

## PENGOLAHAN CITRA UNTUK MEMISAHKAN DAN MENGHITUNG JUMLAH SEL LEUKEMIA PADA CITRA MIKROSKOPIS SEL DARAH DENGAN VARIASI WARNA DAN SKALA UKURAN SEL

<sup>1</sup>Shofiya Syidada, <sup>2</sup>Noven Indra Prasetya

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

Email: <sup>1</sup>shofiya@uwks.ac.id, <sup>2</sup>noven@uwks.ac.id

**Abstrak.** Pada bidang medis, analisis citra mikroskopis sel darah merupakan suatu hal yang penting untuk mendiagnosa penyakit yang sedang diderita oleh pasien seperti leukemia. Pada citra mikroskopis sel darah yang berisi banyak sel leukemia, kadang kala posisi sel leukemia saling berhimpitan satu dengan yang lainnya. Hal ini akan menyulitkan dalam melakukan identifikasi jenis sel leukemia karena sel yang berhimpitan tersebut akan dianggap sebagai satu bagian sel. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pemisahan sel leukemia yang berhimpitan dan penghitungan jumlah sel leukemia secara otomatis dari hasil segmentasi citra sel leukemia berwarna yang fleksibel terhadap variasi warna dan skala ukuran sel. Hasil dari penelitian ini adalah (1) segmentasi citra sel leukemia otomatis dengan variasi warna dan skala ukuran sel mempunyai akurasi sebesar 94%. (2) Identifikasi sel yang berhimpit dapat dilakukan dengan melakukan uji roundness, dengan nilai ambang 0.7. (3) Pemisahan sel leukemia yang berhimpit dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma watershed. (4) Penghitungan jumlah sel dilakukan berdasarkan hasil pemisahan sel menjadi sel leukemia tunggal. (5) Pembuatan sub-citra yang berisi sel tunggal dilakukan berdasarkan jumlah sel yang diperoleh serta dengan membuat bounding box dari citra sel leukemia yang telah dipisahkan.

**Kata Kunci:** *Bounding box, clustering, distance transform, segmentasi sel darah putih, watershed*

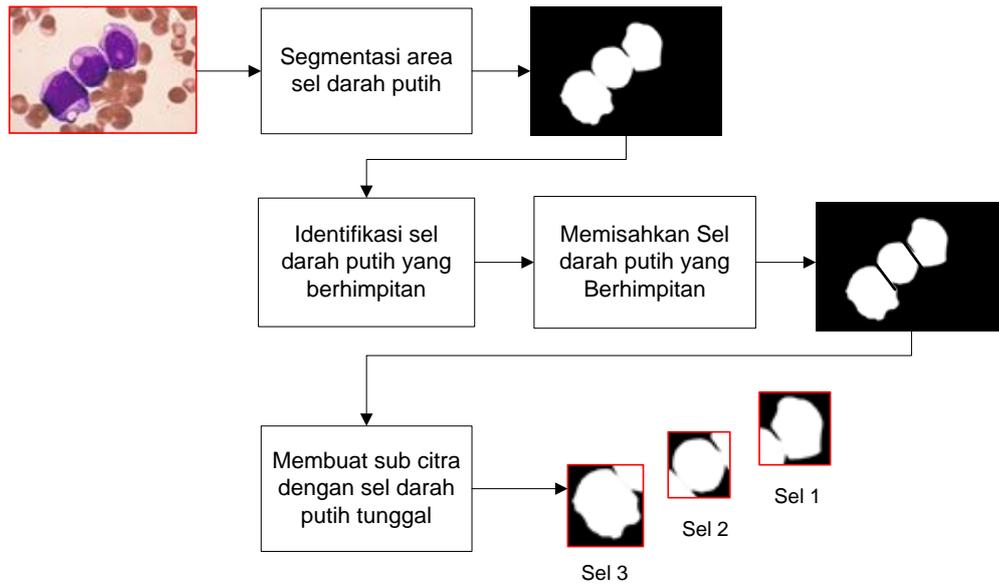
Sel leukemia terdapat pada darah penderita penyakit leukemia, yaitu penyakit cancer pada darah. Penyakit ini ditandai dengan adanya proses pembentukan sel darah putih yang berlangsung secara tidak sempurna (immature) dan dalam jumlah yang berlebihan. Sel darah putih ini tidak bisa melaksanakan fungsinya dengan baik untuk menjaga kekebalan tubuh dari serangan berbagai penyakit [1]. Hal ini akan mempengaruhi pertumbuhan dan kinerja sel darah yang lain seperti sel darah merah dan keping darah [2].

Diagnosa penyakit leukemia dilakukan oleh ahli patologi dengan melakukan pengamatan pada bentuk, populasi dan jenis sel darah. Akan tetapi pengamatan secara manual ini merupakan pekerjaan yang memakan waktu dan sangat bergantung pada ketrampilan dan pengalaman yang dimiliki oleh ahli patologi. Berdasarkan fakta ini, otomatisasi dari pekerjaan tersebut akan sangat membantu ahli patologi dalam mendeteksi jenis penyakit

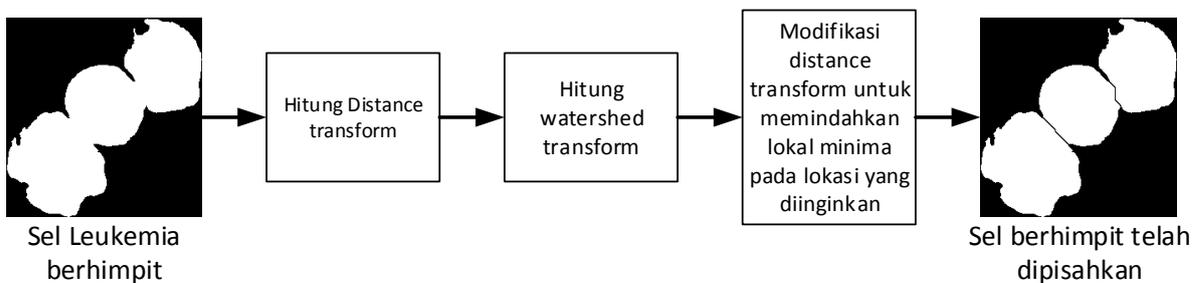
leukemia dengan cepat dan murah. Otomatisasi ini dilakukan dengan pengolahan citra mikroskopis sel darah.

Proses pengambilan (capture) gambar dilakukan dengan menggunakan kamera yang dipasang pada mikroskop optik dengan perbesaran 100x sampai 2000x. Perbesaran citra ini akan berpengaruh terhadap variasi ukuran atau skala sel darah pada gambar.

Citra sel darah diambil dari sampel darah, yaitu setetes darah yang telah dikeringkan. Setelah itu dilakukan proses staining yaitu pemberian zat warna pada sampel darah. Proses staining ini bertujuan untuk mendapatkan visualisasi sel atau bagian dari sel yang lebih baik pada pengamatan menggunakan mikroskop. Hal ini disebabkan sel darah merah dan sel darah putih mempunyai warna yang transparan. Perbedaan kondisi pada proses ini, seperti konsentrasi, suhu dan lama pewanaan, akan menyebabkan variasi informasi warna pada citra mikroskopis sel darah [3].



Gambar 1. Proses Pemisahan dan Penghitungan Sel Leukemia



Gambar 2. Tahap Pemisahan Sel Leukemia yang Berhimpit

Citra sel leukemia berwarna ini lebih kaya informasi, sehingga segmentasi citra sel leukemia menggunakan citra berwarna akan lebih mudah dilakukan, didukung dengan adanya perbedaan warna yang jelas antara masing-masing obyek. Sedangkan pada citra grayscale, nilai intensitas area sitoplasma hampir sama dengan area sel darah merah sehingga akan sulit mendapatkan area sitoplasma secara akurat.

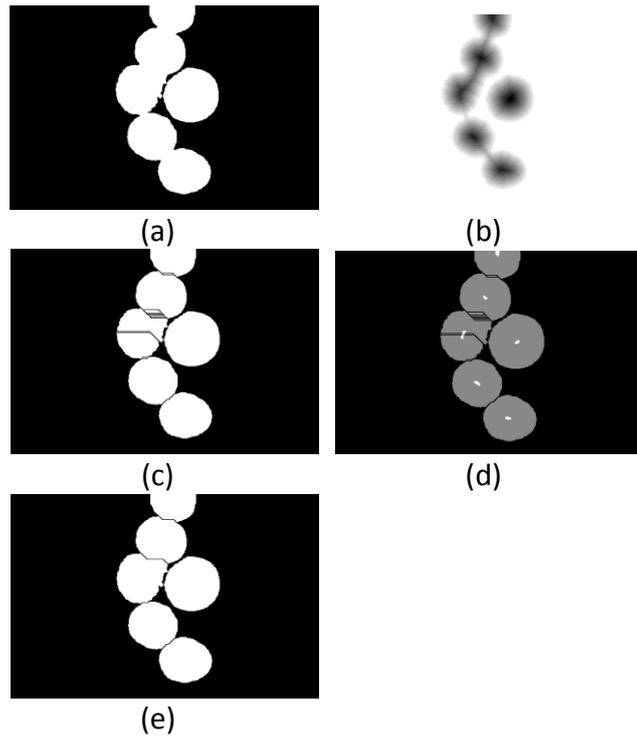
Secara umum metode-metode untuk melakukan segmentasi sel leukemia diantaranya adalah teknik clustering, thresholding, watershed, operasi morfologi citra dan kombinasi dari beberapa metode. Beberapa penelitian yang melakukan segmentasi sel leukemia menggunakan clustering fuzzy K-means [4], Fuzzy C-Means digunakan oleh [5] dan [6].

Teknik thresholding untuk segmentasi sel leukemia yang paling umum digunakan yaitu dengan metode otsu, multilevel thresholding

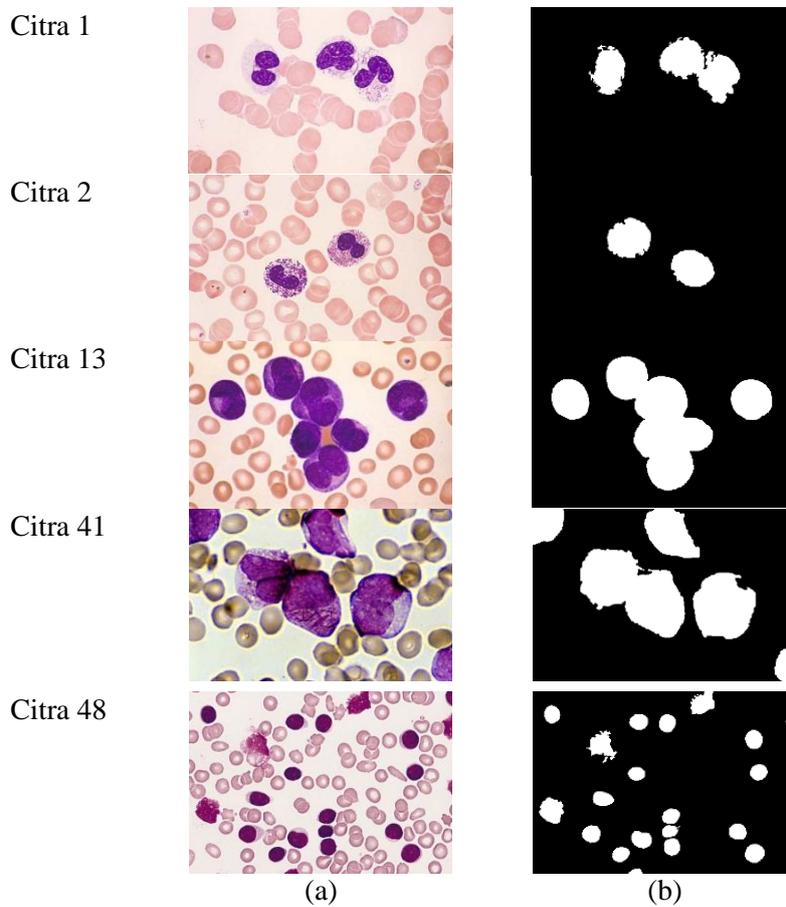
[3], Zack thresholding [4], mencari nilai threshold yang optimal dengan pendekatan entropy [2], nilai threshold yang optimal dengan menggunakan fuzzy divergence [7], Watershed [8] dan optimal threshold [9].

Metode Operasi morfologi digunakan oleh [10] dan fuzzy morfologi digunakan oleh [11]. Sedangkan metode kombinasi SVM dan K-means digunakan oleh [9].

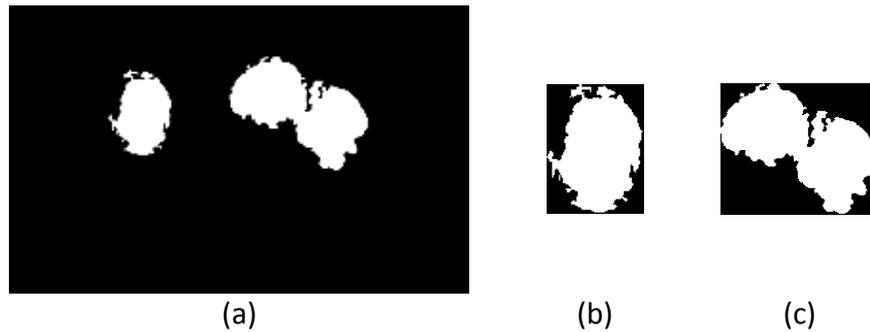
Syidada, dkk berhasil melakukan segmentasi sel leukemia berwarna secara otomatis yang fleksibel terhadap variasi warna dan skala ukuran sel untuk mendapatkan area inti sel dan sitoplasma sel leukemia [12]. Metode yang digunakan merupakan kombinasi dari metode clustering warna menggunakan K-means dimana penentuan cluster dilakukan dengan menemukan region of interest (ROI) melalui operasi morfologi. Akan tetapi segmentasi sel leukemia yang dihasilkan masih belum bisa memisahkan sel leukemia yang berhimpitan dengan sel lain.



Gambar 3. Proses pemisahan sel leukemia berhimpit. (a) Citra sel leukemia berhimpit, (b) *Distance transform* pada citra, (c) *Watershed transform*, (d) *Minima imposition*, (e) Sel leukemia dipisahkan dengan *watershed transform*.



Gambar 4. (a) Citra Mikroskopis Sel Leukemia (b) Hasil Segmentasi Sel Leukemia



Gambar 5. (a) Citra hasil segmentasi (b) Sel Tunggal (c) Sel Berhimpitan.

Pada citra mikroskopis sel darah yang berisi banyak sel leukemia, kadang kala posisi sel leukemia saling berhimpitan satu dengan yang lainnya. Hal ini akan menyulitkan dalam melakukan penghitungan jumlah sel dan identifikasi jenis sel leukemia karena sel yang berhimpitan tersebut akan dianggap sebagai satu bagian sel.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pemisahan sel leukemia yang berhimpitan dan penghitungan jumlah sel leukemia secara otomatis dari hasil segmentasi citra sel leukemia berwarna yang fleksibel terhadap variasi warna dan skala ukuran sel. Hasil dari proses ini digunakan untuk membagi citra mikroskopis awal yang berisi banyak sel leukemia menjadi sub-citra yang berisi sel leukemia tunggal.

Tabel 1. Rata-rata Akurasi Hasil segmentasi citra

Jumlah cluster	Akurasi	TPR	FPR
3	92.17	74.70	<b>0.67</b>
6	92.86	80.90	1.80
9	<b>94.42</b>	<b>88.65</b>	3.30
12	93.12	88.37	4.01
15	92.79	88.08	4.54
Rata-rata	93.07	84.14	2.86

## I. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan pemisahan dan penghitungan jumlah sel leukemia pada citra mikroskopis sel darah penderita leukemia. Berdasarkan Gambar 1, proses tersebut akan dilakukan dalam beberapa tahap yaitu segmentasi sel darah putih, identifikasi sel yang berhimpitan, memisahkan sel yang berhimpitan dan membuat sub citra yang berisi sel leukemia tunggal.

## Segmentasi Area Sel Darah Putih

Bagian pertama adalah proses segmentasi citra mikroskopis sel darah untuk mendapatkan area sel darah putih. Berdasarkan Syidada, dkk, segmentasi citra mikroskopis leukemia dilakukan dalam beberapa tahap, diantaranya clustering warna k-means, menemukan ROI sel leukemia dengan operasi morfologi dan memetakan ROI sel leukemia pada cluster warna yang telah terbentuk [12].

## Identifikasi Sel Darah Putih yang Berhimpitan

Proses pemisahan sel yang berhimpitan ditunjukkan oleh Gambar 2. Hasil segmentasi dari tahap sebelumnya menunjukkan area sel leukemia. Posisi sel leukemia tersebar pada citra mikroskopis sel darah ada yang bergerombol atau berhimpitan dengan sel leukemia lain dan ada yang sendiri.

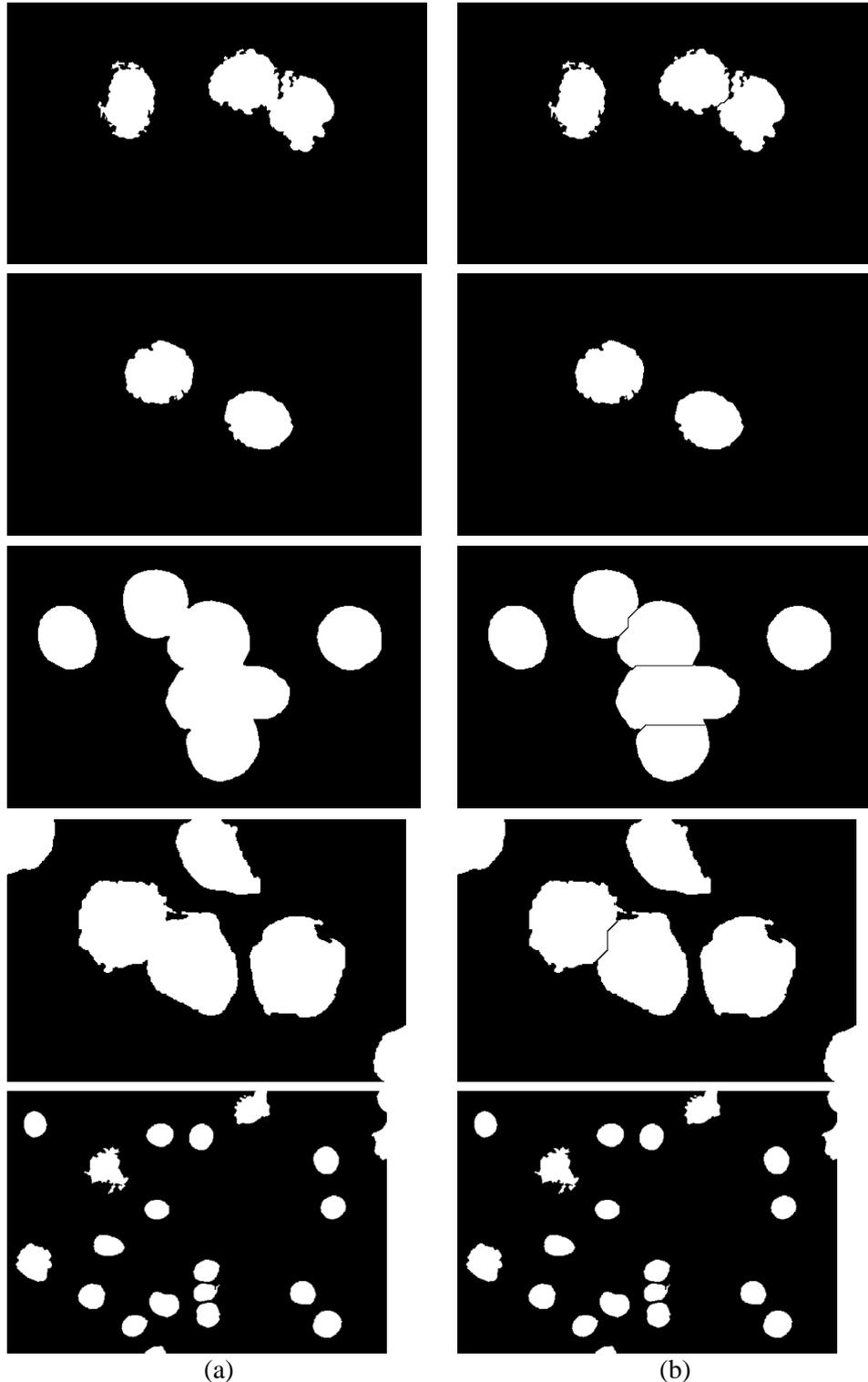
Secara umum sebuah sel leukemia berbentuk bundar. Sel leukemia yang berdiri sendiri diasumsikan berbentuk bundar. Oleh karena itu untuk mengetahui apakah sel leukemia berhimpitan atau tidak menggunakan nilai roundness.

Dari masing-masing area sel leukemia yang terbentuk dihitung nilai roundness. Nilai roundness digunakan untuk mengecek tingkat kebulatan masing-masing sel leukemia yang berhubungan. Untuk sel leukemia berbentuk bundar nilai roundness yang diperoleh adalah 1. Semakin kecil nilai roundness menunjukkan bahwa obyek tersebut tidak bundar atau merupakan sel leukemia yang berhimpitan. Nilai roundness merupakan perbandingan luas area obyek dengan nilai kuadrat dari keliling obyek yang diperoleh dengan menggunakan Rumus 1. Area merupakan luas sel leukemia yang akan diuji. Convex perimeter merupakan keliling sel leukemia yang memenuhi convex hull dari sebuah area sel leukemia.

$$Roundness = \frac{4 \times \pi \times Area}{convex\_perimeter^2} \quad (1)$$

Selanjutnya akan ditentukan sebuah nilai batas atau threshold untuk nilai roundness. Bila obyek mempunyai nilai roundness lebih besar dari nilai yang ditentukan maka obyek tersebut

merupakan sel leukemia tunggal. Sedangkan obyek yang mempunyai nilai roundness lebih kecil dari threshold maka obyek tersebut adalah sel leukemia yang berhimpitan. Nilai threshold yang digunakan adalah 0.7.



Gambar 6. (a) Citra hasil segmentasi (b) Hasil pemisahan sel

Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai *Roundness* untuk Identifikasi Sel Berhimpit.

<b>Data Citra</b>	<b>Jumlah Obyek</b>	<b>Nilai <i>Roundness</i></b>	<b>Jumlah Sel Tunggal</b>	<b>Jumlah Sel Berhimpit</b>
citra 1	2	0.6939 0.627	0	2
citra 2	2	0.8541 0.8552	2	0
citra 13	3	0.9013 0.5991 0.9107	2	1
citra 41	5	0.7787 0.6864 0.7387 0.8463 0.7383	4	1
citra 48	21	0.8272 0.91 0.8928 0.5822 0.8431 0.8894 0.9339 0.6031 0.9178 0.8675 0.925 0.8906 0.7526 0.9034 0.737 0.9218 0.9131 0.9119 0.9031 0.5449 0.6877	17	4

Tabel 3. Tabel hasil penghitungan jumlah sel leukemia pada citra

Data Citra	Jumlah Sel Leukemia pada Citra	Jumlah Sel Leukemia otomatis	Akurasi
citra 1	3	3	100%
citra 2	2	2	100%
citra 3	6	6	100%
citra 4	7	8	114%
citra 5	7	7	100%
citra 6	21	22	105%
citra 7	6	6	100%
citra 8	3	3	100%
citra 9	7	6	86%
citra 10	5	5	100%
citra 11	2	2	100%
citra 12	1	1	100%
citra 13	1	1	100%
citra 14	1	1	100%
citra 15	4	4	100%
citra 16	3	3	100%
citra 17	12	13	108%
citra 18	11	9	82%
citra 19	21	16	76%
citra 20	7	7	100%
citra 21	5	4	80%
citra 22	4	5	125%
citra 23	3	3	100%
citra 24	6	6	100%
citra 25	13	13	100%
citra 26	9	7	78%
citra 27	21	21	100%
citra 28	2	2	100%
citra 29	2	3	150%
citra 30	6	6	100%
Jumlah Citra yang berhasil dihitung dengan benar			20.00
Prosentase citra yang berhasil dihitung dengan benar			67%

### Memisahkan Sel Darah Putih yang Berhimpitan

Sel leukemia yang berhimpitan akan dipisahkan dengan dua tahap, yaitu menggunakan distance transform dan mencari jarak masing-masing piksel dengan garis yang terdekat. Distance transform digunakan untuk melakukan segmentasi dengan watershed yang memungkinkan untuk melakukan pemisahan sel leukemia yang berhimpitan.

Proses pemisahan sel leukemia yang berhimpitan ditunjukkan oleh Gambar 3. Langkah pertama adalah menghitung distance transform dari citra biner sel leukemia yang berhimpitan. Distance transform dari citra biner merupakan jarak setiap piksel ke piksel bukan nol terdekat. Langkah berikutnya adalah menghitung watershed transform citra sehingga diperoleh garis pemisah antara sel satu dengan sel lainnya. Pemisahan sel yang dihasilkan masih

kurang sempurna karena setiap local minima yang ada pada citra akan menjadi lembah (catchment basin). Oleh karena itu diperlukan metode untuk menghilangkan atau memindahkan local minima yang ada pada citra. Metode ini dikenal dengan nama minima imposition, yaitu memilih local minima yang sesuai dengan obyek yang akan dipisahkan.

### **Menghitung Sel Leukemia dalam Citra**

Pada tahap ini dilakukan penghitungan jumlah sel dari hasil pemisahan sel leukemia. Penghitungan jumlah sel dilakukan pada saat identifikasi sel tunggal atau berhimpit. Apabila hasil identifikasi adalah sel tunggal maka jumlah sel akan bertambah. Sedangkan bila hasilnya adalah sel berhimpit, maka jumlah sel dihitung setelah sel dipisahkan. Setiap sel leukemia yang telah dipisahkan akan menambah jumlah sel.

### **Membuat Sub-Citra dengan Sel Darah Putih Tunggal**

Pada tahap ini dilakukan pembuatan sub-citra yang berisi sel leukemia tunggal. Sub-citra diperoleh dengan melakukan pemotongan (cropping) citra awal menggunakan bounding box. Bounding box berbentuk segi empat dengan ukuran sesuai dengan obyek sel leukemia yang akan dipisahkan.

### **Uji Coba**

Data citra mikroskopis yang digunakan untuk melakukan uji coba adalah 30 data citra mikroskopis sel leukemia dengan variasi warna dan skala ukuran sel. Uji coba dilakukan menggunakan beberapa skenario sebagai berikut :

**Skenario pertama** adalah uji coba untuk melakukan segmentasi citra mikroskopis sel darah dengan variasi warna dan skala ukuran sel. Data citra mikroskopis sel leukemia yang digunakan mempunyai perbedaan variasi warna disebabkan proses staining pada saat pengamatan. Sedangkan variasi skala ukuran sel disebabkan karena perbedaan skala perbesaran mikroskop. Segmentasi sel leukemia ini dilakukan dengan menggunakan clustering warna k-means dan operasi morfologi untuk mendapatkan ROI sel darah putih. Clustering warna digunakan untuk melakukan segmentasi citra berdasarkan warna. Pada citra mikroskopis, sel leukemia mudah dikenali dari

warnanya. Oleh karena itu, Clustering warna dilakukan terhadap citra untuk mendapatkan area sel leukemia berdasarkan warnanya. Clustering warna dilakukan dengan membagi menjadi 9 cluster warna.

Sedangkan, operasi morfologi digunakan untuk mendapatkan posisi sel pada citra. Operasi morfologi ini menggunakan structuring element berbentuk bulat yang mempunyai ukuran sesuai dengan rata-rata luas sel darah merah yang ada pada citra mikroskopis sel leukemia. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan sel darah merah pada citra sehingga tersisa sel leukemia saja.

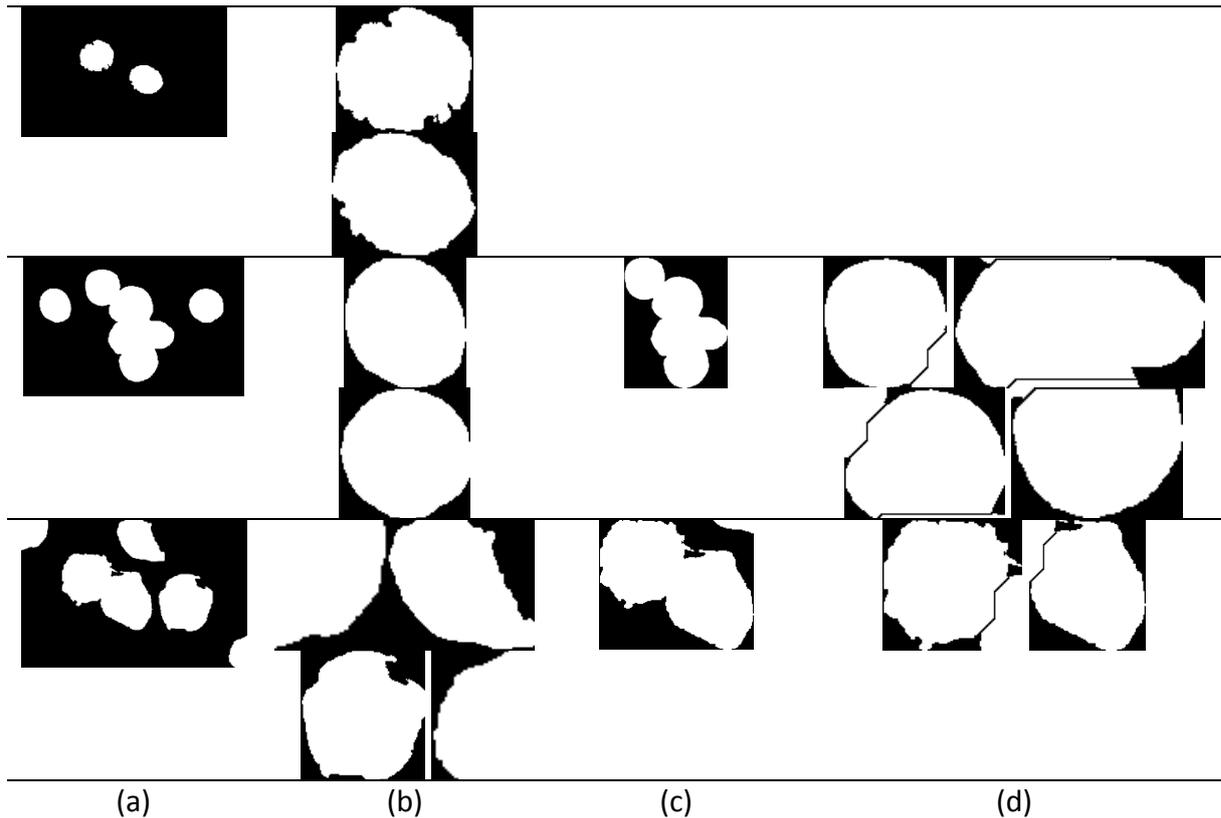
Hasil Uji coba segmentasi citra mikroskopis sel darah dengan variasi warna dan skala ukuran sel ditunjukkan oleh Gambar 4. Sedangkan rata-rata akurasi hasil segmentasi citra ditunjukkan oleh Tabel 1.

**Skenario kedua** adalah uji coba untuk melakukan identifikasi sel leukemia yang berhimpit. Uji coba ini untuk mengetahui apakah sebuah obyek pada citra sel leukemia merupakan sel leukemia tunggal atau sel leukemia berhimpit. Hal ini dilakukan dengan menggunakan uji nilai roundness yang dimiliki oleh obyek.

Hasil perhitungan nilai roundness dari beberapa data citra mikroskopis sel leukemia ditunjukkan oleh Tabel 2. Setelah dilakukan uji nilai roundness masing-masing obyek pada citra hasil segmentasi akan dipisahkan sesuai dengan hasil identifikasi apakah obyek tersebut merupakan sel leukemia tunggal atau sel leukemia berhimpit, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 5.

**Skenario ketiga** adalah uji coba untuk memisahkan sel leukemia yang berhimpit. Uji coba ini menggunakan segmentasi watershed. Hasil uji coba ini adalah mencari garis batas antara dua sel yang berhimpit. Hasil uji coba pada tahap ini ditunjukkan oleh Gambar 6.

**Skenario keempat** adalah uji coba untuk menghitung jumlah sel leukemia. Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui jumlah sel leukemia yang ada pada citra awal. Penghitungan jumlah dilakukan pada saat seluruh sel leukemia dipisahkan menjadi sel tunggal. Hasil dari penghitungan jumlah sel ditunjukkan oleh Tabel 3.



Gambar 7. (a) Citra hasil segmentasi (b) citra Sel Tunggal (c) Citra Sel Berhimpit (d) Citra Sel Tunggal dari Sel yang Berhimpit

**Skenario kelima** adalah uji coba untuk membuat sub-citra sel leukemia tunggal. Uji coba ini dilakukan untuk memudahkan pengenalan masing-masing sel. Hasil dari pembuatan sub-citra sel leukemia tunggal ditunjukkan oleh Gambar 7.

## II. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan evaluasi terhadap hasil uji coba yang telah dilakukan. Evaluasi meliputi performa hasil dari uji coba yang telah dilakukan. Uji coba dilakukan menggunakan 30 data citra mikroskopis sel leukemia.

Hasil uji coba untuk melakukan segmentasi citra mikroskopis sel darah dengan variasi warna dan skala ukuran sel ditunjukkan oleh Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa akurasi hasil segmentasi menggunakan 9 cluster warna mempunyai nilai akurasi terbaik. Nilai akurasi yang diperoleh yaitu 94.42%.

Bila dilihat dari citra hasil segmentasi, akan tampak bahwa masih banyak area sel darah merah yang ikut tersegmentasi sebagai sel darah putih. Area sel darah merah ini

berdekatan atau berhimpitan dengan sel darah putih. Sehingga bila dilihat dari komposisi warnanya sel darah merah yang menempel pada sel darah putih mempunyai komposisi warna yang mirip dengan sel leukemia. Selain itu kendala yang lain adalah bagian tepi dari sel leukemia yang dihasilkan masih bergelombang belum mencakup seluruh area sel. Hal ini disebabkan oleh intensitas warna area sitoplasma kurang tajam, sehingga lebih mirip dengan warna latar belakang.

Hasil uji coba untuk mengidentifikasi sel leukemia yang berhimpit ditunjukkan oleh Gambar 5. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sel leukemia akan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu sel tunggal dan sel berhimpit. Pembagian ini berdasarkan uji nilai roundness. Ambang batas nilai roundness yang digunakan adalah 0.7. Obyek yang mempunyai nilai roundness kurang dari 0.7 akan dikelompokkan sebagai sel berhimpit. Sedangkan obyek dengan nilai roundness lebih dari 0.7 merupakan sel tunggal. Hasil penghitungan nilai roundness ditunjukkan oleh Tabel 2.

Akan tetapi beberapa citra hasil segmentasi mempunyai bentuk yang

bergelombang atau bergerigi kecil yang tidak beraturan. Hal ini berpengaruh pada perhitungan nilai roundness, yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan dalam pengelompokan obyek. Pada Gambar 5 citra 1 mempunyai sebuah sel tunggal dan sebuah sel berhimpit. Akan tetapi berdasarkan perhitungan nilai roundness pada Tabel 2 kedua obyek pada citra 1 digolongkan pada citra sel berhimpit.

Hasil uji coba untuk memisahkan sel leukemia yang berhimpit ditunjukkan Gambar 6. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sel berhimpit berhasil dipisahkan menggunakan garis pembatas yang diperoleh menggunakan watershed transform. Meskipun beberapa sel berhimpit masih terkendala dalam membagi area sel.

Hasil uji coba untuk menghitung jumlah sel leukemia ditunjukkan oleh Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan perbandingan jumlah sel leukemia yang ada pada masing-masing citra yang dihitung secara manual dengan jumlah sel yang diperoleh secara otomatis. Dari 30 data citra yang digunakan sebanyak 20 citra berhasil mendapatkan jumlah sel yang benar sesuai dengan perhitungan jumlah sel secara manual. Oleh karena itu tingkat akurasi penghitungan jumlah sel secara otomatis adalah 67%.

Hasil uji coba untuk membuat sub-citra sel leukemia tunggal ditunjukkan oleh Gambar 7. Setiap sel leukemia pada citra akan dipisahkan berdasarkan perhitungan jumlah sel yang diperoleh.

### III. Simpulan

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Segmentasi sel leukemia pada citra mikroskopis sel darah dengan variasi warna dan skala ukuran sel dapat dilakukan dengan melakukan clustering warna menggunakan kmeans dengan 9 cluster warna kemudian melakukan operasi morfologi untuk mengetahui letak sel leukemia. Hasil akurasi dari segmentasi sel leukemia adalah 94%.

Identifikasi sel yang berhimpit dapat dilakukan dengan melakukan uji roundness, dengan nilai ambang 0.7. Apabila obyek yang diuji kurang dari ambang batas nilai roundness yang telah ditentukan maka bisa diperkirakan sebagai sel leukemia yang berhimpitan, sedangkan nilai roundness yang melebihi ambang merupakan sel tunggal.

Pemisahan sel leukemia yang berhimpit dapat dilakukan dengan menggunakan

algoritma watershed. Penghitungan jumlah sel dilakukan berdasarkan hasil pemisahan sel leukemia menjadi sel leukemia tunggal. Pembuatan sub-citra yang berisi sel leukemia tunggal dilakukan berdasarkan jumlah sel yang diperoleh serta dengan membuat bounding box dari citra sel leukemia yang telah dipisahkan.

### IV. Daftar Pustaka

- [1] Verneda Lights and Elizabeth Boskey, P. (2012). *Leukemia*. Dipetik Maret 24, 2014, dari <http://www.healthline.com/http://www.healthline.com/health/leukemia>
- [2] Ghosh, M., Chakraborty, C., Konar, A., & Ray, A. K. (2014). *Development of hedge operator based fuzzy divergence measure and its application in segmentation of chronic myelogenous leukocytes from microscopic image of peripheral blood smear*. *Micron*, 57, (pp. 41-55).
- [3] Huang, D. C., Hung, K. D., & Chan, Y. K. (2012). A computer assisted method for leukocyte nucleus segmentation and recognition in blood smear images. *Journal of Systems and Software*, 85(9), (pp. 2104-2118).
- [4] Scotti, F. (2006). Robust segmentation and measurements techniques of white cells in blood microscope images. *Instrumentation and Measurement Technology Conference*. (pp. 43-48). IEEE.
- [5] Mohapatra, S., Samanta, S. S., Patra, D., & Satpathi, S. (2011). *Fuzzy based blood image segmentation for automated leukemia detection*. *Devices and Communications (ICDeCom), International Conference* (pp. 1-5). IEEE.
- [6] Wang, E. Y., Gou, Z., Miao, A. M., Peng, S. Q., Niu, Z. Y., & Shi, X. L. (2009). *Recognition of blood cell images based on color fuzzy clustering*. *Fuzzy Information and Engineering Volume 2* (pp. 69-75). Springer Berlin Heidelberg.
- [7] Jati, A., Singh, G., Mukherjee, R., Ghosh, M., Konar, A., Chakraborty, C., & Nagar, A. K. (2013). *Automatic leukocyte nucleus segmentation by intuitionistic fuzzy divergence based thresholding*. *Micron*.

- [8] Putzu, L., Caocci, G., & Di Ruberto, C. (2014). Leucocyte classification for leukaemia detection using image processing techniques. *Artificial intelligence in medicine*, 62(3), 179-191.
- [9] Mohammed, E. A., Mohamed, M., Naugler, C., & Far, B. H. (2013). *Chronic lymphocytic leukemia cell segmentation from microscopic blood images using watershed algorithm and optimal thresholding*. *Electrical and Computer Engineering (CCECE), Canadian Conference* (pp. 1-5). IEEE.
- [10] Madhloom, H. T., Kareem, S. A., & Ariffin, H. (2012). *An image processing application for the localization and segmentation of lymphoblast cell using peripheral blood images*. *Journal of medical systems*, 36(4), (pp. 2149-2158).
- [11] Fatichah, C., Tangel, M. L., Widyanto, M. R., Dong, F., & Hirota, K. (2012). *Interest-Based Ordering for Fuzzy Morphology on White Blood Cell Image Segmentation*. *JACIII*, 16(1), (pp. 76-86).
- [12] Syidada, S., Suciati, N., Fatichah, C. (2014). *Segmentasi Sel Darah Putih Berdasarkan Warna Menggunakan K-means dan Operasi Morfologi*. *Jurnal MelekIT Volume 2*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan.*