

IMPLEMENTASI FITUR GEOMETRI DAN K-MEANS PADA PERHITUNGAN DAN SEGMENTASI SEL DARAH MERAH BERTUMPUK

Faried Effendy¹⁾, Chastine Fatichah²⁾, Diana Purwitasari³⁾,

¹⁾ Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya

^{2,3)} Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Email : faried_effendy99@yahoo.com¹⁾, chastine@cs.its.ac.id²⁾, diana@if.its.ac.id²⁾

ABSTRAK

Segmentasi terhadap sel darah merah bertumpuk bertujuan untuk meningkatkan akurasi perhitungan sel darah merah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mensegmentasi sel darah merah bertumpuk menggunakan morfologi, fitur geometri dan k-means. Morfologi digunakan untuk *preprocessing* yakni memisahkan sel darah merah dengan *background* yang tidak diperlukan seperti sel darah putih dan platelet, fitur geometri berupa eksentrisitas dan luasan digunakan sebagai pendeteksi sel darah merah bertumpuk, sedangkan proses segmentasi dilakukan oleh k-means. Akurasi hasil segmentasi dari metode yang diusulkan mencapai 96,31%, sedangkan error perhitungan sel darah merah setelah dilakukan segmentasi berkisar 2,43%.

Kata Kunci : sel darah merah, segmentasi, morfologi, fitur geometri, k-mean.

PENDAHULUAN

Sel darah merah (eritrosit) mempunyai komposisi terbanyak dalam darah[5]. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat metabolisme makanan untuk dapat menghasilkan energi serta mengangkut O₂(oksigen) dan CO₂(karbon dioksida)[5]. Berdasarkan American Cancer Society (2009) sel darah merah normal pada tubuh kita dibagi menjadi 4 kategori umur yaitu : bayi, anak-anak, wanita dan pria. Rata-rata jumlah sel darah merah pada setiap kategori adalah 4,8-7,2 juta/kubik mm untuk bayi, 3,8-5,5 juta/kubik mm pada anak-anak, 4,2-5 juta/kubik mm pada wanita dan 4,6-6 juta/kubik mm pada pria. Jumlah sel darah merah berpengaruh terhadap kesehatan manusia[5]. Pada penyakit kronis seperti penyakit hati, anemia dan leukimia ditemui penurunan jumlah sel darah merah, sedangkan peningkatan sel darah merah ditemukan pada dehidrasi berat, diare, luka bakar, maupun perdarahan berat[5].

Akurasi perhitungan sel darah merah merupakan faktor yang sangat penting, karena akan mempengaruhi proses diagnosis maupun tindakan medis yang akan dilakukan[5]. Perhitungan sel darah merah di laboratorium dapat dilakukan secara manual menggunakan alat yang dinamakan Haemocytometer dan bantuan mikroskop serta *hand tally counter* maupun secara otomatis dengan mesin *hematology analyzer* [2]. Dari segi keakuratan, penghitungan dengan mesin memiliki keakuratan

yang lebih baik dibanding cara manual[2]. Namun sel darah merah bertumpuk dapat mengakibatkan ketidakakuratan kedua metode diatas [2]. Disamping itu penghitungan manual membutuhkan proses laboratorium yang panjang, serta harus melibatkan orang yang ahli dibidangnya [1][3][5][9].

Permasalahan sel bertumpuk harus diatasi untuk meningkatkan akurasi perhitungan sel darah merah. Metode untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah segmentasi, sehingga diperlukan pemilihan metode segmentasi sel bertumpuk yang tepat. Penelitian segmentasi sel bertumpuk masih berkembang dan merupakan tantangan bagi peneliti yang berkecimpung dibidang segmentasi sel[3]. Telah banyak penelitian dan metode yang dikembangkan untuk mensegmentasi sel bertumpuk[3]. Penelitian yang telah dilakukan untuk mensegmentasi sel bertumpuk, diantaranya Xiadong Yang, dkk (2006) yang memperkenalkan teknik *condition-erosion (C_E) watershed*, Jierong Cheng, dkk (2009) menggunakan metode yang mirip dengan Xiadong Yang, dkk (2006) untuk memisahkan sel bertumpuk pada sel neuronal dan drosophila, serta Chanho Jung, dkk (2010) menggunakan metode *unsupervised bayesian classification* untuk mengatasi masalah sel bertumpuk pada sel serviks.

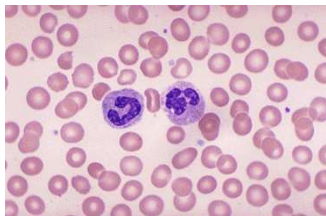
Pada penelitian ini diusulkan segmentasi pada sel bertumpuk menggunakan fitur geometri berupa luasan dan eksentrisitas, penggunaan fitur ini

didasarkan pada karakteristik sel bertumpuk yang berukuran lebih besar dan lebih lonjong dibanding rata-rata sel normal. Formulasi pemisahan sel bertumpuk sebagai analisis kluster diadaptasi dari penelitian Jung(2010) karena dari hasil penelitian yang telah dilakukan mampu mensegmentasi sel bertumpuk dengan baik .Sedangkan K-mean merupakan metode klustering sederhana dan mudah diimplementasikan, mampu mengelompokkan data yang berukuran besar serta menghasilkan kluster dengan cepat.

LANDASAN TEORI

Sel Darah Merah

Sel darah merah (eritrosit) mempunyai komposisi terbanyak dalam darah[5]. Fungsi utamanya adalah sebagai tempat metabolisme makanan untuk dapat menghasilkan energi serta mengangkut O₂(oksigen) dan CO₂(karbon dioksida)[5]. Sel darah merah normal pada tubuh kita dibagi menjadi 4 kategori umur yaitu : bayi, anak-anak, wanita dan pria. Rata-rata jumlah sel darah merah pada setiap kategori adalah 4,8-7,2 juta/kubik mm untuk bayi, 3,8-5,5 juta/kubik mm pada anak-anak, 4,2-5 juta/kubik mm pada wanita dan 4,6-6 juta/kubik mm pada pria[5]. Citra sel darah merah seperti yang terlihat pada gambar 1 memiliki bentuk yang beragam, ada yang tunggal namun tidak sedikit pula yang bertumpuk. Sel bertumpuk seperti inilah yang akan dideteksi dan diestimasi jumlah selnya.



Gambar 1. Citra sel darah merah.

Fitur Geometri

Fitur merupakan suatu deskriptor yang menggambarkan karakteristik dari suatu obyek. Pada penelitian ini fitur yang digunakan untuk mengidentifikasi sel bertumpuk adalah eksentrisitas dan luasan. Eksentrisitas merupakan atribut dari elips yang didapatkan dari rasio antara titik fokus terhadap panjang sumbu utama pada citra. Sedangkan luasan merupakan jumlah piksel pada suatu wilayah/ *region* pada citra.

Morfologi

Operasi morfologi memandang citra sebagai himpunan, secara umum, pemrosesan citra secara morfologi dilakukan dengan cara mem-*passing* sebuah *structuring element* terhadap sebuah citra. Pemrosesan citra secara morfologi biasanya dilakukan terhadap citra biner (hanya terdiri dari 0

dan 1), walaupun tidak menutup kemungkinan dilakukan terhadap citra dengan skala keabuan 0-255.

Pada penelitian ini operasi morfologi digunakan untuk menghilangkan *background* yang tidak diinginkan seperti sel darah putih dan platelet. Operasi morfologi yang digunakan adalah dilasi, erosi, dan open.

Analisis Kluster

Analisis kluster adalah teknik yang digunakan untuk menggabungkan observasi ke dalam kelompok atau kluster [6], sedemikian sehingga:

1. Setiap kelompok atau kluster homogen mempunyai karakteristik tertentu. Hal ini berarti bahwa observasi dalam setiap kelompok sama dengan observasi lain dalam satu kelompok yang sama;
2. Setiap kelompok seharusnya berbeda dari kelompok lain dengan karakteristik yang sama. Hal ini berarti bahwa observasi dalamkelompok yang satu seharusnya berbeda dari observasi dalam kelompok lain.

Analisis kluster digunakan untuk mengelompokkan data observasi yang hanya berdasarkan pada informasi yang ditemukan dalam data, di mana data tersebut harus menggambarkan observasi dan hubungannya. Oleh karena itu, tujuan dari analisis ini adalah obsevasi dalam satu kelompok mirip satu sama lain dan berbeda dari observasi dalam kelompok lain. Semakin besar kemiripan (homogenitas) dalam kelompok dan semakin besar perbedaan (heterogenitas) antar kelompok maka klustering akan lebih baik atau lebih berbeda [7].

Dalam analisis kluster, pengelompokan observasi ke dalam kluster dilakukan dengan menggunakan teknik-teknik yang berawal dari kemiripan antar semua pasangan observasi.Kemiripan ini didasarkan pada beberapa ukuran jarak. Metode lain dalam pengelompokan dapat menggunakan pilihan awal sebagai pusat kluster atau perbandingan di dalam dan antar variabilitas kluster. Selain itu, pengelompokan juga dapat menggunakan variabel kluster yang kemiripannya didasarkan pada matriks korelasi [8].

Pada prinsipnya analisis kluster merupakan proses untuk mereduksi sejumlah objek yang besar menjadi lebih sedikit yang disebut kluster. Analisis kluster digunakan oleh peneliti yang belum mengetahui anggota dari suatu kelompok.Analisis kluster disebut juga *Q-analysis*, *classification analysis*, pengenalan pola (*pattern recognition*), analisis segmentasi (*numerical taxonomy*).

Berdasarkan paparan tersebut, terdapat dua langkah utama dalam analisis kluster yaitu memilih ukuran kemiripan dan memilih algoritma dalam pembentukan kluster.

Metode K-means

Metode *K-Means* diperkenalkan oleh James B MacQueen pada tahun 1967 dalam *proceedings of the 5th berkeley symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Dasar pengelompokan dalam metode ini adalah menempatkan objek berdasarkan rata-rata (mean) kluster terdekat. Oleh karena itu, metode ini bertujuan untuk meminimumkan *error* akibat partisi _ objek ke dalam _ kluster. *Error* partisi disebut juga sebagai fungsi objektif.

Misalkan $X = \{x_i\} i = 1, 2, \dots, n$ merupakan titik-titik dalam ruang berdimensi $n(R^n)$ dan titik tersebut dikelompokkan ke dalam i kluster, $C_i, i = 1, 2, \dots, K$. Misalkan c_i centroid dari kluster C_i sehingga jumlah kuadrat antara c_i dan titik di dalam kluster yaitu x_i , didefinisikan sebagai:

$$J(c_k) = \sum_{x_i \in C_i} (c_i - x_i)^2 \tag{1}$$

Prinsip dasar metode *K-Means* adalah meminimumkan jumlah kuadrat *error* dari seluruh i kluster, yaitu:

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x_j \in C_i} (c_i - x_j)^2 \tag{2}$$

RANCANGAN SISTEM

Rancangan sistem untuk segmentasi sel darah merah bertumpuk ditunjukkan dengan diagram blok sistem pada Gambar 2. Sistem yang dibangun meliputi *preprocessing*, ekstraksi sel darah merah, identifikasi sel bertumpuk, pengelompokan dengan *k-means*, dan rekonstruksi citra.

Preprocessing

Preprocessing bertujuan memperbaiki kualitas citra, dimana citra yang dihasilkan dapat memberikan informasi secara jelas. Proses *preprocessing* diawali dengan memproses citra awal pada komponen *Green* (hijau) karena objek *White Blood Cells* (WBC) terlihat lebih terang sehingga

akan lebih mudah dibedakan dengan *Red Blood Cells* (RBC). Setelah itu dilakukan filter terhadap *noise* dengan menggunakan Median Filter. *Global gray level thresholding* digunakan untuk memisahkan antara obyek dan latar belakang. Setelah itu citra *grayscale* akan dikonversi menjadi citra biner dengan mengacu nilai *threshold* (batas) proses *Global gray level thresholding*. Citra biner hasil konversi terkadang memiliki bentuk lubang seperti yang terlihat pada Gambar 4(d), yang disebabkan karena iluminasi citra yang terjadi saat *capture*-an citra sehingga pada proses berikutnya daerah tersebut dianggap sebagai *background*.

Ada dua jenis lubang seperti yang terlihat pada Gambar 3(d) yang harus diperbaiki pada citra biner, yaitu :

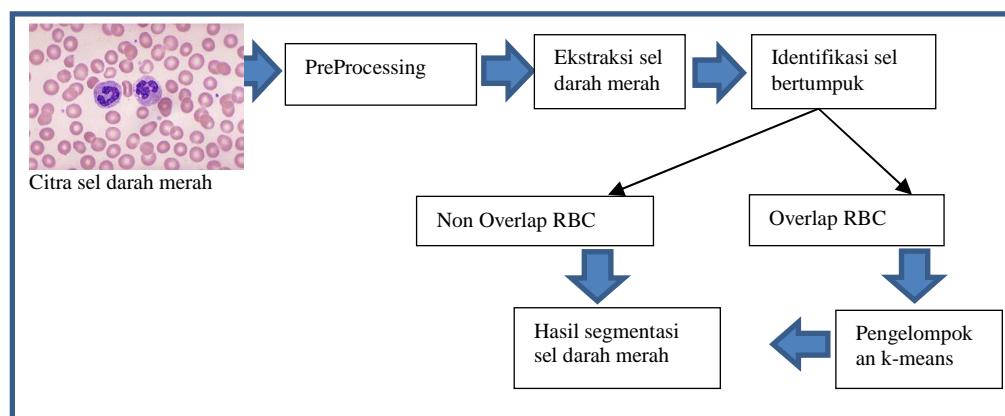
- a. Bentuk lubang tertutup seperti cincin
- b. Bentuk lubang terbuka

Untuk memperbaiki citra kasus pertama dapat digunakan operasi *flood-fill*, sedangkan untuk memperbaiki citra kasus kedua digunakan operasi *merging canny edge detection* dan citra biner hasil *graythresholding*. Hasil akhir dari proses ini adalah citra biner yang lebih sempurna (tanpa lubang).

Ekstraksi Sel Darah Merah

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mendeteksi sel bertumpuk, sementara hampir semua citra sel darah merah mengandung *background* yang tidak dibutuhkan seperti sel darah putih dan platelet. Oleh karena itu *background* yang tidak dibutuhkan tersebut harus dihilangkan/ dipisahkan. Pada proses ini citra WBC dihilangkan dengan operasi *masking*.

Citra WBC dikenali dengan cukup mudah karena memiliki ukuran yang relatif lebih besar dibandingkan RBC tunggal, juga memiliki warna yang kontras yakni biru keunguan. Sedangkan citra platelet memiliki ukuran yang relatif lebih kecil sehingga untuk menghilangkannya cukup dengan menggunakan operasi morfologi *open*. Hasil akhir dari proses ini adalah citra biner tanpa WBC dan platelet.



Gambar 2. Diagram blok sistem segmentasi sel darah merah bertumpuk.

Identifikasi dan Estimasi Sel Bertumpuk

Setelah sel darah merah dipisahkan dari *background* yang tidak diperlukan, langkah selanjutnya adalah deteksi sel darah merah bertumpuk.

Identifikasi sel bertumpuk pada penelitian ini merupakan kombinasi pendekatan *boundary based* dan *region based* yakni menggunakan fitur geometri berupa luasan dan eksentrisitas.

Pemilihan fitur *eccentricity* atau eksentrisitas didasarkan pada analisa yang telah dilakukan bahwa RBC tunggal dan RBC bertumpuk memiliki perbedaan eksentrisitas yang cukup signifikan, yakni pada RBC tunggal memiliki nilai eksentrisitas antara 0 – 0.7 sedangkan RBC bertumpuk memiliki eksentrisitas diatas 0.7.

Pemilihan fitur luasan didasarkan pada analisa yang telah dilakukan bahwa RBC bertumpuk memiliki luasan yang relatif lebih besar dibandingkan dengan rata-rata RBC tunggal. Sehingga berdasarkan analisa tersebut dapat dibuat suatu *threshold* (batas) untuk mendeteksi region yang termasuk RBC bertumpuk. Batas atau *threshold* didefinisikan sebagai berikut :

- a. Region yang memiliki eksentrisitas > 0.7

- b. Region yang memiliki Area > batasArea, dengan batasArea = mean (Area)- (0.5*Standard Deviasi(Area)).

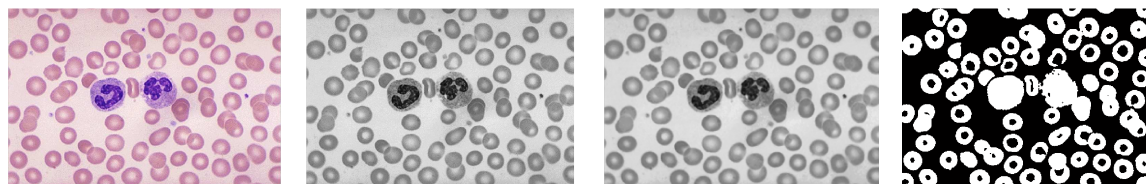
Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sel bertumpuk merupakan sel berukuran normal yang saling berimpit/ bertumpuk satu sama lain, sehingga untuk menentukan jumlah sel dalam sel bertumpuk berdasarkan asumsi tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$JmlSel = \frac{A}{B-(0.5 \times STD(B))}$$

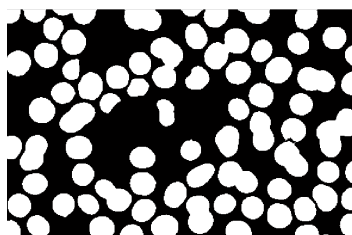
A=Ukuran RBC Bertumpuk
 B=Rerata Ukuran RBC Tunggal
 STD= Standard Deviasi

(3)

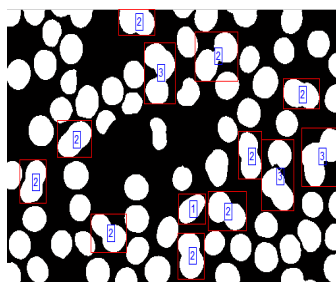
Setelah teridentifikasi dan terestimasi jumlah sel bertumpuk, agar dapat dibandingkan akurasi maka dilakukan perhitungan secara menyeluruh terhadap region yang diproses oleh metode yang diusulkan, yakni dengan menambahkan jumlah region yang tidak teridentifikasi sebagai sel bertumpuk dengan jumlah estimasi tiap region yang teridentifikasi sebagai sel bertumpuk.



Gambar 3. Contoh citra RBC proses preprocessing (a) citra awal (b) citra komponen green (c) citra hasil median filter (d) Citra hasil merging graythresholding + Cany



Gambar 4. Contoh Citra RBC biner tanpa WBC dan platelet



Gambar 5. Contoh citra hasil identifikasi dan estimasi sel bertumpuk

Desain pemisahan sel darah merah bertumpuk

Setelah ditentukan sel darah merah bertumpuk, langkah berikutnya adalah memisahkan sel darah merah bertumpuk tersebut dengan metode k-means. Pemisahan sel darah merah bertumpuk diawali dengan proses klasterisasi piksel sel darah merah bertumpuk dengan menggunakan metode k-means, secara garis besar proses klasterisasi dilakukan dengan menggunakan matriks data $X=\{x_{ij}\}$ yang merupakan koordinat piksel sel darah merah bertumpuk. Untuk mendapatkan jumlah kluster sebagai input awal metode k-means, diasumsikan bahwa RBC bertumpuk terdiri dari beberapa RBC tunggal dengan ukuran yang beragam, dirumuskan:

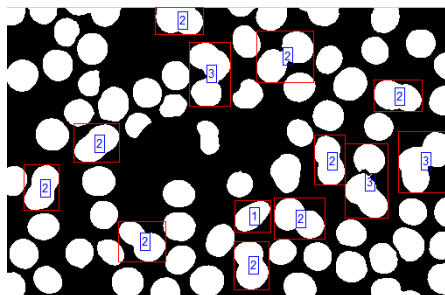
$$JmlKluster = \frac{A}{B - (0.5 \times STD(B))} \tag{4}$$

A = Ukuran RBC Bertumpuk

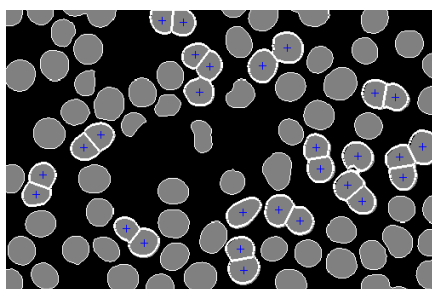
B = Rerata Ukuran RBC Tunggal

STD = Standard Deviasi

Gambar 6 dan 7 memperlihatkan hasil deteksi RBC bertumpuk dan perhitungan jumlah kluster dalam RBC bertumpuk serta hasil segmentasi yang dilakukan oleh k-means



Gambar 6. Contoh Perhitungan Jumlah Kluster Pada RBC Bertumpuk



Gambar 7. Contoh Hasil Klustering RBC Bertumpuk Oleh K Means

HASIL UJI COBA DAN ANALISIS

Untuk data uji coba digunakan 10 citra mikroskopik sel darah merah, dengan asumsi bahwa tiap citra terdiri dari sel darah merah bertumpuk maupun tidak bertumpuk. Citra mikroskopik yang

dipilih tersebut masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda, dengan tujuan agar pola hasil uji coba yang dihasilkan dapat lebih mempresentasikan keadaan yang sebenarnya. Detail karakteristik dari 10 citra tersebut ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Citra Sel Darah Merah

Citra	Karakteristik		
	Memuat sel darah putih	Memuat platelet	Memuat sel bertumpuk
Citra01	Ya	Ya	Ya
Citra02	Ya	Ya	Ya
Citra03	Ya	Ya	Ya
Citra04	Ya	Ya	Ya
Citra05	Ya	Ya	Ya
Citra06	Tidak	Tidak	Tidak
Citra07	Tidak	Ya	Tidak
Citra08	Tidak	Ya	Ya
Citra09	Ya	Tidak	Tidak
Citra10	Tidak	Ya	Ya

Skenario Uji Coba

Pengujian dari kinerja metode ini dilakukan dengan menerapkan skenario uji coba perbandingan sebagai berikut :

- a. Skenario uji coba perbandingan dengan segmentasi citra manual. Segmentasi pada tahap ini adalah melakukan pemisahan sel darah merah dengan *background* yang tidak diperlukan seperti sel darah merah dan platelet. Citra hasil segmentasi manual akan dianggap sebagai hasil segmentasi yang benar. Sehingga akurasi segmentasi dari metode yang diusulkan dapat dibandingkan
- b. Skenario uji coba perbandingan dengan beberapa metode lain, yaitu metode *watershed*, metode *condition erosion* dan teknik *circular hough transform*. Skenario ini bertujuan untuk membandingkan akurasi segmentasi sel bertumpuk antara metode yang diusulkan dengan metode *classicalwatershed*, metode *condition erosion watershed* melalui perhitungan jumlah kluster *oversegmentation*, *undersegmentation* serta *correctly segmented*. Selain itu akan dibandingkan akurasi perhitungan sel darah merah secara keseluruhan serta waktu komputasi antara metode yang diusulkan dengan metode *classicalwatershed*, metode *condition erosion (C-E) watershed* dan teknik *circular hough transform (CHT)*.

Uji Coba Perbandingan Akurasi dengan Segmentasi Citra Manual

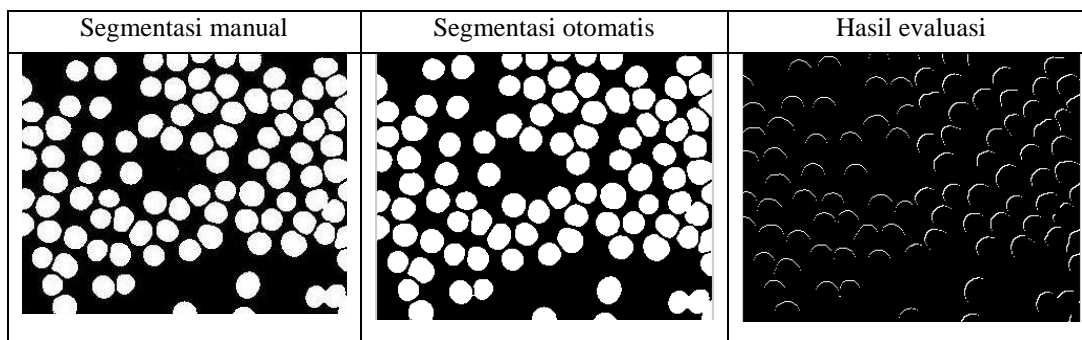
Akurasi hasil segmentasi dihitung dengan membandingkan metode yang diusulkan dengan segmentasi manual. Segmentasi manual dilakukan dengan menandai/ mewarnai area sel darah merah pada citra. Metriks untuk mengevaluasi akurasi segmentasi menggunakan Akurasi, *False Positive (FP) rate*, dan *False Negative (FN) rate*. Akurasi dihitung sebagai rasio jumlah piksel yang diidentifikasi dengan benar oleh metode yang diusulkan (*True Positive (TP)*) dan jumlah piksel *background* (*True Negative (TN)*) terhadap jumlah piksel *ground truth*. *FP rate* dihitung sebagai rasio jumlah piksel yang teridentifikasi sebagai citra oleh metode yang diusulkan namun tidak teridentifikasi sebagai citra oleh segmentasi manual terhadap jumlah piksel *ground truth*. *FN rate* dihitung sebagai rasio jumlah piksel teridentifikasi sebagai citra oleh segmentasi manual namun tidak teridentifikasi sebagai citra oleh metode yang diusulkan terhadap jumlah piksel *ground truth*.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan terhadap 10 citra uji didapatkan rata-rata akurasi metode yang diusulkan mencapai 97,33% dengan rata-rata *error FP* dan *FN* masing-masing sebesar 1,28% dan 1,39%.

Uji Coba Perbandingan Akurasi dengan Metode Lain.

Uji perbandingan akurasi dengan metode lain ini terdiri dari 2 proses pengujian, proses pertama adalah uji akurasi segmentasi sel bertumpuk antara metode yang diusulkan dengan metode *watershed* dan C-E. Kedua adalah uji akurasi perhitungan antara metode yang diusulkan dengan metode *watershed*, CHT dan *C_E watershed*.

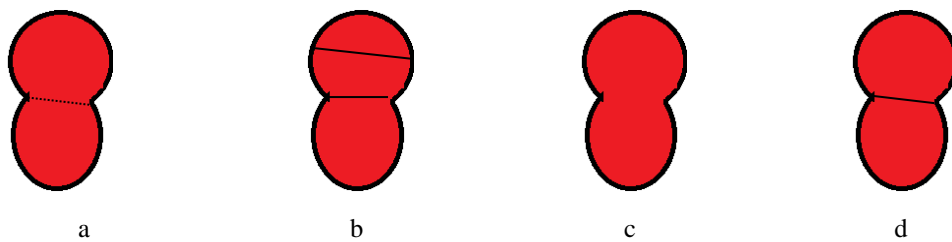
- a. Untuk menguji akurasi segmentasi sel bertumpuk digunakan metriks *correctly segmented*, *oversegmentation* dan *undersegmentation*. *Correctly segmented* dihitung berdasarkan jumlah kluster (sel bertumpuk) yang di segmentasi dengan benar, *Oversegmentation* dihitung berdasarkan jumlah kluster yang disegmentasi berlebih, sedangkan *undersegmentation* dihitung berdasarkan jumlah kluster yang disegmentasi kurang dari seharusnya.
- b. Akurasi segmentasi sel bertumpuk berkorelasi positif dengan akurasi perhitungan sel, pada proses segmentasi inilah sel akan dikenali sebagai sel tunggal atau bertumpuk dan sekaligus melakukan pemisahan secara visual. Tabel 4 menampilkan hasil perbandingan perhitungan dan jumlah error antara metode manual dengan metode *classical watershed*, C_E, dan CHT untuk tiap citra uji.



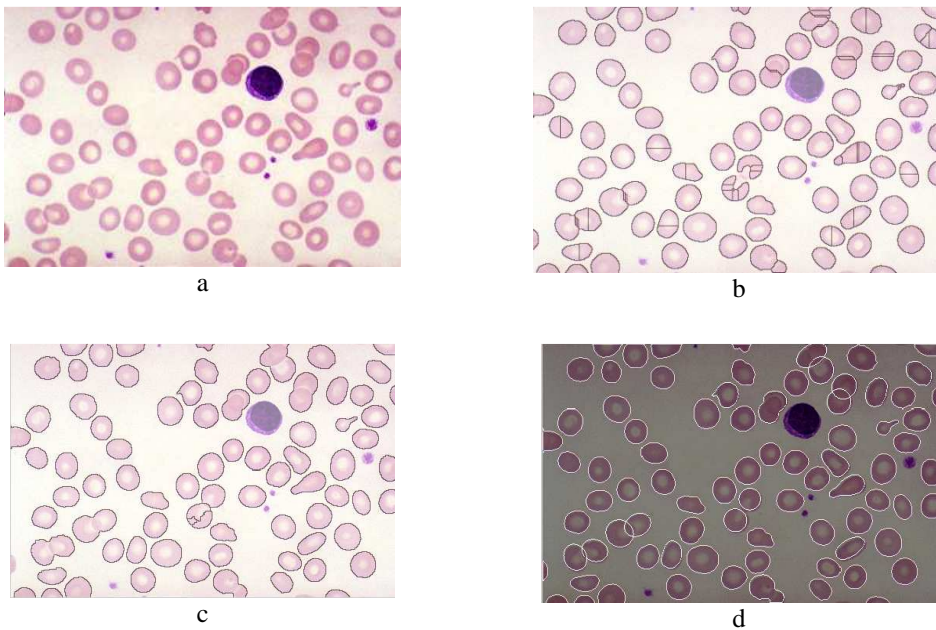
Gambar 8. Citra proses evaluasi segmentasi sel darah merah

Tabel 2. Perhitungan akurasi, FP rate dan FN rate segmentasi sel darah merah

Citra	Akurasi (%)	FP rate (%)	FN rate (%)
Citra01	98.32	0.77	0.90
Citra02	97.77	1.03	1.19
Citra03	98.46	0.73	0.80
Citra04	97.31	1.34	1.34
Citra05	98.42	0.80	0.77
Citra06	96.86	1.28	1.85
Citra07	97.74	0.93	1.32
Citra08	98.55	0.59	0.85
Citra09	94.29	2.86	2.84
Citra10	95.62	2.39	1.98



Gambar 9. Contoh citra mengandung kluster (a) kluster awal (b) *oversegmentation* (c) *undersegmentation* (d) *correctly segmented*



Gambar 10. Contoh hasil segmentasi yang memuat *correctly segmented*, *undersegmentation* dan *oversegmentation* (a) citra asli (b) hasil segmentasi dengan watershed (c) hasil segmentasi dengan C_E watershed (d) hasil segmentasi dengan metode yang diusulkan.

Tabel 3. Perbandingan akurasi segmentasi sel antara metode yang diusulkan dengan metode *classical watershed* dan *condition erosion watershed*

Citra	Jml Kluster	Metode yg diusulkan			Classical Watershed			Condition Erosion Watershed		
		Correct	Under	Over	Correct	Under	Over	Correct	Under	Over
Citra01	75	73	2	0	59	2	14	61	14	0
Citra02	66	65	1	0	58	0	8	60	6	0
Citra03	52	50	2	0	40	0	12	39	13	0
Citra04	63	56	6	1	40	2	21	45	17	1
Citra05	76	75	1	0	57	0	19	69	6	1
Citra06	31	31	0	0	23	0	8	31	0	0
Citra07	24	24	0	0	21	0	3	23	1	0
Citra08	35	33	1	1	30	0	5	33	2	0
Citra09	91	89	2	0	87	0	4	90	1	0

Tabel 4. Perbandingan error perhitungan antara metode yang diusulkan dengan metode *classical watershed* dan *condition erosion*

Nama Citra	Manual	Metode yang diusulkan		CHT		Watershed		Condition Erosion	
		Jml	Error	Jml	Error	Jml	Error	Jml	Error
Citra01	93	90	3	74	19	116	23	78	15
Citra02	75	74	1	62	13	86	11	68	7
Citra03	71	70	1	60	11	94	23	56	15
Citra04	95	90	5	77	18	140	45	72	23
Citra05	82	81	1	30	52	124	42	79	3
Citra06	33	33	0	35	2	45	12	35	2
Citra07	24	24	0	14	10	34	10	27	3
Citra08	37	92	1	25	12	52	15	34	3
Citra09	96	94	2	73	23	102	6	97	1
Citra10	89	33	0	67	22	112	23	71	18

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa: fitur geometri berupa luasan dan eksentrisitas dapat digunakan untuk mendeteksi sel bertumpuk pada citra sel darah merah. Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, ambang batas (*threshold*) untuk mendeteksi sel bertumpuk yaitu :

- Region (eksentrisitas) > 0,7 dan
- Region (area) > mean (Region (area)) - (0.5*STD(Region (area))).

Jumlah sel pada sel bertumpuk didapat dengan membagi luasan region yang dideteksi sebagai sel bertumpuk dengan rerata luasan seluruh region.

Metode k means dapat digunakan untuk memisahkan area yang bertumpuk. Rerata akurasi segmentasi metode yang diusulkan mencapai 96,64%, lebih tinggi dibandingkan rerata akurasi segmentasi metode *classical watershed* dan *condition erosion* yang masing-masing sebesar 79,87% dan 87,22%.

Akurasi segmentasi sel bertumpuk berkorelasi positif terhadap akurasi perhitungan sel darah merah. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapat bahwa rerata error perhitungan metode yang diusulkan sebesar 1,79%, lebih rendah dibanding metode *classical watershed* dan *condition erosion*

yang masing-masing sebesar 32,10% dan 12,24%. Untuk menguji kehandalan, metode yang diusulkan juga dibandingkan dengan metode *Circular Hough Transform* (CHT) dan didapat rerata error perhitungan metode CHT sebesar 26,44%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Cheng, J & Rajapakse, J.C. (2009), "Segmentation of Clustered Nuclei With Shape Markers and Marking Function", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 56, No. 3, hal. 741-748.

[2] Greer, J.P., Foerster, J., Lukens, J.N.(2003). "Wintrobe's Clinical Hematology, 11th Ed", Lippincott Williams & Wilkins Publisher, Philadelphia.

[3] Jung, C., Kim, C., Chae, S.W., Oh, S.,(2010), "Unsupervised Segmentation of Overlapped Nuclei Using Bayesian Classification", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 57, No. 12, hal. 2825-2831.

[4] Jung, M., Shim, J., Ko, B. Nam, J.(2008), "Automatic Cell Segmentation and Classification using Morphological Features and Bayesian Network", *Image Processing : Machine Vision Applications, Proc. Of SPIE-*

- IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol.683, 6830G.
- [5] Mahmood, N.H., Mansor, M.A.(2012), "Red Blood Estimation Using Hough Transform Technique", *Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ)*, Vol.3, No. 2, hal 53-64.
- [6] Sharma, S.(1996), "Applied Multivariate Techniques", John Wiley & sons, New York
- [7] Tan, et al.(2006), "Introduction To Data Mining", Addison-Wesley, USA
- [8] Rencher, A.C.(2002), "Methods of Multivariate Analysis", John Wiley, Canada
- [9] Yang, X., Li, H., Zhou, X.(2006), "Nuclei Segmentation Using Marker-Controlled Watershed, Tracking Using Mean-Shift, and Kalman Filter in Time-Lapse Microscopy", *IEEE Transactions on Circuits and Systems: Regular Papers*, Vol. 53, No. 11, hal. 2405-2414.