018, doi: 10.33369/pseudocode.5.2.85-91.

- [9] S. I. Syafi'i, R. T. Wahyuningrum and A. Muntasa, "Segmentasi Obyek Pada Citra Digital Menggunakan Metode Otsu Thresholding," *Jurnal Informatika*, vol. 13, no. 1, pp. 1-8, 2015.
- [10] N. M. Sobhy, N. M. Salem, and M. E. Dosoky, "A Comparative Study of White Blood cells Segmentation using Otsu Threshold and Watershed Transformation," *Journal of Biomedical Engineering and Medical Imaging*, vol. 3, no. 3, pp. 15, 2016, doi: 10.14738/jbemi.33.2078.
- [11] G. Poshamallu, "Binary Image Processing Implementation on FPGA Using Morphological Dilation and Erosion Techniques," *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 6, no. 4, pp.4280-4283, 2016.
- [12] J. B. Roerdink, and A. Meijster, "The Watershed Transform: Definitions, Algorithms and Parallelization Strategies," *Fundamenta informaticae*, vol.41, no. 1, 2, pp 187-228, 2000, doi: 10.3233/FI-2000-411207.

Pendeteksian Area Sel Darah Putih pada Citra Darah Tanpa Pewarnaan dengan Teknik Morfologi

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Tarumanagara University Student Paper	8%
2	journal.untar.ac.id Internet Source	1%
3	jurnal.unimed.ac.id Internet Source	1%
4	core.ac.uk Internet Source	1%
5	lintar.untar.ac.id Internet Source	1%
6	pt.scribd.com Internet Source	1%
7	e-journal.sari-mutiara.ac.id Internet Source	1%
8	Sholeh, Firdaus Ismail. "White blood cell segmentation for fresh blood smear images", 2013 International Conference on Advanced	1%

Computer Science and Information Systems (ICACSYS), 2013.

Publication

Exclude quotes	On	Exclude matches	< 1%
Exclude bibliography	On		