

Klasifikasi Sel Darah Putih Menggunakan Metode *Support Vector Machine* (SVM) Berbasis Pengolahan Citra Digital

Bhima Caraka^{*1}, Bakhtiar Alldino Ardi Sumbodo², Ika Candradewi³

¹Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta

^{2,3}Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta

e-mail: ^{*1}bhimacaraka@ugm.ac.id, ²b.alldino.as@ugm.ac.id,

³ika.candradewi@ugm.ac.id

Abstrak

Sel darah putih diklasifikasikan menjadi lima jenis (*basofil, eosinofil, neutrofil, limfosit dan monosit*) dengan kelas tambahan sel limfoblas dari gambar mikroskop yang diolah. Dengan menerapkan pengolahan citra, gambar sel darah putih diekstraksi fiturnya menggunakan metode *Histogram Oriented Gradient*. Hasil fitur ekstraksi yang didapat kemudian diklasifikasi menggunakan metode *Support Vector Machine* dengan membandingkan hasil dari dua parameter kernel yang berbeda yaitu kernel *Linear* dan kernel *Radial Basis Function (RBF)*. Klasifikasi dievaluasi dengan parameter: Akurasi (*accuracy*), Kekhususan (*specificity*), dan Sensitivitas (*sensitivity*).

Didapatkan akurasi sebesar 72,26% dari deteksi sel darah putih di dalam citra mikroskop. Nilai rata-rata dari gambar mikroskop pasien dan kernel yang berbeda setiap sel darah putih (*monosit, basofil, neutrofil, eosinofil, limfosit dan limfoblas*) dievaluasi dengan parameter ini. Hasil penelitian klasifikasi menunjukkan sistem mempunyai nilai rata-rata akurasi sebesar 82,20% (*RBF Pasien 1*), 81,63% (*RBF Pasien 2*) dan 78,73% (*Linear Pasien 1*), 79,55% (*Linear Pasien 2*), kemudian nilai *specificity* sebesar 89,91% (*RBF Pasien 1*), 92,18% (*RBF Pasien 2*) dan 88,06% (*Linear Pasien 1*), 91,34% (*Linear Pasien 2*), dan nilai *sensitivity* 15,45% (*RBF Pasien 1*), 12,97% (*RBF Pasien 2*) dan 13,33% (*Linear Pasien 1*), 12,50% (*Linear Pasien 2*).

Kata Kunci—Sel darah putih, Fitur ekstraksi, *Histogram oriented gradient*, Klasifikasi, *Support vector machine*, *Linear*, *Radial basis function*.

Abstract

White blood cells are classified into five types (*basophils, eosinophils, neutrophils, lymphocytes and monocytes*) with additional classes lymphoblast cells from microscope images are processed. By applying image processing, image its white blood cells extracted using the *Histogram Oriented Gradient*. Feature extraction results obtained then classified using *Support Vector Machine* method by comparing the results of two different kernel parameters: kernel *Linear* and kernel *Radial Basis Function (RBF)*. Classification evaluated with these parameters: *Accuracy, specificity, and sensitivity*.

Obtained an accuracy of 72.26% from the detection of white blood cells in the microscope image. The average value of microscope images of patients and different kernel every white blood cells (*monocytes, basophils, neutrophils, eosinophils, lymphocytes and lymphoblast*) were evaluated with these parameters. Results of the study show the classification system has an average value of 82.20% accuracy (*RBF Patient 1*), 81.63% (*RBF Patient 2*) and 78.73% (*Linear Patient 1*), 79.55% (*Linear Patient 2*), then the value of *specificity* of 89.91% (*RBF patient 1*), 92.18% (*RBF patient 2*) and 88.06% (*Linear patient 1*), 91.34% (*Linear patient 2*), and *sensitivity* values 15, 45% (*RBF patient 1*), 12.97% (*RBF patient 2*) and 13.33% (*Linear patient 1*), 12.50% (*Linear patient 2*).

Keywords—White blood cells, Feature extraction, *Histogram oriented gradient*, Classification, *Support vector machine*, *Linear*, *Radial basis function*.

1. PENDAHULUAN

Sel darah putih atau leukosit merupakan salah satu sel pembentuk komponen darah yang berfungsi untuk membantu tubuh dalam melawan berbagai penyakit dan sebagai bagian dari sistem kekebalan tubuh. Leukosit dibagi menjadi lima jenis tipe yaitu basofil, eosinofil, neutrofil, limfosit dan monosit [1]. Setiap sel ini mempunyai warna dan bentuk yang berbeda. Neutrofil berwarna merah kebiruan dengan tiga inti sel dan bentuk intinya bermacam-macam. Basofil berwarna bintik-bintik kebiruan. Eosinofil berwarna bintik-bintik kemerahan. Monosit berwarna biru dengan bentuk bulat panjang. Limfosit berwarna biru pucat dan tidak dapat bergerak bebas. Sel limfosit yang rusak jika terkena sel kanker disebut sel limfoblas sehingga mengakibatkan kanker darah (leukemia). Sel limfoblas berinti bulat atau lonjong dan berisi kromatin berwarna biru pucat berukuran kecil sampai menengah. Sel ini berkembang biak tak terkendali dalam darah pada leukemia limfositik akut [2].

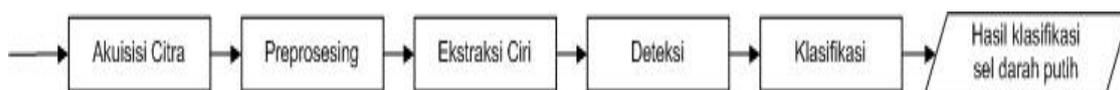
Leukemia merupakan penyakit dalam klasifikasi kanker pada sel darah putih yang ditandai oleh perbanyakan secara tak normal atau transformasi maligna dari sel-sel pembentuk darah di sumsum tulang dan jaringan limfoid [3]. Leukemia menduduki peringkat tertinggi kasus kanker karena masih lemahnya penanganan penyakit ini. Terlambatnya penanganan terhadap penderita leukemia dapat menyebabkan kematian penderita pada semua usia. Daerah dengan penderita kanker terbanyak di Indonesia adalah Yogyakarta dengan tingkat prevalensi mencapai 9,6 per 1000 orang. Leukemia dibagi menjadi 2 jenis yaitu Leukemia Limfositik Akut (LLA) yang mempengaruhi perkembangan sel limfosit dan Leukemia Mieloid Akut (LMA) yang mempengaruhi perkembangan sel mieloid (basofil, eosinofil dan neutrofil) [4].

Adapun beberapa diantara peneliti yang mengidentifikasi dan klasifikasi sel darah putih menggunakan segmentasi dengan berbagai metode pengolahan citra preparat darah berbasis warna dan bentuk. Mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya, maka penulis akan melakukan penelitian sistem klasifikasi sel darah putih menggunakan metode histogram of oriented gradient untuk ekstraksi fitur dan support vector machine untuk menunjang klasifikasi pembeda antara sel limfoblas dengan sel darah putih lainnya (basofil, eosinofil, neutrofil, limfosit dan monosit) [5].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Sistem

Rancangan sistem secara perangkat lunak (software) dengan pengolahan citra berdasarkan library OpenCV. Perancangan sistem ini menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* untuk deteksi dan *Support Vector Machine* (SVM) untuk klasifikasi. Penulis menggunakan metode diatas dikarenakan mempunyai tingkat akurasi dan ketepatan literasi yang cukup tinggi untuk mengklasifikasikan data, sehingga *Support Vector Machine* (SVM) bisa dikatakan lebih baik dibandingkan metode yang lain. Data yang diidentifikasi dan di klasifikasikan menggunakan metode *Histogram of Oriented Gradient* dan *Support Vector Machine* (SVM) berupa enam jenis citra sel darah putih yaitu monosit, basofil, neutrofil, eosinofil, limfosit, dan limfoblas [6]. Secara keseluruhan, blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

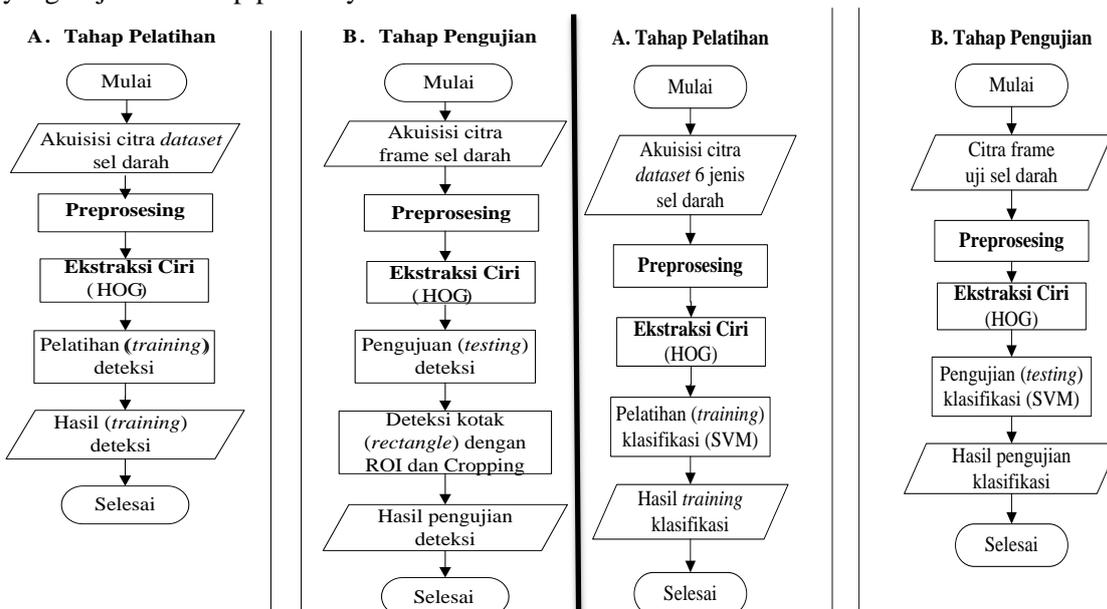


Gambar 1 Diagram blok sistem keseluruhan

Pada blok diagram sistem Gambar 1 didapatkan alur sistem yaitu pertama citra preparat darah yang diidentifikasi akan masuk tahap ekstraksi ciri untuk membedakan sel darah putih dengan metode *Histogram of Oriented Gradient*. Setelah itu data yang dihasilkan akan masuk ke dalam tahap deteksi dengan sistem pelatihan dan pengujian untuk mendapatkan hasil deteksi berupa citra sel darah putih. Kemudian dilanjutkan ke tahap klasifikasi sel darah putih menjadi enam jenis, karena sistem ini dirancang untuk mengklasifikasi menjadi enam jenis (neutrofil, basofil, eosinofil, monosit, limfosit, limfoblas) maka digunakan metode *non-linear Support Vector Machine* (SVM). Metode klasifikasi SVM *non-linear* menggunakan *multiclass* merupakan sistem untuk mengklasifikasikan lebih dari dua jenis. Karena penelitian ini di fokuskan untuk mengklasifikasikan sel darah putih, maka digunakan ekstraksi ciri dan klasifikasi ke dalam enam jenis tipe sel darah putih. Data yang diperoleh dari ekstraksi ciri terbagi menjadi enam kelompok yang kemudian dipisahkan oleh garis klasifikasi (*Hyperplane*).

2.2 Rancangan Arsitektur Sistem

Penelitian ini dirancang dengan usulan penulis menjadi 2 tahap yaitu proses pelatihan (training) dan pengujian (testing) untuk masing-masing tahap deteksi dan tahap klasifikasi. Sistem deteksi akan dibagi menjadi empat proses utama yaitu akuisisi citra, preprosesing, ekstraksi ciri, dan deteksi [7]. Gambar 2 bagian kiri merupakan bagan arsitektur sistem deteksi yang terjadi di setiap prosesnya.



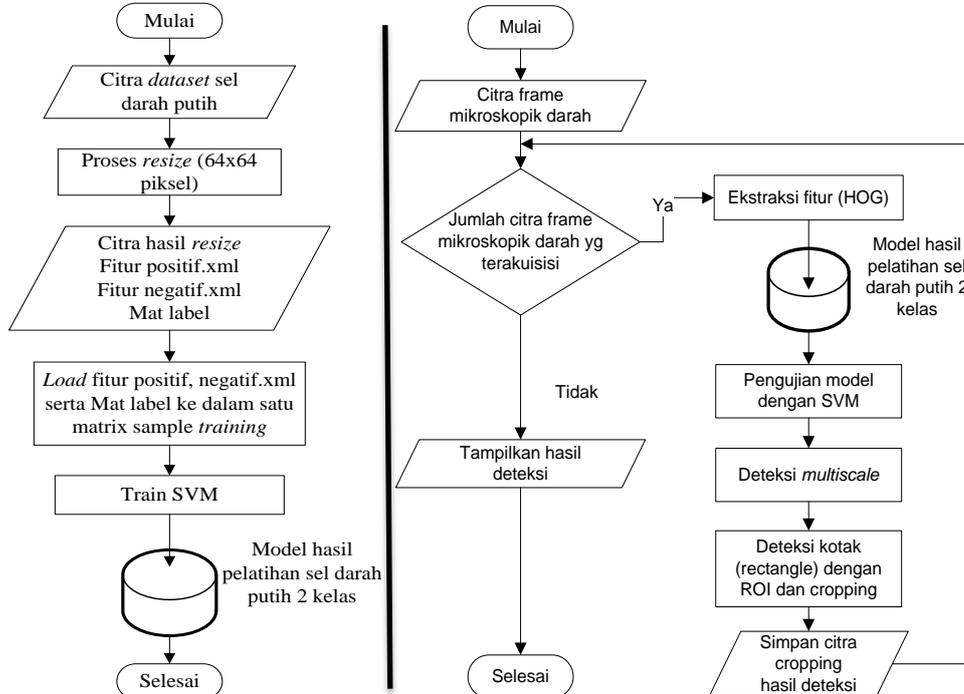
Gambar 2 Rancangan arsitektur sistem deteksi dan klasifikasi (*training & testing*)

Setelah sistem deteksi ini menyimpan citra hasil deteksinya maka tahap selanjutnya adalah tahap klasifikasi. Sistem klasifikasi akan dibagi menjadi empat proses utama yaitu akuisisi citra, preprosesing, ekstraksi ciri, dan klasifikasi. Gambar 2 bagian sebelah kanan merupakan bagan arsitektur sistem klasifikasi yang terjadi di setiap prosesnya.

2.3 Rancangan Sistem Deteksi

Pada tahap deteksi dari sistem yang di buat ini menggunakan metode ekstraksi ciri HOG (Histogram of Oriented Gradient) dan SVM (Support Vector Machine) untuk membedakan 2 kelas yang berbeda (sel darah putih dan bukan sel darah putih). sebelum proses deteksi dapat dilakukan, terlebih dahulu dilakukan tahap pelatihan/*training* untuk dapat membentuk pemodelan antara sel darah putih dan bukan sel darah putih. Proses pelatihan ini berawal dari mendapatkan ekstraksi ciri dari citra positif dan negatif yang kemudian disimpan dalam format file xml. Sampel positif merupakan sampel yang memuat target berupa jenis sel darah putih

(neutrofil, basofil, eosinofil, monosit, limfosit dan limfoblas) sedangkan sample negatif memuat objek selain sel darah putih [8]. sebelum membandingkan antara citra frame data pengujian dengan citra hasil training, citra yang akan diklasifikasikan hasil deteksi harus dilakukan penyamaan skala (resize) terlebih dahulu. Tahap pelatihan deteksi dapat dilakukan dengan diagram alir seperti pada Gambar 3 (kiri).



Gambar 3 Diagram alir deteksi pelatihan (kiri) dan pengujian (kanan)

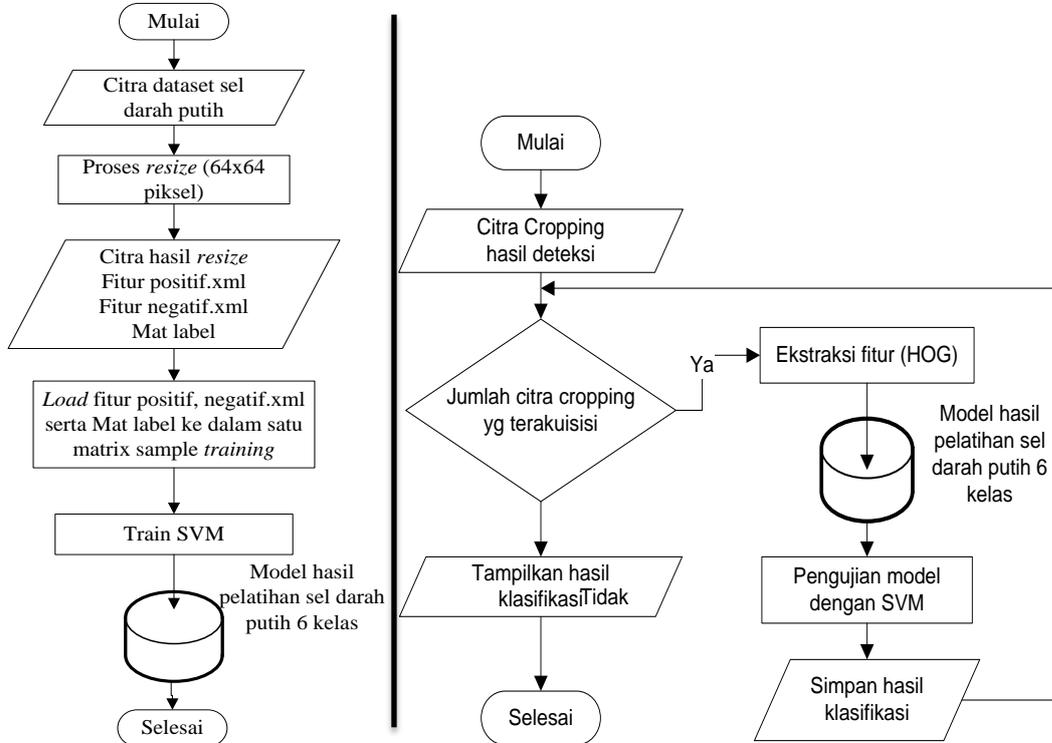
Perancangan sistem selanjutnya yaitu masih tahap deteksi tetapi untuk tahap kedua yaitu tahap pengujian. Tahap pengujian ini dilakukan untuk menguji pada citra frame mikroskopik darah dengan tujuan mendeteksi sel darah putih di dalam citra frame. Berawal dari proses preprosesing dan nilai ekstraksi ciri dari citra frame mikroskopik darah yang kemudian citra frame di prediksi dibandingkan dengan pemodelan hasil tahap pelatihan deteksi. Dengan menggunakan algoritma *multiscale* maka terdeteksi citra sel darah putih didalam kotak berwarna hijau. dengan adanya dukungan dari algoritma *non maximum suppression* yaitu `nonMaximaSuppression(random, 64, maxima, mask)` bertujuan meminimalisasi terjadinya penumpukan citra yang dideteksi (kotak berwarna hijau). Citra yang terdeteksi tersebut kemudian disimpan kedalam directory file sebagai hasil dari sistem deteksi tahap pengujian. Tahap pengujian deteksi dapat dilakukan dengan diagram alir seperti pada Gambar 3 (kanan).

2.4 Rancangan Sistem Klasifikasi

Klasifikasi dalam sistem ini menggunakan metode *Support Vector Machine (SVM)*. Metode ini akan menghasilkan enam jenis klasifikasi sel darah putih (neutrofil, basofil, eosinofil, monosit, limfosit, dan limfoblas). Sebelum proses klasifikasi dapat dilakukan, terlebih dahulu mendapatkan ekstraksi ciri citra *dataset* (6 jenis sel darah putih) menggunakan *SVM training* untuk membentuk pemodelan. Bentuk pemodelan tahap pelatihan klasifikasi dengan format xml file disimpan kedalam direktori untuk digunakan sebagai pembanding pada tahap pengujian klasifikasi. Tahap pelatihan klasifikasi dapat dilakukan dengan diagram alir seperti pada Gambar 4 (kiri) [9].

Proses training dan pengujian SVM dilakukan dengan menggunakan citra yang terlebih dahulu dipisahkan, dimana proses pengujian pada SVM dilakukan dengan citra yang sebelumnya tidak dijumpai oleh SVM pada proses training untuk melihat tingkat kemampuan sistem klasifikasi. Sistem pengujian memproses citra hasil deteksi dengan

mendapatkan ekstraksi ciri citra dan kemudian dibandingkan dengan pemodelan SVM yang sudah tersimpan dari tahap pelatihan klasifikasi. Setelah itu sistem memprediksi dari setiap citra hasil deteksi tersebut untuk diklasifikasikan ke dalam salah satu kelas sel darah putih (sel monosit, sel basofil, sel neutrofil, sel eosinofil, sel limfosit, dan sel limfoblas). Tahap pengujian menggunakan SVM dapat dilakukan dengan tahapan seperti pada Gambar 4 (kanan).



Gambar 4 Diagram alir klasifikasi pelatihan (kiri) dan pengujian (kanan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini merupakan langkah terakhir dari proses implementasi sistem klasifikasi sel darah putih adalah tahap pengujian. Tujuan dari tahap pengujian untuk mengetahui seberapa baik kinerja sistem klasifikasi sel darah putih dengan metode *Histogram of Oriented Gradient* dan *Support Vector Machine*. Pada tahap ini dilakukan pelatihan secara berulang untuk mendapatkan parameter HOG dan SVM yang optimal untuk pengambilan fitur citra. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 kelompok data yaitu data pelatihan dan data pengujian[10]. Data pengujian terdiri dari 2 jenis frame citra mikroskop darah dengan perbedaan kondisi citra tersebut dan milik 2 orang pasien yang terkena penyakit Leukemia. Data pengujian pertama terdiri 21 citra dan kedua terdiri dari 45 citra dengan resolusi 640x480 piksel semua disamakan. Data pengujian ini terdiri dari kelas sel monosit, basofil, neutrofil, eosinofil, limfosit dan limfoblas[11].

3.1 Deteksi Sel Darah Putih

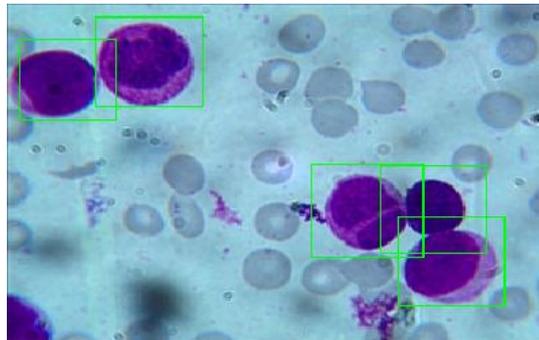
Pada tahap deteksi sel darah putih berfungsi untuk mendeteksi keberadaan sel darah putih tanpa memperhatikan jenisnya, menggunakan fitur HOG dan SVM binary classifier. Sebelum tahap pengujian untuk deteksi sel darah putih maka dilakukan tahap pengujian *K-fold cross validation* pada dataset darah yang digunakan untuk data pelatihan. Pengujian *k-fold* ini dibagi menjadi 5 fold dari total dataset yang digunakan (data positif + data negatif). Berdasarkan hasil akurasi dari *k-fold cross validation* pada banyaknya dataset yang digunakan memberikan hasil akurasi rata-rata 80% maka sistem menunjukkan siap untuk tahap deteksi.

Tabel 1 merupakan hasil dari pengujian *k-fold cross validation* dari variasi banyaknya *dataset* (Positif = 302 & Negatif = 780) yang digunakan.

Tabel 1 Hasil dari *k-fold cross validation*

K-Fold Cross Validation			
Total Dataset = 1082 (Positif = 302 & Negatif = 780)			
Experiment	Banyaknya Perbandingan Data		Akurasi
	Data Testing	Data Training	
Fold 1	217	865	80%
Fold 2	217	865	80%
Fold 3	217	865	80%
Fold 4	216	866	80%
Fold 5	216	866	80%
Rata-rata Akurasi			80%

Kemudian citra sel darah putih yang berhasil di deteksi ditandai dengan *rectangle* berwarna hijau. Pada Gambar 5 merupakan hasil output yang menunjukkan hasil deteksi citra sel darah putih oleh sistem dengan ditandai *rectangle* (kotak) warna hijau.



Gambar 5 Output sistem deteksi sel darah putih

Dari hasil percobaan melalui proses *trial* dan *error* proses pendeteksian citra mikroskop sel darah putih berbasis fitur ekstraksi HOG *detectMultiscale* memberikan hasil terbaik dengan setting parameter *hitThreshold* = 1, ukuran *cell* = 8x8, ukuran *padding* = default (0x0), skala penambah berkala *window* = 1.05, *group threshold* = 3. Dengan ukuran *detection window* 64x64 piksel, *blok size* 16x16, *blok stride* 8x8, *cell size* 8x8 dan jumlah *bin* 9 sesuai dengan *training descriptor* pada *dataset*. Parameter yang digunakan untuk setting *training SVM* yaitu *kernel* tipe *linear*. Pada Tabel 2 merupakan hasil variasi parameter HOG *detectMultiscale* dengan perbedaan ukuran *cell* yaitu 4x4, 8x8, dan 16x16 piksel.

Tabel 2 Hasil variasi parameter HOG *detect multiscale*

No.	Variasi ukuran Cell pada Detect Multiscale	Akurasi	
		Pasien 1	Pasien 2
1.	4 x 4	68,46%	51,30%
2.	8 x 8	72,26%	66,66%
3.	16 x 16	54,54%	62,90%

Setelah itu tahap pengujian deteksi sel darah putih dilakukan dengan membandingkan 3 variasi data *training* positif x negatif yaitu 302 x 780, 1362 x 3062 dan 1709 x 3662. Dari 3

variasi banyak data *training* diatas maka proses pendeteksian dievaluasi untuk memperoleh nilai akurasi dengan persamaan (1).

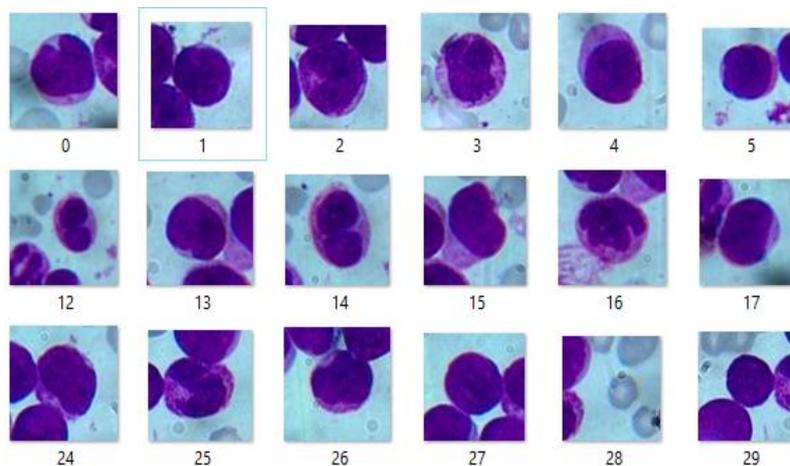
$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (1)$$

Dari hasil pengujian dengan memvariasikan banyaknya nilai data *training* dengan HOG diperoleh bahwa meningkatnya nilai akurasi deteksi sel darah putih tidak selalu bergantung oleh semakin banyaknya variasi data *training*. Sehingga digunakan variasi data *training* untuk mendeteksi sel darah putih pada penelitian ini adalah 320 data positif dan 780 data negatif atau data *training* terkecil yang memberikan tingkat akurasi tertinggi yaitu 72,26% pada pasien 1 dan 66,66% pada pasien 2. Pada Tabel 3 merupakan nilai akurasi hasil deteksi sel darah putih yang sudah dievaluasi oleh sistem.

Tabel 3 Akurasi hasil deteksi sel darah putih

No.	Variasi data <i>training</i> Positif x Negatif	Akurasi	
		Pasien 1	Pasien 2
1.	302 x 780	72,26%	66,66%
2.	1362 x 3062	53,33%	39,39%
3.	1709 x 3662	52,98%	39,19%

Nilai akurasi yang di dapatkan memang sebenarnya belum mencapai nilai optimal di karenakan terbatasnya data citra *training* yang digunakan sebagai *database* dalam penelitian ini. Tidak seimbangnnya data *training* berdasarkan banyaknya citra antar sel untuk data *training* sistem deteksi tahap pelatihan. Tahap pengujian deteksi ini menghasilkan dan menyimpan di dalam direktori jumlah citra ROI setiap kali pengujian untuk dilanjutkan ke tahap klasifikasi. Beberapa citra hasil deteksi yang disimpan pada Gambar 6.



Gambar 6 Citra hasil deteksi yang disimpan

3.2 Pelatihan Klasifikasi Sel Darah Putih

Masing-masing citra hasil deteksi yang sudah disimpan di ekstraksi ciri menggunakan HOG selanjutnya dilakukan proses klasifikasi berdasarkan nilai *support vector* yang dihasilkan dari data *training* yang sudah dilakukan. Data *training* untuk klasifikasi pada penelitian dengan bentuk vektor dengan format file *xml* ditampilkan pada Gambar 7 Dimensi data *training* yang diperoleh dari ekstraksi ciri HOG untuk klasifikasi adalah 1029 vektor x 302 data *training*.

Gambar 7 Data *training* untuk klasifikasi sel darah putih

Setelah itu di dapatkan klasifikasi citra sel darah putih menjadi 6 kelas (monosit, basofil, neutrofil, eosinofil, limfosit dan limfoblas). Pemodelan SVM dengan dua jenis kernel (Linear dan RBF) yang berbeda didapatkan dari sistem pelatihan klasifikasi sel darah putih. Kemudian hasil dari pemodelan digunakan untuk klasifikasi tahap pengujian.

3.3 Pengujian Klasifikasi Sel Darah Putih

Tahap pengujian sistem penelitian ini membandingkan 2 hasil data klasifikasi sel darah putih yaitu dengan perbedaan kernel yang digunakan. Kernel RBF (*Radial Basis Function*) dan kernel Linear, seperti yang sudah disajikan tabel kebingungan sistem pada Tabel 4 dan Tabel 5 hasil pengujian dari 2 jenis citra mikroskop pasien penyakit leukemia yang berbeda. Dengan masing-masing jumlah citra sel darah putih pada pasien 1 adalah 97 citra dan pada pasien 2 adalah 103 citra hasil deteksi yang kemudian diujikan kedalam sistem klasifikasi.

Tabel 4 Hasil pengujian frame citra pasien ke 1

Hasil dari klasifikasi SVM		Mo	Ba	Ne	Eo	Li	Lb	Sel Lain
Mo	RBF =	0	0	0	0	0	0	0
	Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Ba	RBF =	0	0	0	0	0	0	0
	Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Ne	RBF =	0	0	15	0	0	3	0
	Linear =	0	0	12	0	3	0	0
Eo	RBF =	0	0	0	0	0	0	0
	Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Li	RBF =	0	0	0	0	0	0	0
	Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Lb	RBF =	0	0	56	0	2	6	0
	Linear =	2	0	61	0	4	0	0
Sel Lain	RBF =	0	0	16	0	0	1	0
	Linear =	2	0	11	0	4	0	0

SVM – Support vector machine

Tabel 5

Hasil

penguujian frame citra pasien ke 2

Hasil dari klasifikasi SVM	Mo	Ba	Ne	Eo	Li	Lb	Sel Lain
Mo RBF =	0	0	0	0	0	0	0
Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Ba RBF =	0	0	0	0	0	0	0
Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Ne RBF =	0	0	3	0	0	1	0
Linear =	1	0	3	0	0	0	0
Eo RBF =	0	0	0	0	0	0	0
Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Li RBF =	0	0	0	0	0	0	0
Linear =	0	0	0	0	0	0	0
Lb RBF =	0	0	65	0	0	5	0
Linear =	1	0	58	0	10	0	0
Sel Lain RBF =	0	0	6	0	0	0	0
Linear =	0	0	5	0	1	0	0

SVM – Support vector machine

Evaluasi sistem untuk klasifikasi setiap jenis sel darah putih dijelaskan menggunakan 3 persamaan yaitu persamaan (1) *Accuracy*, persamaan (2) *Specificity*, dan persamaan (3) *Sensitivity*. Pada pengujian digunakan beberapa parameter tingkat keberhasilan untuk menguji sistem dengan mengukur nilai akurasi (*accuracy*), *sensitivity (recall)*, dan kekhususan (*specificity*). Evaluasi kinerja sistem ini menggunakan nilai TP (*True Positive*), TN (*True Negative*), FN (*False Negative*) dan FP (*False Positive*).

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \quad (2)$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

Sistem klasifikasi sel darah putih dalam penelitian ini akan mengevaluasi setiap citra hasil deteksi dengan persamaan (1), persamaan (2), dan persamaan (3) dalam setiap sel dari sel darah putih yang diklasifikasikan. Hasil ini kemudian di rata-rata untuk mendapatkan kesimpulan nilai variasi *accuracy*, *specificity* dan *sensitivity* dari setiap kernel RBF dan kernel *Linear* seperti pada Tabel 6 merupakan hasil dari evaluasi rata-rata klasifikasi sel darah putih.

Tabel 6 Hasil rata-rata klasifikasi sel darah putih

Hasil klasifikasi SVM (%)	Mo	Ba	Ne	Eo	Li	Lb	Rata -Rata
Accuracy RBF 1 =	100	100	56,62	100	97,97	38,61	82,20
	Linear 1 =	96,03	100	55,62	100	89,81	78,73
RBF 2 =	100	100	57,14	100	100	32,65	81,63
	Linear 2 =	98,09	100	60	100	90,35	79,55
Specificity RBF 1 =	100	100	52,31	100	97,97	89,18	89,91
	Linear 1 =	96,03	100	53,24	100	89,81	88,06
RBF 2 =	100	100	56,70	100	100	96,42	92,18
	Linear 2 =	98,08	100	59,61	100	90,35	91,34
Sensitivity RBF 1 =	0	0	83,33	0	0	9,37	15,45
	Linear 1 =	0	0	80	0	0	13,33
RBF 2 =	0	0	75	0	0	2,85	12,97
	Linear 2 =	0	0	75	0	0	12,50

SVM – Support vector machine
RBF 1 – Pasien 1
RBF 2 – Pasien 2
Linear 1 – Pasien 1
Linear 2 – Pasien 2

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pemrosesan citra mikroskop klasifikasi sel darah putih dan tahap pengujian sekaligus pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kombinasi ekstraksi fitur Histogram of Oriented Gradient dan Support Vector Machine telah berhasil mengklasifikasikan sel darah putih menjadi 6 jenis yaitu sel monosit, sel basofil, sel neutrofil, sel eosinophil, sel limfosit dan sel limfoblas dengan parameter ekstraksi ciri terbaiknya adalah ukuran cell 8x8 pixel, ukuran blok 8x8 dan ukuran orientasi 9 bin untuk HOG.
2. Algoritma *Support Vector Machine* dapat diterapkan sebagai algoritma data *training* dalam sistem klasifikasi 6 sel darah putih (sel monosit, sel basofil, sel neutrofil, sel eosinophil, sel limfosit dan sel limfoblas) berdasarkan hasil pengujian untuk *dataset* sampel darah orang Indonesia (pasien 1 dan pasien 2) dengan tipe pencahayaan, iluminasi dan standar pembuatan sampel seperti *dataset* yang digunakan. Performa sistem dengan kernel *Radial Basis Function* (RBF) memberikan hasil lebih baik dengan parameter terbaik nilai konstanta $C = 1,25$ dan nilai $\gamma = 0,03375$.
3. Tingkat akurasi terbaik pengujian deteksi sel darah putih pada frame citra mikroskop darah menggunakan metode HOG dan SVM sebesar 72,26% dengan data *training* sejumlah 308 positif dan 780 negatif.
4. Hasil pengujian klasifikasi sel darah putih berdasarkan perbedaan parameter kernel yang digunakan mempunyai nilai rata-rata :
 - a. Accuracy : - Kernel RBF pasien 1 dan pasien 2 = 82,20% dan 81,63%
- Kernel Linear pasien 1 dan pasien 2 = 78,73% dan 79,55%
 - b. Specificity : - Kernel RBF pasien 1 dan pasien 2 = 89,91% dan 92,18%
- Kernel Linear pasien 1 dan pasien 2 = 88,06% dan 91,34%
 - c. Sensitivity : - Kernel RBF pasien 1 dan pasien 2 = 15,45% dan 12,97%
- Kernel Linear pasien 1 dan pasien 2 = 13,33% dan 12,50%
5. Hasil klasifikasi sel darah putih pada penelitian ini menggunakan tipe kernel RBF (*Radial Basis Function*) lebih baik dalam mengklasifikasikan 6 kelas (lebih dari 2 kelas) dibandingkan menggunakan tipe kernel Linear yang cenderung baik untuk mengklasifikasikan 2 kelas.
6. Hasil presentase keberhasilan sistem klasifikasi sel darah putih pada setiap frame pengujian tergantung pada hasil deteksi dan kombinasi fitur ekstraksi yang digunakan untuk mewakili setiap jenis sel darah putih pada proses klasifikasi dengan jumlah sampel data pada proses *training*.

5. SARAN

Penelitian klasifikasi sel darah putih ini bisa disempurnakan dengan dilakukan penelitian lebih lanjut lagi untuk memperbaiki hasil sistem klasifikasi jenis sel darah putih dalam penelitian ini, berikut beberapa hal:

1. Menambah variasi data *training* yang lebih banyak untuk sel – sel darah putih yang memang masih sedikit dan berbagai variasi parameter agar lebih bisa diketahui

tingkat variasi hasil dari sistem klasifikasi sel darah putih pada data yang lebih banyak sehingga proses deteksi bisa lebih akurat.

2. Kombinasi algoritma atau metode yang lain untuk ekstraksi fitur setiap sel darah putih sehingga dapat membedakan dengan lebih akurat dalam membedakan jenis sel darah putih.
3. Menggunakan perangkat pengolah data (komputer / laptop) yang mempunyai performa lebih dari perangkat yang digunakan dalam penelitian klasifikasi sel darah putih agar proses olah data bisa lebih baik dan lancar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam mengerjakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wallace, D.J., 2007, *The Lupus Book*, Penerbit B-First, Yogyakarta, Hal: 21-23.
- [2] Rubenstein, D., Wayne, D. and Bradley, J., 2007, *Lecture Notes: Kedokteran Klinis*, Penerbit Erlangga, Yogyakarta, Hal: 366.
- [3] Tambayong, J., 2000, *Patofisiologi Untuk Keperawatan*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta, Hal: 80.
- [4] Davey, P., 2006, *Medicine At Glance*, Penerbit Erlangga, Jakarta, Hal: 159.
- [5] Khasanah, M.N., 2015, *Klasifikasi Sel Darah Putih Berdasarkan Ciri Warna dan Bentuk dengan Metode K-Nearest Neighbour (KNN)*, Skripsi, Program Studi S1 Elektronika dan Instrumentasi FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [6] Kimbahune, V.V., 2011, *Blood Cell Image Segmentation and Counting*, *International Journal of Engineering Science and Technology*, pp 24482453.
- [7] Candradewi, I., Jabbar, H.A.A., Harjoko, A., Hartati, S., Setiawan, D.A., Sholeh, F.I., 2014. *Segmentasi Sel Blast pada Otomatisasi Sistem Deteksi Leukemia Limfositik Akut (ALL)*, *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer*, Yogyakarta: 2014.
- [8] Culjak, I., Abram, D., Pribanic, T., Dzapo, H. dan Cifrek, M., 2012, *A brief introduction to OpenCV*, *MIPRO, 2012 Proceedings of the 35th International Convention*, Croatia, May 21-25
- [9] Hiremath, P.S., Bannigidad, P. and Geeta, S., 2010, *Automated Identification and Classification of White Blood Cells (Leukocytes) in Digital Microscopic Images*, *I.J.C.A. Special Issue on Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition (RTIPPR)*, Hal: 59.
- [10] Nugroho, A.S., Witarto, A.B. dan Handoko, D., 2003, *Support Vector Machine (Teori dan Aplikasinya dalam Bioinformatika)*, *Proceeding of Indonesian Scientific Meeting in Central Japan*, Gifu.

- [11] Piuri, V. and Scotti, F., 2004, Morphological Classification of Blood Leucocytes by Microscope Images, *Tugas Akhir*, Department of Information Technologies University of Milan, Italy.