

Perancangan Pengenalan Karakter Alfabet menggunakan Metode *Hybrid* Jaringan Syaraf Tiruan

Rin Rin Meilani Salim¹, Andrew Sagitta Jauhari²

STMIK Mikroskil, Jl. Thamrin No. 112, 124, 140, Telp. (061) 4573767, Fax. (061) 4567789

¹Jurusan Sistem Informasi, STMIK Mikroskil, Medan

²Jurusan Teknik Informatika, STMIK Mikroskil, Medan

¹rinrin.meilani@mikroskil.ac.id, ²andrew@mikroskil.ac.id

Abstrak

Self organizing maps adalah salah satu metode dalam jaringan syaraf tiruan yang menggunakan pembelajaran tanpa supervisi yang digunakan untuk meng-cluster neuron-neuron berdasarkan kelompok tertentu. Backpropagation adalah salah satu metode dalam jaringan syaraf tiruan yang menggunakan pembelajaran dengan supervisi yang populer dan memiliki keunggulan dalam kemampuan pembelajarannya. Algoritma hybrid dari self organizing maps dan backpropagation dapat meningkatkan performansi dan akurasi dari pembelajaran, terutama dalam pengenalan karakter alfabet. Hal ini dibuktikan dalam proses hybrid dimana self organizing maps terlebih dahulu melakukan pembelajaran dan menghasilkan cluster dari karakter-karakter alfabet yang ada. Hasil cluster akan dijadikan sebagai input dalam pembelajaran backpropagation untuk mengenal karakter alfabet..

Kata kunci— jaringan syaraf tiruan, hybrid, self organizing maps, backpropagation, pengenalan karakter alfabet

Abstract

Self organizing maps is the method of artificial neural network that use unsupervised learning is used to cluster neurons by certain groups. Backpropagation is the method that uses neural network learning with supervision popular and has an advantage in learning ability. Hybrid algorithm of self-organizing maps and backpropagation may improve the performance and accuracy of learning, especially in the introduction of alphabetic characters. This is evidenced in a hybrid process in which self-organizing maps beforehand to learn and produce clusters of alphabet characters that exist. The results of the cluster will be used as input in the backpropagation learning to recognize alphabet characters

Keywords— artificial neural networks, hybrid, self organizing maps, backpropagation, alphabet character recognition

1. PENDAHULUAN

Metode dalam jaringan syaraf tiruan semakin berkembang dan banyak diterapkan dalam berbagai bidang sesuai dengan perkembangan jaman. Hal ini ditandai dengan beragam penelitian yang dilakukan menggunakan metode dalam jaringan syaraf tiruan. Penelitian dan pengembangan teknologi menggunakan jaringan syaraf tiruan dapat diimplementasikan pada kasus memprediksi, mendiagnosis, mengklasifikasi, dan lain sebagainya. Baik metode pembelajaran dengan supervisi maupun pembelajaran tanpa supervisi dalam jaringan syaraf tiruan digunakan dalam berbagai penelitian.

Self organizing maps adalah salah satu metode dalam jaringan syaraf tiruan yang menggunakan pembelajaran tanpa supervisi yang digunakan untuk meng-cluster neuron-neuron berdasarkan kelompok tertentu. *Backpropagation* merupakan salah satu metode dalam jaringan syaraf tiruan yang menggunakan pembelajaran dengan supervisi yang populer dan memiliki keunggulan dalam kemampuan pembelajarannya. Berdasarkan penelitian Kaur et al. (2013) bahwa pendekatan *self organizing maps* dapat melakukan pembelajaran yang sama baiknya dengan *backpropagation*.

Backpropagation mencapai 100% akurasi dengan 60% data pelatihan tetapi *self organizing maps* memerlukan 70% data pelatihan. [1] Oleh karena itu, penulis mencoba melakukan *hybrid* pada kedua metode tersebut dengan tujuan meningkatkan performansi dan akurasi.

Metode *hybrid* dari *Self organizing maps* dan *Backpropagation* akan dilakukan pada satu objek yang sama yaitu mengenal karakter alfabet. Alfabet memiliki kelompok-kelompok abjad dari huruf A sampai Z. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan *self organizing maps* untuk mengelompokkan alfabet-alfabet tersebut. Hasil dari metode *self organizing maps* berupa *cluster* alfabet kemudian akan menjadi faktor pembimbing pada metode *backpropagation* dalam mengenal karakter alfabet yang ada. Dengan kata lain, metode *backpropagation* dikombinasi dengan metode *self organizing maps*.

Metode *hybrid* ini bertujuan untuk meningkatkan performansi dan akurasi dari metode jaringan syaraf tiruan. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk merancang metode *hybrid* dari *self organizing maps* dan *backpropagation* dalam pengenalan karakter alfabet. Dari tahap perancangan ini diharapkan dapat dilanjutkan ke metode pengembangan sehingga metode *hybrid* dapat diuji.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan adalah paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara biologis, seperti proses informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari paradigma ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (*neuron*), bekerja serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu. Cara kerja jaringan syaraf tiruan seperti cara kerja manusia, yaitu belajar melalui contoh.

Jaringan syaraf tiruan mempunyai kemampuan yang luar biasa untuk mendapatkan informasi dari data yang rumit atau tidak tepat, mampu menyelesaikan permasalahan yang tidak terstruktur dan sulit didefinisikan, dapat belajar dari pengalaman, mampu mengakuisisi pengetahuan walaupun tidak ada kepastian, mampu melakukan generalisasi dan ekstraksi dari suatu pola data tertentu, dapat menciptakan suatu pola pengetahuan melalui pengaturan diri atau kemampuan belajar (*self organizing*), mampu memilih suatu input data ke dalam kategori tertentu yang sudah ditetapkan (klasifikasi), mampu menggambarkan suatu objek secara keseluruhan walaupun hanya diberikan sebagian data dari objek tersebut (asosiasi), mempunyai kemampuan mengolah data-data *input* tanpa harus mempunyai target (*self organizing*), dan mampu menemukan jawaban terbaik sehingga mampu meminimalisasi fungsi biaya (optimasi).

Kelebihan-kelebihan yang diberikan oleh jaringan syaraf tiruan antara lain:

1. Belajar *Adaptive*: Kemampuan untuk mempelajari bagaimana melakukan pekerjaan berdasarkan data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal.
2. *Self-Organisation*: Sebuah jaringan saraf tiruan dapat membuat organisasi sendiri atau representasi dari informasi yang diterimanya selama waktu belajar.
3. *Real Time Operation*: Perhitungan jaringan syaraf tiruan dapat dilakukan secara paralel sehingga perangkat keras yang dirancang dan diproduksi secara khusus dapat mengambil keuntungan dari kemampuan ini.

Selain mempunyai kelebihan-kelebihan tersebut, jaringan syaraf tiruan juga mempunyai kelemahan-kelemahan berikut.

1. Tidak efektif jika digunakan untuk melakukan operasi-operasi numerik dengan presisi tinggi.
2. Tidak efisien jika digunakan untuk melakukan operasi algoritma aritmatik, operasi logika, dan simbolis.
3. Untuk beroperasi jaringan syaraf tiruan butuh pelatihan sehingga bila jumlah datanya besar, waktu yang digunakan untuk proses pelatihan sangat lama.

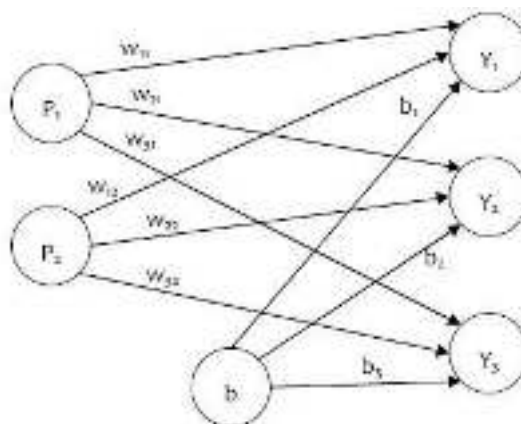
Jaringan syaraf tiruan dalam kehidupan sehari-hari diterapkan secara luas untuk masalah-masalah bisnis dunia nyata. Jaringan syaraf tiruan banyak digunakan untuk mengidentifikasi pola atau tren dalam data sehingga jaringan syaraf tiruan cocok digunakan untuk peramalan kebutuhan, termasuk peramalan

penjualan, kontrol proses industri, penelitian pelanggan, validasi data, manajemen risiko, dan target pemasaran. Selain itu, jaringan syaraf tiruan digunakan untuk pemulihan telekomunikasi dari perangkat lunak yang rusak, interpretasi multimeaning kata cina, deteksi tambang bawah laut, analisis tekstur, pengenalan objek tiga dimensi, pengenalan kata yang ditulis dengan tangan dan pengenalan wajah.

Pada saat ini, sebagian besar penelitian jaringan syaraf tiruan dalam dunia kedokteran diarahkan pada pemodelan bagian tubuh manusia dan pengenalan penyakit dari berbagai scan (misalnya cardiograms, CAT scan, scan ultrasonik, dan lain-lain). Jaringan syaraf tiruan dalam dunia bisnis cenderung diarahkan ke beberapa spesialisasi seperti akuntansi atau analisis keuangan. [2]

2.2. Self organizing maps

Pada jaringan ini, suatu lapisan yang berisi *neuron-neuron* akan menyusun dirinya sendiri berdasarkan *input* nilai tertentu dalam suatu kelompok yang dikenal dengan istilah *cluster*. Selama proses penyusunan diri, *cluster* yang memiliki vektor bobot paling cocok dengan pola *input* (memiliki jarak yang paling dekat) akan terpilih sebagai pemenang. *Neuron* yang menjadi pemenang beserta *neuron-neuron* tetangganya akan memperbaiki bobot-bobotnya. Apabila kita ingin membagi data-data menjadi K *cluster*, maka lapisan kompetitif akan terdiri atas K buah *neuron*. [3]



Gambar 1. Arsitektur Self organizing maps [3]

Dalam penelitian *Cluster Analysis* Untuk Memprediksi Talenta Pemain Basket Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Self organizing maps* (SOM) dapat disimpulkan bahwa aplikasi mampu mengklasifikasikan karakteristik yang hampir sama ke dalam satu *cluster*. [7]

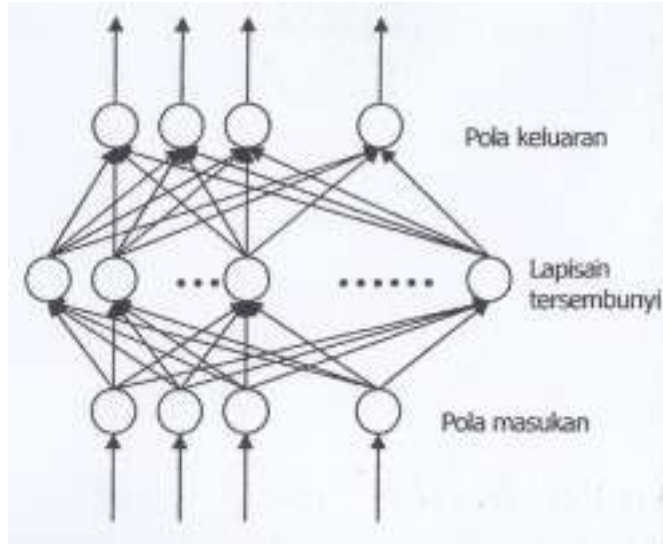
2.3. Backpropagation

Backpropagation merupakan metode yang sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola kompleks. Metode ini merupakan metode jaringan syaraf tiruan yang populer. Beberapa contoh aplikasi yang melibatkan metode ini adalah pengompresian data, pendeteksian virus komputer, pengidentifikasi objek, sintesis suara dari teks, dan lain-lain. Di dalam jaringan *backpropagation*, setiap unit yang berada di lapisan *input* terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi. Setiap unit yang ada di lapisan tersembunyi terhubung dengan setiap unit yang ada di lapisan *output*.

Backpropagation terdiri dari banyak lapisan (*multilayer neural network*), yaitu:

1. Lapisan *input*. Lapisan *input* terdiri dari *neuron-neuron* atau *unit-unit input*, mulai dari unit *input* 1 sampai unit *input* n .
2. Lapisan tersembunyi. Lapisan tersembunyi terdiri dari unit-unit tersembunyi mulai dari unit tersembunyi 1 sampai unit tersembunyi p .
3. Lapisan *output*. Lapisan *output* terdiri dari unit-unit *output* mulai dari unit *output* 1 sampai unit *output* m . n , p masing-masing adalah bilangan *integer* sembarang menurut arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dirancang. [4]

Backpropagation adalah metode penurunan gradien untuk meminimalkan kuadrat eror keluaran. Ada tiga tahap yang harus dilakukan dalam pelatihan jaringan, yaitu tahap perambatan maju (*forward propagation*), tahap perambatan-balik, dan tahap perubahan bobot dan bias. Arsitektur jaringan ini terdiri dari *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. [2]



Gambar 2. Arsitektur *Backpropagation* [5]

Dalam penelitian Identifikasi Tanda-Tangan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Perambatan-Balik (*Backpropagation*), disimpulkan bahwa jaringan *backpropagation* yang sudah dilatih dengan tanda tangan seseorang dapat mengenali tanda tangan tersebut. [8]

2.4. Penelitian Terkait

Berikut ini adalah penelitian terkait dengan topik yang dibahas:

| Nama Peneliti | Judul Penelitian | Keterangan |
|---------------------------------------|--|---|
| Hui, S.C., Yap, M.T., and Prakash, P. | <i>A Hybrid Time Lagged Network for Predicting Stock Prices</i> | Penelitian ini mengintegrasikan pembelajaran dengan supervisi <i>backpropagation</i> dengan pembelajaran tanpa supervisi jaringan <i>Kohonen</i> untuk memprediksi harga saham. |
| Kaur, A., Singh, N., Bahrdwaj, A. | <i>A Comparison of Supervised Multilayer Back Propagation and Unsupervised Self organizing maps for the Diagnosis of Thyroid Disease</i> | Penelitian ini membandingkan metode pembelajaran dengan supervisi yaitu <i>backpropagation</i> dan metode pembelajaran tanpa supervisi yaitu <i>self organizing maps</i> . |

3. METODE PENELITIAN

Pada prosedur kerja bagian ini, pengenalan karakter alfabet akan dilatih dengan pembelajaran tanpa supervisi menggunakan *Self organizing maps* dengan langkah sebagai berikut:

1. Neuron pada lapisan *input* (*neuron input*) sebanyak n dinotasikan sebagai x_1, x_2, \dots, x_n dan neuron pada lapisan *output* (*neuron output*) sebanyak m dinotasikan sebagai y_1, y_2, \dots, y_m . Bobot koneksi antara *neuron input* dan *output* dinotasikan sebagai w_{ij} ditentukan secara acak antara 0 dan 1.
2. Selama kondisi penghentian bernilai salah, lakukan langkah 3 – 8
3. Untuk setiap masukan (x_1, x_2, \dots, x_n) lakukan langkah 4 – 6

4. Hitung jarak vektor *input* terhadap bobot koneksi d_j untuk masing-masing *neuron output* dengan menggunakan rumus:

$$d_j = \sum_{i=1}^n (w_{ij} - x_i)^2 \quad (1)$$

5. Cari indeks j di mana d_j minimum
6. Untuk setiap w_{ij} , perbaharui bobot koneksi dengan menggunakan rumus:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \gamma(t) h_{ib}(t) (x_i(t) - w_{ij}(t)) \quad (2)$$

7. Modifikasi Laju Pemahaman
8. Uji kondisi penghentian

Output dari pembelajaran ini berupa hasil *cluster*, yaitu *cluster* karakter alfabet. Hasil dari *cluster* pada pembelajaran *Self organizing maps* akan dijadikan sebagai faktor pembimbing pada pembelajaran dengan supervisi metode *Backpropagation* dengan langkah sebagai berikut:

- a. Inisialisasi bobot (ambil nilai *random* yang cukup kecil)
- b. Selama kondisi berhenti bernilai salah, kerjakan:

Tahap Perambatan Maju (*forward propagation*)

1. Setiap unit *input* ($X_i, i=1,2,3,\dots,n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan tersembunyi.
2. Setiap unit tersembunyi ($Z_j, j=1,2,3,\dots,p$) menjumlahkan bobot sinyal *input* dengan persamaan berikut:

$$z_{in_j} = v_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \quad (3)$$

dan menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*-nya:

$$z_j = f(z_{in_j}) \quad (4)$$

Biasanya fungsi aktivasi yang digunakan adalah fungsi sigmoid, kemudian mengirimkan sinyal tersebut ke semua unit *output*.

3. Setiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menjumlahkan bobot sinyal *input*

$$y_{in_k} = w_{0k} + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \quad (5)$$

Dan menerapkan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal *output*-nya:

$$y_k = f(y_{in_k}) \quad (6)$$

Tahap Perambatan-Balik (*Backward*):

1. Setiap unit *output* ($Y_k, k=1,2,3,\dots,m$) menerima pola target yang sesuai dengan pola *input* pelatihan, kemudian hitung error dengan persamaan berikut.

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{in_k}) \quad (7)$$

f' adalah turunan dari fungsi aktivasi

kemudian hitung koreksi bobot dengan persamaan berikut.

$$\Delta w_{jk} = \alpha \delta_k z_j \quad (8)$$

Dan menghitung koreksi bias dengan persamaan berikut,

$$\Delta w_{0k} = \alpha \delta_k \quad (9)$$

sekaligus mengirimkan δ^k ke unit-unit yang ada di lapisan paling kanan.

2. Setiap unit tersembunyi (Z_j , $j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan delta *input*-nya (dari unit-unit yang berada pada lapisan di kanannya):

$$\delta_{in_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{jk} \quad (10)$$

Untuk menghitung informasi error, kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya:

$$\delta_j = \delta_{in_j} f'(z_{in_j}) \quad (11)$$

kemudian hitung koreksi bobot dengan persamaan berikut:

$$\Delta v_{jk} = \alpha \delta_j x_i \quad (12)$$

Setelah itu, hitung juga koreksi bias dengan persamaan berikut:

$$\Delta v_{0k} = \alpha \delta_j \quad (13)$$

Tahap Perubahan Bobot dan Bias:

1. Setiap unit *output* (Y_k , $k = 1, 2, 3, \dots, m$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($j = 0, 1, 2, \dots, p$) dengan persamaan berikut.

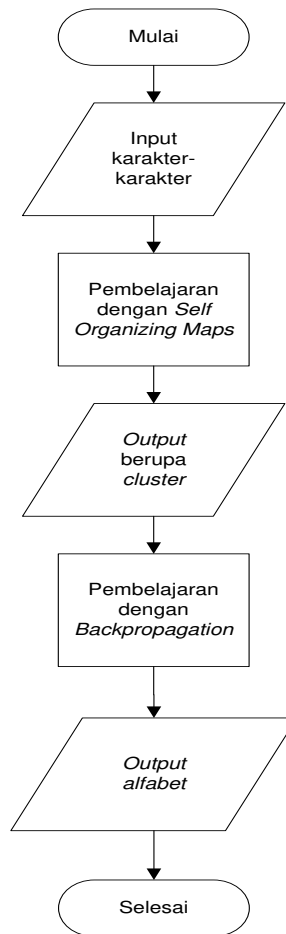
$$w_{jk}(\text{baru}) = w_{jk}(\text{lama}) + \Delta w_{jk} \quad (14)$$

Setiap unit tersembunyi (Z_j , $j=1,2,3,\dots,p$) dilakukan perubahan bobot dan bias ($i=0,1,2,\dots,n$) dengan persamaan berikut.

$$v_{ij}(\text{baru}) = v_{ij}(\text{lama}) + \Delta v_{ij} \quad (15)$$

2. Tes kondisi berhenti. [1]

Selama pembelajaran, metode *backpropagation* akan terus melakukan *foward* dan *backward* (*epoch* pembelajaran) dalam mengenal karakter alfabet dengan faktor pembimbing hasil *cluster* jaringan *self organizing maps*.



Gambar 3. Prosedur kerja *Hybrid Self organizing maps* dan *Backpropagation*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alfabet diolah menggunakan pengolahan citra dan threshold gambar diformat dalam bentuk gambar hitam putih. Selanjutnya diproses secara binerisasi dimana bagian dari gambar yang berwarna hitam akan diberi nilai 1, dan bagian dari gambar yang putih akan diberi nilai 0. Dalam penelitian ini, jenis font alfabet yang dirancang adalah Calisto MT, Courier New, Tahoma, Times New Roman, dan Arial. Karakter yang dilatih menggunakan *self organizing maps* dan *backpropagation* adalah sebanyak 250 karakter huruf besar dan diuji pada 600 karakter yang terdiri dari 250 karakter yang dilatih dan 350 karakter baru. Alfabet yang dimasukkan dalam pengujian ada yang merupakan alfabet huruf dan non huruf. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat kesalahan.

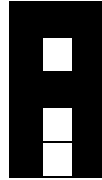
Metode *hybrid* dirancang dari metode *self organizing maps* dan metode *backpropagation*. Metode ini menggunakan hasil *cluster* dari metode *self organizing maps* untuk memproses *input* sebagai faktor pembimbing pembelajaran metode *backpropagation* dalam mengenal karakter alfabet. Proses pembelajaran ini berurutan, mulai dari pembelajaran *self organizing maps* kemudian diikuti pembelajaran *backpropagation*. *Self organizing maps* akan melakukan pembelajaran dari *input* karakter yang diberikan kemudian karakter tersebut akan dikelompokkan ke dalam *cluster* alfabet.

Selanjutnya, *cluster* alfabet ini akan menjadi *input* pada pembelajaran *backpropagation* untuk mengenal karakter alfabet yang ada. Pelatihan dan pengujian dilakukan pada learning rate 0,1, nilai momentum 1, iterasi pada *self organizing maps* dilakukan sebanyak 20 kali, dan iterasi pada *backpropagation* dilakukan sebanyak 1000 kali.

Pada metode *self organizing maps*, node lapisan *input* akan disesuaikan dengan hasil pembacaan alfabet secara binerisasi dan node lapisan *output* sebanyak 26 node sesuai dengan jumlah karakter alfabet yang ada. Pada metode *backpropagation*, node lapisan *input* akan disesuaikan dengan hasil pembacaan

alfabet secara binerisasi, node lapisan *hidden* akan dilakukan dengan node $(2/3) * \text{input node} + \text{output node}$, dan node lapisan *output* adalah 1 yang merupakan hasil pengenalan karakter. Pada setiap *epoch* yang dilakukan, akan dihitung terus nilai *epoch*. Pada pelatihan dan pengujian ini, epoch ke-1000 pada metode *backpropagation* dapat dikatakan cukup, dikarenakan rata-rata nilai error yang di setiap epoch telah sama.

Untuk data mentah awal yang akan diolah, misalnya:



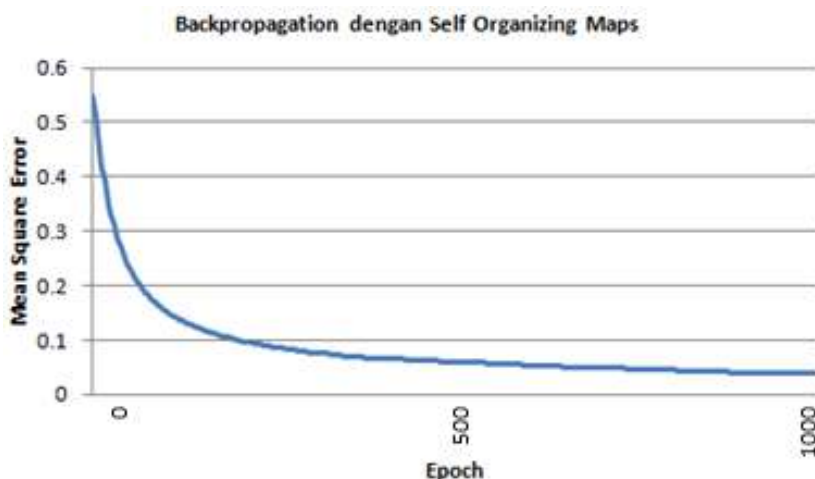
Gambar 4. Data awal

Dari gambar di atas, didapat hasil 111 101 111 101 101. Data ini yang kemudian dimasukkan ke dalam metode *self organizing maps* untuk diuji. Data ini juga dimasukkan ke dalam metode *backpropagation* untuk diuji. Data ini terakhir akan diuji secara *hybrid* menggunakan metode *self organizing maps* dan *backpropagation*. Hasil pengekseskuan program adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengekseskuan Program

| Data | Metode | Rata-Rata Nilai Kesalahan |
|---------------------|--------|---------------------------|
| 101 111 111 101 101 | BP | 0,076586 |
| | SOM | 0,069057 |
| | Hybrid | 0,043602 |
| 111 101 111 101 101 | BP | 0,063451 |
| | SOM | 0,056816 |
| | Hybrid | 0,026314 |

Hasil dari tabel di atas menunjukkan bahwa metode *hybrid* lebih akurat dibanding dengan metode *self organizing maps* dan metode *backpropagation* yang berdiri sendiri. Berikut ini adalah hasil pengujian yang ditampilkan dalam bentuk grafik:



Gambar 5. Grafik Pelatihan Data 111 101 111 101 101

Grafik diatas merupakan salah satu grafik pelatihan dari data 111 101 111 101 101, dimana sumbu Y menunjukkan nilai kesalahan dan sumbu X menunjukkan *epoch*. Pada *epoch* ke-1000, nilai kesalahan mencapai 0,026314.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Jika metode *self organizing maps* dibandingkan metode *hybrid* dalam pengenalan karakter alphabet, metode *hybrid* memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dalam mengenal karakter alphabet. Jika metode *backpropagation* dibandingkan metode *hybrid* dalam pengenalan karakter alfabet, metode *hybrid* memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dalam mengenal karakter alfabet. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode *hybrid* dapat meningkatkan performansi dan akurasi dalam pengenalan karakter alfabet. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah metode *hybrid. Backpropagation* dengan *Selforganizing maps* dibandingkan dengan metode lainnya untuk menguji keakuratan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kaur, A., Singh, N. & Bahrdwaj, A. 2013. A Comparison of Supervise Multilayer *Backpropagation* and Unsupervised *Selforganizing maps* For The Diagnosis of Thyroid Diases. *International Journal of Computer Applications* 42(13). pp. 39-43.
- [2] Sutojo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., 2011, *Kecerdasan Buatan*, Yogyakarta, Penerbit Andi.
- [3] Kusumadewi, Sri., 2004, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*, Yogyakarta, Penerbit Graha Ilmu.
- [4] Puspitaningrum, D., 2006, *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*, Yogyakarta, Penerbit Andi.
- [5] Hermawan, A., 2006, *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*, Yogyakarta, Penerbit Andi.
- [6] Siang, JJ., 2004, *Jaringan Saraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*, Yogyakarta, Penerbit Andi.
- [7] Budhi, G.S., Liliana. & Harryanto, S. 2008. Cluster Analysis untuk memprediksi talenta pemain basket menggunakan jaringan saraf tiruan Self Organizing Map (SOM). *Jurnal Informatika* 9(1):23-32.
- [8] Kosasi, S. 2014. Penerapan Metode Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Untuk Memprediksi Nilai Ujian Sekolah. *Jurnal Teknologi* 7(1):20-28.
- [9] Hui, S.C., Yap, M.T. & Prakash, P. 2000. A *Hybrid* Time Lagged Network For Predicting Stock Prices. *International Journal of The Computer, The Internet and Management*:1-6.

