Pengenalan Pola Warna *Image* dengan Jaringan Syaraf Tiruan pada MATLAB

John Adler

Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM)

Abstrak

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dalam puluhan tahun terakhir mengalami perkembangan yang pesat dan menjanjikan dalam pemecahan masalah yang bersifat sangat kompleks. Sehingga permasalahan dalam semua bidang keilmuan dapat diselesaikan dengan sangat baik dan memuaskan. Salah satunya bidang ilmu geofisika. Dimana seismik yang merupakan sub ilmu dari geofisika adalah salah satu cabang ilmu dalam eksplorasi pertambangan dan perminyakan. Dalam industry oil dan gas, dibutuhkan karakterisasi batuan sebelum melakukan eksplorasi dan eksploitasi. Batuan gamping, salah satu batuan sedimen yang penting untuk diteliti karena selain banyak ditemui di Indonesia, juga sifat kompleksnya yang sangat tinggi hanya bisa diselesaikan dengan bantuan komputer berkecepatan tinggi. JST sebagai studi awal dalam karakterisasi ini dibutuhkan sebagai inputan peta kecepatan gelombang elastik pada thin slice batuan karbonat. Thin slice (sayatan tipis)menghasilkan suatu image (.jpg) dengan variasi warna yang beagam. Untuk itu dirancanglah JST menggunakan banyak lapisan, fungsi sigmoid biner dilatih dengan Backpropagation, pembelajaran terawasi (supervised learning) dimana output dalam pengenalan warna berupa matriks dari software MATLAB bernilai 1(warna biru, pori-pori batuan tempat tersimpannya hidrokarbon berupa oil dan gas), 2 (merah, mineral dolomite) dan 3 (putih, mineral calcite). Hasil terbaik setelah pelatihan 40x adalah pelatihan yang ke-2 karena menghasilkan nilai regresi yang mendekati sempurna, berturut-turut untuk training, validasi, uji, dan keseluruhan adalah 0,97836;0,97219; 0,97709; dan 0,97689. Progress performance belajar pada epoch ke-25 bernilai 0,578, waktu pelatihan 7 menit, nilai gradien=0,0054199; dan nilai Mu=0,1. Jadi variabel-variabel dari hasil pelatihan ke-2 dapat digunakan sebagai studi lanjut berikutnya.*

1. Pendahuluan

Perkembangan penelitian Jaringan Syaraf Tiruan, JST *(Artificial Neural Network, ANN)*, telah dimulai pada tahun 1940-an. Setelah itu penelitian Jaringan Syaraf Tiruan berkembang sangat pesat dan merambah ke semua bidang kelimuan. Salah satunya ilmu kebumian (geofisika). Dalam ilmu geofisika, Jaringan Syaraf Tiruan ini sangat diperlukan sebagai dasar eksplorasi pencarian sumber minyak baru, dengan meneliti karakteristik sebuah batuan gamping dimana hidrokarbon berupa oil dan gas tersimpan di dalam pori-pori batuan tersebut [2].

Batuan jenis ini banyak sekali ditemukan di Indonesia. Di daerah Padalarang, bahkan menjadi laboratorium dunia bagi peneliti-peneliti asing karena keanekaragaman bentuk batuan di seluruh dunia ada di sini. Batuan jenis ini menjadi sangat penting karena lebih dari 50% reservoar minyak dan gas adalah reservoar gamping dan juga memiliki pori-pori yang lebih banyak daripada batuan *igneous* dan *metamorphic*, terlebih lagi pori-pori tersebut terbentuk pada kondisi suhu dimana hidrokabon terpelihara di dalamnya. Itulah mengapa reservoar gamping berperan penting dalam produksi gas dan minyak.

Secara umum, penelitian mengenai batuan karbonat dapat dibagi menjadi beberapa aspek yaitu deskripsi *core* teriris, petrografi *thin slices*, mineralogy, *core plugs*, analisis core khusus, analisis geomekanis, seismic atau logs. Petrografi *thin slices*, salah satu ilmu geologi memiliki peranan yang sangat penting dalam mengkaji suatu batuan. Melalui petrografi dapat diketahui jenis, bentuk, tekstur dan komposisi suatu batuan. Secara kuantitatif melalui *cathodiluminescene*, SEM, *Epi-fluorescene*, XRD, *Fluid inclusion geothermometry*, dan *electron microprobe* analysis dan secara kualitatif dilakukan melalui pewarnaan (*staining*) karena merupakan teknik yang paling mudah dan sedehana. Dimana mineral *dolomite* jika diberi pewarnaan dengan zat pewarna *Alizarin Red S* berubah menjadi merah dan mineral *calcite* tetap. Sedangkan jika diberi zat pewarna *Blue-dye*, menghasilkan warna biru yang merupakan pori-pori batuan [4].

Tiga mineral penyusunnya adalah *calcite* ($CaCO_3$), *dolomite* $Ca.Mg(CO_3)_2$, dan *aragonite* ($CaCO_3$). *Calcite* dan *dolomite* memiliki struktur Kristal *rhomobohedral* sedangkan aragonite memiliki struktur kistal yang berbeda, yaitu *orthorombic*.

Tabel 1. Teknik pewarnaan mineral karbonat
Sumber : [4])

Mineral	Pewarna	Keterangan
Aragonite - Calcite	Larutan Feigel	Aragonite→Hitam Calcite → tak berubah
Calcite - Dolomite Mg Calcite - Calcite	Alizarin Red S Clayton Yellow	Dolomite→ Merah Calcite→ tak berubah Mg Calcite → pink Calcite→ tak berubah
Feroan Calcite - Calcite	Potasium ferricyanide	

Untuk mengkarakterisasi reservoar ini digunakan metoda *thin slices* (sayatan tipis) berupa sampel preparat yang akan diamati dengan mikroskop *electron*. Hasilnya berupa *image* (ukuran 1000 μ meter). Komponen penting dari suatu batuan selain dua mineral yang dominan adalah pori-pori batuan, yang setelah ditaburi zat *blue-dye* berubah jadi warna biru. Untuk itu dalam makalah ini akan dirancang suatu jaringan syaraf tiruan untuk mengenali tiga warna yaitu merah, putih dan biru.

2. Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dan *Digital Image Processing*

Jaringan Syaraf Tiruan merupakan cabang dari *Artificial Intelligence* yang bertujuan untuk membuat unit pemroses atau mesin yang mengadaptasi kemampuan manusia melalui duplikasi sistem syaraf pada manusia. Duplikasi disini digunakan karena mesin berupa komputer mampu menyelesaikan sejumlah perhitungan selama proses pembelajaran. Aplikasi ini sangat luas diantaranya adalah pengenalan pola, pemrosesan sinyal, dan bahkan peramalan. Penelitian dalam bidang ini mulai berkembang pada tahun 1940-an, kemudian tahun 1974 algoritma *backpropagation* untuk melatih *perceptron* dengan banyak lapisan mulai diperkenalkan oleh Werbos. Kemudian berkembang pesat dengan teknologi komputer yang semakin mutakhir [5].

Image atau citra merupakan representasi intensitas yang berasal dari sumber cahaya dalam dua dimensi, dan juga fungsi dari energi gelombang cahaya. Berikut skala keabuan dimodelkan sebagai perkalian fungsi iluminasi sumber cahaya i (x, y) dan fungsi jumlah cahaya yang terpantul r(x, y):

$$f(x, y) = i(x, y). r(x, y)$$

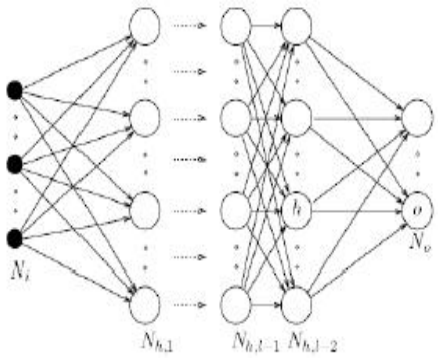
dimana nilai i dari 0 sampai tak berhingga, dan nilai r dari nol sampai satu. Elemen-elemen dasar *image* diantaranya: kekontrasan dan kecerahan, *akuitas*, kontur, warna, bentuk, tekstur, waktu dan pergerakan, dan deteksi serta pengenalan.

Untuk merepresentasikan suatu citra sebagai *image digital*, maka citra tersebut harus digitalisasi terhadap ruang (kordinat (x, y)) maupun terhadap skala keabuannya f(x, y). Jadi *image digital* direpresentasikan dalam bentuk matriks N × N, dengan nilai setiap elemen menyatakan derajat keabuan *image*, sedangkan posisi elemen (dalam baris dan kolom) menyatakan koordinat titik (x, y) dari *image*.

Image RGB mengandung informasi warna dasar yaitu *Red, Green,* dan *Blue*. Warna suatu *image* merupakan kombinasi dari tiga wana tersebut dalam berbagai persentase tertentu. *Image* RGB disimpan dalam bentuk array tiga dimensi dengan tiap elemen masing masing menunjukkan nilai komponen merah, hijau, dan biru. Setiap piksel *image* dalam lokasi (x,y) tertentu memiliki array dengan nilai yang sesuai dengan warna pada posisi tersebut. Misalkan pixel pada koordinat ruang (x, y) = (2, 5) memiliki nilai RGB [35, 150, 12], artinya pada lokasi tersebut nilai komponen Red[2][5] = 35, Green [2][5] = 150, dan Blue [2][5] = 12. Terdapat banyak operasi pada suatu *image* (operasi dasarnya matriks). Misalnya: rotasi, interpolasi, *resize, filter, cropping*, dan sebagainya. *Cropping* misalnya, merupakan proses mengekstraksi elemen matriks di dalam poligon yang dipilih pada *image*. Informasi dalam poligon cropping merupakan informasi yang sama dengan matriks *image* awal [6].

Terdapat tiga bagian pokok dalam Jaringan Syaraf Tiruan, yaitu

1. Arsitektur jaringan, menggunakan jaringan layar banyak *(multi layer network)* merupakan perluasan dari jaringan layar tunggal. Dalam jaringan ini terdapat layar tersembunyi *(hidden layer)* selain input dan output. Dengan adanya lapisan tersembunyi akan membuat jaringan lebih kompleks, maka jaringan ini dapat menyelesaikan masalah yang lebih kompleks. Namun, semakin kompleks jaringannya, semakin lama waktu trainingnya.



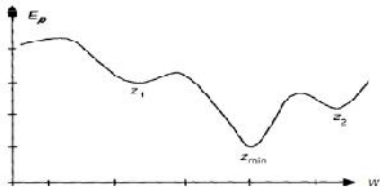
Gambar 1. Jaringan Layar Jamak dengan l lapisan
(Sumber: Krose & Smagt, 1996)

2. Metode pelatihan *(training)* dengan dibimbing *(supervisioned)*, jika output yang diharapkan telah diketahui sebelumnya. Bobot akan dimodifikasi berdasarkan *error*, yaitu selisih antara output jaringan dengan output target. Saat *error* yang dicapai konvergen menuju nol, maka dikatakan bahwa bobot jaringan telah sesuai. Algoritma yang dipilih adalah *backpropagation* karena memiliki keunggulan dalam hal akurasi training, kemudahan komputasi, serta efisiensi waktu komputasi. Tujuan utama dari training *backpropagation* adalah meminimalkan nilai error hingga mencapai konvergensi pada suatu nilai paling kecil. Aproksimasinya menggunakan metode Levenberg-Marquadt yang merupakan penyederhanaan metode Newton dengan matriks Jacobian, yaitu turunan pertama.
3. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi *Sigmoid biner*, dimana fungsi ini digunakan untuk jaringan syaraf yang dilatih dengan menggunakan metoda *backpropagation*.

$$f(network) = f(\Sigma x_i w_i)$$

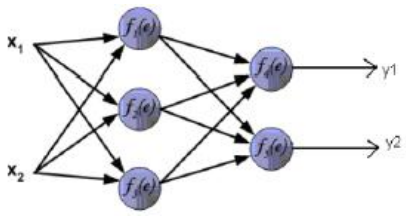
$$f(x) = \frac{1}{1+e^x}$$

Ilustrasi perubahan gradien jaringan terhadap bobot disajikan sebagai berikut



Gambar 2. Perubahan error terhadap bobot

Pada gambar di atas tampak nilai error yang fluktuatif dengan beberapa nilai maksimum dan minimum. Pada maksimum dan minimum fungsi ini terdapat kemungkinan dicapainya gradien terkecil $\frac{\partial E}{\partial w} \approx 0$. Namun hal ini tergantung pada toleransi error terkecil yang diterapkan (MSE). Meskipun gradient mencapai nol pada maksimum atau minimum, namun jika parameter ini belum dicapai maka nilai minimum global yang optimal belum tercapai.



Gambar 3. Jaringan MLP untuk Backpropagation

Pada gambar di atas, terdapat dua pasang data training yaitu ($\mathbf{x_1}$, $\mathbf{y_1}$), dan ($\mathbf{x_2}$, $\mathbf{y_2}$). Data pelatihan ini akan dipetakan menjadi $y = \emptyset(x)$. Jaringan pada gambar di atas memiliki 2 input x_1 dan x_2 serta memiliki 6 neuron f_1, f_2, f_3, ..., f_6. neuron-neuron ini tersusun dalam tiga lapis, yaitu 2 lapis tersembunyi (*hidden layer*), dan 1 lapis keluaran (*output*). Jaringan di atas bekerja dengan proses yang diuraikan sebagai berikut :

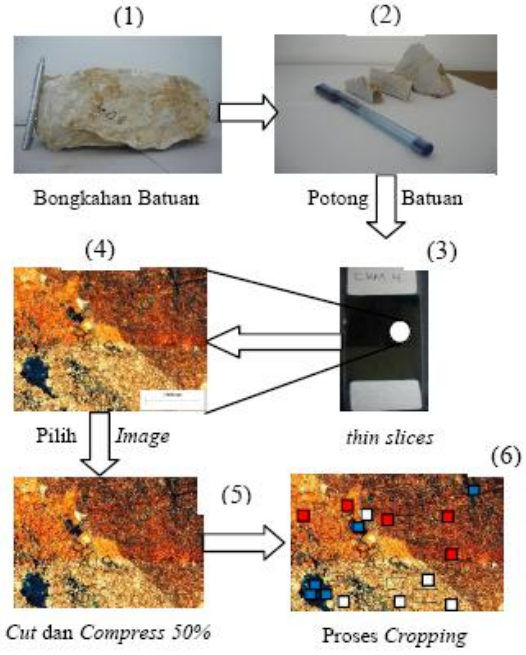
1. Output y diperoleh dengan pertama kali membobotkan nilai input x_1 dan x_2 secara acak dan menghasilkan fungsi jaringan. Dengan nilai bobot yang acak ini maka setiap neuron pada setiap lapis akan menghasilkan fungsi jaringan dan fungsi aktivasi, oleh karenanya akan terdapat enam buah ui dan enam $f(u_i)$, di mana i = 1, 2, ..., 6.
2. Output y = $f(u_6)$ yang dihasilkan jaringan akan diselisihkan dengan target yang diinginkan. Jika selisih antara output dan target ini masih cukup besar maka jaringan akan mempropagasikan selisih (error) ini ke setiap neuron, dalam arah berlawanan, yaitu melalui neuron 6, 5, ..., 1. Error ini akan diproses layaknya input dan menjadi parameter untuk mengoreksi bobot neuron. Parameter koreksi ini merupakan turunan fungsi error terhadap bobot yang disebut sebagai gradien. Pada intinya jaringan akan terus merambatkan error ini hingga ditemukan bobot paling tepat, yaitu bobot yang menghasilkan output yang sesuai dengan target. Ini dicapai ketika gradient menunjukkan penurunan dan menunjukkan konvergensi. Jika hal ini tercapai maka jaringan dikatakan telah belajar dengan baik. Namun sebaliknya, apabila gradien malah semakin membesar atau menunjukkan divergensi maka jaringan tidak belajar dengan baik. Error yang ideal adalah nol. Namun untuk mencapai nol seringkali membutuhkan waktu komputasi yang lama. Untuk itu, nilai error terkecil yang bukan nol dapat didefinisikan terlebih dahulu. Jaringan dapat digunakan untuk menguji data yang lain apabila konvergensi tercapai. Jaringan ini akan dilatih hingga mencapai $y' = \emptyset'(x) = 0$. Fungsi error yang digunakan adalah

$$MSE = \frac{1}{M}(y_m - o_m)^2$$

dengan;
M : jumlah data
o_m : output ke-m
y_m : target ke-m yang diinginkan
Vektor input dinyatakan sebagai $\mathbf{x}_p$ = (x_{p1}, x_{p2}, ... , x_{p2})^t

3. Metode Penelitian

Data yang digunakan adalah *image* RGB (matriks 2-dimensi dan tiga lapis) dari *thin slice* karbonat yang telah *distain* menggunakan zat *alizarin red-s* dan *bluedye* sehingga mineral *calcite* dan *dolomite* serta poripori batuan tampak dalam warna yang berbeda. Output berupa matriks 2-dimensi dengan nilai target yang diberikan.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Keterangan gambar di atas.

(1) Sampel batuan diambil di daerah Padalarang, Kabupaten Bandung.

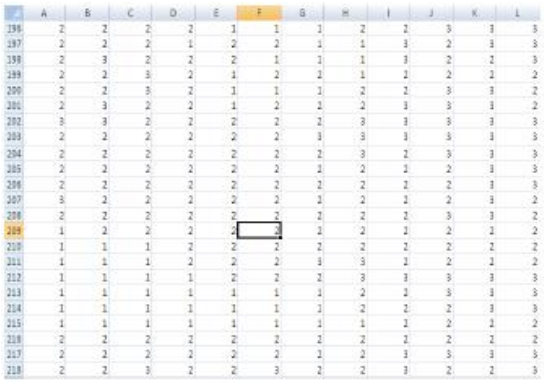
(2) Bongkahan batuan dipotong kecil ukuran 60 cm x 3 cm x 3 mm.

(3) Tempel permukaan sampel yang telah halus pada kaca preparat ukuran 2,5 cm x 7,5 cm dengan *epoksi* dan sudah mengalami pemisahan mineral secara visual (*staining*) menggunakan larutan *Alizarin red-s* dan *blue-dye*.

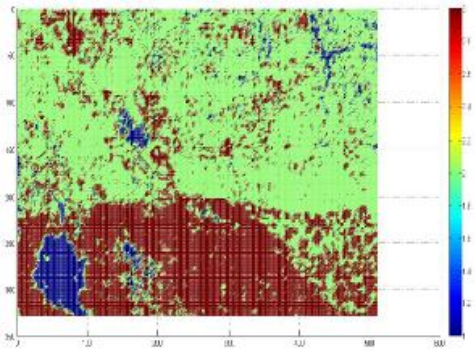
(4) Pilih *image* yang ada unsur tiga warna untuk dilatih dan dikenali dengan bantuan mikroskop.

(5) Karena dalam *image* hasil foto dari thin slice berformat (*.jpg) ada warna putih untuk skala dalam mikrometer, maka *image* harus diedittterlebih dahulu dengan *mspaint* dengan melakukan proses crop (pemotongan). Tujuannya agar warna putih pada skala gambar tidak diidentifikasi sebagai mineral batuan. Juga karena ukuran *image* terlalu besar 1536x2048 piksel serta kapasitas file yang terlalu besar 400 Kb sampai dengan 1071 Kb, tidak dapat diproses oleh *software* MATLAB 7.11 (2010b), maka image dikompress 50% sehingga berukuran maksimal yang bisa dikenali MATLAB (326x512 piksel, 326 baris dan 512 kolom dan kapasitas file menjadi 40 Kb sampai 89 Kb). Sumbu horizontal memiliki panjang 4 mm. Skala pada *image* adalah 1:7,6 µm (1 piksel *image* merepresentasikan panjang 7,6 mikrometer).

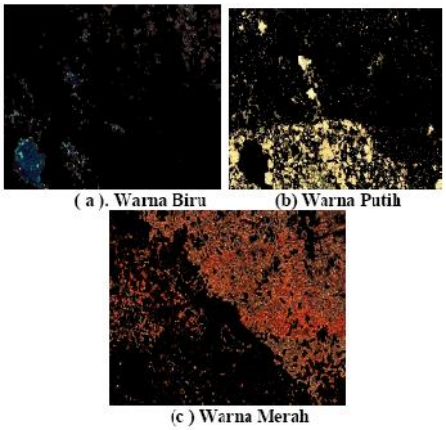
(6) Pada *Thin slices* di atas terdapat beberapa warna dominan, yaitu merah, putih, biru, dan hitam. Warna merah diketahui disusun oleh mineral *dolomite*, warna putih disusun oleh mineral c*alcite*, warna biru merupakan pori, sedangkan warna hitam merupakan hidrokarbon yang terdapat di dalam pori dan bercampur dengan air pengisi pori. Proses pelatihan dilakukan dengan melakukan *cropping* pada masing-masing area. Pola *image* yang di *crop* oleh jaringan dijadikan sebagai input pelatihan. Poligon menunjukkan *cropping* pada area yang merepresentasikan bagian *image* yang merupakan mineral *dolomite*, mineral *calcite*, ataupun Pori. Masing-masing di *crop* sebanyak 5 kali.



Gambar 5. Matriks nilai 1 untuk pori-pori batuan, nilai 2 untuk mineral *dolomite* (warna merah), nilai 3 untuk mineral *calcite* (warna putih)



Gambar 6. Hasil plotting mesh dengan skala 1-3 pada MATLAB



Gambar 7. Pemisahan warna yang dominan

4. Hasil Pengujian Jaringan

Jaringan yang telah dibangun memiliki parameter seperti gambar di bawah ini:

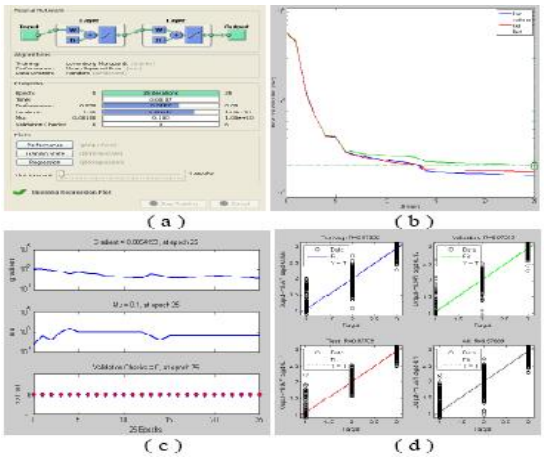
(a) Progress dengan jumlah epoch = 25; jumlah hidden layer = 6; waktu pelatihan selama 7 menit; performance 0,578; Gradient = 10-10; nilai Mu = 10^{+10};

(b) Plot performansi belajar jaringan terjadi pada epoch ke-25 (train garis warna biru, validasi warna hijau, uji warna merah, dan yang terbaik diwakili garis putus-putus).

(c) Nilai gradient = 0,0054199; nilai Mu = 0,1; nilai cek tingkat kevalidannya = nol terjadi pada epoch = 25.

(d) Nilai regresi berturut-turut untuk training, validasi, uji, dan keseluruhan adalah 0,97836; 0,97219; 0,97709; serta 0,97689. (Range nilai dari 0 sampai 1. Nilai 1 adalah nilai terbaik dalam pelatihan)

Hasil pelatihan seperti gambar berikut



Gambar 8. (a) Jaringan neural (b) Grafik penurunan Mean Square Error (MSE) sampai epoch ke-25 (c) Grafik penurunan gradien, mu dan validasi (d) Grafik Regresi Training, Test, dan Validasi

Jaringan dilatih untuk mengenali bahwa warna biru dan hitam merupakan pori dan bernilai 1, warna merah merupakan *dolomite* dan bernilai 2, serta warna putih merupakan *calcite* dan bernilai 3. Tampak dari hasil pengujian bahwa jaringan sudah belajar dengan baik. Hal ini terlihat bahwa jaringan memberikan nilai sesuai dengan rentang target yang diberikan, nilai minimum adalah 1 dan maksimum 3. Jaringan tidak mengidentifikasi nilai di luar rentang tersebut. Secara umum jaringan sudah dapat dengan baik mengenali bagian *dolomite, calcite*, ataupun pori.

Tabel 2. Pengambilan data dilakukan sebanyak 40x untuk dilihat hasil pelatihan dengan nilai yang tertinggi dan mendekati angka satu.

Pelatihan ke-	Training	Validasi	Uji	Keseluruhan
1	0,93753	0,93361	0,93584	0,93669
2	0,97836	0,97219	0,97709	0,97689
3	0,95985	0,96331	0,96292	0,96083
4	0,96464	0,96748	0,95916	0,96541
5	0,87452	0,87336	0,88411	0,87570
6	0,89091	0,88336	0,88615	0,88898
7	0,95985	0,96331	0,96292	0,96083
8	0,89840	0,89487	0,89674	0,89764
9	0,88534	0,88107	0,88024	0,88397
10	0,87862	0,86159	0,88578	0,87722
11	0,88521	0,88923	0,88479	0,88574
12	0,95626	0,95614	0,95304	0,95576
13	0,88525	0,88739	0,87711	0,88436
14	0,88632	0,88619	0,88741	0,88646
15	0,87819	0,87818	0,88063	0,87854
16	0,93406	0,93015	0,92943	0,93278
17	0,90358	0,89586	0,90038	0,90196
18	0,97033	0,96774	0,97159	0,97014
19	0,94798	0,94621	0,94909	0,94787
20	0,85288	0,85525	0,84957	0,85280
21	0,95600	0,95983	0,95658	0,95666
22	0,87830	0,87573	0,88180	0,877842
23	0,93636	0,93130	0,93841	0,93589
24	0,86045	0,85132	0,84138	0,8562
25	0,88567	0,88307	0,88709	0,88550
26	0,87066	0,85938	0,88709	0,87169
27	0,97299	0,94116	0,96417	0,96704
28	0,97033	0,96774	0,97159	0,97014
29	0,90195	0,88766	0,88747	0,89784
30	0,88662	0,88528	0,88932	0,88683
31	0,88398	0,88606	0,87918	0,88356
32	0,94162	0,93067	0,94205	0,94001
33	0,82799	0,80932	0,79888	0,82071
34	0,90363	0,88959	0,88847	0,89916
35	0,89966	0,89967	0,89970	0,89960
36	0,89969	0,89851	0,89936	0,89946
37	0,88860	0,89024	0,88949	0,88899
38	0,73506	0,75614	0,73596	0,73858
39	0,91191	0,92127	0,91845	0,91417
40	0,91744	0,91892	0,91563	0,91747

5. Kesimpulan

a. Telah berhasil dibuat jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dengan metode belajar *lavenbergmarquadt* yang mampu mengenali mineral *dolomite*, mineral *calcite,* dan pori pada batuan karbonat berdasarkan warna. Jaringan yang dibuat dapat belajar dengan baik dengan menunjukkan konvergensi pada epoch ke-25. Output pengujian jaringan berupa matrik 326x512 dengan nilai 1 untuk pori, 2 untuk *dolomite*, dan 3 untuk *calcite*.
b. Jaringan syaraf tiruan menggunakan 6 neuron dalam tiga lapis yaitu dua lapis tersembunyi, dan satu lapisan keluaran.
c. Diperoleh nilai terbaik dari regresi linier yang mendekati nilai satu pada pelatihan ke-2 yaitu untuk semua nilai paling tinggi diantara 40x pelatihan dari 4 aspek penilaian yaitu training (0,97836), validasi (0,97219), uji (0,97709), dan keseluruhan (0,97689).
d. Progress performance belajar pada epoch ke-25 bernilai 0,578, waktu pelatihan 7 menit, nilai gradien=0,0054199; dan nilai Mu=0,1.

Daaftar Pustaka

[1] Ardjmandpour, N., Pain, C., Singer, J., Saunders, J., Aristodemou, E., Carter, J., *"Artificial neural network forward modeling and inversion of electrokinetic logging data"*, Geophysical prospecting, 2011, 59, 721-748.
[2] Baan M. V. d., Jutten, C., *"Neural network in geophysical applications"*, Geophysics, 2000, 65, 1032-1047.
[3] Dhaneswara, G., Moertini, V. S., *"Jaringan Syaraf Tiruan Propagasi Balik untuk klasifikasi data"*, Integral, November 2003, No. 3, Volume 9.
[4] Scholle, A. P., Ulmer-scholle, D. S., *"a Colour guide to the petrography of carbonate rocks : grain, texture, porosity, diagenesis",* American Association of Petroleum Geologist, Tulsa-Oklahoma, 2003.
[5] Siang, J. J., "Jaringan syaraf tiruan dan pemrogramannya menggunakan Matlab", Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005.
[6] Wijaya, M. C., dan Prijono, A., *"Pengolahan citra digital menggunakan Matlab image processing toolbox",* Penerbit Informatika, Bandung, 2007.