

# Deteksi Jumlah Leukosit Bersentuhan Pada Citra Mikroskopis Leukemia Limfoblastik Akut Menggunakan Multiple K-Means Clustering

Andrey Kartika Widhy Hapantenda<sup>1</sup>, F.X. Ferdinandus<sup>2</sup>, Reddy Alexandro Harianto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknologi Informasi  
Sekolah Tinggi Teknik Surabaya  
Surabaya

<sup>1</sup> andreyhapantenda@gmail.com, <sup>2</sup> ferdi@stts.edu, <sup>3</sup> reddy@stts.edu

**Abstrak**— Leukemia merupakan salah satu penyebab kematian di antara beberapa jenis kanker. Leukemia disebabkan oleh neoplasma maligna atau tumor ganas sel darah putih. Umumnya jenis kanker ini banyak diderita oleh anak-anak dan dewasa di atas usia 50 tahun. Menurut klasifikasi French-American-British (FAB) salah satu tipe Leukemia akut yaitu Leukemia Limfoblastik Akut (LLA). Keberadaan LLA ditandai dengan penyimpangan proliferasi Limfoblast pada sumsum tulang. Salah satu permasalahan pada segmentasi citra LLA adalah pemisahan grup sel yang saling bersentuhan. Hal ini diperlukan untuk analisa kuantitatif yang sangat penting untuk klasifikasi tipe LLA. Beberapa metode pernah digunakan untuk memisahkan grup sel termasuk K-Means Clustering, namun masih sering terjadi over maupun under segmen. Pada Metode Multiple K-Means, nilai K awal merupakan estimasi awal jumlah Leukosit bersentuhan. Proses K-Means dilakukan dengan melakukan iterasi sebanyak tiga hingga lima kali dengan nilai K sama dengan nilai K awal minus dua hingga nilai K awal plus dua, dimana nilai K awal, dengan nilai K minimal dua. Metode yang diusulkan ini mampu mengatasi kelemahan metode K-Means sebelumnya, dengan rata-rata relative error 0 pada 11 gambar yang terdapat 21 grup sel-sel yang saling bersentuhan dalam database ALL-IDB1.

**Kata kunci**—Leukemia Limfoblast Akut; Touching Cell; K-Means Clustering.

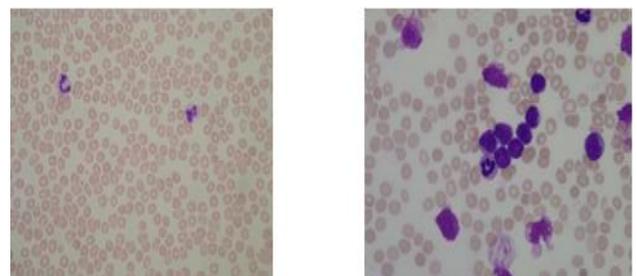
## I. PENDAHULUAN

Leukemia merupakan salah satu penyebab kematian di antara beberapa jenis kanker. Leukemia disebabkan oleh neoplasma maligna atau tumor ganas sel darah putih. Umumnya jenis kanker ini banyak diderita oleh anak-anak dan dewasa di atas usia 50 tahun. Menurut klasifikasi French-American-British (FAB) salah satu tipe Leukemia akut yaitu Leukemia Limfoblastik Akut (LLA) [1]. Keberadaan LLA ditandai dengan penyimpangan proliferasi (perbanyak abnormal) Limfoblast pada sumsum tulang [2]. Global Burden of Disease (GBD) pada tahun 2015 mencatat sebanyak 876.000 orang menderita LLA, 111.000 di antaranya meninggal dunia.

Sebelum dilakukan pengamatan di bawah mikroskop, terlebih dahulu dilakukan proses staining, yaitu pemberian zat warna pada sample darah. Hal ini dilakukan supaya didapatkan visualisasi yang baik pada komponen-komponen sel darah

yang diamati menggunakan mikroskop. Hal ini disebabkan sel darah merah dan sel darah putih mempunyai warna yang transparan. Perbedaan kondisi saat proses staining seperti konsentrasi zat pewarna, suhu dan lama pewarnaan akan menyebabkan variasi warna pada citra mikroskopis sel darah[3].

Saat ini diagnosa awal LLA dilakukan observasi morfologi sel darah putih di laboratorium menggunakan mikroskop secara manual oleh hematologist, hasil observasi manual ini bergantung pada pengalaman dan keterampilan hematologist. Observasi manual ini juga memakan waktu dan melelahkan sehingga berpotensi terjadinya kesalahan diagnosa. Gambar 1 menampilkan contoh darah sehat dan darah yang mengandung sel kanker Leukemia Limfoblastik Akut.



(a)

(b)

Gambar 1. Contoh darah sehat (a), dan contoh darah mengandung sel kanker (b)

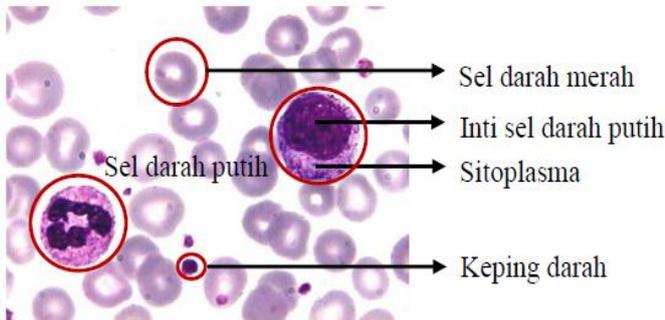
Pada gambar 1 tampak sel-sel darah putih pada contoh darah yang mengandung sel kanker tampak saling bersentuhan, hal ini dikarenakan adanya sel blast. Untuk penegakkan diagnosa perlu dilakukan pemisahan sel-sel yang saling bersentuhan tersebut agar diketahui secara pasti jumlah sel-sel tersebut.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Darah

Darah merupakan cairan yang terdapat di dalam tubuh manusia. Fungsi darah antara lain untuk memasok zat yang diperlukan oleh sel yaitu oksigen dan nutrisi, selain itu darah juga membawa sisa metabolisme dari sel. Di dalam darah juga

terdapat plasma yang merupakan campuran dari protein dan cairan garam yang berisi sel-sel darah. Sel darah terbagi menjadi tiga jenis : a. Eritrosit : sel-sel ini disebut juga sel darah merah yang fungsinya untuk mengambil oksigen dari paru-paru dan membawanya ke jaringan yang membutuhkan untuk proses metabolisme. b. Leukosit : sel-sel ini disebut juga sel darah putih, fungsi utamanya adalah melawan penyakit infeksius, pada Gambar 2 dapat kita lihat contoh citra mikroskopis darah.



Gambar 2. Citra Mikroskopis Darah

### B. Leukemia

Leukemia adalah salah satu jenis kanker yang ditandai dengan pertumbuhan sel darah putih yang abnormal. Berdasarkan seberapa cepat penyakit memburuk, Leukemia dibagi menjadi dua yaitu akut dan kronis. Pada Leukemia akut sel Blast berkembang sangat cepat, kondisi penyakit memburuk sangat cepat. Sedang pada Leukemia kronis, sel-sel Blast lebih matang bila dibandingkan dengan Leukemia akut, dan juga dapat berfungsi secara normal. Jumlah Blast meningkat lebih lambat. Berdasarkan organ hematological yang diserang, Leukemia dibagi menjadi dua : 1. Lymphoid Leukemia yang menyerang organ Limfoid seperti sumsum tulang, limfa dan kelenjar getah bening. 2. Myeloid Leukemia yang hanya menyerang organ-organ Myeloid.

### C. Leukemia Limfoblast Akut

Leukemia Limfoblast Akut (LLA) merupakan kanker yang dihasilkan oleh modifikasi biogenetik dari sel-sel progenitor pada organ Limfoid. LLA diidentifikasi pembentukan limfosit yang tidak terbatas yang biasa disebut dengan Limfoblast. Pembentukan Limfoblast yang tidak terbatas dapat menghentikan produksi darah dalam sumsum tulang yang pada akhirnya dapat menjadi penyebab kematian. Skema klasifikasi kanker oleh French American British (FAB) [4] dan World Health Organization (WHO) [5] adalah dua skema klasifikasi yang digunakan di seluruh dunia untuk membedakan tipe-tipe kanker. Berdasarkan klasifikasi FAB, LLA dibagi menjadi tiga tipe yaitu L1, L2 dan L3 masing-masing memiliki morfologi sel yang berbeda. Menurut WHO LLA dibedakan menjadi tiga kategori yaitu pre-B, pre-T dan mature-B. LLA umum ditemukan pada anak-anak yang merupakan 33% dari total keseluruhan kanker yang diderita oleh anak-anak. Secara global terdapat 1 juta kejadian kanker, 25% di antaranya merupakan Leukemia. Angka kejadian LLA dilaporkan menjadi yang tertinggi di Negara-negara seperti Spanyol, Italia,

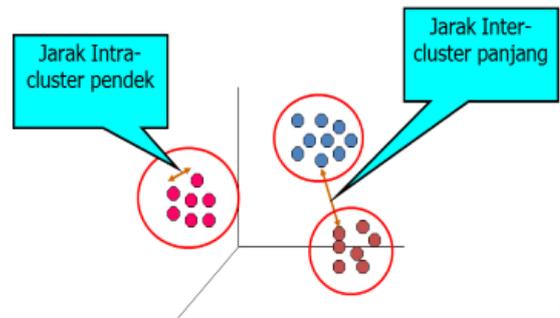
New Zealand, dan yang terendah berada di Afrika, Amerika dan Asia. Meskipun banyak ditemukan pada anak-anak LLA juga ditemukan pada usia dewasa di atas 65 tahun sebanyak 20%.

### D. K-Means Clustering

Clustering atau pengelompokan data merupakan teknik data mining yang bertujuan untuk mengelompokkan data menjadi kelompok/group/kluster/segmen tertentu berdasarkan persamaan atau kemiripan yang dimiliki oleh tiap data. Data yang berada pada satu kluster mempunyai nilai kemiripan tinggi, sebaliknya data-data yang berbeda kluster harus mempunyai nilai kemiripan yang sekecil mungkin.

Algoritma K-Means diperkenalkan oleh J.B. MacQueen pada tahun 1976, salah satu algoritma clustering yang mengelompokkan data sesuai dengan karakteristik atau ciri-ciri bersama yang serupa. Grup data ini dinamakan sebagai cluster. Data di dalam suatu cluster mempunyai ciri-ciri (atau fitur, karakteristik, atribut, properti) serupa, sedangkan dengan cluster lain data tidak serupa (Pang-Ning, 2006). Algoritma K-means merupakan algoritma clustering yang unsupervised. Metode pengelompokan data dilakukan tanpa menentukan fungsi tujuannya.

Dalam konteks pengolahan citra, metode clustering K-means bisa digunakan untuk melakukan segmentasi pada citra. Citra yang merupakan kumpulan piksel-piksel dengan variasi intensitas atau warna. Segmentasi dilakukan dengan cara mengelompokkan piksel-piksel yang mempunyai intensitas atau warna yang sama.



Gambar 3. Ilustrasi Clustering data (Pang-ning et.al., 2006)

Secara umum algoritma k-means dilakukan sebagai berikut :

- Menentukan jumlah kluster yang akan dibentuk, dengan inisialisasi nilai k.
- Memilih data yang menjadi titik tengah atau pusat (*centroid*) dari masing-masing cluster secara acak.
- Untuk setiap data, dihitung jaraknya terhadap semua titik pusat. Data tersebut akan dimasukkan pada kelompok titik pusat yang paling dekat
- Pengukuran jarak ini bisa menggunakan *euclidian distance*.
- Setiap kelompok melakukan evaluasi titik pusat. Titik pusat baru adalah nilai rata-rata dari semua data yang ada pada cluster tersebut.

- f) Evaluasi keanggotaan masing-masing titik terhadap titik pusat yang baru. Setiap titik akan dikelompokkan dengan titik pusat yang paling dekat.
- g) Ulangi langkah c, d, e dan f sampai mendapatkan cluster yang stabil.

### III. PENELITIAN SEBELUMNYA

Pada penelitian yang dilakukan pada tahun 2016 oleh Fatchah, dkk[6] mengusulkan penggunaan metode *K-Means Clustering* untuk memisahkan sel-sel yang saling bersentuhan. Sebelum melakukan proses pemisahan sel-sel yang saling bersentuhan dilakukan deteksi region sel-sel yang saling bersentuhan. Fatchah, dkk menggunakan properti area dan *eccentricity* untuk deteksi sel-sel yang saling bersentuhan. Pada penelitiannya, Fatchah menentukan *threshold* untuk *eccentricity* sebesar 0.78 dan area sebesar 1000 yang ditampilkan pada persamaan 1.

$$e > 0.78$$

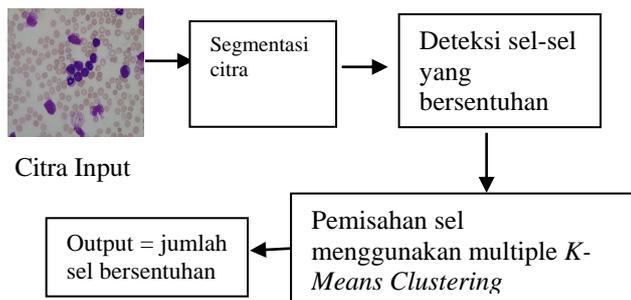
$$A > 1000 \tag{1}$$

Berdasarkan analisa tersebut, ukuran sel-sel yang bersentuhan didapatkan dari penggabungan ukuran sel-sel tunggal, oleh karena itu Fatchah, dkk. menghitung jumlah sel yang terdapat dalam sel-sel yang saling bersentuhan menggunakan rasio area sel-sel yang saling bersentuhan dengan area sel tunggal seperti yang ditampilkan pada persamaan 2.

$$n = A / 1000 \tag{2}$$

Di mana *n* adalah jumlah sel yang ada pada sel-sel yang saling bersentuhan dan *A* adalah area grup sel tersebut.

### IV. METODE PENELITIAN



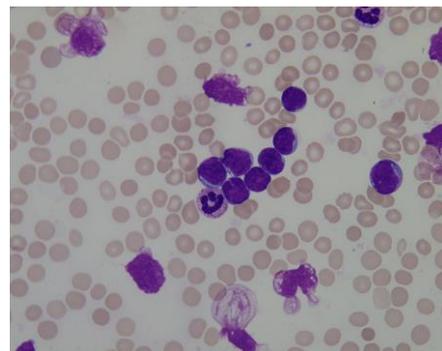
Gambar 4. Alur sistem metode yang diusulkan

Pada penelitian ini deteksi jumlah leukosit bersentuhan terdiri dari empat tahapan, yang pertama tahap input citra, yang digunakan pada penelitian ini adalah database ALL-IDB1 yang disediakan oleh Labati[7], kemudian dilakukan segmentasi menggunakan metode usulan Huang, dkk[3]. Dari hasil segmentasi kemudian dilakukan deteksi Leukosit bersentuhan menggunakan usulan Fatchah[6]. Kemudian Leukosit bersentuhan tersebut dipisahkan dan dihitung menggunakan metode multiple K-Means. Pada sub-sub bab

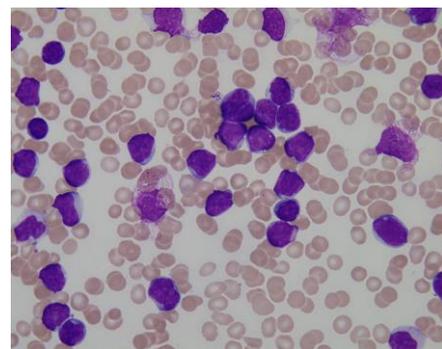
berikut akan dijelaskan secara detail tahapan deteksi jumlah Leukosit bersentuhan.

#### A. Citra Input

Pada penelitian ini citra Leukemia Limfoblastik Akut dari database ALL-IDB1[7] yang disediakan oleh Labati, dkk. digunakan sebagai citra input. ALL-IDB1 adalah dataset citra sampel sediaan apus darah tepi (peripheral blood smear) dari individu yang tidak menderita ALL dan pasien penderita ALL, yang tersedia untuk umum dengan izin. Sampel tersebut dikumpulkan oleh pakar di Pusat Penelitian Tettamanti, Tettamanti Research Center untuk leukemia anak-anak dan penyakit hematik, Monza, Italia. Basis data ALL-IDB1 dapat digunakan untuk pengujian kemampuan algoritma segmentasi dan sistem klasifikasi karena terdiri dari citra dengan resolusi, perbesaran, dan pencahayaan yang berbeda-beda. Sebagian image yang digunakan sebagai sample pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 5.



(a)



(b)

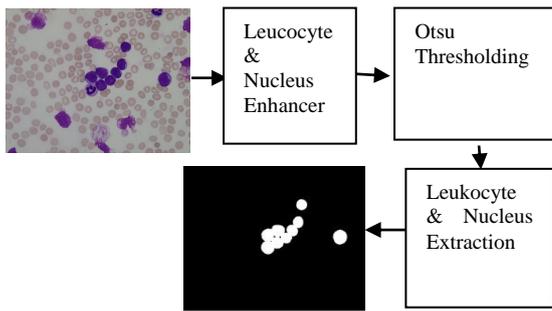
Gambar 5. Contoh image yang digunakan dalam penelitian (a) Image dengan 1 grup Leukosit bersentuhan (b) Image dengan grup Leukosit bersentuhan lebih dari 1

#### B. Segmentasi Citra

Pada penelitian ini segmentasi region sel darah putih dilakukan dengan menggunakan metode *Otsu Thresholding* yang diusulkan oleh Huang, dkk.[3] yang ditampilkan pada gambar 6.

*Leucocyte Nucleus Enhancer* (LNE) dilakukan untuk mengatasi permasalahan warna antara sel darah putih dan sel

darah merah. Pada proses ini digunakan komponen G dan S pada ruang warna RGB dan HSV. Komponen G dan S dinormalisasi antar 0-1 dengan menggunakan persamaan 3.



Gambar 6. Alur segmentasi citra

$$\begin{aligned} I_G &= (I_G - G_m) / (G_M - G_m) \\ I_S &= (I_S - S_m) / (S_M - S_m) \end{aligned} \quad (3)$$

Di mana  $G_M, G_m, S_M,$  dan  $S_m$  adalah nilai maksimum dan minimum komponen G dan S. *Image Enhanced*  $I_E$  didapat dengan persamaan 4.

$$I_E = \frac{I_S}{I_G} \quad (4)$$

Setelah didapatkan *Image Enhanced*  $I_E$  kemudian dilakukan proses binerisasi *image* menggunakan metode *Otsu Thresholding*. Metode *Otsu* merupakan metode *thresholding* yang paling tradisional dan efektif. Pendekatan *Otsu* berdasarkan histogram, yang dapat dengan mudah dan cepat mendapatkan informasi dari sebuah gambar. Ide dasar pendekatan *Otsu* adalah mencari *threshold* dengan memaksimalkan varian antar-kelas dan meminimalkan varian dalam-kelas.

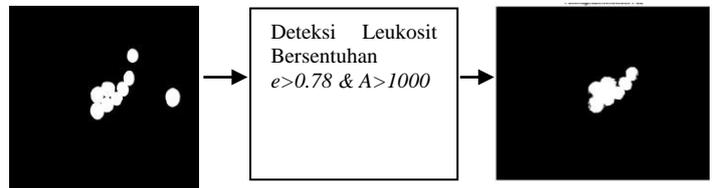
Setelah proses binerisasi menggunakan metode *Otsu*, di dalam image masih terdapat komponen Eritrosit / sel darah merah. Rata-rata Ukuran Leukosit 3-4x lebih besar disbanding ukuran Eritrosit, maka properti area digunakan untuk mengekstraksi Leukosit.

Secara singkat tahapan segmentasi Leukosit adalah sebagai berikut:

- Input image RGB LLA
- Konversikan image ke dalam ruang warna HSV
- Lakukan proses *Leucocyte Nucleus Enhancer* (LNE) dengan menggunakan komponen G dan S dari ruang warna RGB dan HSV.
- Binerisasi image hasil proses LNE menggunakan metode *Otsu*.
- Ekstraksi Leukosit dengan menggunakan properti area.

### C. Deteksi Sel-Sel Bersentuhan

Sebelum melakukan perhitungan jumlah Leukosit bersentuhan dilakukan proses deteksi Leukosit bersentuhan untuk memisahkan Leukosit bersentuhan dengan Leukosit tunggal. Umumnya Leukosit bersentuhan memiliki ukuran yang lebih besar dari Leukosit tunggal, serta memiliki bentuk yang cenderung elips. Berdasarkan analisis sampel, Leukosit tunggal memiliki nilai *eccentricity* 0 - 0.78, sedangkan Leukosit bersentuhan memiliki *Eccentricity* lebih besar dari 0.78. Oleh karena itu pada penelitian ini tahap deteksi Leukosit yang bersentuhan menggunakan properti area dan *eccentricity* sesuai persamaan 1 usulan Fatchah, dkk.[6] yang ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Deteksi grup sel-sel bersentuhan

### D. Pemisahan Sel Menggunakan Multiple K-Means Clustering

Pemisahan Leukosit bersentuhan diperlukan untuk analisa kuantitatif untuk diagnosis kanker. Beberapa metode digunakan untuk memisahkan Leukosit bersentuhan, salah satunya adalah metode *Watershed*. Kelemahan metode ini adalah sering terjadinya oversegmentasi dikarenakan region dengan nilai graylevel yang berbeda pada objek yang sama tidak digabungkan.

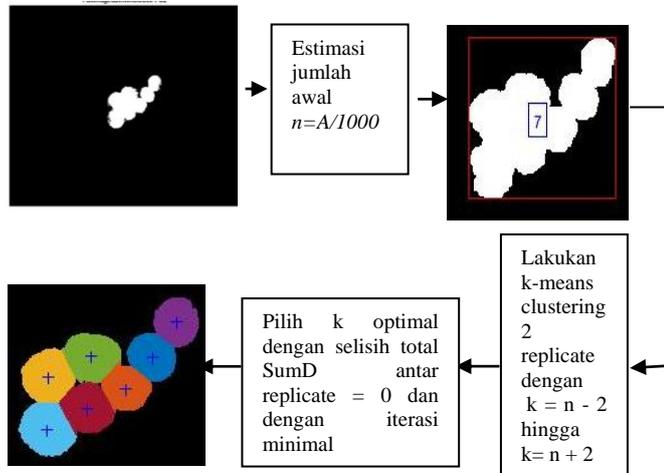
Algoritma *K-Means* merupakan metode *clustering* di mana centroid dari tiap-tiap cluster dihitung berdasar rata-rata dari cluster terdekat. Metode ini bertujuan meminimalkan error saat pengelompokan obyek ke dalam grup / cluster. Berikut algoritma *K-Means* dalam pemisahan Leukosit bersentuhan :

- Matriks data  $X = \{x_{ij}\}$  dengan ukuran  $n \times p$  di mana  $i=1,2,\dots,n$  dan  $j=1,2,\dots,p$  dan jumlah cluster  $k$
- Inisialisasi centroid tiap cluster secara acak
- Hitung jarak tiap obyek terhadap centroid menggunakan *Euclidian distance*
- Kelompokkan tiap obyek dengan centroid terdekat
- Tentukan centroid baru tiap clusternya dengan menghitung rata-rata obyek dalam 1 cluster
- Ulangi langkah 3-5 hingga centroid tidak berubah

Pada penelitian ini koordinat hasil segmentasi dan nilai *Hue* digunakan sebagai fitur serta dilakukan iterasi untuk menentukan nilai  $K$  pada *K-Means Clustering*. Nilai  $K$  awal didapat menggunakan nilai  $n - 2$  (minimal  $K$  awal =2) hingga  $K$  akhir =  $n + 2$ . Di mana nilai  $n$  didapat menggunakan persamaan 2. Pada tahap ini proses *K-Means Clustering* dilakukan sebanyak 2 *replicate* untuk masing-masing  $K$ .  $K$  final didapat dengan memilih nilai  $K$  di mana pada proses *K-Means Clustering* tidak terjadi perubahan pada total *SumD*

antara *replicate* pertama dengan *replicate* kedua dan dengan iterasi minimal. Alur pemisahan sel-sel bersentuhan ditampilkan pada gambar 8.

Dari hasil percobaan yang dilakukan pada citra *Img001\_1.jpg* yang ditampilkan pada tabel 1, dapat dilihat iterasi dan total SumD untuk masing-masing *replicate* ke-1 dan *replicate* ke-2 untuk tiap-tiap *K*. Dari tabel 1 dapat dilihat pada *K=7* selisih total SumD pada *replicate* 1 dan ke-2 adalah 0, dan pada *K=7* memiliki total iterasi minimal dibandingkan dengan *K=5,6,8, dan 9*.



Gambar 8. Alur pemisahan leukosit bersentuhan dengan k-means clustering

Penggunaan 2 *replicate* untuk melakukan proses *clustering* lebih mendalam dan semakin sedikit iterasi menunjukkan lebih cepat konvergen.

TABEL 1. CONTOH PROSES MULTIPLE K-MEANS PADA IMAGE *IMG001\_1*

K	Replicate 1		Replicate 2		Total Iterasi	Selisih Tot SumD Rep 1 & Rep 2	Output
	Iterasi	Tot SumD	Iterasi	Tot SumD			
5	69	1.8E+08	52	1.8E+08	121	0	7
6	70	1.4E+08	68	1.4E+08	138	0	
7	22	1.1E+08	89	1.1E+08	111	0	
8	100	1.04E+08	100	1.0E+08	200	1.71E+06	
9	59	9.1E+07	100	9.2E+07	159	9.49E+05	

Secara singkat proses pemisahan Leukosit bersentuhan pada metode yang diusulkan adalah sebagai berikut :

- Hasil segmentasi sebagai inputan di mana koordinat dan nilai Hue digunakan sebagai fitur
- Lakukan proses *K-Means* 2 *replicate* pada tiap grup Leukosit bersentuhan dengan dengan  $k = n-2$  hingga  $k=n+2$

- Pilih *k* dengan selisih antara Total SumD dari *replicate* 1 dan 2 sama dengan 0 dan dengan iterasi minimal untuk tiap grup Leukosit bersentuhan.

## V. HASIL UJI COBA

Untuk memvalidasi metode yang diusulkan, digunakan 11 gambar (terdapat total 21 grup sel-sel yang saling bersentuhan) dari database ALL-IDB1. Akurasi dihitung menggunakan nilai relative error dengan menggunakan persamaan 5 berikut:

$$\eta = \left| \frac{v - v_{approx}}{v} \right| \quad (5)$$

Dimana *v* adalah hasil perhitungan jumlah Leukosit manual, dan  $v_{approx}$  adalah hasil perhitungan sistem.

Hasil akurasi metode usulan dibandingkan dengan akurasi hasil metode usulan Fatichah,dkk.

TABEL 2. PERBANDINGAN AKURASI METODE USULAN DENGAN METODE LAIN

Gambar	Grup Sel ke-	Ma-nual	Metode Usulan		Metode K-Means	
			Hasil	Relative Error	Hasil	Relative Error
Img001_1	1	7	7	0	7	0
	2	2	2	0	2	0
Img002_1	2	2	2	0	2	0
	3	4	4	0	4	0
Img003_1	1	3	3	0	3	0
	2	2	2	0	2	0
	3	3	3	0	4	0.33
Img005_1	1	6	6	0	6	0
	2	3	3	0	3	0
Img006_1	1	2	2	0	2	0
	2	2	2	0	2	0
Img008_1	1	2	2	0	3	0.5
Img010_1	1	2	2	0	2	0
Img011_1	1	2	2	0	2	0
	2	2	2	0	3	0.5
	3	3	3	0	4	0.33
Img012_1	1	2	2	0	2	0
Img015_1	1	3	3	0	4	0.33
	2	3	3	0	3	0
Img018_1	1	3	3	0	4	0.33
	2	2	2	0	3	0.5
Rata-rata relative error			0		0.13	

## VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode yang diusulkan oleh Fatichah masih terjadi over segmen, hal ini terjadi dikarenakan nilai  $K$  yang digunakan pada proses *K-Means Clustering* didapat dari rasio area grup sel bersentuhan dengan area sel tunggal, sedangkan tidak semua sel memiliki area yang sama atau hampir sama. Metode yang diusulkan ini mampu mengatasi permasalahan tersebut dengan tingkat akurasi 100%. Dengan akurasi yang tinggi metode yang diusulkan ini diharapkan dapat membantu laboran dalam analisa kuantitatif pada LLA sehingga dapat menurunkan potensi terjadinya kesalahan diagnosa.

## REFERENSI

- [1] L. Putzu, G. Caocci, and C. Di, "Artificial Intelligence in Medicine Leucocyte classification for leukaemia detection using image processing techniques," *Artif. Intell. Med.*, vol. 62, no. 3, pp. 179–191, 2014.
- [2] B. Bain, *Blood cells: A practical guide*. 2008.
- [3] D. Huang, K. Hung, and Y. Chan, "The Journal of Systems and Software A computer assisted method for leukocyte nucleus segmentation and recognition in blood smear images," *J. Syst. Softw.*, vol. 85, no. 9, pp. 2104–2118, 2012.
- [4] J. M. Bennett *et al.*, "Proposals for the Classification of the Acute Leukaemias French??American??British (FAB) Co??operative Group," *Br. J. Haematol.*, vol. 33, no. 4, pp. 451–458, 1976.
- [5] J. W. Vardiman *et al.*, "The 2008 revision of the World Health Organization (WHO) classification of myeloid neoplasms and acute leukemia: Rationale and important changes," *Blood*, vol. 114, no. 5, pp. 937–951, 2009.
- [6] C. Fatichah, A. M. Iliyasa, and A. S. Salama, "A Trichotomic Technique to Separate Overlapped Nuclei in Microscopic Cancer Images," pp. 295–301, 2016.
- [7] R. D. Labati, V. Piuri, and F. Scotti, "All-IDB: The acute lymphoblastic leukemia image database for image processing," *2011 18th IEEE Int. Conf. Image Process.*, pp. 2045–2048, 2011.