

Analisis Error dan Epoch dengan Pengembangan Adaptive Learning Rate dan Parameter Momentum pada Metode Backpropagation

Zahratul Fitri

Program Studi Pendidikan Informatika, STKIP Bumi Persada Lhokseumawe
Jln. Medan – B. Aceh, No. 59 Desa Alue Awe Kota Lhokseumawe 24352 INDONESIA

zahratulfitrihumaira@gmail.com

Abstrak— Algoritma backpropagation merupakan bagian dari Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang memiliki beberapa layar tersembunyi. Algoritma backpropagation juga merupakan multi-layer yang banyak digunakan untuk menyelesaikan persoalan yang luas, akan tetapi, algoritma backpropagation juga memiliki kelamahan pada proses pembelajaran yang cukup lambat. Pada penelitian ini penulis menganalisis bagaimana mengembangkan algoritma backpropagation dengan menggunakan learning rate dan parameter momentum untuk meminimalisir error dan epoch yang akurat sebagai proses menghitung perubahan bobot. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa pengembangan yang dilakukan memperoleh nilai paling baik pada nilai momentum yaitu 0,9 dan 1.0 dan nilai learning rate yaitu > 0.7 . Hal ini membuktikan bahwa nilai pembelajaran dengan menggunakan nilai parameter momentum dan nilai learning rate diatas sangat baik digunakan sebagai percepatan laju konvergensi.

Kata kunci— Algoritma Backpropagation, Parameter Momentum, Adaptive Learning Rate .

Abstract— Backpropagation algorithm is part of an Artificial Neural Network (ANN), which has some hidden screen. Backpropagation algorithm is also a multi-layer finish that is widely used for large problems, however, the backpropagation algorithm also has weaknesses in the learning process is quite slow. In this study the authors analyze how to develop a backpropagation algorithm using learning rate and momentum parameters to minimize the error and accurate epoch as the process of calculating the weight change. The result showed that the development is carried out to obtain best value on the momentum value of 0.9 and 1.0 and the value of learning rate is > 0.7 . It is proved that the value of learning by using the parameter values of momentum and learning rate values above are best used as a convergence rate acceleration.

Keywords— Backpropagation Algorithm, Parameter of Momentum, Adaptive Learning Rate

I. PENDAHULUAN

Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*) memiliki 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 pola data tertentu. Selain itu, Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*) memiliki beberapa kelebihan lainnya, yaitu mampu mempelajari bagaimana melakukan pekerjaan berdasarkan data yang diberikan untuk pelatihan atau pengalaman awal (*Belajar Adaptive*), mampu membuat organisasi sendiri atau representasi dari informasi yang diterima (*Self Organisation*) dan perhitungan yang dilakukan secara parallel sehingga perangkat keras yang dirancang dapat mengambil keuntungan dari kemampuan ini (*Real Time Operation*).

Metode Jaringan Saraf Tiruan (*Neural Network*) yang memiliki beberapa layar tersembunyi diantara beberapa layar masukan dan keluaran adalah Metode Backpropagation. Metode ini mempunyai kemampuan jaringan untuk mengenali pola yang digunakan selama pelatihan serta kemampuan jaringan untuk memberikan respon yang benar terhadap pola masukan yang serupa (tapi tidak sama) dengan pola yang dipakai selama pelatihan. Laju konvergensi dari algoritma *Backpropagation* juga tergantung pada pemilihan arsitektur jaringan, bobot awal dan bias, *learning rate*, *coefisien momentum* dan fungsi aktivasi (Hamid *et al.* 2011)

Untuk itu dilakukan penelitian bagaimana analisis yang dihasilkan pada *kuadrat Error* dan *maximum epoch* yang dilakukan pada kasus penentuan siswa teladan. Selain beberapa kelebihan yang dimiliki oleh metode

backpropagation, metode ini juga mempunyai kelemahan yang sangat berpengaruh pada analisis yang dihasilkan. Yaitu kecepatan konvergensi pembelajaran yang lambat. Untuk itu diperlukan pengembangan adaptive dengan memodifikasi backpropagation untuk mengubah koefisien momentum, learning rate, meminimalisir *error* dan *epoch* yang sedikit dengan learning rate dan parameter momentum yang berbeda-beda.

Beberapa penelitian yang telah banyak dilakukan sebagai analisa dengan menggunakan modifikasi pada metode backpropagation adalah: Hamid (2011) melakukan pengembangan algoritma backpropagation dengan melakukan perubahan gain, momentum dan learning rate. Hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah indikasi penyakit kanker 83.23% lebih cepat; Subavathi *et al.* (2011), melakukan penelitian dengan memodifikasi algoritma backpropagation berdasarkan differential error. Hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah memudahkan perhitungan learning rate untuk hidden dan output layer dengan modifikasi bobot dan menambah konvergensi kecepatan. Istook *et al.* (2013) melakukan penelitian dengan mengembangkan backpropagation dengan modifikasi windowed momentum. Hasil yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan adalah windowed momentum menghasilkan kecepatan rata-rata 32% dalam waktu yang bersamaan dengan memiliki 15 dataset lebih dari 500,000 sampel data.

Berdasarkan dari penelitian tersebut, penulis mencoba untuk melakukan penelitian untuk menganalisis kuadrat *error* dan *maximum epoch* dengan metode backpropagation pada penentuan siswa teladan dengan membuat sebuah system yang dimodelkan dengan pengembangan adaptive pada metode backpropagation. Siang (2005) Didalam standar backpropagation, *learning rate* (α)

merupakan suatu konstanta yang dipakai dalam seluruh iterasinya. Perubahan dapat dilakukan dengan memberikan *learning rate* yang berbeda-beda untuk setiap bobotnya (atau bahkan *learning rate* yang berbeda-beda untuk tiap bobot dalam tiap iterasinya).

Menurut Hagan (1996), pada prinsipnya ada dua cara untuk melatih neural network yaitu dengan supervised dan unsupervised learning. Pada unsupervised learning, neural network hanya diberi data masukan saja akan tetapi output yang akan ditargetkan tidak ditentukan. Ketika data yang dimasukkan bertambah, neural network akan mengkategorikan atau mengelompokkan data masukan tersebut. Pada supervised learning, neural network akan diberi beberapa data sebagai pelatihan yang terdiri dari data masukan dan target, oleh karena itu, ketika data yang dimasukkan bertambah, neural network akan mengubah karakteristik internalnya agar sebisa mungkin menghasilkan keluaran seperti targetnya. Pada penelitian ini, pelatihan yang digunakan adalah supervised learning, dimana data yang akan dilatih berupa pasangan data input dan target (output yang diharapkan)

Ada banyak variasi yang dilakukan dengan metode neural network yang dilatih dengan supervised learning, antara lain: perceptron learning, hamming network, Hopfield network, adaptive linear neuron (*Adaline*) dan backpropagation (Hagan, 1996). Dalam penelitian ini metode yang dipakai adalah backpropagation dengan alasan karena backpropagation merupakan generalisasi dari berbagai metode tersebut di atas, oleh karena itu metode backpropagation lebih fleksibel dan secara umum relatif lebih baik dari jenis-jenis tersebut. (Hagan, 1996) Harapan penulis adalah hasil pada algoritma backpropagation dengan menentukan learning rate dan parameter momentum, faktor proposional dan momentum memiliki kecepatan konvergensi 5 kali lebih baik dari backpropagation standar. (Burse, 2010)

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pendahuluan

Pada Standar *Backpropagation Neural Network*, laju pemahaman (α) merupakan suatu konstanta yang dipakai dalam seluruh iterasinya. Perubahan dapat dilakukan dengan memberikan laju pemahaman yang berbeda-beda untuk setiap bobotnya (atau bahkan laju pemahaman yang berbeda-beda untuk tiap bobot dalam tiap iterasinya). Pada perhitungan *epoch*, dilakukan proses pelatihan untuk beberapa epoch (misal tiap 10 *epoch*). Setelah itu kesalahan dihitung berdasarkan bobot yang diperoleh yang dikenakan pada data pengujian. Jika kesalahan data uji masih turun, pelatihan akan dilanjutkan. Pelatihan dihentikan apabila kesalahannya mulai naik. Ini berarti jaringan mulai mengambil sifat yang spesifik terjadi pada data pelatihan, dan bukan generalisasi sifat data. Sedangkan pada perhitungan *error*, sangat menentukan hasil analisis yang akurat. Semakin kecilnya *error* yang didapatkan, maka semakin besar keakuratan analisis perhitungan penentuan siswa teladan.

Pada analisis ini akan ditambahkan pengembangan adaptive dengan memodifikasi backpropagation untuk mengubah koefisien momentum dan learning rate, yakni perubahan dapat dilakukan pada *learning rate* yang akan disesuaikan pada tiap iterasinya. Jika *error* pada pelatihan yang baru dengan yang lama melebihi batas maximum, maka bobot yang baru akan diabaikan. Sebaliknya jika *error* baru

dan *error* yang lama kurang dari maximum, maka bobot dipertahankan dan learning rate akan dinaikkan.

B. Data Yang digunakan

Dalam melakukan penelitian ini, penulis membutuhkan data input dalam proses *backpropagation neural network*. Data tersebut akan digunakan sebagai data pelatihan dan data pengujian. Data yang digunakan dalam proses ini adalah sebagai berikut:

Data yang digunakan secara random dengan aturan:

a. Untuk pelatihan:

- Terdiri dari 3 dataset (*Affective*(X_1), *Physikomotoric*(X_2), dan *Cognitif*(X_3));
- Setiap dataset terdiri dari X data;

b. Untuk pengujian:

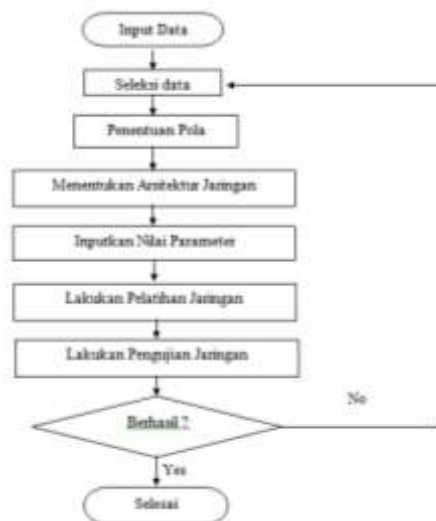
- Digunakan dataset nilai siswa, dengan batasan 4.0 - 3.66 (Predikat "Amat Baik"), 3.65- 3.33 (Predikat "Baik") 3.32 - 3.0 (Predikat "Cukup") dan lainnya (Predikat "Buruk")

C. Rancangan Penelitian

Dalam menerapkan pengembangan *adaptive learning rate* dan *parameter momentum* pada metode *backpropagation*, penulis menyusun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini yang dapat dijabarkan sebagai berikut.

1. Prosedur Kerja pada Jaringan

Adapun prosedur kerja jaringan pada penelitian ini secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 1. Prosedur Kerja Pada Jaringan

Berikut ini penjelasan dari prosedur kerja penelitian pada gambar diatas adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data siswa kelas X dari sekolah SMK Negeri 3 Lhokseumawe, Aceh.
- Penyeleksian data dilakukan untuk mendapatkan data yang diinginkan berdasarkan kriteria siswa teladan. Ini dilakukan agar output yang diterima memiliki variasi yang beragam untuk membuktikan hasil pengujian.
- Menentukan pola sesuai dengan data yang telah terseleksi.
- Menentukan arsitektur jaringan, yaitu menentukan pola hubungan antar sel-sel syaraf buatan yang terdiri dari 3

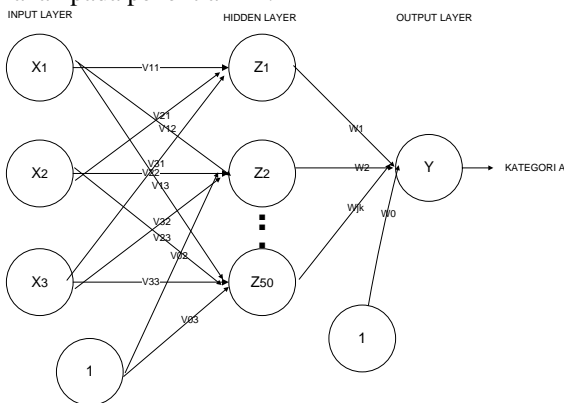
lapisan unit, yaitu unit masukan, unit tersembunyi dan unit keluaran. Arsitektur yang dipilih adalah jaringan dengan lapisan banyak (*Multilayer*).

- Inputkan nilai parameter *learning rate* (α) dan *momentum* (μ).
- Pelatihan jaringan yang dilakukan menggunakan algoritma *backpropagation* dengan pengembangan *adaptive* yang dilakukan pada fase *backforward* dengan pelatihan jaringan *momentum*.
- Kemudian dilanjutkan pada pengujian jaringan.
- Jika proses pengujian berhasil, maka hasil pengujian akan mendapatkan output sesuai dengan yang diharapkan. Namun, jika pengujian jaringan tidak berhasil, maka proses akan kembali pada proses penyeleksian data.
- Mendapatkan nilai *error* dan *epoch*.

2. Perancangan Jaringan

Jaringan Syaraf Backpropagation tersusun atas beberapa lapisan, dimana masing-masing lapisan terdiri dari beberapa unit pengolah data. Pada penelitian ini, arsitektur jaringan yang digunakan terdiri dari tiga lapisan, yaitu satu lapisan masukan (input), satu lapisan tersembunyi (hidden) dan satu lapisan keluaran (ouput). Arsitektur jaringan yang akan dibentuk terdiri dari beberapa jaringan yang terbentuk dari pola - pola yang akan didapat berdasarkan data yang ada.

Berikut adalah arsitektur jaringan Backpropagation yang digunakan pada penelitian ini:



Gambar 2. Arsitektur Jaringan Backpropagation 'Kategori A'

Keterangan :

Dataset : Dataset yang digunakan :

1. Affective (X_1) ;
2. Physicomotoric (X_2) ;
3. Cognitif (X_3) ;

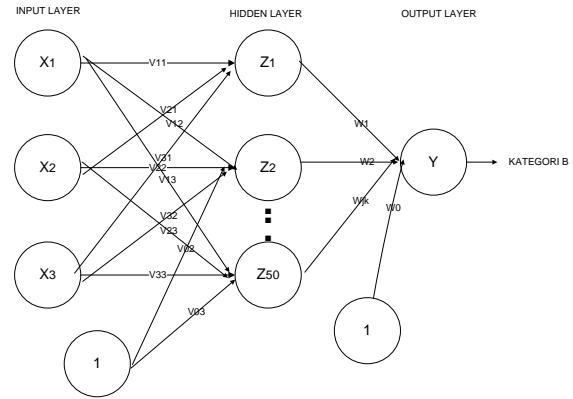
X : Masukkan data Input (X data dari 3 dataset)

Z : Jumlah neuron pada hidden layer

V : Bobot pada lapisan tersembunyi

W : Bobot pada lapisan keluaran

Y : Keluaran hasil dengan Kategori 'A'



Gambar 3. Arsitektur Jaringan Backpropagation 'Kategori B'

Keterangan :

Dataset : Dataset yang digunakan :

1. Affective (X_1) ;
2. Physicomotoric (X_2) ;
3. Cognitif (X_3) ;

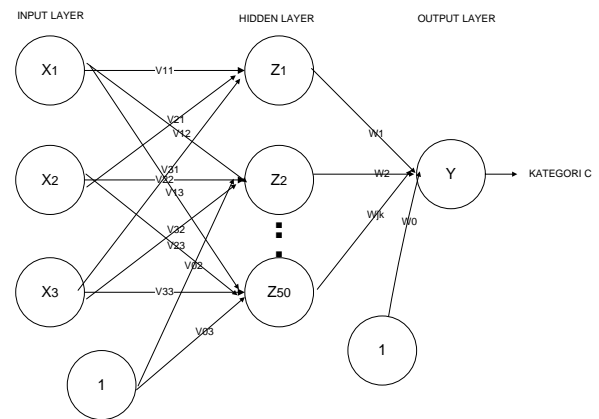
X : Masukkan data Input (X data dari 3 dataset)

Z : Jumlah neuron pada hidden layer

V : Bobot pada lapisan tersembunyi

W : Bobot pada lapisan keluaran

Y : Keluaran hasil dengan Kategori 'B'



Gambar 4. Arsitektur Jaringan Backpropagation 'Kategori C'

Keterangan :

Dataset : Dataset yang digunakan :

1. Affective (X_1) ;
2. Physicomotoric (X_2) ;
3. Cognitif (X_3) ;

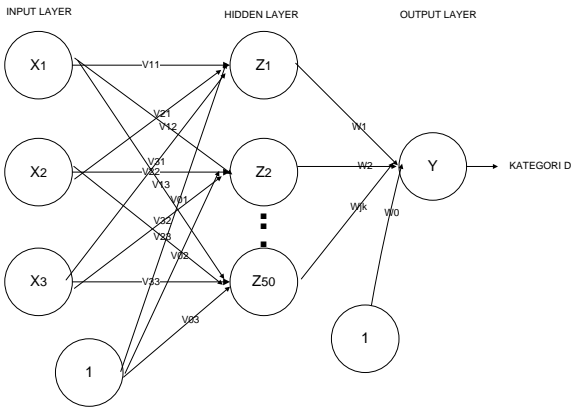
X : Masukkan data Input (X data dari 3 dataset)

Z : Jumlah neuron pada hidden layer

V : Bobot pada lapisan tersembunyi

W : Bobot pada lapisan keluaran

Y : Keluaran hasil dengan Kategori 'C'



Gambar 5 Arsitektur Jaringan Backpropagation ‘Kategori D’

Keterangan :

Dataset : Dataset yang digunakan :

1. Affective (X_1) ;
2. Psychomotoric (X_2) ;
3. Kognitif (X_3) ;

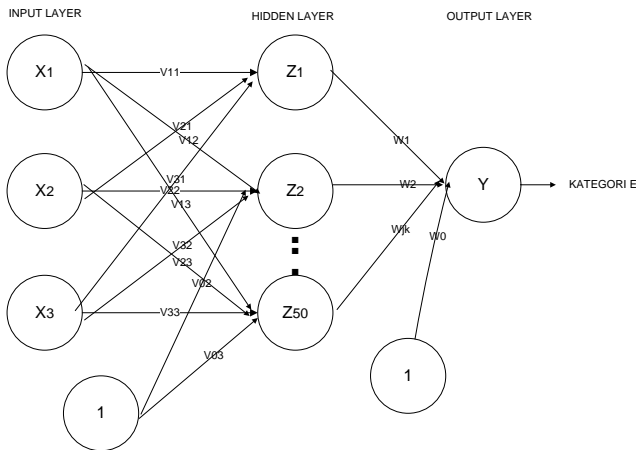
X : Masukkan data Input (X data dari 3 dataset)

Z : Jumlah neuron pada hidden layer

V : Bobot pada lapisan tersembunyi

W : Bobot pada lapisan keluaran

Y : Keluaran hasil dengan Kategori ‘D’



Gambar 6 Arsitektur Jaringan Backpropagation ‘Kategori E’

Keterangan :

Dataset : Dataset yang digunakan :

1. Affective (X_1) ;
2. Psychomotoric (X_2) ;
3. Kognitif (X_3) ;

X : Masukkan data Input (X data dari 3 dataset)

Z : Jumlah neuron pada hidden layer

V : Bobot pada lapisan tersembunyi

W : Bobot pada lapisan keluaran

Y : Keluaran hasil dengan Kategori ‘E’

Data yang akan dilatih adalah sebanyak 9 data pada setiap dataset yang akan dilatihkan disusun menjadi suatu matrik dengan ukuran, baik pada saat pelatihan maupun pada saat pengujian. Keluaran atau target yang diinginkan adalah Membership function dengan skala: Amat Baik (A), Baik (B), Cukup (C), dan Buruk (D)

Parameter yang diatur didalam jaringan backpropagation adalah sebagai berikut:

- Learning Rate (α)
Learning Rate/Laju pembelajaran yang dipilih dari bilangan yang telah ditentukan yaitu : {0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0}
- Parameter Momentum
Konstanta untuk nilai parameter momentum berupa bilangan positif yang telah ditentukan untuk dianalisa adalah: {0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0}
- Jumlah Iterasi maximum.
- Maksimum iterasi adalah jumlah epoch maksimum yang boleh dilakukan selama proses pelatihan. Iterasi akan berhenti apabila jumlah epoch yang sudah dilatihkan melebihi jumlah maksimum epoch.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pendahuluan

Pada bab ini, penulis melakukan penelitian yang terfokus adaptive learning rate dan pengembangan parameter momentum dengan melihat dari hasil jumlah iterasi pada pelatihan data SMK (Sekolah Menengah Kejuruan) 3 Lhokseumawe, Aceh. Program Simulasi dalam analisis ini dibangun dengan menggunakan komputer Prosesor Intel Core i5, 2.60 GHz. RAM, 2 GB. VGA, 1 GB dan menggunakan bahasa pemrograman C#. Pada analisa yang telah dilakukan menggunakan simulasi 2 algoritma yaitu algoritma backpropagation standard pada propagasi maju (forward propagation) dan algoritma momentum backpropagation pada propagasi balik (backward propagation).

Tabel 1.

Spesifikasi Arsitektur JST Backpropagation

Karakteristik	Spesifikasi
Arsitektur	1 Lapisan Tersembunyi
Neuron Input	3
Neuron Hidden	3
Neuron Output	1
Fungsi Aktivasi	Sigmoid Biner
Inisialisasi Bobot	Random
Target Error	Disesuaikan
Maximum Epoch	1000
Learning Rate	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0
Parameter Momentum	0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, 1.0

B. Implementasi Sistem

Proses pelatihan dan pengujian data dalam penelitian ini dirancang menggunakan pemrograman C# sehingga akan memudahkan dalam mensimulasi algoritma *backpropagation*. Berikut ini akan dijelaskan mengenai rancangan system yang akan menghasilkan hasil analisis pada pengujian dan pelatihan jaringan pada pengembangan algoritma backpropagation.

Pada simulasi *backpropagation* tampilan yang dirancang berbentuk GUI (Grafik User Interface) sebagai user interface dalam proses perhitungan algoritma. Pada simulasi *backpropagation* terdiri dari Tampilan Pelatihan dan pengujian data serta tampilan grafik sebagai pengukur data.

Berikut ini akan dijelaskan system yang akan digunakan sebagai simulasi pengujian dan pelatihan data. Tampilan

system untuk simulasi analisis backpropagation adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Tampilan User Interface Simulasi Backpropagation

Pada form simulasi system diatas digunakan untuk melatih dataset menggunakan pengembangan algoritma backpropagation. Beberapa langkah yang dilakukan pada *general properties*/pengaturan umum adalah sebagai berikut:

- Masukkan Nilai Momentum.
- Masukkan Nilai Learning Rate
- Masukkan Looping/Epoch
- Masukkan Error Rate/ Target Error
- Masukkan Transfer Function/fungsi gradient.

Adapun pada layer properties, dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

- Masukkan Total Input Unit
- Masukkan Hidden Unit
- Masukkan Total Output Unit
- Jika seluruh data telah dimasukkan, klik tombol ‘Set’ untuk menampilkan input dan target data.
- Tombol ‘New’ digunakan untuk men-reset data kembali kosong.

Sedangkan pada NN Panel, dilakukan beberapa langkah sebagai berikut:

- Tombol ‘Run’ akan digunakan untuk menghitung jumlah bobot – bobot yang akan dilatih.
- Tombol ‘Graphic’ digunakan untuk menampilkan grafik error dan epoch yang dihasilkan dari hasil data training.

Hasil Penelitian pada Pengembangan Algoritma Backpropagation. Berikut ini akan dipaparkan hasil analisis yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan. Hasil analisis tersebut diperoleh dari proses pelatihan data dan pengujian data baru.

1. Proses Pelatihan Data

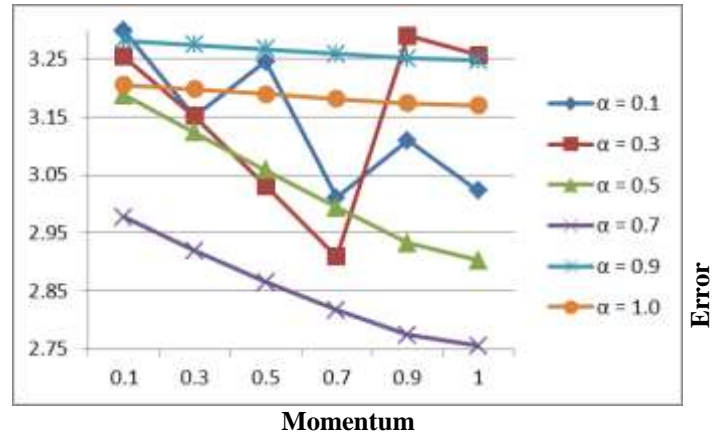
Algoritma backpropagation merupakan algoritma yang akan menghasilkan nilai terbaik melalui serangkaian uji coba trial and error. untuk itu pada penelitian ini, penulis melakukan beberapa percobaan untuk menentukan error dan epoch dengan melakukan modifikasi learning rate (α) dan parameter momentum.

2. Hasil Pengkategorian Data

Pada langkah ini dataset yang akan dilatih akan dilakukan proses filter dengan mengkategorikannya berdasarkan kriteria. Proses seleksi dilakukan untuk mengkategorikan data berdasarkan criteria yang sudah ditentukan dengan batasan 4.0 - 3.66 (Predikat “Amat Baik”), 3.65 - 3.33 (Predikat “Baik”) 3.32 – 3.0 (Predikat “Cukup”) dan lainnya (Predikat “Buruk”). Proses ini dilakukan guna menghasilkan output yang diharapkan.

No.	Nama	Kelas	Affective (Pengetahuan) (X ₁)	Physico motoric (Keterampilan) (X ₂)	Cognitive (Sikap) (X ₃)	Rata-Rata	KATEGORI
1.	Faisal	X AK 1	3.39	3.43	3.41	3.41	B
2.	Cut Riza Putri	X AK 1	3.27	3.31	3.29	3.29	C
3.	Liviani	X AK 1	3.02	3.16	3.09	3.09	C
4.	Dian Ramadan	X AK 1	2.92	2.98	2.95	2.94	D
5.	Maula Naim	X AK 1	2.87	2.96	2.91	2.91	D
6.	Maulana Fikri	X AK 1	3.50	3.67	3.63	3.6	A
7.	Yulia Mursalina	X AK 2	3.25	3.35	3.29	3.29	C
8.	Hayatul Fitri	X AK 2	3.27	3.29	3.28	3.28	C
9.	Nadatul Wina	X AK 2	3.10	3.00	3.05	3.05	C
10.	Alfaizar	X AK 2	2.81	2.85	2.83	2.83	D
11.	Cut Fitri	X AK 2	3.7	3.67	3.63	3.66	A
12.	Juliadi	X AK 2	2.79	2.87	2.83	2.83	D
13.	Annisa	X AK 3	3.27	3.29	3.28	3.28	D
14.	Raudhatul Muna	X AK 3	3.21	3.23	3.21	3.21	C
15.	Ulva Mahira	X AK 3	3.04	3.02	3.03	3.02	C
16.	Mursalin	X AK 3	2.60	2.85	2.72	2.81	D
17.	Ferdian Saputra	X AK 3	2.60	2.79	2.69	2.78	D
18.	Isrika Sari Mulyani	X APK	3.39	3.29	3.34	3.34	B
19.	Rizki Meunazar	X APK	3.23	3.27	3.24	3.24	C
20.	Adilla	X APK	3.04	3.04	3.04	3.04	C
21.	Metuah Sari	X APK	3.25	3.00	3.12	3.12	C
22.	Ihsan Guna	X APK	3.50	3.67	3.63	3.6	A
23.	Lisna	X APK	2.98	3.00	2.98	2.98	D
24.	Yuriza	X PD	3.34	3.39	3.41	3.41	B
25.	Alvita Nurfajri	X PD	3.14	3.12	3.13	3.13	C
26.	Iswanda	X PD	2.96	3.02	2.98	2.98	D
27.	Fakhrurazi	X PD	2.75	2.94	2.84	2.84	D
28.	T. Rahmatul Sufri	X PD	1.65	1.46	1.55	1.55	D
29.	Melly Satria	X PM 1	3.50	3.67	3.7	3.66	A
30.	Cris Fitriani	X PM 1	3.31	3.35	3.33	3.33	B
31.	Nabil	X PM 1	3.17	3.17	3.17	3.17	C
32.	Nur Fitriana	X PM 1	2.98	3.04	3.00	3.00	C
33.	Ema Safridayanti	X PM 1	2.39	2.51	2.44	2.44	D
34.	Munawar Akbar	X PM 1	0.33	0.51	0.42	0.42	D
35.	Rozana Hilda	X PM 2	3.17	3.21	3.19	3.19	C
36.	Ismawati	X PM 2	3.13	3.17	3.15	3.15	C
37.	Arsan Sahir	X PM 2	3.04	3.04	3.03	3.03	C
38.	Fakhrul Rizal	X PM 2	2.84	2.90	2.86	2.86	D

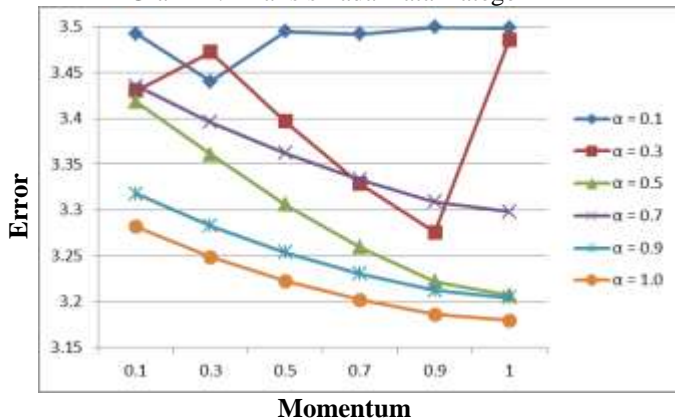
39.	M. Syahrel	X PM 2	2.88	2.86	2.86	2.86	D
40.	Azira Rifni	X PS	3.46	3.39	3.43	3.43	B
41.	Rian Rafsanjani	X PS	3.35	3.27	3.31	3.31	C
42.	Rama Silfandi	X PS	3.19	3.19	3.18	3.18	C
43.	Saryulis	X PS	2.91	3.00	2.95	2.95	D
44.	Surya Putra	X PS	2.87	3.00	2.93	2.93	D
45.	Nuraida	X UPW	3.45	3.35	3.40	3.40	B
46.	Raudatul Maulida	X UPW	3.24	3.28	3.25	3.25	C
47.	Nazirah Ouliya	X UPW	2.98	3.00	2.98	2.98	D
48.	Utari	X UPW	2.83	2.78	2.80	2.80	D
49.	Haekal Sulaiman	X UPW	3.7	3.67	3.63	3.66	A
50.	Nurazmi	X UPW	2.81	2.81	2.80	2.80	D



1) Hasil dan Pembahasan Pelatihan Algoritma

Pada Pelatihan uji pengembangan Algoritma Backpropagation, digunakan pengujian *Learning Rate* (α) terhadap *momentum* yang berbeda – beda. Berikut ini adalah hasil analisis yang dilakukan penulis terhadap data pada Kategori ‘A’ dari data yang telah diklasifikasikan:

Grafik 1. Analisis Pada Data Kategori A

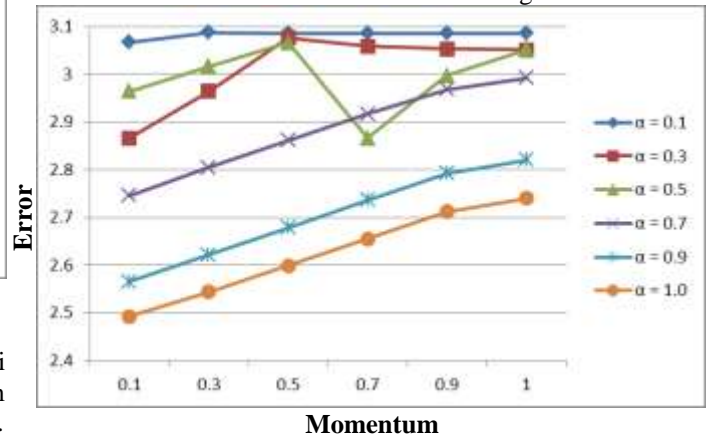


Berdasarkan Grafik 1, didapatkan hasil analisis nilai *Learning rate* (α) terhadap *Momentum* menunjukkan perolehan pengujian error tidak mencapai titik stabilitas. berdasarkan grafik diatas, nilai pada $\alpha = 0.1$, $\alpha = 0.3$, $\alpha = 0.5$ dan $\alpha = 0.7$ tidak memperoleh nilai yang tetap. Hal ini ditunjukkan pada grafik berwarna hijau ($\alpha = 0.5$), merah ($\alpha = 0.3$), biru tua ($\alpha = 0.1$) dan ungu ($\alpha = 0.7$) yang mana nilai error yang didapatkan mencapai titik teratas. Sedangkan pada nilai *learning rate* ($\alpha > \{0.7\}$) didapatkan garis grafik yang seimbang serta nilai error yang berada pada posisi bawah. Hal ini ditunjukkan pada grafik bahwa nilai error terendah berada pada titik nilai *momentum* yang paling besar yaitu 1.

Grafik 2. Analisis Pada Data Kategori B

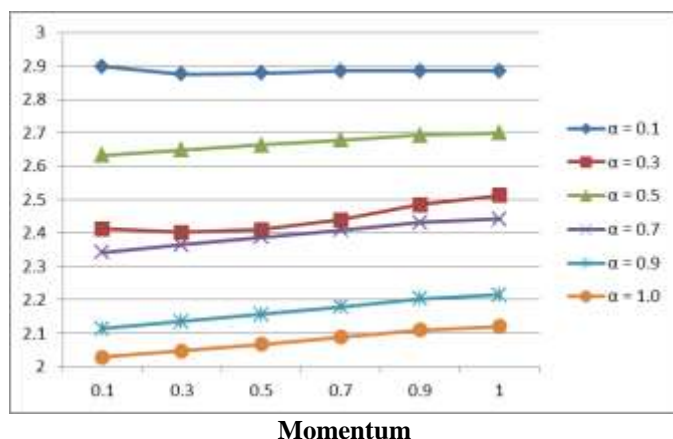
Berdasarkan Grafik 2, didapatkan hasil analisis nilai *Learning rate* (α) terhadap *Momentum* menunjukkan perolehan pengujian error tidak mencapai titik stabilitas. berdasarkan grafik diatas, nilai pada $\alpha = 0.1$, dan $\alpha = 0.3$ tidak memperoleh nilai yang tetap. Hal ini ditunjukkan pada grafik berwarna hijau ($\alpha = 0.5$) dan merah ($\alpha = 0.3$), yang mana nilai error yang didapatkan mencapai titik teratas. Sedangkan pada nilai *learning rate* ($\alpha = 0.7$) didapatkan garis grafik yang seimbang serta nilai error yang berada pada posisi bawah dan terletak pada posisi *momentum* yang terbesar.

Grafik 3. Analisis Pada Data Kategori C



Berdasarkan Grafik 3, didapatkan hasil analisis nilai *Learning rate* (α) terhadap *Momentum* menunjukkan perolehan pengujian error tidak mencapai titik stabilitas. berdasarkan grafik diatas, nilai pada $\alpha = 0.1$, $\alpha = 0.3$ dan $\alpha = 0.5$ tidak memperoleh nilai yang tetap. Hal ini ditunjukkan pada grafik berwarna hijau ($\alpha = 0.5$), merah ($\alpha = 0.3$) dan biru tua ($\alpha = 0.1$) yang mana nilai error yang didapatkan mencapai titik teratas. Sedangkan pada nilai *learning rate* ($\alpha > 0.5$) didapatkan garis grafik yang seimbang serta nilai error yang berada pada posisi bawah. Hal ini ditunjukkan pada grafik berwarna ungu, biru muda dan orange.

Grafik 4. Analisis Pada Data Kategori D



Berdasarkan Grafik 4, didapatkan hasil analisis nilai Learning rate (α) terhadap Momentum menunjukkan perolehan pengujian error mencapai titik stabilitas. berdasarkan grafik diatas, nilai pada $\alpha = 0.1$, $\alpha = 0.3$ dan $\alpha = 0.5$ perolehan nilai yang dihasilkan mencapai nilai error teratas. Hal ini ditunjukkan pada grafik berwarna hijau ($\alpha = 0.5$) merah ($\alpha = 0.3$) dan biru ($\alpha = 0.1$).

Sedangkan pada nilai learning rate ($\alpha > 0.5$) didapatkan garis grafik yang seimbang pula serta nilai error yang berada pada posisi bawah dan terletak pada posisi momentum yang terbesar.

2) *Proses Pengujian Data*

Proses pengujian data dilakukan setelah proses pelatihan selesai. Pengujian ini dilakukan untuk menguji kebenaran dari target data yang dihasilkan. Data yang digunakan sebagai pengujian berasal dari sekolah yang berbeda untuk menguji kebenaran dari algoritma backpropagation.

3) *Hasil Pengkategorian Data*

Berikut ini diperoleh data baru yang telah diklasifikasikan berdasarkan criteria pengaplikasian kurikulum 2013 pada Sekolah Menengah Kejuruan.

18.	Hafidh	3.33	3.33	3.66	3.44	B
19.	Ainul Husna	3.66	3.33	3.33	3.44	B
20.	Muhammad Dicky Maulana	3.66	3.33	3.66	3.55	B
21.	Annisa Karima	3.66	3.2	3.2	3.35	B
22.	Cut Ariska Funna	3.66	3.2	3.02	3.29	B
23.	Cut Ema	3.66	3.0	3.5	3.38	B
24.	Cut Manda	3.66	3.33	3	3.33	B
25.	Deby Triskandi	3.66	2.66	3.7	3.34	B
26.	Dian Wahyu	3.33	3.2	3.5	3.34	B
27.	Elvira Diahyu	3.66	3.33	3	3.33	B
28.	Epa Mauliana	3.66	3.21	3.2	3.35	B
29.	Elsya Laura Manaura	3.33	3.2	3.4	3.31	B
30.	Fitriani	3.00	3.00	3.00	3.00	C
31.	Alfinas Fasa	3.00	3.00	3.33	3.11	C
32.	Halimatul Sakdiah	3.00	3.00	3.33	3.11	C
33.	Hery Son	3.00	3.00	3.33	3.11	C
34.	Angga Arlianda	2.66	3.00	3.33	3.00	C
35.	Israqiah	3.00	3.00	3.33	3.11	C
36.	Mauliza Tunnisa	3.00	3.00	3.00	3.00	C
37.	Irvan Turhamun	2.66	3.00	3.00	2.89	D
38.	Al Furqan	2.66	2.66	2.66	2.66	D
39.	Maulana Iqbal	2.66	2.66	2.33	2.55	D
40.	Angki Alexandra	2.66	3.00	2.33	2.66	D
41.	Ferriyansyah	2.66	2.66	2.33	2.55	D
42.	Maulana Iqbal	2.66	2.66	2.33	2.55	D
43.	Najmul Fathoni	2.66	2.66	2.33	2.55	D
44.	Izar Maulana	2.66	2.66	2.33	2.55	D
45.	Bayu Septian	2.66	3.00	2.33	2.66	D
46.	Haridoni Andika	2.66	2.66	2.33	2.55	D
47.	Munawar Saputra	2.66	2.66	2.33	2.55	D
48.	Riski Imanda	2.66	2.66	2.33	2.55	D
49.	Ferriyansyah	2.66	2.66	2.33	2.55	D
50.	Angki Alexandra	2.66	3.00	2.33	2.66	D

IV. KESIMPULAN

Penerapan algoritma jaringan syaraf tiruan backpropagation secara luas telah di implementasikan dalam berbagai aplikasi yang praktis, algoritma ini masih memerlukan perbaikan. Pada penelitian ini penulis menambahkan adaptive learning rate dan parameter momentum pada perhitungan update bobot dengan mengambil nilai bobot yang berbeda-beda pada setiap iterasinya. Hal ini dilakukan untuk menguji nilai learning rate dan parameter momentum yang baik digunakan pada saat pengujian dan pelatihan. Dari hasil penelitian dan pembahasan maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

- Penentuan nilai Momentum (μ) dan Learning Rate (α) sangat berpengaruh pada nilai error dan epoch yang didapatkan sebagai efektifitas algoritma backpropagation.
- Dari hasil penelitian diperoleh bahwa algoritma momentum backpropagation dengan pengembangan adaptive learning rate dan parameter momentum dapat mencapai nilai error sekecil mungkin dan epoch yang akurat dengan menggunakan nilai momentum(α) = |0.9, 1.0| dan nilai learning rate(μ) = {> 0,7}.

REFERENSI

[1] Burse K., Manoria M., Kirar, V.P.S. 2010. *Improved Backpropagation Algorithm to Avoid Local Minima in Multiplicative Neuron Model*. World Academy of Science, Engineering and Technology 48 2010

[2] Dewi, S.K. dan Hartati, S. 2010, *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

[3] Fitri, Z. 2014, *Penentuan Siswa Teladan Dengan Menggunakan Fuzzy Inferensi Tsukamoto*, Ssnastikom, 2014.

No	Nama	Affective (Pengetahuan) (X ₁)	Physicomotoric (Keterampilan) (X ₂)	Cognitive (Sikap) (X ₃)	Rata-Rata	KATEGORI
1.	Dhaniel Akbar	3.66	3.66	3.66	3.66	A
2.	Eka Rahma	3.66	3.66	3.66	3.66	A
3.	Husainul Amri	3.33	3.66	3.66	3.66	A
4.	Muhammad Fakrul Reza	3.66	3.66	3.66	3.66	A
5.	Muhammad Ikhsan	3.33	3.66	3.66	3.66	A
6.	Muhammad Irwan Baihaqi	3.33	3.66	3.66	3.66	A
7.	Muhammad Pandu Maulana	3.33	3.66	3.66	3.66	A
8.	Muhammad Rizki B	3.66	3.66	3.66	3.66	A
9.	Muhammad Rizki K	3.66	3.66	3.66	3.66	A
10.	Muhammad Taufik Ridha	3.66	3.66	3.66	3.66	A
11.	Rafika Fitria	3.33	3.66	3.66	3.66	A
12.	Sayed Fadhil Akbar	3.66	3.66	3.66	3.66	A
13.	Syahroel Ramadhan	3.33	3.66	3.66	3.55	A
14.	Syahrul Ramadhan	3.33	3.66	3.66	3.55	A
15.	Zaki Mubarrak	3.33	3.66	3.66	3.55	A
16.	Zulfahmi	3.33	3.66	3.66	3.55	A
17.	Ajirna	3.34	3.33	3.33	3.33	B

- [4] Hamid, N.A. Nawi, N.M. Ghazali, R. Mohd Salleh, M.N. 2011, *Improvements of Back Propagation Algorithm Performance by Adaptively Changing Gain, Momentum and Learning Rate*, International Journal on New Computer Architectures and Their Applications, 2011 (ISSN: 2220-9085).
- [5] Hamid N.A & Nawi, N.M (2011). *The Effect of Gain Variation of Activation Function in Improving Training Time of Back Propagation Neural Network on Classification Problems*. Proceedings of the Kolokium Kebangsaan Pasca Siswazah Sains dan Matematik 2009. UPSI: pp.
- [6] Hamid N.A, Nawi, N.M, Ghazali, R. & Saleh, M N.M. (2011) *Accelerating Learning Performance of Backpropagation Algorithm by Using Adaptive Gain Together with Adaptive Momentum and Adaptive Learning Rate on Classification Problems*. International Journal of Software Engineering and Application. Vol 5 No. 4.
- [7] Istook, E. Tony M, 2011, *Improved Backpropagation Learning In Neural Networks With Windowed Momentum*, International Journal of Neural Systems, Vol. 12, No.3&4, pp. 303-318.
- [8] Kusumadewi, S. 2004, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab dan Excel Link*, edisi pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Munir, R. 2004, *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, cetakan pertama, Informatika, Bandung.
- [10] Nur'afifah, 2011, *Analisis Metode Backpropagation untuk Memprediksi Indeks Harga Saham Pada Kelompok Indeks Bisnis-27*, Skripsi, Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [11] Negnevitsky, M (2005). *Artificial Intelligence a Guide to Intelligent System*. 2 Harlow, England: Addison Wesley.
- [12] Puspitaningrum, D. 2006, *Pengantar Jaringan Syarat Tiruan*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [13] Siang, J.J. 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya menggunakan Matlab*, Andi Offset, Yogyakarta.
- [14] Subavathi, S. J and Kathirvalavakumar, T. 2011, *Adaptive Modified Backpropagation Algorithm Based On Differential Errors*, International Journal of Computer Science, Engineering and Applications (IJCSEA) Vol.1, No.5, October 2011, Department of Information Technology, Sri Kaliswari College, Sivakasi, India.
- [15] Sutojo, T., Mulyanto, E. dan Suhartono, V. 2011, *Kecerdasan Buatan*, Andi Yogyakarta dan Unidus Semarang.
- [16] Yunizar, Z. 2012, *Pembangkit Fungsi Keanggotaan Fuzzy Otomatis Menggunakan Neural Network*, Tesis, Universitas Sumatera Utara, Medan.