

## **IDENTIFIKASI KANDUNGAN CITRA MIKROSKOPIK SEL DARAH MANUSIA BERBASIS *IMAGE PROCESSING* DALAM MENDETEKSI POTENSI LEUKIMIA**

**Nurul Khaerani Hamzidah**

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang  
nkhamzidah@poliupg.ac.id

### **ABSTRAK**

Artikel ini membahas tentang implementasi teknik pengolahan citra digital pada citra mikroskopik sel darah, tujuannya adalah untuk mendeteksi kondisi dan kandungan sel leukosit (sel darah putih). Sel darah manusia yang abnormal umumnya mengandung jumlah sel darah putih yang lebih banyak atau berlebihan. Dalam bidang kesehatan, kondisi dan jumlah sel leukosit dalam darah memberikan informasi mengenai adanya potensi penyakit terutama yang berkaitan dengan penyakit leukimia sehingga perlu dideteksi lebih dini. Dalam penelitian ini, ada empat tahapan proses yang dilakukan dalam mendeteksi kandungan citra sel leukosit ini yaitu proses ekstraksi fitur warna, proses transformasi citra, proses konversi citra biner dan *background subtraction*. Sampel uji yang digunakan terdiri dari dua kondisi yaitu sel normal dan sel abnormal yang terlebih dahulu diketahui kondisi, tipe dan jenis selnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua sampel berhasil dideteksi secara akurat kandungan dan jumlah sel darah putih sesuai dengan kondisi sampel uji. Selain hasil cek laboratorium, penerapan metode ini diharapkan dapat dijadikan alternatif dalam mendeteksi kondisi sel darah dan mendiagnosa suatu penyakit khususnya leukimia.

**Kata Kunci:** Pengolahan Citra Digital, Sel Leukosit, Sel Normal, Sel Abnormal, Leukimia

### **ABSTRACT**

*This article discusses the implementation of digital image processing techniques on microscopic images of blood cells, the aims to detect the condition and content of leukocyte cells or white blood cells. Abnormal human blood cells generally contain more or excessive amounts of white blood cells. In the health sector, the condition and number of leukocyte cells in the blood provide information about potential diseases, especially those related to leukemia, so they need to be detected earlier. In this study, there are four stages of the process carried out in detecting the content of leukocyte cell images, namely the color extraction process, thresholding, binary conversion process and background subtraction. The test sample used consisted of two conditions, normal cells and abnormal cells, the conditions, and types of cells were known beforehand. The test results showed that all samples were accurately detected for the content and number of white blood cells according to the conditions of the test samples. In addition to the results of laboratory checks, it is hoped that the application of this method can be used as an alternative in detecting the condition of blood cells and diagnose a disease, especially leukemia.*

**Keyword:** Digital Image Processing, Leukocyte Cells, Normal Cells, Abnormal Cells, Leukimia.

## PENDAHULUAN

Pendahuluan Perkembangan teknologi informasi di bidang kesehatan khususnya kedokteran komputasi telah memperlihatkan peran yang signifikan untuk menolong jiwa manusia, dan riset di bidang kedokteran diantaranya adalah untuk mendiagnosis penyakit, menemukan obat yang tepat, serta menganalisis organ tubuh manusia bagian dalam yang sulit dilihat. Dengan perkembangan teknologi ini, banyak jenis penyakit kronis dapat dideteksi dengan cepat agar bisa dilakukan pencegahan dini.

Dalam beberapa tahun ini, penyakit darah atau penyakit lain yang dapat mengakibatkan kelainan darah telah menjadi pusat perhatian para kalangan ilmuwan bidang kedokteran di dunia termasuk di Indonesia. Salah satu penyakit darah yang terkait dengan penyakit sel darah putih yaitu kanker darah atau leukemia [1]–[4].

Leukemia adalah nama kelompok penyakit maligna yang dikarakteristikan oleh perubahan kualitatif dan kuantitatif dalam leukosit sirkulasi. Leukimia dihubungkan dengan pertumbuhan abnormal leukosit yang menyebar mendahului sumsum tulang. Kata leukimia diturunkan dari bahasa Yunani leukos dan aima yang berarti "putih" dan "darah," yang mengacu pada peningkatan abnormal dari leukosit [5]. Peningkatan tidak terkontrol ini akhirnya menimbulkan anemia, infeksi, trombositopenia, dan pada beberapa kasus, menyebabkan kematian [6], [7].

Terdapat berbagai jenis leukemia, diantaranya adalah penyakit leukemia limfoblastik akut (ALL: *Acute Lymphoblastic Leukemia*) yang merupakan jenis leukemia yang paling sering terjadi pada anak-anak. Identifikasi sejak dini gejala ALL pada pasien dapat meningkatkan kemungkinan penyembuhan penyakit jenis ini [1]–[3]. Penyakit leukemia dapat diidentifikasi secara otomatis melalui tes tertentu seperti *cytogenetics and immunophenotyping* dan klasifikasi sel secara morfologis oleh seorang operator yang berpengalaman dengan mengamati citra darah mikroskopis. Cara tersebut mempunyai akurasi yang sangat baik namun kekurangannya terletak pada prosesnya yang lambat dan akurasinya menjadi tidak terstandarisasi karena sangat tergantung pada tingkat keahlian atau pengalaman operator dan juga tingkat kelelahan.

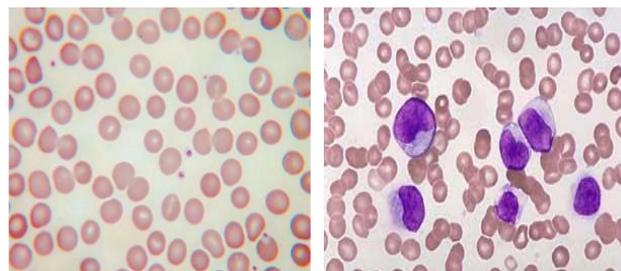
Oleh karena itu, Penerapan unsur–unsur teknologi praktis dan tepat guna sangat dibutuhkan sebagai sebuah pendukung sekaligus solusi yang efektif dalam berbagai bidang, khususnya dalam ilmu kedokteran. Berbagai penelitian dalam ilmu kedokteran untuk mempercepat proses diagnosa

berbagai macam penyakit telah banyak dilakukan. Proses diagnosa penyakit yang cepat dan tepat sangat diperlukan terkait dengan akurasi data yang diperoleh guna menentukan kebijakan program dalam pencegahan dan dalam penyembuhan penyakit, dan menentukan pengobatan, penatalaksanaan yang tepat dan benar, serta evaluasi pengobatan [4]. Selain itu, semakin berkembangnya teknologi dalam ilmu pengenalan pola (*pattern recognition*), yang secara umum bertujuan mengenali suatu obyek dengan cara mengekstrasi informasi penting yang terdapat dalam suatu citra dapat membantu mendeteksi diagnosis suatu kelainan dalam tubuh manusia melalui citra yang dihasilkan oleh *scanner* [8].

Salah satu teknologi yang dapat digunakan adalah *digital image processing* atau pengolahan citra digital. Teknologi ini merupakan sebuah disiplin ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud disini adalah gambar diam atau foto maupun gambar bergerak yang berasal dari *webcam*. Sedangkan digital disini mempunyai maksud bahwa pengolahan citra atau gambar dilakukan secara digital menggunakan komputer [3].

Teknologi ini banyak digunakan karena mempunyai aplikasi yang sangat luas dalam berbagai bidang kehidupan. Dalam bidang kedokteran, teknologi ini dapat memudahkan dalam mendiagnosa suatu penyakit dan mempercepat proses identifikasi sehingga menghemat waktu dan biaya dikarenakan tidak perlu melalui proses kimia yang tentunya membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal untuk memperoleh hasil yang diharapkan [9]. Selain itu, kelebihan lainnya dalam hal tingkat akurasi data adalah teknik ini tidak bergantung pada tingkat keahlian atau pengalaman operator dan juga tingkat kelelahan sehingga data yang diperoleh sudah terstandarisasi.

Dalam artikel ini akan dibahas mengenai hasil implementasi teknik pengolahan citra digital dalam mendeteksi kondisi sel darah putih berdasarkan jumlah kandungan sel normal dan abnormal yang terdeteksi.



Gambar 1. Tampilan citra sel darah putih kondisi normal (kiri) dan abnormal (kanan)[6]

## METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini sekumpulan data citra sel darah yang terdiri dari citra sel darah normal dan citra sel darah yang mengandung leukemia. Data ini dapat diperoleh dari salah satu situs penyedia layanan informasi dataset citra/gambar sel darah dengan alamat web [kaggle.com/paultimothymooney/blood-cells](https://www.kaggle.com/paultimothymooney/blood-cells).

Perangkat yang digunakan pada proses pengolahan citra dan identifikasi citra sel darah adalah komputer/laptop yang telah diinstal program Matlab dan perangkat pengolah data numeris.

### A. Blok Diagram Penelitian

Proses identifikasi penyakit leukimia menggunakan teknik pengolahan citra digital dibagi dalam dua tahap utama, yaitu proses pra-pengolahan dan proses pengolahan atau identifikasi Citra darah yang telah melalui tahap pra-pengolahan seperti proses pemotongan (*cropping*), operasi blok pembeda (*distinct blocks*), konversi warna dari RGB ke HSV, resizing, fitur warna (*color feature*), dan ekstraksi fitur warna dan diidentifikasi. Bagan alir dari penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2.

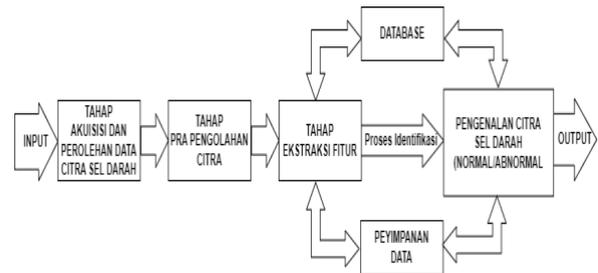
### B. Tahap Pra-Pengolahan dan Ekstraksi Fitur

Pada tahapan ini dilakukan langkah memperbaiki citra untuk menonjolkan karakter citra yang ingin diekstraksi. Data masukan citra mikroskopis digital dari sel darah tepi yang digunakan pada penelitian ini dapat terdiri dari beberapa sel darah dan memiliki ukuran piksel yang sangat besar. Diagram alir pada proses pra-pengolahan dapat dilihat pada Gambar 3.

### C. Hasil Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, telah dilakukan pengumpulan informasi berupa kumpulan gambar citra sel darah putih yang diambil dari salah satu halaman situs pusat dataset gambar sel darah yaitu [kaggle.com/paultimothymooney/blood-cells](https://www.kaggle.com/paultimothymooney/blood-cells).

Caranya mengakses data dari halaman situs tersebut adalah dengan mendaftar terlebih dahulu menggunakan email untuk memperoleh akun. Akun inilah yang digunakan untuk mengakses informasi yang dibutuhkan dalam situs tersebut. Kumpulan gambar yang didownload dari situs ini diambil secara acak dan dipilih dalam beberapa tipe dan kondisi kemudian diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu gambar citra sel darah putih normal dan yang abnormal atau yang terindikasi leukimia. Adapun database yang telah dikumpulkan ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

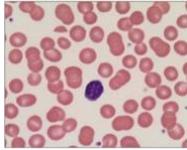
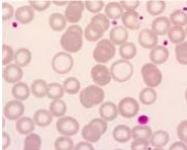


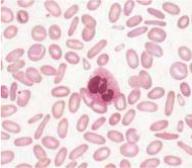
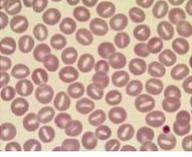
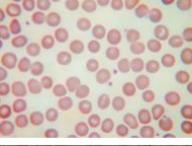
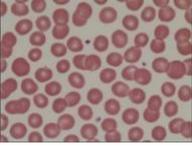
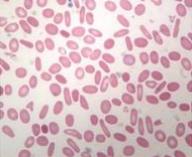
Gambar 2. Bagan alir identifikasi sel darah menggunakan teknik pengolahan citra.

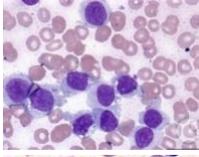
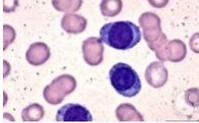


Gambar 3. Diagram alir identifikasi citra sel darah menggunakan teknik pengolahan citra digital

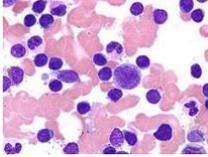
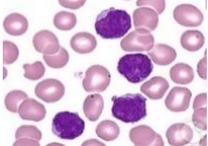
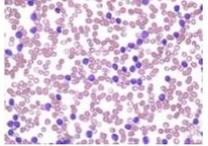
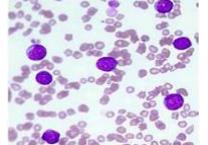
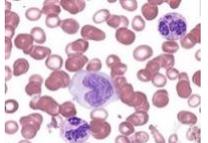
TABEL 1. SAMPEL CITRA SEL DARAH NORMAL

Kode Sampel	Citra Sel	Tipe/Kondisi
01-A		<i>Basophil</i>
01-B		<i>Lymphocyte</i>

Kode Sampel	Citra Sel	Tipe/Kondisi
01-C		<i>Neutrophil</i>
01-D		<i>Lymphocyte</i>
01-E		<i>Lymphocyte</i>
01-F		<i>Lymphocyte</i>
01-G		<i>Lymphocyte</i>

Kode Sampel	Citra Sel	Tipe/Kondisi
02-F		<i>Hairy Cell 1</i>
02-G		<i>Plasma Cell 1</i>

TABEL 2. SAMPEL CITRA SEL DARAH ABNORMAL

Kode Sampel	Citra Sel	Tipe/Kondisi
02-A		<i>T-cell Prolymphocytic 1</i>
02-B		<i>T-cell Prolymphocytic 2</i>
02-C		<i>Chronic Lymphocytic 2</i>
02-D		<i>T-cell Prolymphocytic 3</i>
02-E		<i>Juvenile Myelomonocytic 1</i>



Gambar 4. Tampilan desain interface aplikasi

#### D. Tahap Identifikasi dan Pengujian

Pada tahap ini, akan diidentifikasi nilai karakteristik hasil ekstraksi fitur warna dari sampel citra yang dijadikan input atau data masukan. Pada proses ini sistem berfungsi sebagai alat klasifikasi dari sampel citra yang dijadikan input. Hasil identifikasi ini, dijadikan dasar dalam menentukan bahwa sel darah normal atau mengandung leukemia.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Desain dan Interface Aplikasi

Setelah data image telah diperoleh, langkah selanjutnya adalah merancang desain tampilan menggunakan program Matlab seperti yang ditampilkan pada Gambar 4. Tampilan interface ini terdiri dari tiga bagian bagian yaitu bagian input dan output. Bagian input terdiri dari *tools* "input cira" dan *scan*. Pada bagian ini, file gambar citra sel yang telah disiapkan akan tampil ke bagian tampilan fitur "citra asli" setelah itu kemudian di-scanning maka akan ditampilkan output tiga fitur gambar yang lainnya yaitu fitur "koreksi warna", "citra biner", dan "hasil deteksi". Selain itu nilai parameter pada fitur "jumlah sel darah putih" akan menampilkan angka mulai nol sesuai dengan jumlah sel darah putih yang teridentifikasi dalam fitur "jumlah sel". Tampilan empat citra ini merupakan tahapan teknik pengolahan citra yang digunakan.

## B. Pengolahan dan Ekstraksi Fitur Warna

Pada tahapan ini dilakukan langkah memperbaiki citra untuk menonjolkan karakter citra yang ingin diekstraksi. Data masukan citra mikroskopis digital dari sel darah tepi yang digunakan pada penelitian ini dapat terdiri dari beberapa sel darah dan memiliki ukuran piksel yang sangat besar.

Langkah awal yang dilakukan adalah data masukan citra mikroskopis digital dari citra sel darah tepi dilakukan pemotongan (*cropping*) pada area spesifik dari citra sel darah tepi yang merepresentasikan sel darah putih yang normal dan yang mengandung leukimia atau yang mengalami kelainan dan akan berkembang menjadi sel kanker darah putih (leukemia). Pada tahap ini, *Cropping* dilakukan untuk mendapatkan hasil citra sel darah putih yang normal dan sel yang mengalami kelainan dan selanjutnya pada citra masukan akan diolah pada proses pra-pengolahan untuk mempercepat waktu komputasi dari program.

Selanjutnya, dilakukan konversi warna dari RGB ke HSV. Daerah warna HSV sering digunakan untuk mengambil warna dari sebuah pallete warna karena lebih mudah bereksperimen warna dengan HSV daripada menggunakan daerah warna RGB. Berdasarkan artikel penelitian [10] model warna HSV ini dipilih berdasarkan kemudahan mentransformasi model warna RGB dengan HSV dan ruang warna HSV yang lebih natural dan uniform. Hasil citra konversi ke HSV kemudian di-resize karena data citra masukan yang digunakan memiliki ukuran piksel yang besar dan akan memperlambat waktu komputasi. Dengan melakukan *resize* citra hasil konversi HSV, maka waktu komputasi untuk proses selanjutnya akan menjadi lebih cepat. Setiap citra hasil konversi HSV di-*resize* dengan faktor pengecilan yang telah ditentukan.

Pada proses fitur warna, citra yang telah diresize akan dipisahkan setiap elemen-elemen warnanya sehingga didapatkan matriks untuk komponen hue, saturation, dan value dari citra asli setelah diresize. Setelah dipisahkan masing-masing elemennya, dihasilkan elemen pertama untuk hue, elemen kedua untuk saturasi dan elemen ketiga untuk value. Nilai matriks pada masing-masing elemen ini akan dipilih elemen yang paling merepresentasikan citra dan kemudian diekstraksi pada proses ekstraksi fitur warna. Setelah itu, ekstraksi fitur warna dilakukan dengan mengekstraksi karakteristik dari salah satu elemen warna pada proses fitur warna. Pada matriks citra elemen tersebut dilakukan

pemeriksaan citra perbaris untuk melihat letak citra pada kolom-kolomnya. Setelah itu, hasil pemeriksaan tersebut disusun kembali ke dalam bentuk matriks. Proses ekstraksi fitur warna dengan melihat penyebaran piksel pada citra menghasilkan matriks fitur dari matriks elemen warna. Matriks tersebut dimasukkan ke dalam database dan disimpan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya [6], berikut tahapan Teknik pengolahan citra yang digunakan dalam penelitian ini ada empat tahapan yaitu:

### 1. Proses Ekstraksi Warna (*Color Extraction*)

Gambar tersusun dari pixel-pixel yang memiliki ukuran intensitas warna masing-masing. Sebaran warna di tiap-tiap pixel ditunjukkan oleh histogram. Histogram menunjukkan distribusi pixel berdasarkan intensitas *graylevel* (derajat keabuan) yang dimiliki tiap-tiap pixel. Penggunaan histogram sebagai metode ekstraksi ciri didasarkan pada perbedaan sebaran atau distribusi pixel di masing-masing gambar. Pada proses ekstraksi ciri warna diawali dengan merubah aras warna RGB menjadi aras keabuan (*grayscale*). Nilai warna keabuan dari masing-masing pixel yang menyusun gambar di kelompokkan menjadi 8 kelompok rentang nilai pixel warna (*bin*). Tiap kelompok jumlah anggota kemudian dinormalisasi dengan cara di bagi dengan hasil perkalian panjang dan lebar gambar (banyak pixel warna penyusun gambar).

### 2. Proses Transformasi Citra (*Thresholding*)

*Thresholding* merupakan salah satu metode sederhana dalam transformasi citra dari citra *grayscale* untuk membentuk citra biner, sebuah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan warna pixelnya hitam dan putih," jika nilainya berada antara dua nilai *threshold* dan *threshold outside* dimana adalah kebalikan dari *threshold inside*. Biasanya pixel object diberi nilai 1 sementara pixel background diber inilai 0. Proses awal yang banyak dilakukan dalam *image processing* adalah mengubah citra berwarna menjadi citra *grayscale*, hal ini digunakan untuk menyederhanakan model citra.

*Thresholding* digunakan untuk mengatur jumlah derajat keabuan yang ada pada citra. Dengan menggunakan *thresholding* maka derajat keabuan bisa diubah sesuai keinginan, misalkan diinginkan menggunakan derajat keabuan 16, maka tinggal membagi nilai derajat keabuan dengan 16. Proses *thresholding* ini pada dasarnya adalah proses pengubahan kuantisasi pada citra.

### 3. Konversi Citra Biner

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai pixel yaitu hitam

dan putih [6]. Citra biner juga disebut sebagai citra B&W (*Black and White*) atau citra monokrom. *Bwareaopen* filtering bertujuan untuk menghilangkan noise-noise kecil yang bukan merupakan sel darah putih yang akan dihitung.

#### 4. Background Subtraction

*Background subtraction* adalah proses untuk menemukan objek pada gambar dengan cara membandingkan gambar yang ada dengan sebuah model latar belakang. Dalam metode ini di gunakan fungsi *regionprops*, fungsi *regionprops* sebuah obyek direpresentasikan sebagai sebuah *region* dengan pendekatan bentuk persegi panjang.

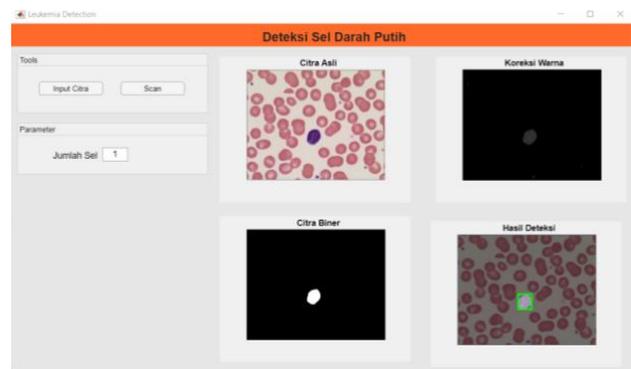
#### C. Hasil Pengujian dan Identifikasi

Setelah proses pengolahan dan penyimpanan data citra selesai dalam bentuk database maka tahapan selanjutnya adalah menguji aplikasi yang telah dibuat. Sampel citra yang dipilih adalah citra sel dalam kondisi normal dan abnormal yang dipilih secara acak. Adapun beberapa hasil pengujian ditampilkan pada Gambar 5-8. berikut ini.

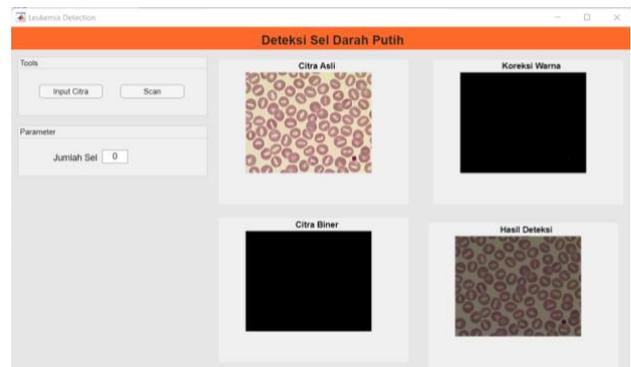
Pada tampilan hasil pengujian sampel diperoleh masing-masing empat tampilan gambar yaitu tampilan gambar original, koreksi warna, gambar bentuk biner dan sel darah putihnya serta jumlah sel yang terdeteksi. Jumlah total sampel citra sel darah putih yang diuji adalah 14 gambar yang dibagi dalam dua bagian yaitu 7 sampel citra sel darah normal dan 7 citra sel darah tidak normal atau yang berpotensi leukimia. Adapun hasil pengujian seluruh sampel secara detail ditampilkan dalam Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh bahwa sampel 01-A sampai 01-G tidak terdeteksi adanya leukimia. Hal ini dibuktikan karena sampel yang diambil merupakan sampel darah dalam kondisi normal. Hal ini juga diperlihatkan pada hasil scanning dan jumlah sel darah putih yang ditampilkan pada program hanya berkisar 0 atau 1. Berbeda dengan hasil scanning sampel 02-A sampai 02-H yang mendeteksi adanya sel abnormal yang berpotensi leukimia. Adanya potensi leukimia pada sampel didukung oleh data jumlah sel darah putih yang ditampilkan pada program yaitu pada kisaran lebih dari 9 sel. Selain itu, identifikasi adanya potensi leukimia pada gambar sel darah juga dapat dilihat dari warna citra di mana terdapat sel darah yang berwarna atau menampilkan citra keunguan. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi yang dirancang menggunakan program Matlab ini berfungsi baik dan dapat digunakan dalam mengidentifikasi dan memberikan informasi dini tentang potensi penyakit leukimia berdasarkan hasil

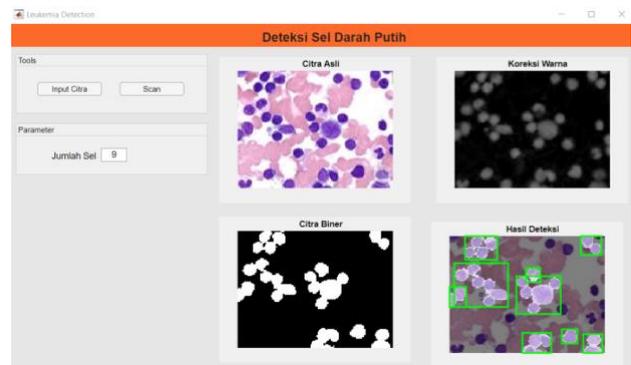
scan data citra sel darah putih manusia.



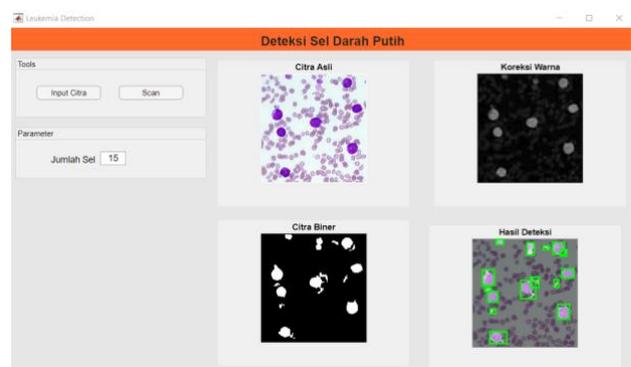
Gambar 5. Hasil deteksi sampel 01-A



Gambar 6. Hasil deteksi sampel 01-D



Gambar 7. Hasil deteksi sampel 02-A



Gambar 8. Hasil deteksi sampel 02-D

TABEL 3. HASIL PENGUJIAN SAMPEL UJI CITRA SEL DARAH SAMPEL CITRA SEL DARAH NORMAL DAN ABNORMAL

Kode Sampel	Kondisi Sel	Jumlah Sel yang Terdeteksi	Keterangan
01-A	Nomal	1	Sesuai
01-B	Nomal	1	Sesuai
01-C	Nomal	1	Sesuai
01-D	Nomal	0	Sesuai
01-E	Nomal	0	Sesuai
01-F	Nomal	1	Sesuai
01-G	Nomal	0	Sesuai
02-A	Abnormal	9	Sesuai
02-B	Abnormal	12	Sesuai
02-C	Abnormal	33	Sesuai
02-D	Abnormal	15	Sesuai
02-E	Abnormal	11	Sesuai
02-F	Abnormal	12	Sesuai
02-G	Abnormal	37	Sesuai

## SIMPULAN

Penerapan teknik pengolahan citra dalam mengidentifikasi dan mendeteksi potensi leukimia berbasis data citra sel darah terdiri dari empat tahapan proses yaitu: proses ekstraksi warna (*color extraction*), proses transformasi citra (*thresholding*), konversi biner (*biner conversion*) dan *background subtraction*. Prinsip aplikasi ini berbasis pada parameter jumlah sel darah putih yang berhasil dideteksi dan penampakan citra pada proses *background subtraction*. Aplikasi yang dibuat ini telah berhasil secara akurat mendeteksi, mengidentifikasi dan mengklasifikasikan kondisi citra sel darah yang normal dan abnormal yang berpotensi leukimia berdasarkan jumlah kandungan sel darah putih. Untuk pengembangan dari penelitian ini, diharapkan penerapan teknik pengolahan citra dengan metode lain sebagai pembandingan dan diperlukan juga dataset sampel gambar atau citra sel darah yang lebih banyak untuk menambah daftar referensi database sebagai data input pada program yang dibuat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Nursanti and C. Faticah, "Perhitungan Sel Darah Putih pada Citra Sel Acute Leukemia Menggunakan Metode Multi Pass Voting dan K-Means," *JUTI: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 16, no. 2, pp. 105–114, Jul. 2018.
- [2] S. Syidada and B. Hariyanto, "Identifikasi Acute Lymphoblastic Leukemia pada Citra Mikroskopis Menggunakan Algoritma Naïve Bayes," *Rekayasa*, vol. 14, no. 1, pp. 78–83, Mar. 2021, doi: 10.21107/rekayasa.v14i1.9110.
- [3] D. S. Alham and D. Herumurti, "Segmentasi dan Perhitungan Sel Darah Putih Menggunakan Operasi Morfologi dan Transformasi Watershed," *Informatics Journal*, vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2019.
- [4] S. J. Mishra and M. A. P. Deshmukh, "Detection of Leukimia Using Matlab," *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [5] I. Susilawati, "Segmentasi Sel Darah Putih pada Citra Darah Mikroskopis," *Jurnal Matrix*, vol. 5, no. 3, pp. 142–149, 2018, Accessed: Feb. 16, 2023. [Online]. Available: <https://ojs.pnb.ac.id/index.php/matrix/article/download/109/87/>
- [6] N. K. Hamzidah and M. M. Parenreng, "Proses Identifikasi Objek pada Citra Sel Leukosit Darah Menggunakan Teknik Pengolahan Citra Digital," in *Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, Nov. 2020, pp. 74–78.
- [7] M. D. Suratin, A. Muslim, and R. Rahmadwati, "Identifikasi Sel Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL) pada Citra Peripheral Blood Smear Berdasarkan Morfologi Sel Darah Putih," *elektronik Jurnal Arus Elektro Indonesia (eJAEI)*, vol. 1, no. 3, pp. 7–12, 2015, Accessed: Feb. 16, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/E-JAEI/article/view/1879>
- [8] I. Susilawati, "Identifikasi Penyakit Leukimia Akut pada Citra Darah Mikroskopis," *Orbith*, vol. 12, no. 1, pp. 29–34, 2016, doi: 10.32497/orbith.v12i1.312.
- [9] A. Sri Indrawanti and E. Prakarsa Mandyartha, "Deteksi Limfoblas pada Citra Sel Darah Menggunakan Fitur Geometri dan Local Binary Pattern," *JNTETI (Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi)*, vol. 7, no. 4, pp. 404–410, 2018.
- [10] V. Chernov, J. Alander, and V. Bochko, "Integer-based accurate conversion between RGB and HSV color spaces," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 46, pp. 328–337, 2015, doi: 10.1016/j.compeleceng.2015.08.005.