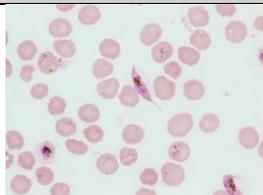
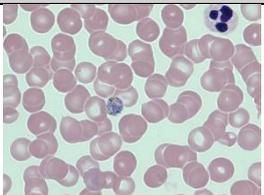
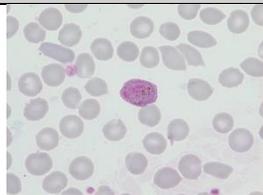
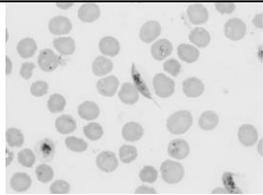
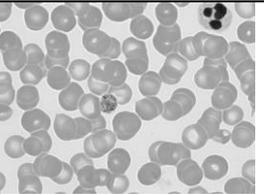
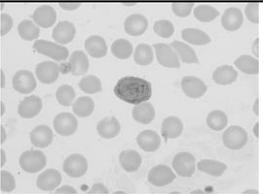
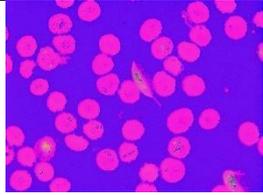
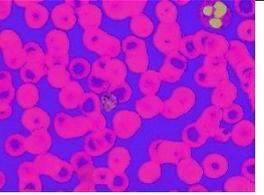
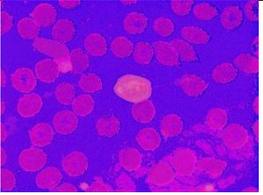
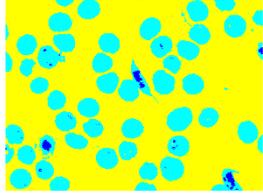
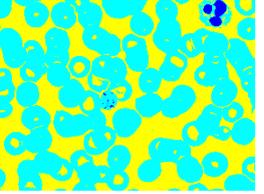
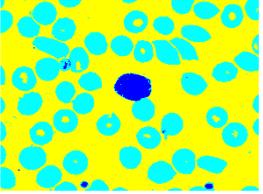


BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

Data hasil penelitian klasifikasi parasit malaria dengan *support vector machine* menggunakan 3 model klasifikasi yaitu linier SVM, *polynomial SVM* dan *gaussian SVM*. Langkah pertama dalam proses klasifikasi ialah memilih jenis perlakuan citra yang akan menghasilkan nilai akurasi paling baik. Perlakuan pada citra termasuk kedalam tahapan *preprocessing* dimana pada penelitian ini tidak ada perlakuan *enhancement* atau perbaikan kualitas. Perubahan perlakuan terjadi pada fitur warna citra dimana pada penelitian ini dilakukan *training* dan *testing* pada 4 perlakuan berbeda yaitu menggunakan citra *grayscale*, citra, *Red Green Blue* (RGB), citra *Hue Saturation Value* (HSV) dan segmentasi multilevel dengan metode *otsu*. Hasil output citra dengan fitur warna dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Ouput* citra dengan perlakuan fitur warna pada tiap kelas

Citra	<i>p.falciparum</i>	<i>p.malariae</i>	<i>p.vivax</i>
RGB			
<i>Grayscale</i>			
HSV			
Segmentasi			

Pengujian ke-4 fitur warna citra ini menggunakan linier SVM dengan 2 dataset pengukuran akurasi *testing* yang akan ditampilkan pada table 4.2.

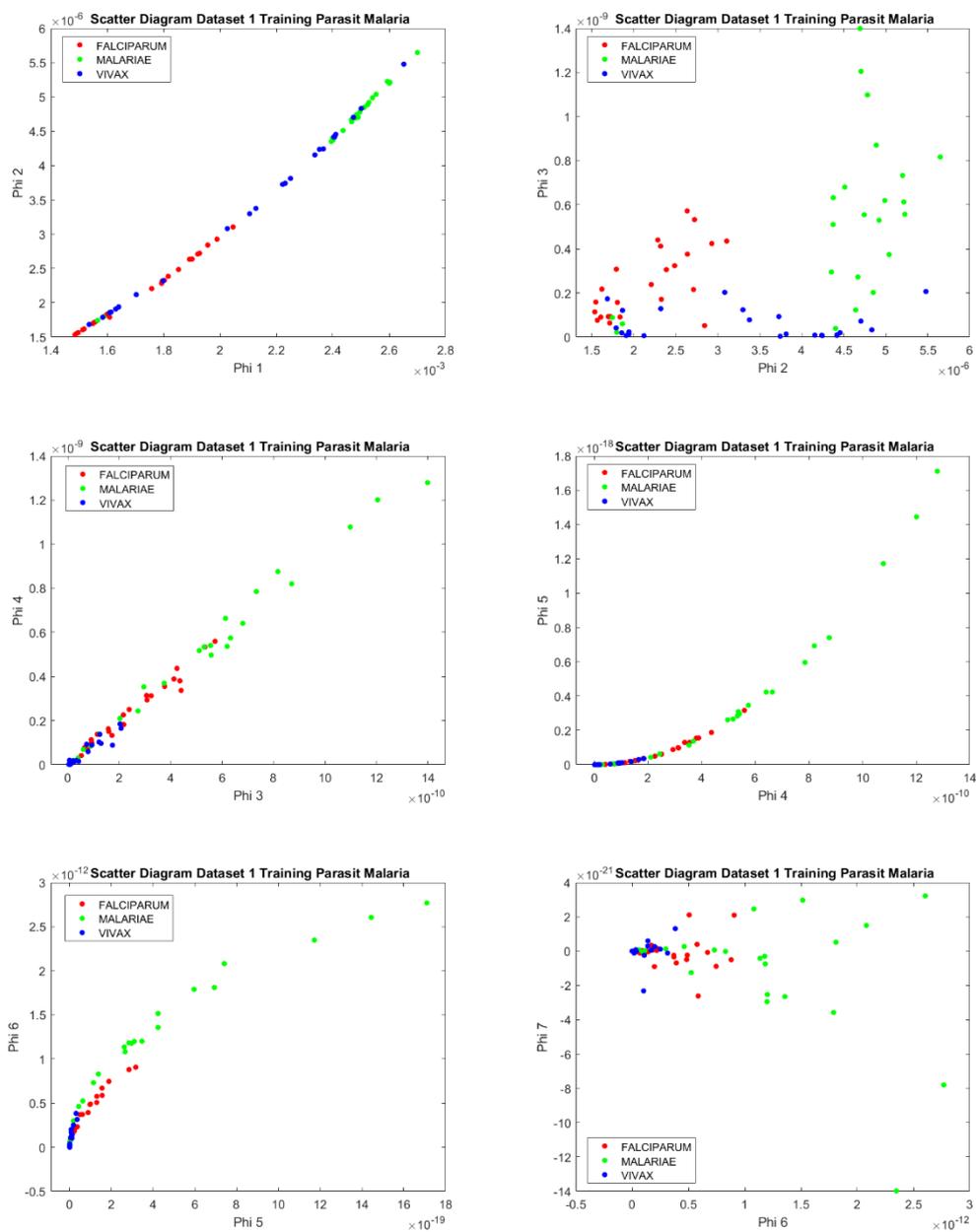
Tabel 4.2 Pengukuran nilai akurasi terhadap fitur warna citra *input*

No	Jenis Citra	Dataset-n	Akurasi (%)	Rata-rata Akurasi(%)
1	RGB	dataset 1	77.78	69.445
		dataset 2	61.11	
2	Grayscale	dataset 1	72.22	72.22
		dataset 2	72.22	
3	HSV	dataset 1	72.22	86.11
		dataset 2	100	
4	Segmentation (<i>multithresh</i>)	dataset 1	100	88.89
		dataset 2	77.78	

Berdasarkan tabel 4.2 didapatkan hasil rata-rata akurasi yang paling besar ialah 88.89% dengan telah dilakukan segmentasi sebelumnya dan tidak berbeda jauh dengan jenis citra HSV dengan rata-rata akurasi 86.11%. Pada Tabel 4.1 dapat diamati bahwa parasit dapat terlihat dengan jelas pada citra segmentasi dengan *background* warna RGB sehingga penulis menggunakan citra input segmentasi untuk pemodelan klasifikasi.

4.1 Sebaran Data *Training* dan *Testing*

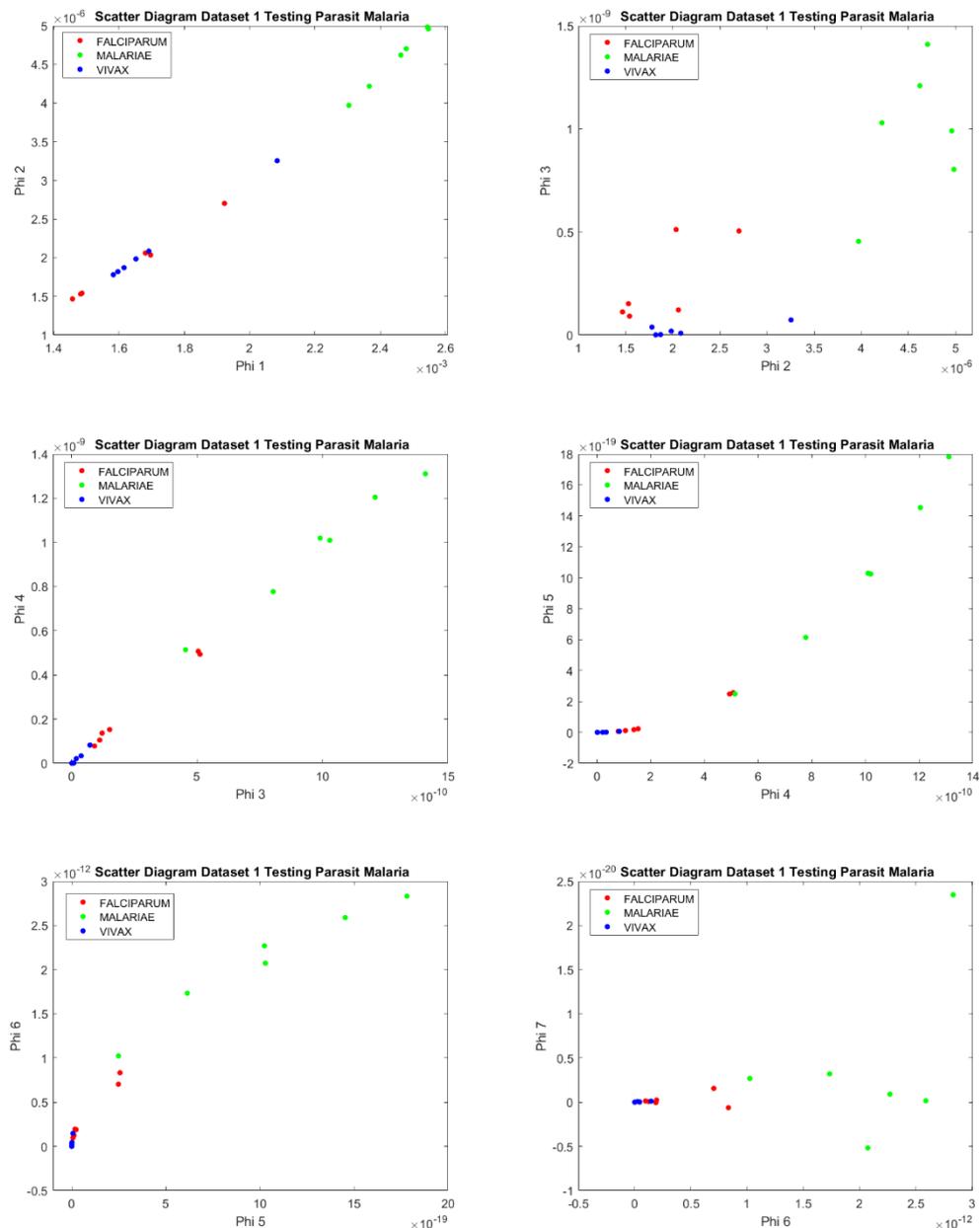
Sebaran data pada citra segmentasi dapat diamati pada *scatter diagram* sebagai gambaran pemetaan tiap-tiap kelas baik data *training* maupun data *testing*. Sebaran data *training* pada dataset 1 dapat dilihat pada scatter diagram yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Scatter diagram data training 1

Gambar 4.1 menampilkan sebaran data *training* dataset 1 berdasarkan nilai 7 output fitur *hu moment*. Nilai *phi 1* merupakan *output* dari fitur *hu moment* 1 dan seterusnya hingga nilai *phi 7*. Berdasarkan gambar 4.1 dapat dilihat bahwa sebaran data ke-3 kelas parasit malaria memiliki jarak antar kelas yang berdekatan terutama pada kelas *falciparum* dengan *vivax* dan *falciparum* dengan *malariae*. Pada kelas yang memiliki kedekatan wilayah memiliki resiko paling tinggi terjadinya salah

pembacaan/klasifikasi pada proses *testing*. Sebaran data pada proses *testing* harus berada pada wilayah yang sesuai dengan kelas-kelas parasit untuk mendapatkan klasifikasi yang tepat. Sebaran data *testing* pada dataset 1 ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Scatter diagram data testing 1

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa pada ke-6 *scatter diagram* data *testing* didapatkan sebaran data yang sesuai dengan posisi data *training* seperti tampak

jelas pada scatter diagram phi 2 sebagai sumbu x dan phi 3 sebagai sumbu y sehingga pada dataset 1 bisa mendapatkan nilai akurasi sempurna. *Scatter diagram* merupakan salah satu bentuk sebaran data dari kombinasi 2 dari 7 fitur *hu moment invariant* untuk menggambarkan bagaimana pemetaan tiap kelas data *training* dan *testing* dengan akurasi yang didapat. *Scatter diagram* data *training* dan *testing* dataset 2-5 ditampilkan pada lembar lampiran.

4.2 Hasil Ekstraksi Fitur dengan Metode *Hu Moment*

Citra ekstraksi fitur menghasilkan 7 nilai *output* yang digunakan sebagai data *training* pada proses pelatihan model *support vector machine* dan sebagai data *testing* untuk membandingkan data pengujian dengan data pelatihan sehingga didapatkan hasil klasifikasi berdasar kedekatan nilai ekstraksi fitur. Tabel hasil rata-rata 7 nilai *output* ekstraksi fitur dari 30 citra untuk setiap kelas *falciparum*, *malariae* dan *vivax* disajikan pada bagian lampiran. Rata-rata nilai ekstraksi fitur dari setiap kelas malaria ditampilkan pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Rata-rata nilai ekstraksi fitur dengan metode *hu moment*

Jenis Parasit	Rata-rata						
	Phi 1	Phi 2	Phi 3	Phi 4	Phi 5	Phi 6	Phi 7
Falciparum	0.001704	2.11E-06	2.49E-10	2.4E-10	8.31E-20	3.63E-13	-2E-23
Malariae	0.002403	4.47E-06	6.27E-10	6.14E-10	5.27E-19	1.34E-12	-8.9E-23
Vivax	0.001995	3.07E-06	5.22E-11	4.39E-11	4.91E-21	7.61E-14	3.33E-24

Tabel 4.3 menampilkan nilai rata-rata nilai ekstraksi fitur dari 30 citra sampel setiap kelas *falciparum*, *malariae* dan *vivax*. Rata-rata nilai *phi* antara kelas memiliki selisih antara parasit satu dengan yang lainnya sehingga membuktikan bahwa nilai ekstraksi fitur pada citra malaria dapat dikelompokkan menjadi properti yang spesifik untuk dapat dilakukan proses klasifikasi. Standar deviasi atau ragam nilai ekstraksi fitur ditunjukkan pada Tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Standar deviasi dari 7 nilai *output* citra hasil ekstraksi fitur

Jenis Parasit	Standard Deviasi						
	Phi 1	Phi 2	Phi 3	Phi 4	Phi 5	Phi 6	Phi 7
Falciparum	0.000187	5.07E-07	1.65E-10	1.57E-10	9.41E-20	2.66E-13	8.65E-22
Malariae	0.000288	9.66E-07	4.01E-10	3.86E-10	5.34E-19	8.49E-13	5.65E-21
Vivax	0.000366	1.19E-06	6.19E-11	5.28E-11	9.01E-21	1.01E-13	5.17E-22

4.3 Hasil Pengujian dan Pengukuran Model

Skenario pengujian menggunakan metode *k-fold cross validation* yang berfokus pada 1 tipe citra yaitu citra malaria setelah dilakukan segmentasi. Pengujian dilakukan setelah proses *training* selesai dan data *confusion matrik* serta hasil pengukuran bobot data *training* disampaikan pada bagian lampiran. Model uji pertama menggunakan klasifikasi linier SVM dimana hasil *confusion matrix* akan ditampilkan pada Tabel 4.5 dan hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.5 *Confusion matrix* model linier SVM

Confusion Matrix					
Dataset-1	Actual	Fal	6	0	0
		Mal	0	6	0
		Viv	0	0	6
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-2	Actual	Fal	5	0	1
		Mal	0	5	1
		Viv	2	0	4
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-3	Actual	Fal	6	0	0
		Mal	0	5	1
		Viv	1	0	5
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-4	Actual	Fal	5	0	1
		Mal	0	2	4
		Viv	0	0	6
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-5	Actual	Fal	5	0	1
		Mal	1	5	0
		Viv	1	0	5
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		

Tabel 4.6 Pengukuran model linier SVM

Dataset-n	Akurasi(%)	Sensitivitas(%)	Spesifisitas(%)
Dataset 1	100	100	100
Dataset 2	77.78	83.33	83.33
Dataset 3	88.89	100	91.67
Dataset 4	72.22	83.33	100
Dataset 5	83.33	83.33	83.33
Rata-rata	84.44	90.00	91.67

Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan nilai pengukuran tertinggi terdapat pada dataset 1 dengan akurasi 100% sedangkan nilai akurasi terendah terdapat pada dataset 4 dengan nilai 72.22%. Nilai sensitivitas dan spesifisitas pada model linier SVM memiliki kehandalan tinggi dengan persentase lebih dari 80% setiap dataset dan memiliki rata-rata 90% untuk sensitivitas dan 91.67% untuk spesifisitas. Model ke-2 menggunakan klasifikasi SVM *non* linier dengan fungsi kernel *polynomial* SVM dimana *confusion matrix* akan ditampilkan pada Tabel 4.7 dan hasil pengukuran akan ditampilkam pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.7 *Confusion matrix model polynomial SVM*

Confusion Matrix					
Dataset-1	Actual	Fal	6	0	0
		Mal	0	6	0
		Viv	0	0	6
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-2	Actual	Fal	5	0	1
		Mal	0	5	1
		Viv	2	0	4
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-3	Actual	Fal	4	0	2
		Mal	0	5	1
		Viv	1	1	4
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-4	Actual	Fal	3	0	3
		Mal	0	2	4
		Viv	0	0	6
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		
Dataset-5	Actual	Fal	6	0	0
		Mal	1	5	0
		Viv	0	0	6
			Fal	Mal	Viv
			Predicted		

Tabel 4.8 Pengukuran model *polynomial SVM*

Dataset-n	Akurasi(%)	Sensitivitas(%)	Spesifisitas(%)
Dataset 1	100	100	100
Dataset 2	77.78	83.33	83.33
Dataset 3	72.22	66.67	91.67
Dataset 4	61.11	50	100
Dataset 5	94.44	100	91.67
Rata-rata	81.11	80	93.33

Berdasarkan Tabel 4.8 tingkat pengukuran paling tinggi terdapat pada dataset 1 dengan akurasi 100% dan nilai akurasi terendah terdapat pada dataset 4 dengan nilai 61.11%. Sensitivitas model *polynomial SVM* didapatkan nilai persentase dibawah 70% yaitu pada dataset 3 dengan nilai 66.67% dan dataset 4 dengan nilai 50%. Rata-rata sensitivitas pada model *polynomial SVM* yaitu 80%, lebih kecil dibandingkan dengan model linier SVM akan tetapi memiliki nilai spesifisitas yang lebih tinggi dari model linier SVM yaitu 93.33%. Model ke-3 menggunakan fungsi kernel *gaussian SVM* dimana *confusion matrix* akan ditampilkan pada Tabel 4.9 dan hasil pengukuran akan ditampilkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.9 Confussion matrix *gaussian SVM*

Confusion Matrix																			
Dataset-1	Actual	<table border="1"> <tr> <td>Fal</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mal</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Viv</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fal</td> <td>Mal</td> <td>Viv</td> </tr> </table>	Fal	6	0	0	Mal	0	6	0	Viv	0	0	6		Fal	Mal	Viv	Predicted
Fal	6	0	0																
Mal	0	6	0																
Viv	0	0	6																
	Fal	Mal	Viv																
Dataset-2	Actual	<table border="1"> <tr> <td>Fal</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Mal</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Viv</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fal</td> <td>Mal</td> <td>Viv</td> </tr> </table>	Fal	5	0	1	Mal	1	5	0	Viv	2	0	4		Fal	Mal	Viv	Predicted
Fal	5	0	1																
Mal	1	5	0																
Viv	2	0	4																
	Fal	Mal	Viv																
Dataset-3	Actual	<table border="1"> <tr> <td>Fal</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mal</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Viv</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fal</td> <td>Mal</td> <td>Viv</td> </tr> </table>	Fal	6	0	0	Mal	0	6	0	Viv	1	1	4		Fal	Mal	Viv	Predicted
Fal	6	0	0																
Mal	0	6	0																
Viv	1	1	4																
	Fal	Mal	Viv																
Dataset-4	Actual	<table border="1"> <tr> <td>Fal</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mal</td> <td>0</td> <td>4</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Viv</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fal</td> <td>Mal</td> <td>Viv</td> </tr> </table>	Fal	6	0	0	Mal	0	4	2	Viv	0	2	4		Fal	Mal	Viv	Predicted
Fal	6	0	0																
Mal	0	4	2																
Viv	0	2	4																
	Fal	Mal	Viv																
Dataset-5	Actual	<table border="1"> <tr> <td>Fal</td> <td>6</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Mal</td> <td>1</td> <td>5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Viv</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fal</td> <td>Mal</td> <td>Viv</td> </tr> </table>	Fal	6	0	0	Mal	1	5	0	Viv	1	0	5		Fal	Mal	Viv	Predicted
Fal	6	0	0																
Mal	1	5	0																
Viv	1	0	5																
	Fal	Mal	Viv																

Tabel 4.10 Pengukuran model *gaussian* SVM

Dataset-n	Akurasi(%)	Sensitifitas(%)	Spesifisitas(%)
Dataset 1	100	100	100
Dataset 2	77.78	83.33	75
Dataset 3	88.89	100	91.67
Dataset 4	77.78	100	100
Dataset 5	88.89	100	83.33
Rata-rata	86.67	96.67	90

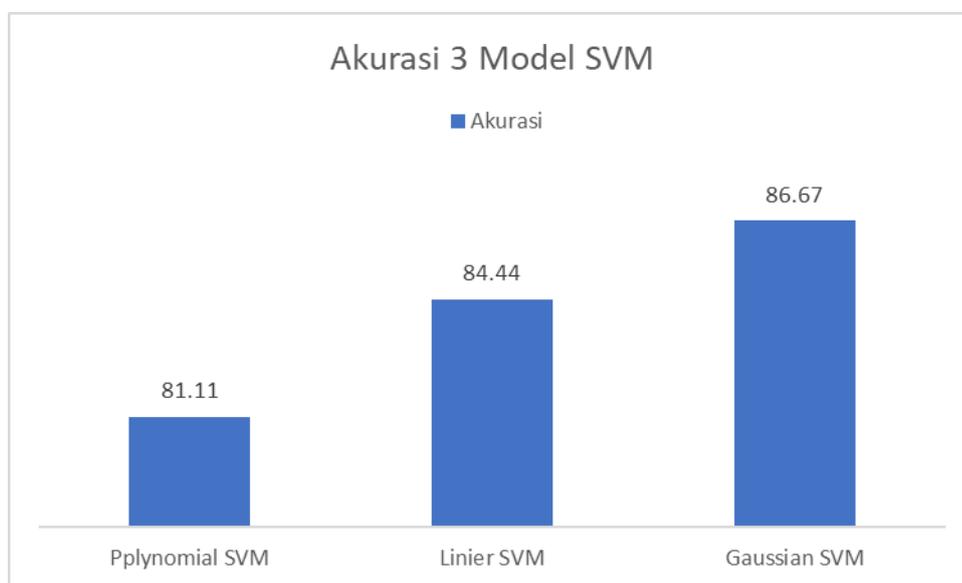
Berdasarkan Tabel 4.10 tingkat pengukuran paling tinggi terdapat pada dataset 1 dengan akurasi 100% dan nilai akurasi terendah terdapat pada dataset 2 dan 4 dengan nilai yang sama yaitu 77.78%. Nilai sensitivitas pada model *gaussian* SVM memiliki performa sangat tinggi dengan didapatkannya 4 nilai sempurna dengan persentase 100% dan 1 nilai dengan persentase 83.33%. Rata-rata sensitivitas pada model *gaussian* SVM yaitu 96.67% sedangkan rata-rata spesifisitas didapatkan nilai 90%. Rata-rata hasil pengukuran akurasi, sensitivitas dan spesifisitas ke-3 model klasifikasi SVM lebih jelas ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Efektivitas 3 model SVM

No	Jenis Klasifikasi	Akurasi	Sensitivitas	Spesifisitas
1	<i>Polynomial</i> SVM	81.11	80	93.33
2	Linier SVM	84.44	90	91.67
3	<i>Gaussian</i> SVM	86.67	96.67	90

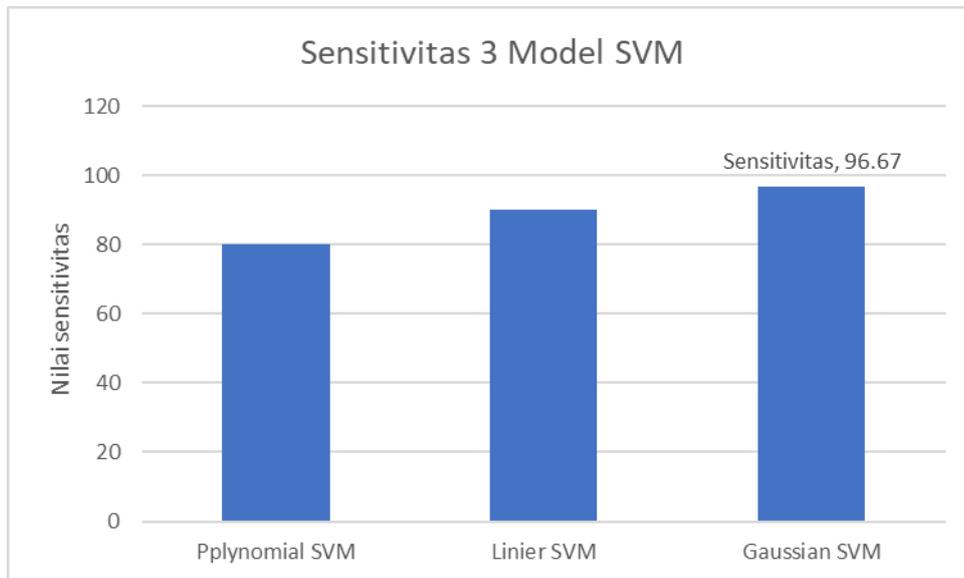
Tabel 4.9 memberikan data performa suatu model dengan mengacu pada 3 pengukuran yaitu akurasi, sensitivitas dan spesifisitas. Berdasarkan tabel 4.11,

tingkat akurasi paling tinggi berada pada model SVM non linier dengan fungsi kernel *gaussian Radial Base Function* (RBF) yaitu 86.67% . Tingkat akurasi hanya memberi persentase benar data positif dan negatif dari keseluruhan data sehingga perlu diidentifikasi lebih lanjut untuk menemukan model yang sesuai dengan kebutuhan sehingga perlu dilakukan pengukuran tingkat sensitivitas dan spesifisitas. Grafik akurasi dari ke-3 model SVM untuk klasifikasi penyakit malaria ditampilkan pada Gambar 4.3.



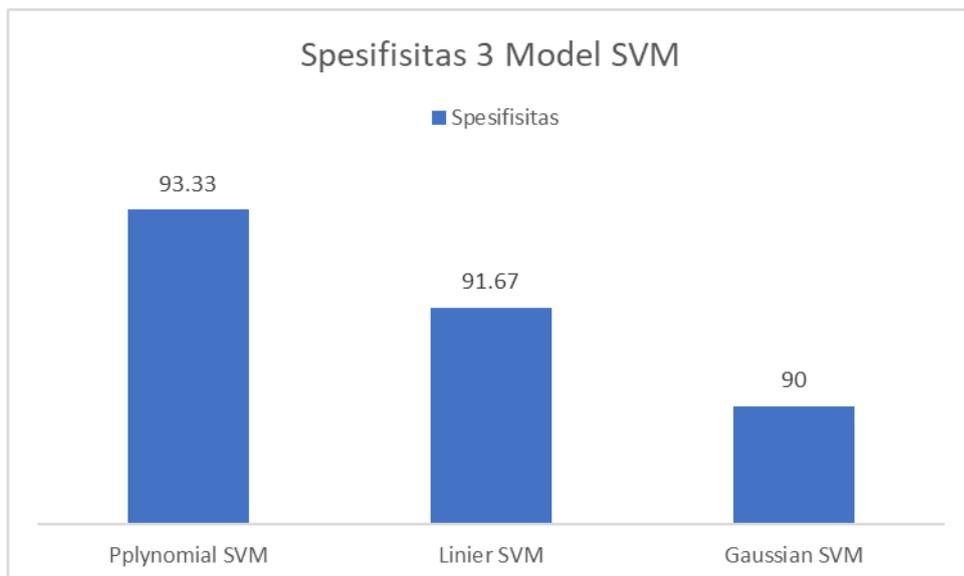
Gambar 4.3 Grafik akurasi 3 model SVM

Penyakit malaria yang disebabkan oleh parasit *falciparum* memiliki tingkat resiko kematian paling tinggi sehingga model yang dibutuhkan dapat memberikan relevansi parasit *falciparum* yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas lainnya, hal inilah yang menjadi alasan penulis menjadikan kelas *falciparum* sebagai data positif. Pada tabel 4.9 didapatkan nilai sensitivitas paling tinggi yaitu pada model *gaussian SVM* dengan nilai 96.67% yang berarti persentase keberhasilan model dalam menemukan kembali atau memprediksi data benar positif dari seluruh data benar positif sangat tinggi. Grafik tingkat sensitivitas tiap model SVM ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik sensitivitas 3 model SVM

Rata-rata spesifisitas tertinggi dari ke-3 model SVM yaitu terdapat pada model *polynomial* SVM dengan persentase 93.33% diikuti linier SVM dengan nilai 91.67% dan *gaussian* SVM dengan nilai 90%. Keberhasilan model mendeteksi/memprediksi data benar negatif dari seluruh data benar negatif pada model *polynomial* SVM lebih baik dibandingkan dengan 2 model lainnya. Grafik tingkat spesifisitas tiap model SVM ditunjukkan pada Gambar 4.5.



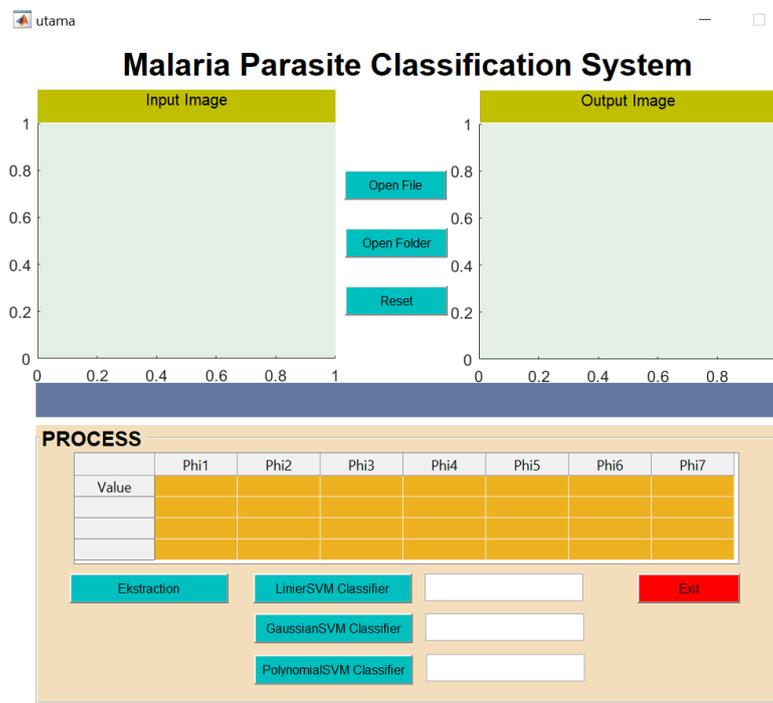
Gambar 4.5 Grafik spesifisitas 3 model SVM

Berdasarkan nilai pengukuran akurasi, sensitivitas dan spesifisitas ke-3 model klasifikasi didapatkan model *gaussian* SVM memiliki performa terbaik dibandingkan dengan model linier dan *polynomial* SVM. Hal ini dibuktikan dengan didapatkan tingkat akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan 2 model lainnya walaupun pada tingkat spesifisitas model *gaussian* SVM paling rendah akan tetapi tidak memiliki selisih signifikan dan masih berada pada persentase 90%.

4.4 Implementasi Sistem Klasifikasi

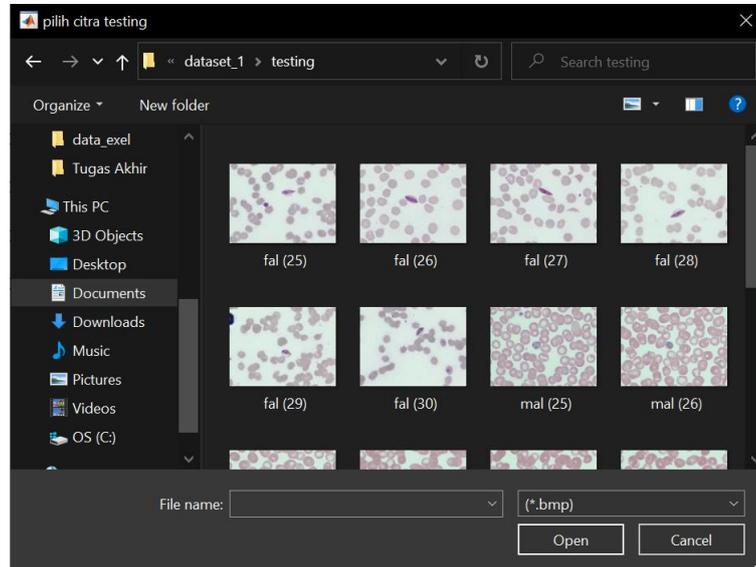
Implementasi sistem klasifikasi dengan SVM menggunakan antar muka berupa *Graphical User Interface* (GUI) yang dapat digunakan *user* untuk melakukan proses klasifikasi penyakit malaria. Langkah-langkah proses klasifikasi penyakit malaria dengan GUI adalah sebagai berikut:

1. Jalankan program utama pada MATLAB sehingga akan muncul antar muka sistem klasifikasi yang ditampilkan pada Gambar 4.6.



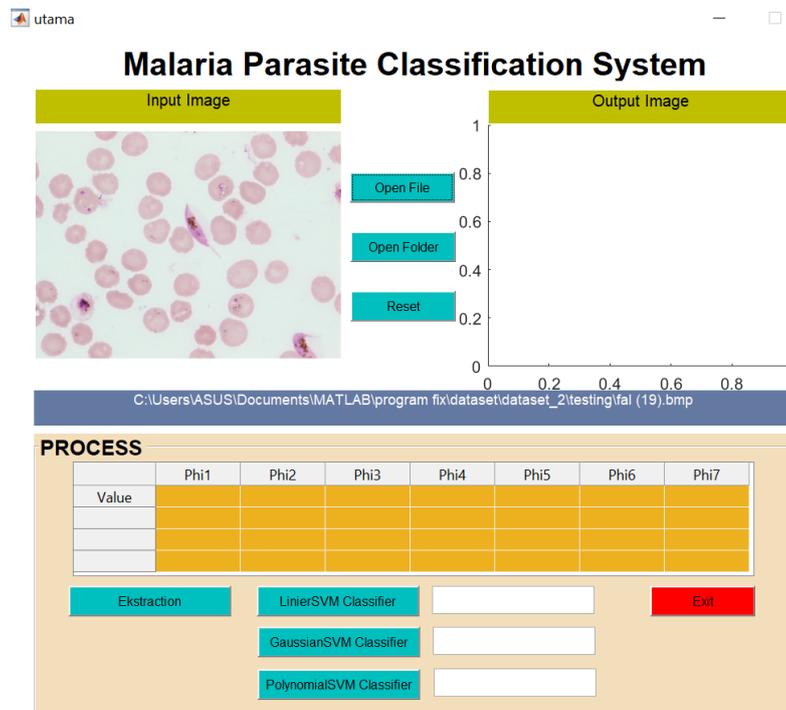
Gambar 4.6 Antar muka sistem klasifikasi

2. Klik tombol open file, maka sistem akan mengarahkan *user* ke file *directory* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.7.



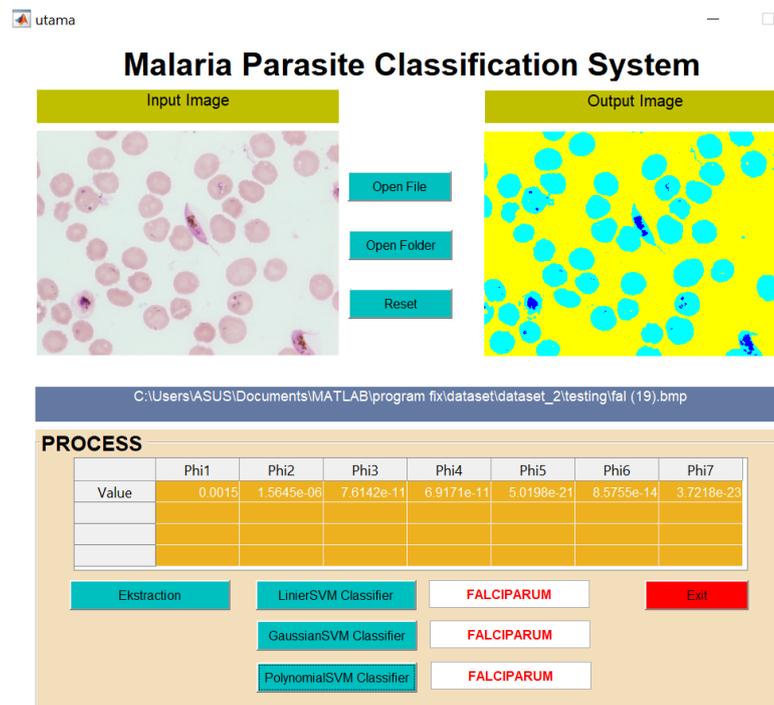
Gambar 4.7 Antar muka setelah mengklik tombol open file

3. Pilih citra yang akan dilakukan proses klasifikasi dan klik *open* sehingga tampilan antar muka akan muncul citra *input* dan alamat *directory* citra yang dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Antar muka setelah memilih citra input

- Pilih model klasifikasi yang ingin digunakan dan sistem akan otomatis menampilkan citra *output* setelah dilakukan segmentasi, nilai 7 fitur *hu moment* dan jenis parasit malaria. Tampilan GUI setelah dilakukan proses klasifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Antar muka setelah dilakukan proses klasifikasi

- Setelah selesai proses klasifikasi *user* dapat melakukan proses klasifikasi kembali dengan menekan tombol reset dan memilih kembali citra malaria yang ingin dilakukan proses klasifikasi.