BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

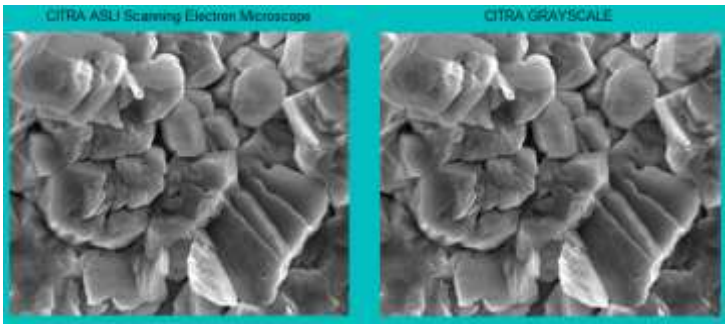
Pada bab ini dibahas mengenai percobaan dan hasil dari sistem klasifikasi yang telah didesain pada bab tiga dan analisa hasil pengujian. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sebagaimana mestinya dengan lingkungan uji coba yang telah ditentukan serta dilakukan sesuai dengan skenario uji coba. Pengujian dilakukan dengan mengikuti berbagai urutan algoritma sesuai dengan *flowchart* pada gambar 3.3.

4.1 *Preprosessing*

Pada tahap *preprosesing* ini ada beberapa tahapan proses yang harus dilakukan, antara lain:

4.1.1 Konversi Citra Asli SEM ke *Grayscale*

Proses yang pertama kali dilakukan merubah citra RGB menjadi citra *grayscale*. citra asli hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) yang dikonversi ke citra *grayscale* dapat dilihat pada gambar 4.1 dimana citra (a) merupakan cita asli dan citra (b) merupakan citra *grayscale.*

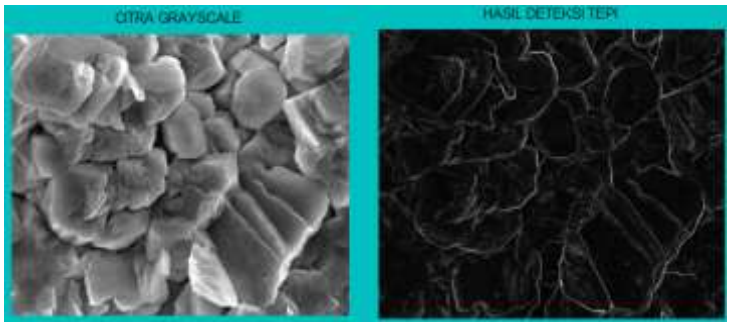


(a) (b)

Gambar 4.1. Konversi citra asli hasil SEM ke *grayscale*

4.1.2 Deteksi Tepi

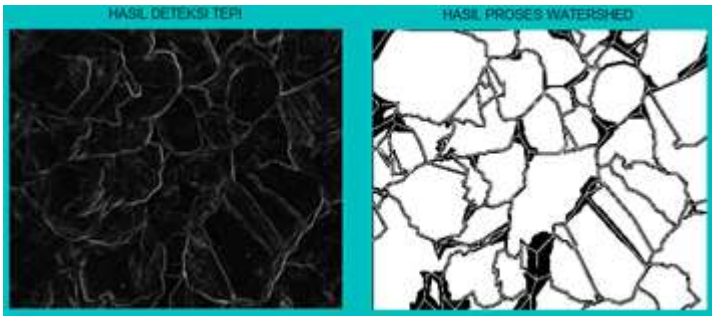
Citra yang telah dirubah menjadi bentuk *grayscale* kemudian diubah menjadi citra yang menghasilkan tepi objek yang jelas menggunkan deteksi tepi *sobel,* pada gambar 4.2 ditampilkan hasil citra *grayscale* yang telah difilter untuk mendapatkan deteksi tepi setiap objek pada gambar. Hal ini diperlukan untuk melakukan proses selanjutnya yaitu *segmentasi* objek untuk mengetahui bentuk pola wajik dan bukan wajik pada sayatan batuan mineral.



Gambar 4.2 Konversi g*rayscale* ke *filter sobel* (deteksi tepi)

4.1.3 Segmentasi *Watershed*

Pada proses segmentasi ini citra *grayscale* yang telah difilter menggunakan deteksi tepi *sobel* kemudian dirubah menjadi citra biner menggunkan global *thresholding,* kemudian dilakukan proses *morfologi* pada hasil citra biner dengan mengahapus *noise*, *erosi,* dan *dilasi* dengan tujuan untuk memisahkan *background* dengan objek serta memisahkan jika ada objek yang saling bertumpuk. Pada gambar 4.3 ditampilkan hasil citra *grayscale* yang telah difilter deteksi tepi menjadi citra yang telah diproses segmentasi *watershed.*

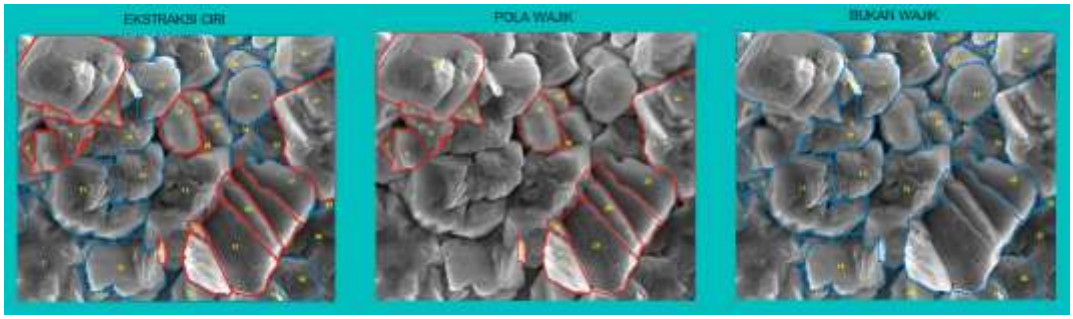


Gambar 4.3 Konversi *filter sobel* (deteksi tepi) ke segmentasi *watershed* (proses pemisahan batuan yang bertumpuk)

4.2 *Processing* Ekstraksi Ciri

Pada tahap ini data yang sudah diproses sebelumnya akan diolah kembali. *Image* yang sudah dalam bentuk biner, dari hasil *Segmentasi Watershed* ini harus diberi sebuah tanda, proses pemberian tanda ini disebut proses *labeling*. Pada proses *labeling*, objek yang ditandai harus berwarna putih. Pada proses ini juga bisa diketahui jumlah objek yang ada pada *frame*. Setelah dilakukan proses *labeling* pada citra batuan mineral, kemudian dilakukan pendeteksian pola batuan menggunakan ekstrasi ciri berdasarkan bentuk. Untuk dapat mengenali pola bentuk batuan yang dikenali, dilakukan penghitungan selisih nilai antar piksel pada tepi setiap citra batuan mineral.

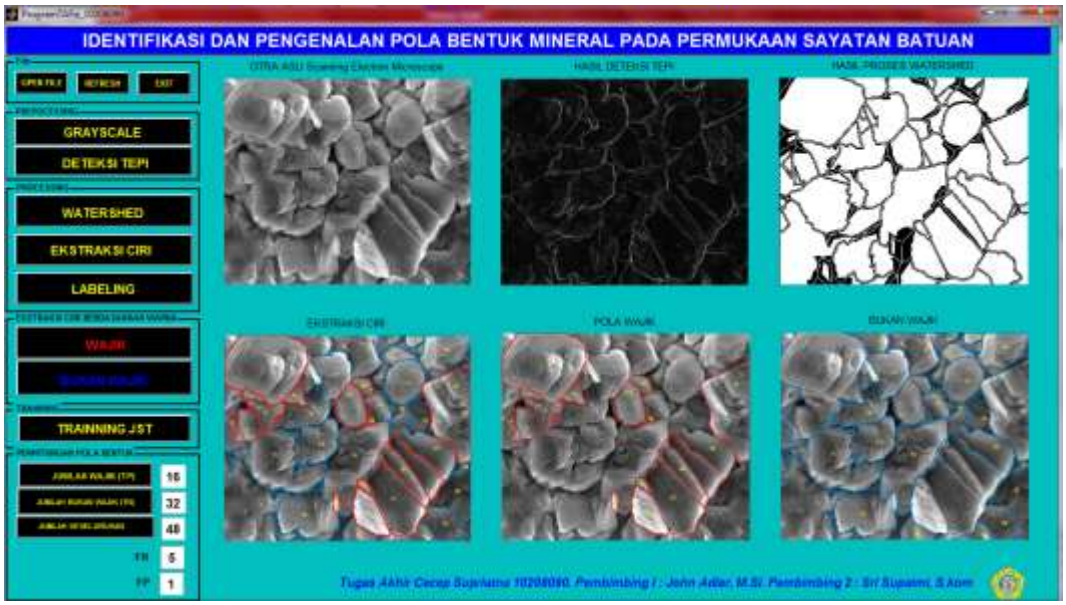
Proses pengenalan dilakukan satu persatu pada semua citra batuan mineral yang sudah diberikan *labeling*. Jika selisih nilai piksel pada tepian citra batuan memiliki nilai lebih besar dari sepuluh maka, citra tersebut akan dikenali bentuk batuan yang bukan pola wajik, sedangkan jika selisih nilai pikselnya lebih kecil dari sepuluh maka akan dikenali sebagai batuan yang berpola wajik, jika suatu citra tersebut dikenali sebagai batuan berbentuk bukan wajik maka citra tersebut langsung disimpan ke dalam suatu *variable* yang khusus menyimpan citra batuan yang dikenali sebagai batuan yang bukan berbentuk wajik begitu pula sebaliknya jika suatu citra tersebut dikenali sebagai bentuk wajik, proses pengenalan ini akan dilakukan secara berulang- ulang sampai seluruh citra batuan mineral karbonat berhasil dikenali. Kemudian citra batuan mineral akan diberi ciri merah yaitu yang memiliki pola “wajik” dan sedangkan yang berwarna biru yaitu batuan yang berbentuk “bukan wajik”. Dibawah ini adalah contoh simulasinya:



Gambar 4.4 Proses ekstraksi ciri dan pemisahan pola berdasarkan warna

4.2.1 Perhitungan Pola Bentuk Batuan Mineral Karbonat

Proses perhitungan jumlah seluruh bentuk batuan mineral karbonat, jumlah seluruh batuan yang memiliki pola bentuk “wajik” dan jumlah seluruh batuan mineral karbonat yang memiliki pola “bukan wajik” dilakukan pada proses ekstrasi ciri, dimana pada proses ekstrasi ciri diatas telah kita ketahui jumlah seluruh objek yang berada pada suatu citra batuan berbentuk “wajik” , sedangkan perhitungan jumlah batuan berbentuk “bukan wajik” dilakukan dengan menandai pada citra untuk batuan “bukan wajik” saja, begitupun dengan perhitungan jumlah batuan mineral karbonat berpola wajik dilakukan dengan menandai hanya pada batuan berbentuk “wajik” saja. Pada gambar 4.4 adalah citra hasil ekstrasi ciri dan perhitungan keselurah jumlah citra batuan, ekstrasi ciri dan perhitungan jumlah batuan yang memiliki pola bentuk “wajik” dan “bukan wajik”.



Gambar 4.5 Proses perhitungan bentuk citra ke-1 pada sayatan batuan berdasarkan warna merah (pola wajik) biru (pola bukan wajik)

4.3 Perhitungan Dan Akurasi Sistem

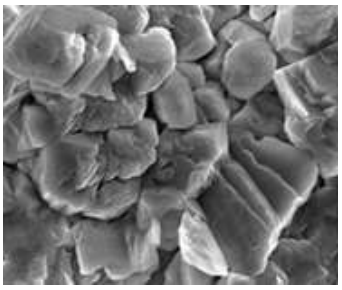
Untuk mengetahui indek *prosentase* yang menunjukkan kemampuan sistem ini dalam mengklasifikasi batuan berbentuk wajik dan bukan wajik, diperlukan suatu pengujian, pengujian yang dilakukan antara lain, **Sensitivitas**, **Spesifitas** dan **Akurasi**. Hasil pengujian pada citra batuan mineral tersebut didasarkan pada proses segmentasi dan ekstrasi ciri yang digunakan yang nantinya akan

didapatkan nilai **TP** (*True Positive*), **TN** (*True Negative*), **FP** (*False Positif*), **FN** (*False Negatif*).

- **TP (*True Positive*)** adalah menunjuk pada banyaknya berbentuk wajik yang dikelompokkan dengan benar sebagai positif.
- **TN (*True Negative*)** adalah menunjuk pada banyaknya berbentuk bukan wajik yang dikelompokkan dengan benar sebagai negatif.
- **FP (*False Positif*)** adalah menunjuk pada banyaknya yang dikelompokkan sebagai positif menunjuk pada banyaknya batuan yang berbentuk setengah wajik yang dikelompokkan sebagai positif (batuan mineral berbentuk wajik).
- **FN (*False Negatif*)** adalah menunjuk pada banyaknya batuan yang berbentuk setengah wajik yang dikelompokkan sebagai negatif (batuan mineral berbentuk bukan wajik).

Pada penelitian ini kita menggunakan dua sampel citra batuan mineral karbonat yang sudah memenuhi beberapa kali proses dengan menggunakan alat SEM *(Scanning Electron Microscop)* yang didalamnya terdapat citra batuan yang memiliki bentuk "wajik" dan juga terdapat citra batuan "bukan wajik".

1. Citra ke-1.



Gambar 4.6 Gamping sem5000x ke-1

Pada gambar 4.6 merupakan citra asli dari batuan mineral karbonat "*gamping sem5000x"* pertama, kemudian citra asli tersebut diubah menjadi bentuk *grayscale*. Citra yang telah diubah menjadi bentuk *grayscale* tersebut kemudian di proses dengan *segmentasi watershed* untuk mendapatkan objek citra yang utuh. Kemudian dilakukan satu kali proses ekstrasi ciri, pada gambar di bawah ini merupakan citra hasil *segmentasi watershed* dengan nilai input seperti pada tabel 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.7 Hasil segmentasi *watershed* dan ekstrasi ciri citra ke-1

Tabel 4.1 Perhitungan jumlah bentuk pola pada percobaan gambar.4.7

Hasil Perhitungan Rasio bentuk		**Hasil Perhitungan Simulasi**		**Jumlah Semua pola**	**Hasil Perhitungan Manual**		**Jumlah semua pola**
FP	FN	Wajik (TF)	Bukan Wajik(TN)		Wajik (TF)	Bukan Wajik(TN)	
1	5	16	32	48	12	36	48

Sehingga diketahui:

TP (*True Positif*) = 16

TN *(True Negatif)* = 32

FP (*False Positif)* = 1

FN *(False Negatif).* = 5

Maka kita bisa menghitung tingkat sensitivitas, tingkat spesitifitas dan tingkat akurasinya yang nantinya dapat dihitung persentasenya.

$$\boldsymbol{Sensitivitas} = \frac{\mathbf{TP}}{\mathbf{TP + FN}}\mathbf{x100\%}$$

$$= \frac{16}{16 + 5} x\ 100\%$$

$$= 76.19\%$$

$$\boldsymbol{Spesifikasi} = \frac{\mathbf{TN}}{\mathbf{FP + FN}}\mathbf{x100\%}$$

$$= \frac{32}{1 + 32}\text{x}100\%$$

$$= 96.97\%$$

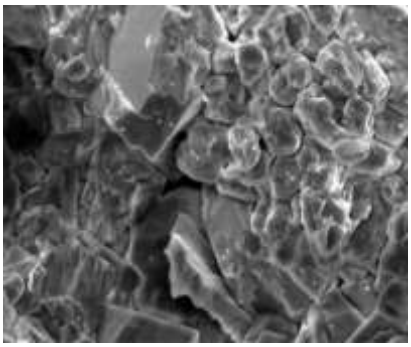
$$\boldsymbol{Akurasi}\ = \frac{\mathbf{TP + TN}}{\mathbf{TP + TN + FN + FP}}\mathbf{x\ 100\%}$$

$$= \frac{16 + 32}{16 + 32 + 1 + 5}\text{x}100\%$$

$$= 88.89\%$$

Pada perhitungan di atas didapatkan nilai sensitivitas sebesar 76.19%, nilai spesifisitas sebesar 96.97% , dan nilai akurasi sebesar 88.89%.

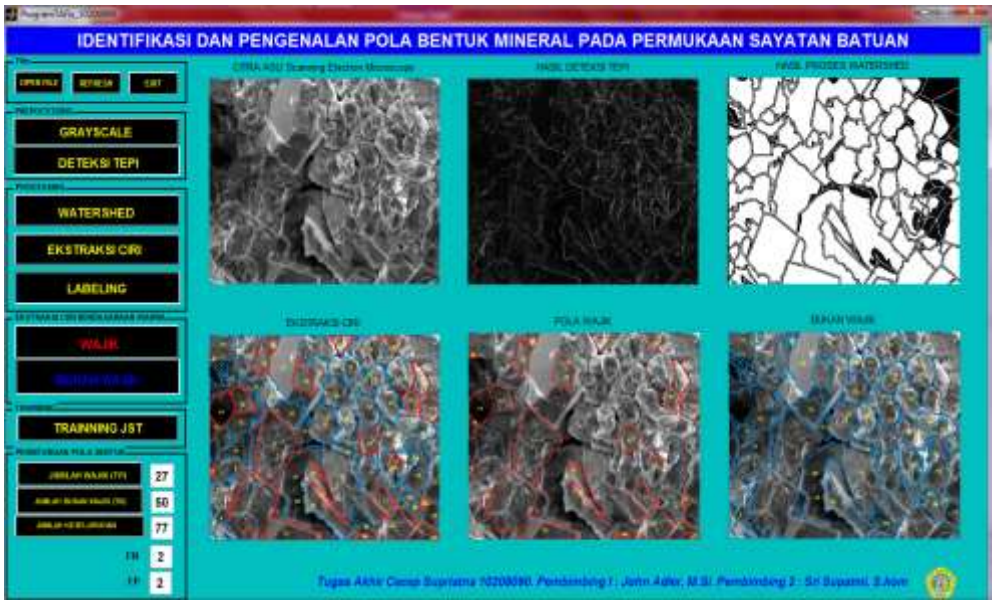
2. Citra ke-2.



Gambar 4.8 Gamping Sem3000x ke-2

Pada gambar 4.8 merupakan citra asli dari Batuan gamping *sem3000x* yang selanjutnya, citra asli tersebut diubah menjadi bentuk *grayscale*. Citra yang telah diubah menjadi bentuk *grayscale* tersebut kemudian di proses dengan

segmentasi watershed untuk mendapatkan objek citra yang utuh. Kemudian dilakukan satu kali proses ekstrasi ciri, pada dibawah ini merupakan citra hasil *segmentasi watershed* dengan nilai *input* seperti pada **tabel 4.2** di bawah ini.



Gambar 4.9 Hasil segmentasi dan ekstrasi ciri citra ke-2 pada percobaan kedua

Tabel 4.2 Perhitungan jumlah bentuk pola pada percobaan gambar.4.9

Hasil Perhitungan Rasio bentuk		**Hasil Perhitungan Simulasi**		**Jumlah Semua pola**	**Hasil Perhitungan Manual**		**Jumlah semua pola**
FP	FN	Wajik (TF)	Bukan Wajik(TN)		Wajik (TF)	Bukan Wajik(TN)	
2	2	27	50	77	21	58	79

Sehingga diketahui:

TP (*True Positif*) = 27

TN *(True Negatif)* = 50

FP (*False Positif)* = 2

FN *(False Negatif).* = 2

Maka kita bisa menghitung tingkat sensitivitas, spesitifitas dan tingkat akurasinya yang nantinya dapat dihitung persentasenya.

$$\boldsymbol{Sensitivitas} = \frac{\mathbf{TP}}{\mathbf{TP + FN}}\mathbf{x\ 100}\%$$

$$= \frac{27}{27 + 2} x100\%$$

$$= 93.1\%$$

$$\boldsymbol{Spesifikasi} = \frac{\mathbf{TN}}{\mathbf{FP + FN}}\mathbf{x100}\%$$

$$= \frac{50}{2 + 50}\ x\ 100\%$$

$$= 96.15\%$$

$$\boldsymbol{Akurasi} = \frac{\mathbf{TP + TN}}{\mathbf{TP + TN + FN + FP}}\mathbf{x\ 100}\%$$

$$= \frac{27 + 50}{27 + 50 + 2 + 2}\text{x}100\%$$

$$= 95.06\ \%$$

Pada perhitungan di atas didapatkan nilai sensitivitas sebesar 93.1%, nilai spesifisitas 96.15%, dan nilai akurasi sebesar 95.06%.

Tabel 4.3 Nilai tingkat sensitivitas, spesifitas, dan akurasi pada percobaan citra pertama dan kedua.

Citra ke-	**Jenis Citra atau Sampel**	**Sensitivitas (%)**	**Spesifikasi (%)**	**Akurasi (%)**
1	gamping *Sem*5000x ke-1	76.19	96.97	88.89
2	gamping *Sem*3000x ke-2	93.1	96.15	95.06
Rata-rata		84.645 %	96.56 %	91.97 %

Terlihat diatas nilai perbandingan nilai selisih tiap perhitungan citra ke-1 dan ke-2 yang hasil tersebut mendapatkan hasil rata-rata dalam nilai persentase dari kedua citra tersebut dengan nilai *Sensitivitasv (%), Spesifikasi(%), Akurasi(%).* Terlihat perbandingan antara nilai Sensitifitas citra ke-1 dan ke-2 dikarenakan pengaruh dari banyaknya jumlah wajik dan bukan wajik karena pada

citra ke-2 lebih banyak pola bentuknya dari pada pola bentuk yang terdapat pada citra ke-1. Jadi hasil perbandingan di atas sangat terlihat jelas bahwa nilai jumlah semua pola bentuk berpengaruh banyak atas nilai sensitifitas, spesifikasi dan akurasi tiap citra.

Tabel 4.4 Prosentase keberhasilan hasil segmentasi citra menetukan jumlah keseluruhan bentuk batuan mineral pada percobaan pertama dan kedua

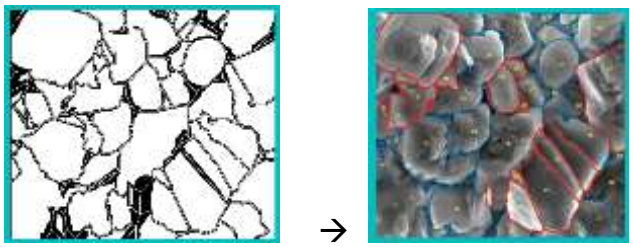
Citra ke-	**Jenis Citra batuan**	**Jumlah seluruh batuan**		**Eror Segmentasi**
		Sistem	**Manual**	
1	*gamping Sem5000x*	48	48	0
2	*gamping Sem3000x*	77	79	2
Rata-rata				0.2 %

Nilai yang dilakukan melalui sistem dengan manual hampir mendekati sempurna atau baik dikarenakan terlihat hasil analisa penjumlahan pada sistem dengan yang dilkukan secara manual hasilnya mendapatkan nilai rata-rata sebanyak 0.2% yang artinya nilai e*rror* tersebut sangat baik dengan ketentuan mendekati sempurna.

4.4 Hasil *Training* Citra ke-1 dan ke-2 Menggunakan Metode *Learning Vector Quantization (*LVQ*)* dari JST *Levenberg-Marquardt.*

Selanjutnya akan dilakukan pengujian program *training* jaringan syaraf tiruan *Learning Vector Quantization* (LVQ). citra biner yang akan di training adalah citra hasil dari proses pengolahan citra diatas. Berikut adalah proses jalannya program *training* jaringan syaraf tiruan LVQ:

1. *Running list* program `trainlm.m` pada menu editor matlab. *List* program `trainlm.m` sebelumnya sudah dibuat dan di simpan pada *file folder*.
2. Pengambilan sampel sebanyak dua kali dengan ketentuan kriteria sampel yang di ambil adalah hasil sampel yang sudah diproses SEM *(Scanning Electron Microscope)* terlebih dahulu dan lalu diproses melalui beberapa tahapan pengolahan citra digital. Dibawah contoh *training* Sampel citra ke-1



(a) (b)

Gambar 4.10 Sampel *trainning* citra ke-1 (a) gambar yang mempunyai nilai biner, (b) gambar yang sudah diberi tanda warna *labeling*

Dari langkah pengujian *training* citra ke-1 yang sudah mendapatkan nilai binernya yaitu yang bernilai satu (putih) dan yang bernilai nol (hitam), diatas ditampilkan hasil pengujian yang sudah dilakukanakan. Berikut hasil *training* yang sudah dilakukan dari beberapa kali *training* citra tersebut telah didapat nilai terbaik seperti berikut, ditampilkan dalam antarmuka *nntraintool*. Terlihat pada (Gambar 4.11)



Gambar 4.11 *Neural network training (nntraintool)* citra ke-1

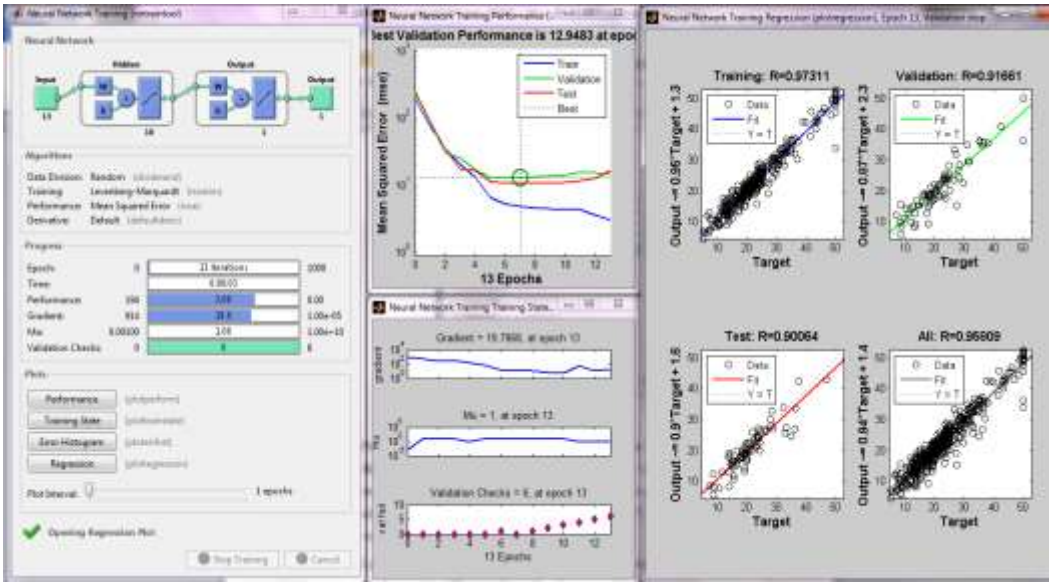
Secara desain dan hasil, Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang dirancang memang belum mencapai hasil yang terbaik, di tandakan dengan nilai – nilai pada gambar 4.11, terlihat pada panel *progress* hasil dari *training* citra ke-1, diperoleh nilai *epoch* sebanyak 13 *iterations* dari batas *maximum* 1000 *iterations.*, waktu

yang digunakan selama proses *training* sebanyak 0:00:03 detik, nilai *performanc*e = 3.00, nilai *gradient* =19.8, Mu = 1.00, 1.00e- 10 dan *validation check* =6.

Dari batas *maximum* 1000 iterasi didapat 13 kali iterasi maksudnya pada proses *training* terjadi 13 siklus yang melibatkan seluruh pola data *training*, sebenarnya dalam proses *training* memerlukan banyak iterasi sampai mencapai batas *maximum* iterasi. sehingga jumlah *epoch* yang telah ditentukan belum cukup mendapat hasil *performance* jaringan syaraf tiruan yang optimal.

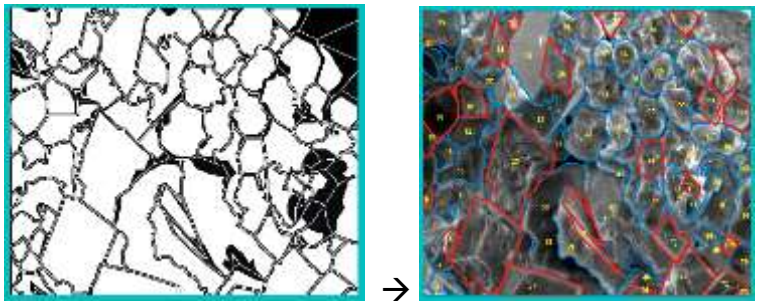
Selanjutnya dalam hasil *training* Jaringan Syaraf Tiruan (JST) diperoleh *Plot regresi*, yang menunjukkan hubungan antara *output* jaringan dan target. Jika pelatihan yang sempurna, *output* jaringan dan target akan persis sama, tetapi hubungan tersebut sangat sulit untuk disesuaikan dan harus berulang-ulang dalam proses *training* sampai nilai *output* mendekati nilai target.

Hasilnya ditunjukkan pada (gambar 4.12). Nilai R merupakan indikasi hubungan antara *output* dan target. Jika R = 1, menunjukkan bahwa adanya hubungan linear yang tepat antara *output* dan target. Jika R mendekati nol, maka tidak ada hubungan linear antara *output* dan target. Dalam pengujian kali ini, data pelatihan menunjukkan kecocokan, karena nilai R pada proses *training* mendekati satu terlihat pada (gambar 4.12) nilai R *training* = 0.97311 dan nilai R keseluruhan dari seluruh proses berturut-turut = 0.96809.



Gambar 4.12 *Plot regression* citra ke-1

Selanjutnya akan di lanjutkan pada *training* citra yang selanjutnya yaitu pada citra yang ke-2 pada sampel *sem3000x.*



(a) (b)

Gambar 4.13 Sampel *trainning* citra ke-2, (a) gambar yang mempunyai nilai biner, (b) gambar yang sudah diberi tanda warna *labeling*

Selanjutnya pengujian *training* citra kedua, diatas ditampilkan hasil pengujian yang sudah dilakukanakan. Berikut hasil training yang sudah dilakukan dari beberapa kali *training* citra tersebut telah didapat nilai terbaik seperti berikut, ditampilkan dalam antarmuka *nntraintool*. Lihat (gambar 4.14)



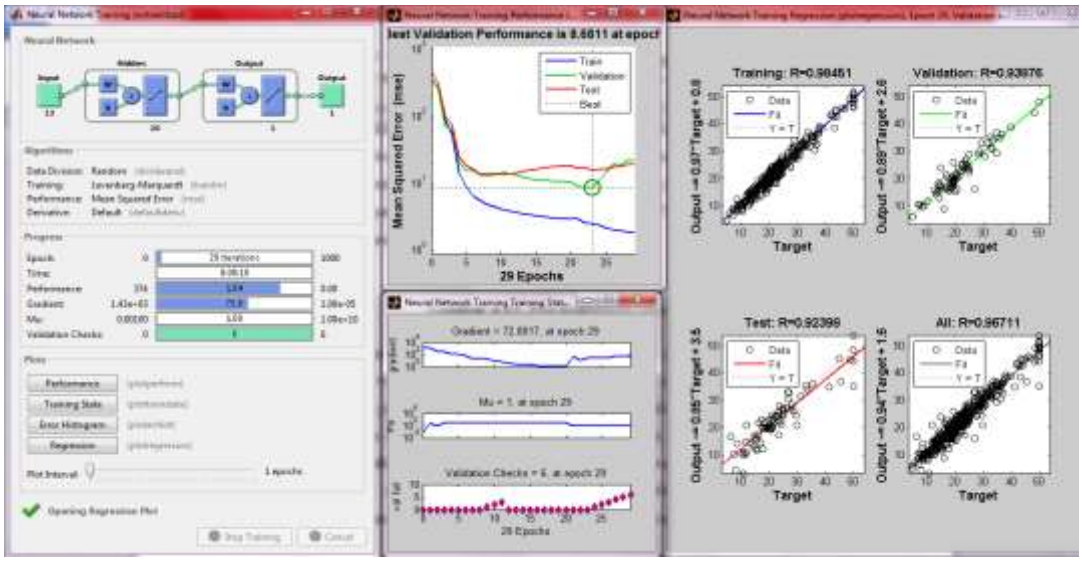
Gambar 4.14 *Neural network training (nntraintool)*citra ke-2

Secara desain dan hasil, jaringan syaraf tiruan yang dirancang memang belum mencapai hasil yang terbaik, di tandakan dengan nilai – nilai pada gambar

4.14, terlihat pada panel *progress* hasil dari *training* citra kedua, diperoleh nilai *epoch* sebanyak 29 *iterations* dari batas *maximum* 1000 *iterations*, waktu yang digunakan selama proses *training* sebanyak 0:00:10 detik dari waktu tersebut didapat beberapa kali *training*, nilai *performanc*e = 1.84, nilai *gradient* = $72.1\ dari\ 1.00e+05$, Mu = 1,00. dan *validation check* = 6.

Dari batas *maximum* 1000 iterasi didapat 29 kali iterasi maksudnya pada proses *training* terjadi 29 siklus yang melibatkan seluruh pola data *training*, sebenarnya dalam proses *training* memerlukan banyak iterasi sampai mencapai batas *maximum* iterasi. sehingga jumlah *epoch* yang telah ditentukan belum cukup mendapat hasil *performance* jaringan syaraf tiruan yang optimal. Selanjutnya dalam hasil *training* jaringan syaraf tiruan diperoleh *plot regresi*, yang menunjukkan hubungan antara *output* jaringan dan target. Jika pelatihan yang sempurna, *output* jaringan dan target akan persis sama, tetapi hubungan tersebut sangat sulit untuk disesuaikan dan harus berulang-ulang dalam proses *training* sampai nilai *output* mendekati nilai target.

Hasilnya ditunjukkan nilai R merupakan indikasi hubungan antara *output* dan target. Jika R = satu, menunjukkan bahwa adanya hubungan *linear* yang tepat antara *output* dan target. Jika R mendekati nol, maka seluruhan tidak ada hubungan *linear* antara *output* dan target. Dalam pengujian kali ini, data pelatihan menunjukkan kecocokan, karena nilai R pada proses *training* mendekati satu dengan nilai R (*training)* = 0.98451 dan nilai R dari keseluruh proses berturut-turut = 0.96711.



Gambar 4.15. *Plot regression* citra ke-2

Selain itu dalam pengujian proses klasifikasi pola citra kesatu dan kedua dibutuhkan waktu yang cukup lama dengan ukuran citra yang telah tercantum berdasarkan piksel citra yang akan diujikan. Hal tersebut menjadi pertimbangan akan kinerja dari sistem program yang telah dibuat, karena prosesnya masih memakan waktu yang cukup lama, telah dilakukan pengujian sebanyak beberapa kali untuk mengetahui pengaruh yang menyebabkan proses identifikasi membutuhkan waktu yang cukup lama . Berikut data hasil percobaan.

Tabel 4.5. Data perhitungan klasifikasi citra

Jenis Percobaan (citra)	Percobaan ke-	Banyaknya Iterasi *(epoch)*	Waktu yang dibutuhkan	R *(trainning)*	R Keseluruhan
Citra ke-1	1	13	00:00:02	0.92708	0.90662
	2	15	00:00:32	0.94173	0.93677
	3	16	00:00:39	0.95365	0.94572
	4	21	00:00:51	0.97092	0.9562
	5	23	00:00:56	0.97166	0.9541
	6	25	00:01:23	0.97424	0.95672
	7	15	00:00:36	0.95781	0.94711
	8	21	00:00:50	0.96681	0.95307
	9	19	00:00:45	0.97703	0.96287
	10	27	00:01:06	0.98831	0.97044

Citra ke-2	1	11	00:00:01	0.93112	0.9228
	2	17	00:00:41	0.95823	0.9469
	3	20	00:00:47	0.98122	0.9630
	4	21	00:00:51	0.98138	0.96953
	5	18	00:00:43	0.9672	0.93921
	6	25	00:01:01	0.96126	0.94705
	7	15	00:00:36	0.95202	0.93509
	8	19	00:00:46	0.95327	0.91062
	9	16	00:00:39	0.96227	0.94842
	10	25	00:00:29	0.98132	0.96033

Pada tabel 4.5 hasil percobaan yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa ukuran citra *input* mempengaruhi lamanya waktu proses klasifikasi, semakin besar nilai *epoch* ukuran citra *input* maka semakin lama waktu yang dibutuhkan, sebaliknya jika ukuran citra *input* semakin besar maka semakin banyak waktu yang dibutuhkan.