

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Prinsip Kerja Sistem

Prinsip kerja sistem yaitu dengan melakukan pengambilan data berupa foto fisik dari permukaan buah manggis kemudian melakukan sampling data foto menjadi citra. Kumpulan citra tersebut kemudian diproses dengan melakukan tahap pengolahan citra dan ekstraksi ciri yang sedemikian rupa sehingga akan menghasilkan nilai tertentu. Kumpulan citra tersebut dibagi menjadi citra latih dan citra uji dengan data set yang ditentukan berdasarkan 4-fold *Cross Validation*, metode *Support Vector Machine* digunakan untuk melakukan proses latih sehingga *hyperplane* membentuk area klasifikasi. Pada tahap uji, data yang baru akan dipetakan pada model area latih dan hasilnya bergantung pada data tersebut akan terletak pada area tertentu sehingga terklasifikasi.

4.2 Hasil Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan menggunakan kamera digital merk Sony tipe model Nex-7 dengan pengaturan resolusi kamera yang sama. Pengambilan data ini dilakukan di Laboratorium Pasca Panen, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang selanjutnya diserahkan pada Fakultas Teknik untuk dilakukan penelitian.

Data yang telah diperoleh lalu di klasifikasi kualitas permukaannya. Untuk memilih sampel data citra yang cacat maupun citra tidak cacat ini didasarkan pada pengamatan secara langsung atau secara visual yang nantinya akan dijadikan -

pembandingan dengan hasil klasifikasi program. Dari klasifikasi kualitas yang telah dilakukan menghasilkan citra sebanyak 120 citra. Dari data total 120 citra tersebut merupakan gabungan dari cira latih dan citra uji, dimana ke-120 citra yang dihasilkan tersebut terdiri setengah citra cacat dan setengah lainnya citra tidak cacat dari citra permukaan buah manggis.

4.3 Hasil Perancangan Program

4.3.1 Akuisisi Data

Data diambil menggunakan kamera digital dengan jarak yang sama dan resolusi gambar yang sama sebesar 6000 x 4000 piksel. Pada pengambilan data, dalam satu foto berisi dua buah manggis ditunjukkan pada Gambar 4.1. Hal ini dilakukan untuk mempersingkat waktu pengambilan data.



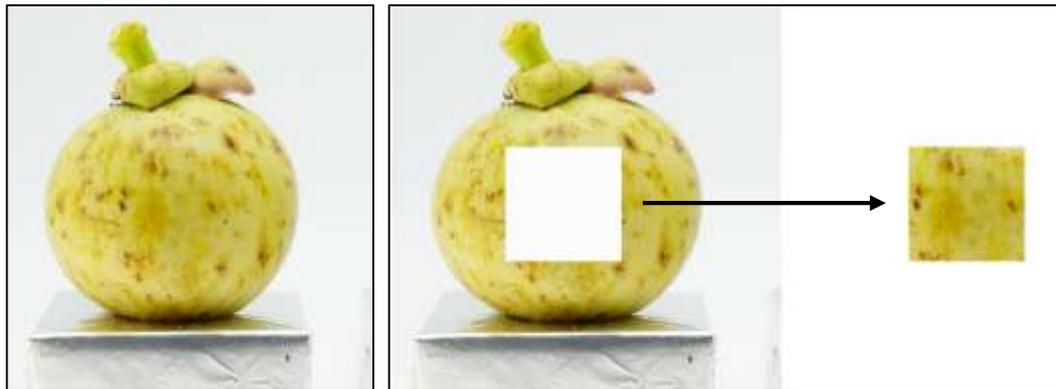
Gambar 4.1 Sampel awal pengambilan data citra

4.3.2 Penamaan Citra

Penentuan penamaan atau label dilakukan setelah proses akuisisi data. Format penamaan citra ini berdasarkan kondisi dari citra tersebut kemudian diikuti urutan citra, nama citra dirubah berdasarkan kondisinya, citra cacat diberi nama “def” dan dilanjutkan dengan nomor urutan gambar sesuai dengan yang ada didalam folder, contoh penamaan citra cacat adalah “def1.jpg”. Sedangkan citra tidak cacat diberi nama “fin” dan dilanjutkan dengan nomor urutan gambar sesuai dengan yang ada didalam folder hingga sejumlah citra yang terakhir, contoh penamaan untuk citra tidak cacat adalah “fin1.jpg”. Setelah penamaan/*labelling* pada citra diperoleh data berupa kumpulan citra dengan total 120 citra yang terdiri dari 60 citra cacat dan 60 citra tidak cacat yang akan digunakan sebagai data latih maupun data uji.

4.3.3 Pemotongan Citra (*Cropping*)

Citra hasil pengambilan data memiliki resolusi yang sama yaitu 6000 x 4000 piksel, akan tetapi pada penelitian ini, data citra yang akan digunakan adalah bagian permukaan yang terlihat jelas pada foto dari citra permukaan buah manggis, maka dilakukan *cropping* menggunakan aplikasi adobe photoshop CC 2015, setelah dilakukan proses *cropping* selanjutnya akan disamakan ukuran sebesar 512 x 512 piksel. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pengambilan data citra agar lebih akurat. Proses ini sangat berpengaruh selain untuk mereduksi waktu komputasi juga menjadikan ukuran citra seragam. Adapun proses *cropping* citra ditunjukkan pada Gambar 4.2.



(a) Citra manggis utuh (b) Citra manggis setelah proses cropping

Gambar 4.2 Proses Cropping citra

Beberapa sampel hasil *cropping* dari citra cacat dan citra tidak cacat yang akan menjadi bahan penelitian dan pengklasifikasian ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4



(a) (b) (c) (d) (e)

Gambar 4.3 Hasil cropping citra tidak cacat



(a) (b) (c) (d) (e)

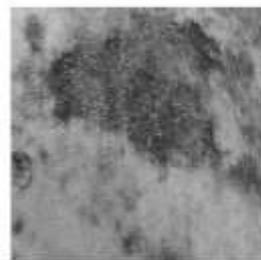
Gambar 4.4 Hasil cropping citra cacat

4.3.4 Konversi citra *Grayscale*

Setelah citra melewati proses pemotongan citra, proses selanjutnya yang dilakukan adalah pengubahan citra RGB menjadi citra *grayscale*, dimana citra *grayscale* hanya memiliki warna dari hitam, keabuan dan putih. Warna hitam pada citra *grayscale* bernilai 0 dan semakin cerah warna akan semakin tinggi dan warna putih bernilai 256. Perubahan jenis gambar ke *grayscale* juga bertujuan untuk mempermudah dan mempercepat proses komputasi. Gambar citra *grayscale* dari permukaan buah manggis ditampilkan pada Gambar 4.5. Gambar 4.5 (a) citra tidak cacat dan (b) citra cacat merupakan hasil konversi *grayscale* dari gambar 4.3 (a) tidak cacat dan gambar 4.4 (a) cacat.



(a) citra tidak cacat



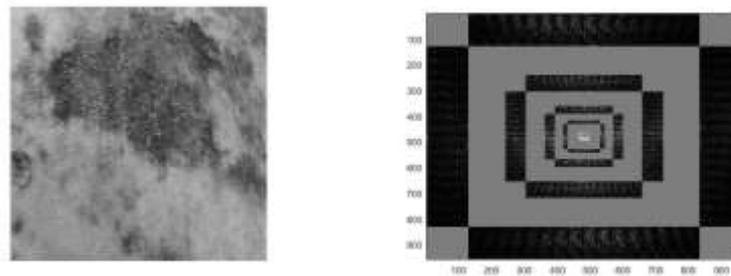
(b) citra cacat

Gambar 4.5 Hasil konversi citra *grayscale*

Proses konversi citra ke mode *grayscale* merupakan proses perancangan program dimana data citra pada tahap sebelumnya telah melalui proses *resize* menjadi resolusi 512x512. Pada tahap selanjutnya akan dilakukan dekomposisi citra dengan menggunakan metode transformasi *curvelet* untuk menghasilkan nilai-nilai yang tertentu yang dibutuhkan pada tahap berikutnya.

4.3.5 Transformasi *curvelet*

Setelah melewati tahap konversi *grayscale*, citra dalam format *grayscale* kemudian diproses menggunakan fungsi *curvelet transform*. Citra yang akan di transformasikan adalah citra *grayscale* permukaan buah manggis yang terdiri dari citra cacat dan citra tidak cacat yang akan menjadi bahan latih/*training* maupun bahan uji/*testing*. Dari masing-masing citra, akan dilakukan proses *curvelet* yang nantinya citra di proses dengan cara menguraikan citra *grayscale* menjadi kurva – kurva dalam bentuk skala yang tersusun atas irisan–irisan kurva. Dari transformasi *curvelet* yang telah dilakukan akan didapatkan nilai–nilai hasil transformasi *curvelet*. Nilai–nilai dari transformasi *curvelet* berisi informasi tentang dekomposisi dari citra hasil transformasi yang telah terkompresi. Dari transformasi *curvelet* menghasilkan beberapa buah koefisien yaitu: *coefficient curvelet* dan *curva* dari *coefficient curvelet*.

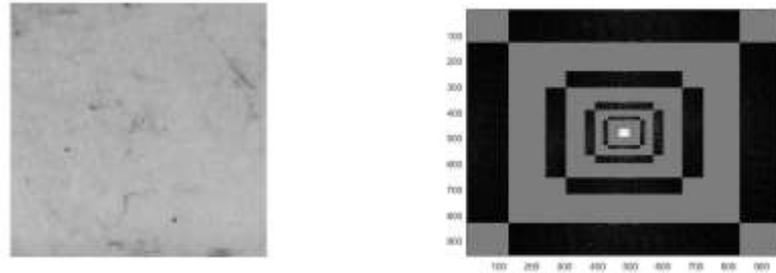


(a) Citra *grayscale* cacat (b) Hasil transformasi *curvelet*

Gambar 4.6 Proses transformasi *curvelet* pada citra cacat

Gambar 4.6 (b) menunjukkan citra hasil transformasi *curvelet* diskrit pada citra cacat, citra tersebut telah di dekomposisi menggunakan transformasi *curvelet* dan menghasilkan koefisien *curvelet*. Koefisien *curvelet* tersusun atas kurva – kurva yang membentuk menjadi satu. Dari sekumpulan kurva tersebut akan menghasilkan

nilai – nilai yang akan digunakan untuk membentuk nilai ekstraksi ciri dari citra cacat.



(a) Citra grayscale tidak cacat (b) Hasil transformasi *curvelet*

Gambar 4.7 Proses transformasi *curvelet* pada citra tidak cacat

Gambar 4.7 (b) menunjukkan citra hasil transformasi *curvelet* diskrit pada citra tidak cacat, citra yang telah di dekomposisi menggunakan transformasi *curvelet* dan menghasilkan koefisien *curvelet*. Pada Gambar 4.6 (b) dan Gambar 4.7 (b) secara fisik koefisien *curvelet* yang dihasilkan dari citra cacat maupun tidak cacat akan terlihat sama dan sulit dibedakan apakah citra tersebut adalah hasil dari citra cacat atau citra tidak cacat karena telah berbentuk irisan kurva-kurva yang secara kasat mata berbentuk sama.

Dari sekumpulan kurva yang membentuk koefisien *curvelet* tersebut akan dihitung sedemikian rupa sehingga menghasilkan nilai – nilai yang akan digunakan untuk membentuk nilai ekstraksi ciri dari masing – masing citra. Ekstraksi ciri adalah menampilkan ciri yang membedakan citra satu dengan yang lainnya. Ekstraksi ciri *curvelet* yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan cara menghitung suatu nilai pembeda antara citra cacat dan tidak cacat. Metode ekstraksi

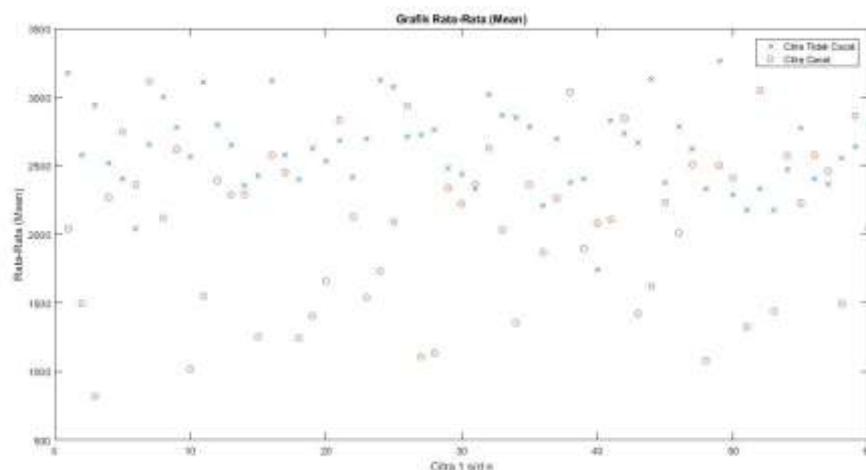
ciri yang digunakan yaitu menghitung nilai rata-rata (mean), standar deviasi, *entropy* dan *energy*.

4.3.6 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan pengambilan ciri dari suatu bentuk yang nantinya digunakan pada tahap selanjutnya, dimana nilai yang didapat dari ekstraksi ciri akan dianalisis untuk dimasukkan pada tahap selanjutnya yaitu sebagai input untuk proses pengklasifikasian menggunakan metode SVM. Ciri tersebut merupakan pembeda dari suatu objek dengan objek lainnya. Pada penelitian ini ekstraksi ciri dilakukan untuk mendapatkan suatu nilai pembeda yang didapat dari proses sebelumnya yaitu proses transformasi *curvelet* untuk data citra permukaan buah manggis yang cacat dan yang tidak cacat.

a. Mean

Salah satu nilai input untuk proses klasifikasi adalah nilai mean, ekstraksi ciri mean merupakan langkah awal untuk mencari nilai rata - rata pada setiap nilai komponen kurva dari koefisien *curvelet* pada citra.



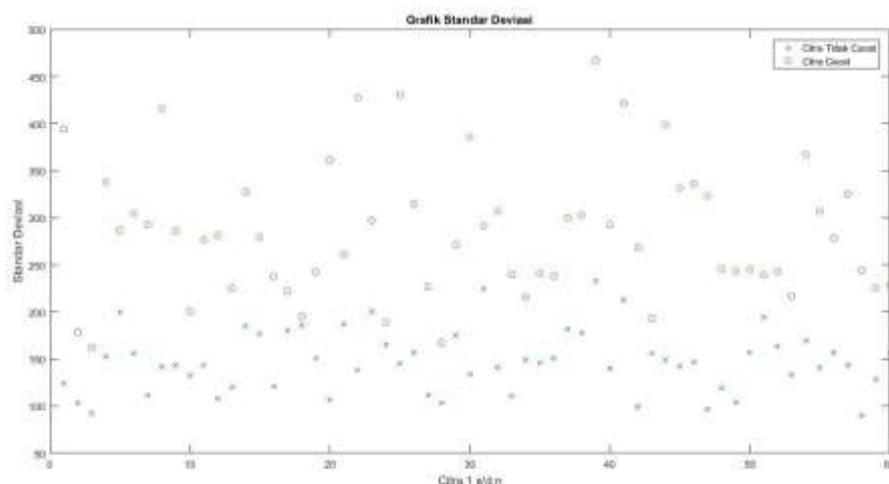
Gambar 4.8 Scatter plot citra Ekstraksi Ciri Mean

Pada ekstraksi ciri Mean yang terlihat pada Gambar 4.8 menunjukkan grafik *scatter* dari nilai rata-rata (*mean*) kurva dari koefisien hasil transformasi *curvelet* diskrit pada ke-120 citra dengan 60 citra cacat dan 60 citra tidak cacat. Sumbu *X* menunjukkan banyaknya gambar dari citra tidak cacat dan cacat secara berturut-turut, sedangkan nilai *Y* menunjukkan nilai rata – rata. Simbol “x” biru mempresentasikan hasil nilai rata – rata dari citra tidak cacat, sedangkan simbol “o” merah merupakan hasil nilai rata – rata dari citra cacat.

Hasil dari ekstraksi ciri rata-rata (*Mean*) terlihat pada Gambar 4.8 bahwa data ekstraksi ciri memiliki sebaran data pola yang masih berhimpitan antara citra cacat dan citra tidak cacat berdasarkan grafik *scatter*, sebaran pola citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pola citra cacat.

b. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah salah satu ekstraksi ciri berikutnya yang mempresentasikan citra berdasarkan sebaran data dalam sebuah citra yakni besar perbedaan dari nilai data citra terhadap nilai rata-rata. Nilai standar deviasi dihasilkan dari setiap nilai komponen kurva dari koefisien *curvelet* pada citra.



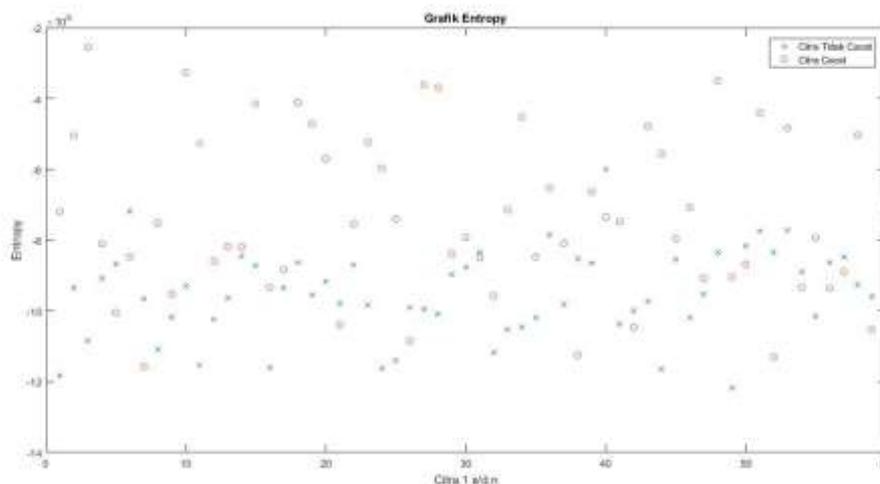
Gambar 4.9 Scatter plot citra Ekstraksi Ciri Standar Deviasi

Pada ekstraksi ciri Standar Deviasi yang dilihat pada Gambar 4.9 menunjukkan grafik *scatter* dari nilai standar deviasi kurva dari koefisien hasil transformasi *curvelet* diskrit pada ke-120 citra dengan 60 citra cacat dan 60 citra tidak cacat. Sumbu *X* menunjukkan banyaknya gambar dari citra tidak cacat dan cacat secara berturut-turut, sedangkan nilai *Y* menunjukkan nilai standar deviasi. Simbol “x” biru mempresentasikan hasil nilai standar deviasi dari citra tidak cacat, sedangkan simbol “o” merah merupakan hasil nilai standar deviasi dari citra cacat.

Hasil dari ekstraksi ciri standar deviasi terlihat jelas pada Gambar 4.9 bahwa data ekstraksi ciri memiliki sebaran data pola yang sudah terpisah dengan baik antara citra cacat dan citra tidak cacat berdasarkan grafik *scatter*, sebaran pola citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan pola citra cacat yang memiliki nilai yang lebih tinggi.

c. Entropy

Ekstraksi ciri entropy adalah ekstraksi ciri yang berfungsi dalam menunjukkan ukuran ketidakteraturan dari sebuah bentuk data pada citra. Nilai entropy menunjukkan keteracakan distribusi dari suatu citra. Nilai entropy dihasilkan dari setiap nilai komponen kurva dari koefisien *curvelet* pada citra.



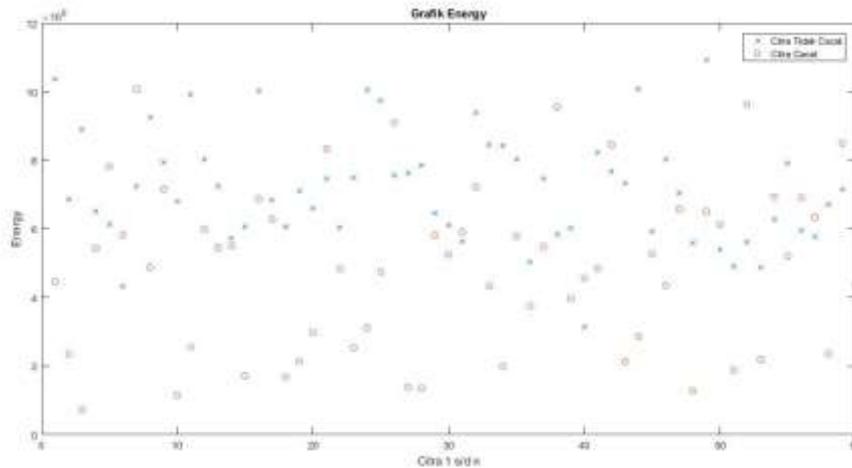
Gambar 4.10 Scatter plot citra Ekstraksi Ciri Entropy

Pada ekstraksi ciri entropy yang terlihat pada Gambar 4.10 menunjukkan grafik *scatter* dari nilai entropy dari hasil transformasi *curvelet* diskrit pada ke-120 citra dengan 60 citra cacat dan 60 citra tidak cacat. Sumbu *X* menunjukkan banyaknya gambar dari citra tidak cacat dan cacat secara berturut-turut, sedangkan nilai *Y* menunjukkan nilai rata – rata. Simbol “x” biru mempresentasikan hasil nilai rata – rata dari citra tidak cacat, sedangkan simbol “o” merah merupakan hasil nilai rata – rata dari citra cacat.

Hasil dari ekstraksi ciri entropy terlihat pada Gambar 4.10 bahwa data ekstraksi ciri memiliki sebaran data pola yang masih berhimpitan antara citra cacat dan citra tidak cacat berdasarkan grafik *scatter*, sebaran pola citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan pola citra cacat yang memiliki nilai pola yang lebih tinggi.

d. Energy

Ekstraksi ciri berikutnya adalah mencari nilai energy yang dihasilkan dari setiap nilai komponen kurva dari koefisien *curvelet* pada citra.



Gambar 4.11 Scatter plot citra Ekstraksi Ciri Energy

Pada ekstraksi ciri entropy yang terlihat pada Gambar 4.11 menunjukkan grafik *scatter* dari nilai entropy dari hasil transformasi *curvelet* diskrit pada ke-120 citra dengan 60 citra cacat dan 60 citra tidak cacat. Sumbu X menunjukkan banyaknya gambar dari citra tidak cacat dan cacat secara berturut-turut, sedangkan nilai Y menunjukkan nilai rata – rata. Simbol “x” biru mempresentasikan hasil nilai rata – rata dari citra tidak cacat, sedangkan simbol “o” merah merupakan hasil nilai rata – rata dari citra cacat.

Hasil dari ekstraksi ciri energy terlihat pada Gambar 4.11 bahwa data ekstraksi ciri memiliki sebaran data pola yang masih berhimpitan antara citra cacat dan citra tidak cacat berdasarkan grafik *scatter*, sebaran pola citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pola citra cacat yang memiliki nilai pola yang lebih rendah.

4.3.7 Klasifikasi dan Validasi

Dalam penelitian ini klasifikasi dan validasi dilakukan secara bersamaan, Klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* (SVM) dan validasi menggunakan *4-Fold Cross Validation*. Secara umum terdapat dua tahapan dalam melakukan klasifikasi yaitu tahap latih/*training* dan uji/*testing*, pada penelitian ini data yang digunakan sejumlah 120 citra yang terdiri dari 60 citra cacat dan 60 lainnya citra tidak cacat. Dari ke-120 citra kemudian dibagi menjadi 4 variasi *fold* dengan masing-masing *fold* berisi sebanyak 30 citra, dengan kombinasi 15 citra cacat dan 15 citra tidak cacat. Pembagian kelas pada citra bertujuan untuk mempermudah proses validasi pada proses klasifikasi data sehingga menghasilkan akurasi yang maksimal, adapun pembagian kelas disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.1 Data citra buah manggis

Kelas	Jumlah Citra	Keterangan
<i>fold-1</i>	30	15 cacat
		15 tidak cacat
<i>fold-2</i>	30	15 cacat
		15 tidak cacat
<i>fold-3</i>	30	15 cacat
		15 tidak cacat
<i>fold-4</i>	30	15 cacat
		15 tidak cacat

Pembagian citra berdasarkan nama urutan dari citra cacat dan citra tidak cacat yang telah diurutkan sebelumnya, pada *fold-1* urutan citra cacat adalah citra dengan nama def1.jpg sampai dengan def15.jpg, sedangkan urutan untuk citra tidak cacat adalah citra dengan nama fin1.jpg sampai dengan fin15.jpg dan seterusnya pada *fold-2*, *fold-3* dan *fold-4*, sehingga ke-60 citra cacat dan ke-60 citra tidak cacat

terbagi rata pada ke-4 *fold* yang ada. Pembagian citra dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.2 Detail pembagian citra

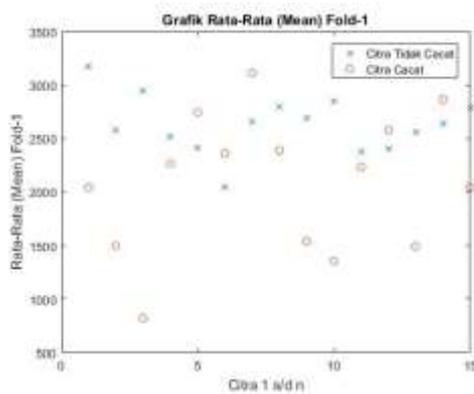
Kelas	Pembagian Citra Cacat	Pembagian Citra Tidak Cacat	Total citra
<i>fold-1</i>	def1.jpg s/d def15.jpg	fin1.jpg s/d fin15.jpg	30
<i>fold-2</i>	def16.jpg s/d def30.jpg	fin16.jpg s/d fin30.jpg	30
<i>fold-3</i>	def31.jpg s/d def45.jpg	fin31.jpg s/d fin45.jpg	30
<i>fold-4</i>	def46.jpg s/d def60.jpg	fin46.jpg s/d fin60.jpg	30

Pada proses klasifikasi dengan validasi ini, setiap ekstraksi ciri mempunyai properti masing-masing terhadap citra cacat dan citra tidak cacat, *Mean* menjelaskan nilai rata-rata dari pada setiap komponen citra, *Standar Deviasi* menjelaskan berdasarkan sebaran data dalam sebuah citra, *Energy* menjelaskan konsentrasi pasangan intensitas pada sebuah matrik pada citra dan *Entropy* menjelaskan ukuran ketidakteraturan dari sebuah bentuk data pada citra

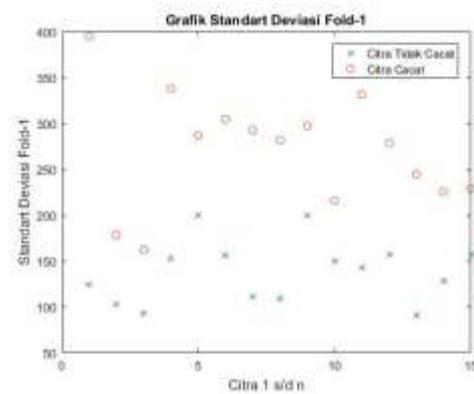
Setelah mendapatkan data-data dari ekstraksi ciri yang berupa nilai *mean*, standar deviasi, *energy* dan *entropy* dari citra yang digunakan, kemudian data-data ekstraksi ciri tersebut disimpan dalam file *databases* dengan ekstansi file.mat(dot mat). Selanjutnya setelah dilakukan penyimpanan, data ekstraksi ciri akan panggil dan dilatih menggunakan fungsi *SVMTrain* dan algoritma tertentu untuk menghasilkan data latih, yang selanjutnya data latih akan digunakan untuk menguji citra uji pada tahap berikutnya.

a. Hasil Klasifikasi dan Validasi *Fold-1*

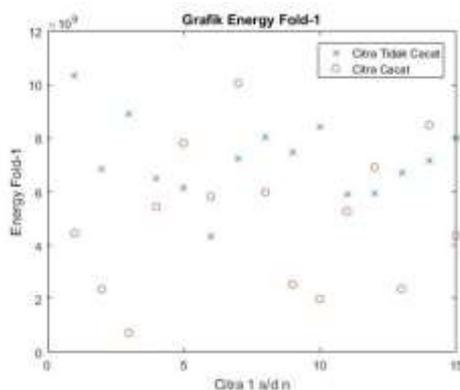
Pada *fold* ke-1 data latih berjumlah 120 citra (60 cacat dan 60 tidak cacat), data latih yang digunakan adalah citra ke-16 sampai citra ke-60 pada citra cacat dan citra ke-16 sampai citra ke-60 pada citra tidak cacat, sedangkan data uji berjumlah 30 citra, yaitu citra ke-1 sampai citra ke-15 dimasing-masing sampel, baik citra cacat maupun tidak cacat. Tahap klasifikasi pada *fold-1* menggunakan satu model SVM yaitu gabungan dari ke-4 ekstraksi ciri *Mean*, Standar Deviasi, *Energy* dan *Entropy* untuk menghasilkan data latih. Adapun *scatter plot* hasil dari ke-4 ekstraksi ciri dari *fold-1* sebagai berikut :



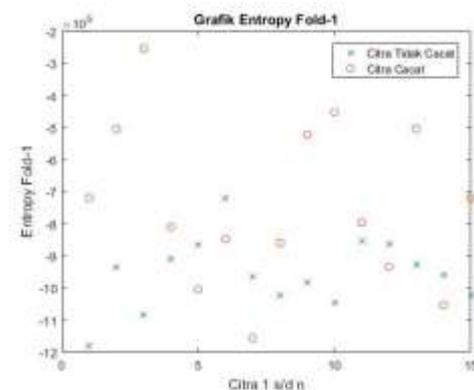
(a) *Scatter plot Mean fold-1*



(b) *Scatter plot STD fold-1*



(c) *Scatter plot Energy fold-1*



(d) *Scatter plot Entropy fold-1*

Gambar 4.12 *Scatter plot Ekstraksi Ciri Fold-1*

Hasil dari ekstraksi ciri *fold-1* terlihat pada Gambar 4.12 (b) bahwa data ekstraksi ciri standar deviasi memiliki sebaran data pola yang sudah terpisah berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga pola tidak saling berhimpitan pada grafik *scatter*, sedangkan Gambar 4.12 (a), (c) dan (d) yaitu data ekstraksi ciri *mean*, *energy* dan *entropy* memiliki sebaran data pola yang belum terpisah sempurna berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga antara citra cacat dan tidak cacat memiliki data yang berhimpitan pada *scatter plot* nya.

Scatter Plot yang dihasilkan ekstraksi ciri rata-rata (*mean*) dan *energy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan citra cacat, sedangkan *Scatter Plot* yang dihasilkan ekstraksi ciri standar deviasi dan *entropy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan citra cacat.

Dari data latih/*training fold* ke-1 selanjutnya akan digunakan menjadi data uji untuk mengklasifikasikan suatu citra. Hasil akhir dari tahap ini adalah program menghasilkan keputusan apakah citra termasuk kelas cacat atau tidak cacat. Berikut merupakan hasil dari proses klasifikasi data uji *fold-1* pada program yang telah dibuat yang ditunjukkan gambar 4.13

```

Command Window
-----Hasilnya-----
Accuracy:96.6667%
Total Sample:30
defect:14
free defect:16
-----
data eror:1
-----Detail:-----
def1.jpg =Defect
def10.jpg =Defect
def11.jpg =Defect
def12.jpg =Defect
def13.jpg =Defect
def14.jpg =Defect
def15.jpg =Defect
def2.jpg =Defect
def3.jpg =Defect
def4.jpg =Defect
def5.jpg =Defect
def6.jpg =Defect
def7.jpg =Defect
---->>def8.jpg =Fine<<----data eror--
def9.jpg =Defect
fin1.jpg =Fine
fin10.jpg =Fine
fin11.jpg =Fine

```

Gambar 4.13 Tampilan command window proses klasifikasi fold-1

Berikut merupakan hasil akurasi dari proses pengujian terhadap citra uji yang ditunjukkan pada tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil akurasi *fold* ke-1

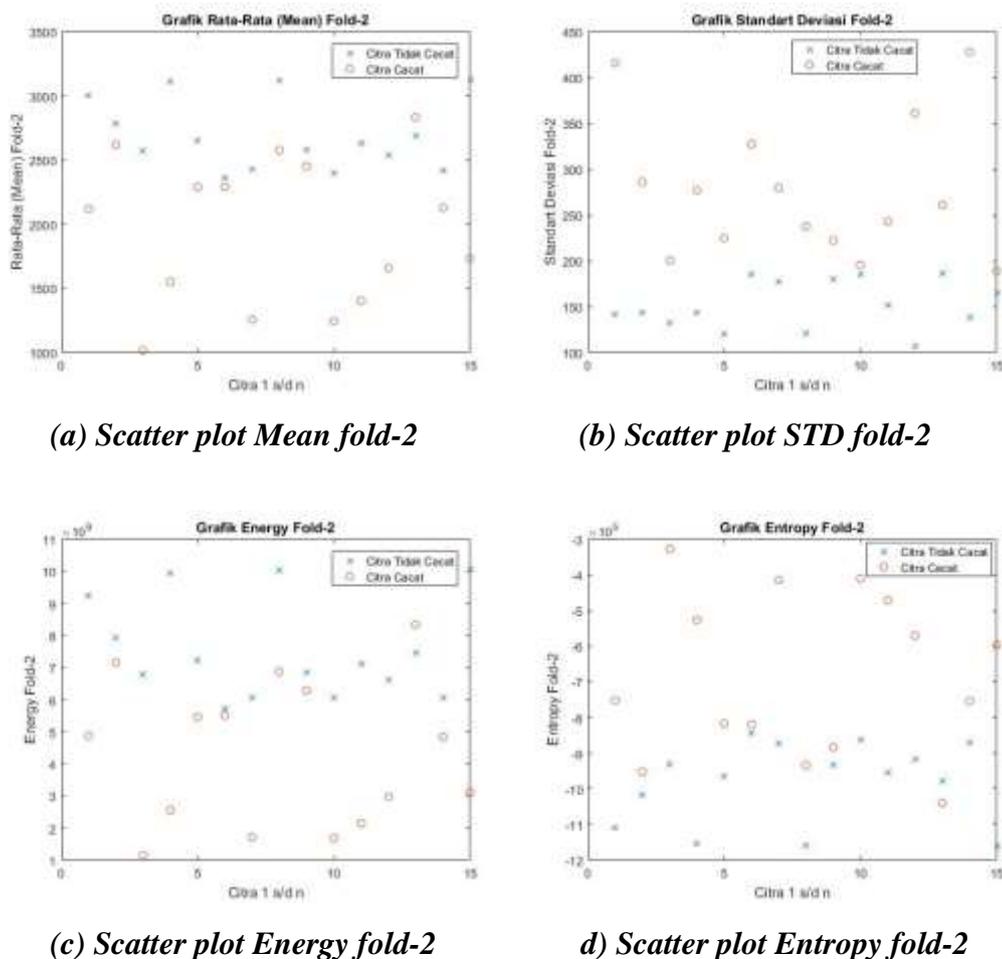
Hasil Pengujian Klasifikasi SVM	Citra			Jumlah Error	% Akurasi
	Cacat	Tidak Cacat	Total		
Pengujian <i>Fold</i> -1	15	15	30	1	96.67%

Dari data Tabel 4.3 diperoleh akurasi pengujian dari citra uji pada *fold*-1. *Error* yang terjadi pada saat pengujian pada citra adalah ada satu citra yang secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra cacat (*defect*), sedangkan hasil pengujian menggunakan program diklasifikasikan sebagai citra tidak cacat (*non-defect*).

b. Hasil Klasifikasi dan Validasi *Fold-2*

Pada *fold* ke-2 data latih berjumlah 120 citra (60 cacat dan 60 tidak cacat), data latih yang digunakan adalah citra ke-1 sampai citra ke-15 dan citra ke-31 sampai citra ke-60 pada masing-masing citra cacat maupun citra tidak cacat, sedangkan data uji berjumlah 30 citra, yaitu citra ke-16 sampai citra ke-30 dimasing-masing sampel, baik citra cacat maupun tidak cacat. Tahap klasifikasi pada *fold-2* ini menggunakan satu model SVM yaitu gabungan dari ke-4 ekstraksi ciri *Mean*, Standar Deviasi, *Energy* dan *Entropy* untuk menghasilkan data latih.

Adapun *scatter plot* hasil dari ke-4 ekstraksi ciri dari *fold-2* sebagai berikut :

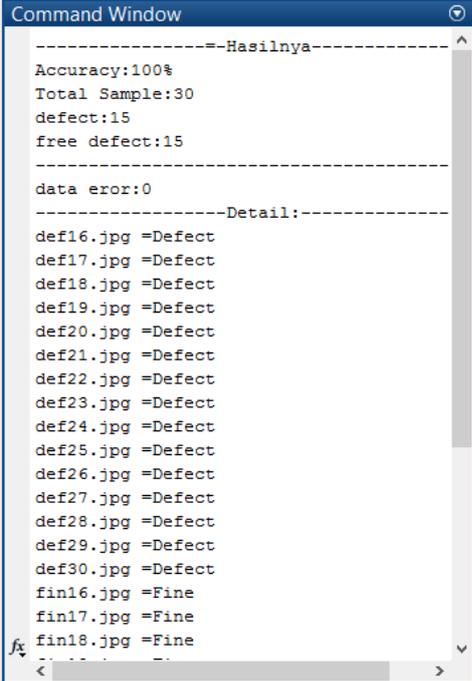


Gambar 4.14 Scatter plot Ekstraksi Ciri *Fold-2*

Hasil dari ekstraksi ciri *fold-2* terlihat pada Gambar 4.14 (a), (b) dan (d) bahwa data ekstraksi ciri *mean*, standar deviasi dan *entropy* memiliki sebaran data pola yang sudah terpisah berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga pola tidak saling berhimpitan pada grafik *scatter*, namun pada pola *mean* dan *entropy* masih ada beberapa pola yang masih berhimpitan, sedangkan Gambar 4.14 (c) yaitu data ekstraksi ciri *energy* memiliki sebaran data pola yang belum terpisah sempurna berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga antara citra cacat dan tidak cacat memiliki data yang berhimpitan pada *scatter plot* nya.

Scatter Plot yang dihasilkan ekstraksi ciri rata-rata (*mean*) dan *energy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan citra cacat, sedangkan *Scatter Plot* yang dihasilkan ekstraksi ciri standar deviasi dan *entropy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan citra cacat.

Dari data latih/*training fold* ke-2 selanjutnya akan digunakan menjadi data uji untuk mengklasifikasikan suatu citra. Hasil akhir dari tahap ini adalah program menghasilkan keputusan apakah citra termasuk kelas cacat atau tidak cacat. Berikut merupakan hasil dari proses klasifikasi data uji *fold-1* pada program yang telah dibuat yang ditunjukkan gambar 4.15



```

Command Window
-----==--Hasilnya-----
Accuracy:100%
Total Sample:30
defect:15
free defect:15
-----
data error:0
-----Detail:-----
def16.jpg =Defect
def17.jpg =Defect
def18.jpg =Defect
def19.jpg =Defect
def20.jpg =Defect
def21.jpg =Defect
def22.jpg =Defect
def23.jpg =Defect
def24.jpg =Defect
def25.jpg =Defect
def26.jpg =Defect
def27.jpg =Defect
def28.jpg =Defect
def29.jpg =Defect
def30.jpg =Defect
fin16.jpg =Fine
fin17.jpg =Fine
fin18.jpg =Fine

```

Gambar 4.15 Tampilan command window proses klasifikasi fold-2

Berikut merupakan hasil akurasi dari proses pengujian terhadap citra uji yang ditunjukkan pada tabel 4.4

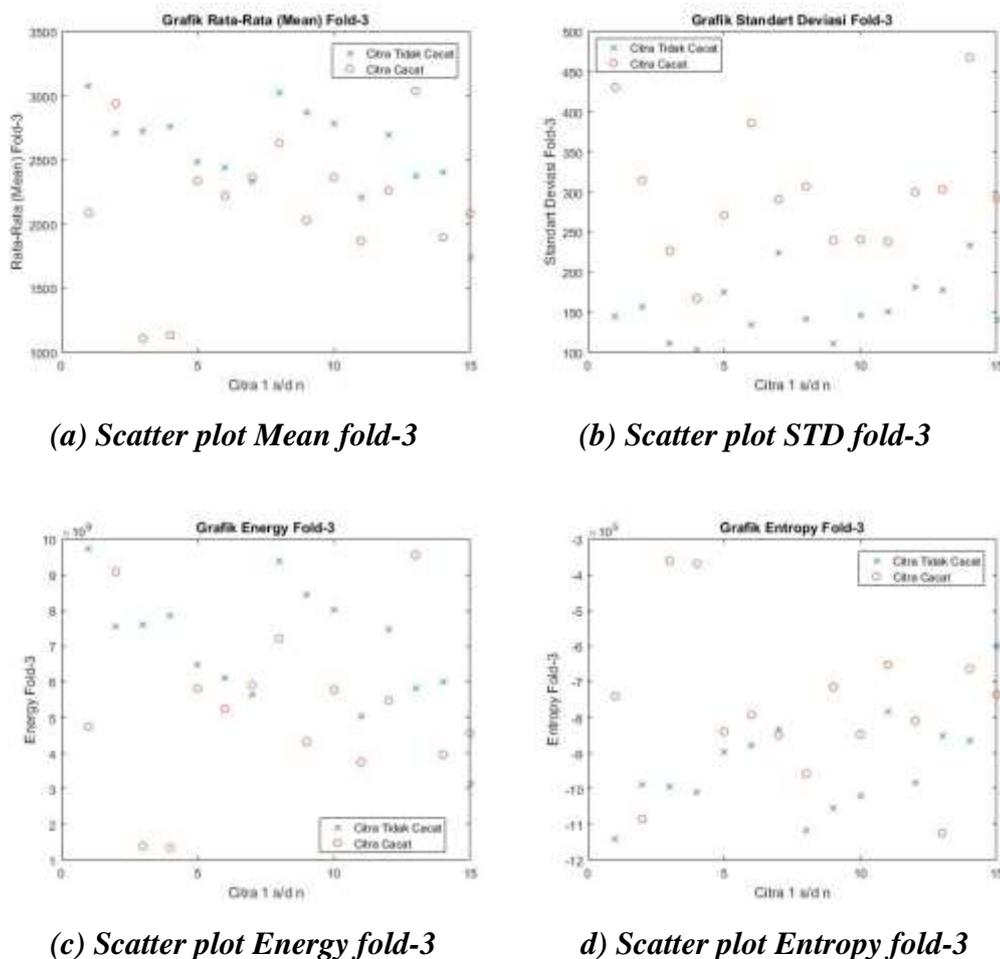
Tabel 4.4 Hasil Akurasi *fold* ke-2

Hasil Pengujian Klasifikasi SVM	Citra			Jumlah Error	% Akurasi
	Cacat	Tidak Cacat	Total		
Pengujian <i>Fold-2</i>	15	15	30	0	100%

Dari data Tabel 4.4 diperoleh akurasi pengujian dari citra uji pada *fold-2*. Tidak ada Error yang terjadi pada saat pengujian pada citra sehingga menghasilkan akurasi yang sangat baik mencapai 100% pada *fold-2*.

c. Hasil Klasifikasi dan Validasi *Fold-3*

Pada *fold* ke-3 data latih berjumlah 120 citra (60 cacat dan 60 tidak cacat), data latih yang digunakan adalah citra ke-1 sampai citra ke-30 dan citra ke-46 sampai citra ke-60 pada masing-masing citra cacat maupun citra tidak cacat, sedangkan data uji berjumlah 30 citra, yaitu citra ke-31 sampai citra ke-45 dimasing-masing sampel, baik citra cacat maupun tidak cacat. Tahap klasifikasi pada *fold-3* ini menggunakan satu model SVM yaitu gabungan dari ke-4 ekstraksi ciri *Mean*, Standar Deviasi, *Energy* dan *Entropy* untuk menghasilkan data latih. Adapun *scatter plot* hasil dari ke-4 ekstraksi ciri dari *fold-3* sebagai berikut :



Gambar 4.16 Scatter plot Ekstraksi Ciri Fold-3

Hasil dari ekstraksi ciri *fold-3* terlihat pada Gambar 4.16 (b) dan (d) bahwa data ekstraksi ciri standar deviasi dan *entropy* memiliki sebaran data pola yang sudah terpisah berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga pola tidak saling berhimpitan pada grafik *scatter*, namun pada pola *entropy* masih ada beberapa pola yang masih berhimpitan, sedangkan Gambar 4.16 (a) dan (c) yaitu data ekstraksi ciri *mean* dan *energy* memiliki sebaran data pola yang belum terpisah sempurna berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga antara citra cacat dan tidak cacat memiliki data yang berhimpitan pada *scatter plot* nya.

Scatter Plot yang dihasilkan ekstraksi ciri rata-rata (*mean*) dan *energy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan citra cacat, sedangkan *Scatter Plot* yang dihasilkan ekstraksi ciri standar deviasi dan *entropy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan citra cacat.

Dari data latih/*training fold* ke-3 selanjutnya akan digunakan menjadi data uji untuk mengklasifikasikan suatu citra. Hasil akhir dari tahap ini adalah program menghasilkan keputusan apakah citra termasuk kelas cacat atau tidak cacat. Berikut merupakan hasil dari proses klasifikasi data uji *fold-3* pada program yang telah dibuat yang ditunjukkan gambar 4.17

```

Command Window
-----Hasilnya-----
Accuracy:93.3333%
Total Sample:30
defect:17
free defect:13
-----
data eror:2
-----Detail:-----
def31.jpg =Defect
def32.jpg =Defect
def33.jpg =Defect
def34.jpg =Defect
def35.jpg =Defect
def36.jpg =Defect
def37.jpg =Defect
def38.jpg =Defect
def39.jpg =Defect
def40.jpg =Defect
def41.jpg =Defect
def42.jpg =Defect
def43.jpg =Defect
def44.jpg =Defect
def45.jpg =Defect
fin31.jpg =Fine
fin32.jpg =Fine
fin33.jpg =Fine

```

Gambar 4.17 Tampilan command window proses klasifikasi fold-3

Berikut merupakan hasil akurasi dari proses pengujian terhadap citra uji yang ditunjukkan pada tabel 4.5

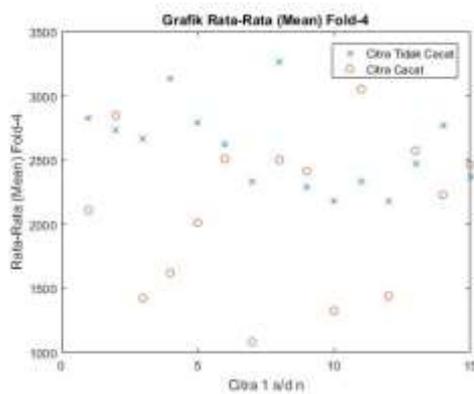
Tabel 4.5 Hasil Akurasi fold ke-3

Hasil Pengujian Klasifikasi SVM	Citra			Jumlah Error	% Akurasi
	Cacat	Tidak Cacat	Total		
Pengujian <i>Fold-3</i>	15	15	30	2	93.33%

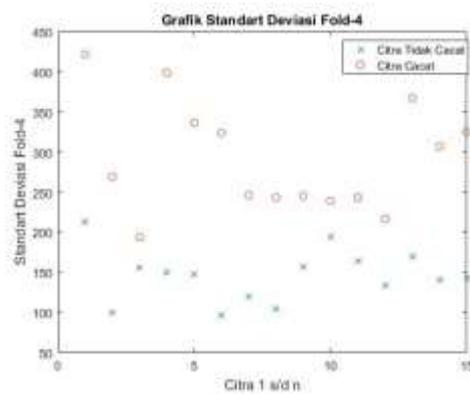
Dari data Tabel 4.5 diperoleh akurasi pengujian dari citra uji pada *fold-3*. *Error* yang terjadi pada saat pengujian pada citra adalah dua citra yang secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra tidak cacat (*non-defect*), sedangkan hasil pengujian menggunakan program diklasifikasikan sebagai citra cacat (*defect*).

d. Hasil Klasifikasi dan Validasi *Fold-4*

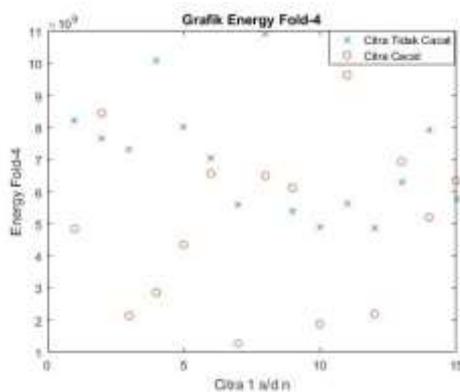
Pada *fold* ke-4 data latih berjumlah 120 citra (60 cacat dan 60 tidak cacat), data latih yang digunakan adalah citra ke-1 sampai citra ke-45 pada citra cacat dan citra ke-1 sampai citra ke-45 pada citra tidak cacat, sedangkan data uji berjumlah 30 citra, yaitu citra ke-46 sampai citra ke-60 dimasing-masing sampel, baik citra cacat maupun tidak cacat. Tahap klasifikasi pada *fold-4* ini menggunakan satu model SVM yaitu gabungan dari ke-4 ekstraksi ciri *Mean*, Standar Deviasi, *Energy* dan *Entropy* untuk menghasilkan data latih. Adapun *scatter plot* hasil dari ke-4 ekstraksi ciri dari *fold-4* sebagai berikut :



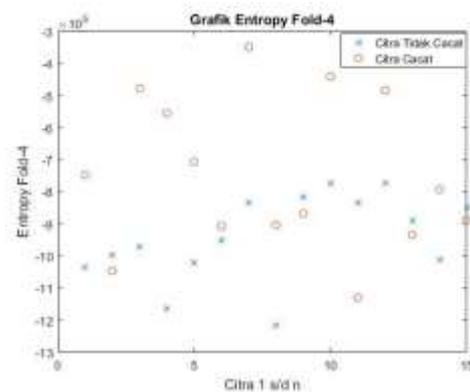
(a) Scatter plot Mean *fold-4*



(b) Scatter plot STD *fold-4*



(c) Scatter plot Energy *fold-4*



(d) Scatter plot Entropy *fold-4*

Gambar 4.18 Scatter plot Ekstraksi Ciri *Fold-4*

Hasil dari ekstraksi ciri *fold-4* terlihat pada Gambar 4.18 (b) bahwa data ekstraksi ciri standar deviasi memiliki sebaran data pola yang sudah terpisah berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga pola tidak saling berhimpitan pada grafik *scatter*, sedangkan Gambar 4.18 (a), (c) dan (d) yaitu data ekstraksi ciri *mean*, *energy* dan *entropy* memiliki sebaran data pola yang belum terpisah sempurna berdasarkan klasifikasi citra cacat dan tidak cacat sehingga antara citra cacat dan tidak cacat memiliki data yang berhimpitan pada *scatter plot* nya.

Scatter Plot yang dihasilkan ekstraksi ciri rata-rata (*mean*) dan *energy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan citra cacat, sedangkan *Scatter Plot* yang dihasilkan ekstraksi ciri standar deviasi dan *entropy* dari citra tidak cacat cenderung memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan citra cacat.

Dari data latih *fold* ke-4 selanjutnya akan digunakan untuk mengklasifikasikan data uji. Hasil akhir dari tahap ini adalah program menghasilkan keputusan apakah citra termasuk kelas cacat atau tidak cacat. Berikut merupakan hasil dari proses klasifikasi data uji *fold-4* pada program yang telah dibuat yang ditunjukkan gambar 4.19

```

Command Window
-----==--Hasilnya-----
Accuracy:96.6667%
Total Sample:30
defect:14
free defect:16
-----
data eror:1
-----Detail:-----
def46.jpg =Defect
def47.jpg =Defect
def48.jpg =Defect
def49.jpg =Defect
def50.jpg =Defect
def51.jpg =Defect
def52.jpg =Defect
def53.jpg =Defect
def54.jpg =Defect
def55.jpg =Defect
---->>def56.jpg =Fine<<---data eror--
def57.jpg =Defect
def58.jpg =Defect
def59.jpg =Defect
def60.jpg =Defect
fin46.jpg =Fine
fin47.jpg =Fine
fin48.jpg =Fine

```

Gambar 4.19 Tampilan command window proses klasifikasi fold-4

Berikut merupakan hasil akurasi dari proses pengujian terhadap citra uji yang ditunjukkan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Hasil Akurasi fold ke-4

Hasil Pengujian Klasifikasi SVM	Citra			Jumlah Error	% Akurasi
	Cacat	Tidak Cacat	Total		
Pengujian <i>Fold-4</i>	15	15	30	1	96.67%

Dari data Tabel 4.6 diperoleh akurasi pengujian dari citra uji pada *fold-4*. *Error* yang terjadi pada saat pengujian pada citra adalah ada satu citra yang secara *visual* diklasifikasikan sebagai citra cacat (*defect*), sedangkan hasil pengujian menggunakan program diklasifikasikan sebagai citra tidak cacat (*non-defect*).

4.4 Hasil Pengujian

Hasil Pengujian yang dilakukan pada 120 citra uji (60 citra cacat dan 60 citra tidak cacat) yang terbagi atas 4-*fold* terhadap empat ekstraksi ciri *mean*, standar deviasi, *energy* dan *entropy* menggunakan klasifikasi SVM dan validasi 4-*Fold Cross Validation* sebagai pengklasifikasi citra. Masing-masing *fold* diuji menggunakan program deteksi yang telah dirancang, sehingga menghasilkan persentase akurasi keseluruhan dari ke-4 *fold* program yang dapat dijadikan indikator tingkat keberhasilan program. Secara lengkap presentase akurasi keseluruhan ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Persentase Akurasi

Ekstraksi Ciri	Hasil Persentase Akurasi %				Rerata
	<i>fold-1</i>	<i>fold-2</i>	<i>fold-3</i>	<i>fold-4</i>	
Mean, Standar Deviasi, Energy & Entropy	96.67%	100%	93.33%	96.67%	96.67%

Secara keseluruhan dapat disimpulkan pengujian pada 120 citra uji yang terbagi atas 4-*fold cross validation* terdapat 4 citra dengan kesalahan klasifikasi atau dinyatakan sebagai *error*. Kesimpulan yang didapat pada Tabel 4.7 hasil klasifikasi dan validasi 4-*fold* menghasil akurasi yang beragam, pada *fold-1* citra uji dapat diproses dan menghasilkan akurasi tepat mencapai 96.67%, pada *fold-2* hasil uji dapat diproses dengan baik oleh sistem dan menghasilkan akurasi tepat mencapai 100%. Sedangkan pada pada *fold-3* akurasi mencapai 93.33% dan pada *fold-4* menghasilkan akurasi sebesar 96.67% dan dihasilkan rerata akurasi pada ke-4 *fold* sebesar 96.67%.