

IMPROVISASI BACKPROPAGATION MENGGUNAKAN PENERAPAN ADAPTIVE LEARNING RATE DAN PARALLEL TRAINING

Mufidah Khairani¹⁾

Abstract

Artificial neural networks have long been used in the classification process, which offers the flexibility of neural networks to the features of the object to be classified and small storage space. The biggest drawback of the backpropagation network is the time taken by the network to learn to be very long for large data conditions of learning and the conditions in which the features between different objects have small differences. To overcome the weaknesses of the implementation of the development is carried out by applying the concept of parallel adaptive learning rate and training in order to improve the ability of the network in the learning process.

Keyword : Character Identification, Classification, Artificial Neural Network, Backpropagation, Adaptive Learning Rate, Parallel Training.

PENDAHULUAN

BackPropagation merupakan metode yang sangat baik dalam proses klasifikasi mengingat kemampuannya dalam mengadaptasikan kondisi jaringan dengan data yang diberikan dengan proses pembelajaran.

BackPropagation merupakan metode yang sangat baik dalam proses klasifikasi mengingat kemampuannya dalam mengadaptasikan kondisi jaringan dengan data yang diberikan dengan proses pembelajaran.

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Informatika Universitas Sumatera Utara

Dibalik kelebihanannya BackPropagation memiliki kelemahan yang sangat menonjol, yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses pembelajarannya. Untuk mengatasi kelemahan tersebut telah banyak penelitian yang dilakukan oleh peneliti – peneliti jaringan syaraf tiruan. Salah satu pengembangan yang diusulkan dalam penerapan metode BackPropagation adalah penggunaan teknik adaptive learning rate dimana parameter learning rate atau tingkat pembelajaran akan selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi perubahan error pada tiap iterasinya (Moreira, M., & Fiesler, E., 1995).

Adaptive learning rate memiliki pengaruh yang cukup baik pada beberapa kasus, dimana nilai eror akan lebih cepat menuju ke global optima (Moreira, M., & Fiesler, E., 1995). Namun pada beberapa kasus lain adaptive learning rate tidak memiliki peran yang cukup besar dalam meningkatkan kecepatan dan terkadang malah memperburuk tingkat pembelajaran. Penggunaan metode adaptive lainnya seperti adaptive momentum (Moreira, M., & Fiesler, E., 1995) dirasa juga tidak memiliki perbedaan yang signifikan mengingat perubahan dilakukan pada parameter pada jaringan BackPropagation.

Metode adaptive learning rate memberikan peningkatan kecepatan pada proses pembelajaran Back Propagation namun peningkatan kecepatan yang diberikan tidaklah signifikan sehingga diperlukan penambahan pengembangan lainnya yang terfokus pada mempercepat proses iterasi jaringan sehingga nilai eror pada jaringan cepat menuju ke nilai global optima (Moreira, M., & Fiesler, E., 1995). Untuk mempercepat proses iterasi pada jaringan BackPropagation, banyak teknik yang dapat digunakan yang salah satunya adalah teknik Parallel Training dimana proses pembelajaran dilakukan secara parallel (Schuessler, O., & Loyola, D., 2011).

TUJUAN PENELITIAN

1. Meneliti kinerja hasil improvisasi menggunakan kombinasi adaptive learning rate dan parallel training berdasarkan akurasi, pengembangan, proses yang dibutuhkan, kompleksitas, dan waktu yang dibutuhkan.
2. Meneliti kinerja improvisasi backpropagation pada kasus klasifikasi dan identifikasi karakter.

MANFAAT PENELITIAN

1. Memberikan alternatif dalam meningkatkan kinerja dan efektifitas jaringan backpropagation.
2. Memberikan referensi pada bidang classification dan recognition menggunakan jaringan backpropagation.

BATASAN MASALAH

Terdapat beberapa batasan yang dibuat untuk lebih memfokuskan pada tujuan yang ingin dicapai, yaitu diantaranya :

1. Penelitian hanya berfokus pada pengembangan jaringan backpropagation dengan menerapkan adaptive learning rate dan parallel training.
2. Pengujian menggunakan citra digital.
3. Pengujian dilakukan dengan menggunakan karakter Arial dengan tinggi 10 piksel dan lebar 9 piksel.
4. Karakter yang digunakan berupa huruf capital dan angka decimal yaitu 0 s/d 9.
5. Aplikasi dibangun menggunakan bahasa pemrograman MS Visual Basic Net 2010 sebagai bahasa pemrograman dan MySQL sebagai DBMS.
6. Metode analisis dan perancangan yang digunakan adalah metode terstruktur, dimana model proses yang digunakannya adalah diagram alir (*Flowchart*).

CITRA DIGITAL

Citra digital didefinisikan sebagai fungsi $f(x,y)$ dua dimensi, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan $f(x,y)$ adalah disebut dengan intensitas atau tingkat keabuan citra pada koordinat x dan y (J. Han and M. Kamber,2006). Jika x , y , dan nilai f terbatas dalam diskrit, maka disebut dengan citra digital. Citra digital dibentuk dari sejumlah elemen terbatas, yang masing-masing elemen tersebut memiliki nilai dan koordinat tertentu. *Pixel* adalah elemen citra yang memiliki nilai yang menunjukkan intensitas warna(R. C. Gonzalez and R. E. Woods,2002). Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan

pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (*Red, Green, Blue -RGB*).

JARINGAN SYARAF TIRUAN

Jaringan Syaraf Tiruan (*artificial neural network*) atau di singkat JST adalah sistem komputais dimana arsitektur dan operasi di ilhami dari pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak (Kristanto A,2004). Jaringan syaraf adalah meruapakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan di sini digunakan karena jaringan syaraf ini diimplementasikan dengan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Kusumadewi S,2003)

Hecht-Nielsend (1988) mendefinisikan sistem syaraf buatan adalah suatu struktur pemroses informasi yang terdistribusi dan bekerja secara paralel, yang terdiri atas elemen pemroses (yang memiliki memori lokal dan beroperasi dengan informasi lokal) yang diinterkoneksi bersama dengan alur sinyal searah yang disebut koneksi. Setiap elemen pemroses memiliki koneksi keluaran tunggal yang bercabang (*fan out*) ke sejumlah koneksi kolateral yang diinginkan (setiap koneksi membawa sinyal yang sama dari keluaran elemen pemroses tersebut). Keluaran dari elemen pemroses tersebut dapat merupakan sebarang jenis persamaan matematis yang diinginkan. Seluruh proses yang berlangsung pada setiap elemen pemroses harus benar-benar dilakukan secara lokal, yaitu keluaran hanya bergantung pada nilai masukan pada saat itu yang diperoleh melalui koneksi dan nilai yang tersimpan dalam memori lokal.

Jaringan neuron buatan terdiri atas kumpulan grup neuron yang tersusun dalam lapisan

1. Lapisan input (*Input Layer*): berfungsi sebagai penghubung jaringan ke dunia luar (sumber data).
2. Lapisan tersembunyi (*hidden Layer*): Suatu jaringan dapat memiliki lebih dari satu *hidden layer* atau bahkan bisa juga tidak memilikinya sama sekali.

3. Lapisan Output (*Output Layer*): Prinsip kerja neuron-neuron pada lapisan ini sama dengan prinsip kerja neuron-neuron pada lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan di sini juga digunakan fungsi *Sigmoid*, tapi keluaran dari *neuron* pada lapisan ini sudah dianggap sebagai hasil dari proses

Secara umum, terdapat tiga jenis *neural network* yang sering digunakan berdasarkan jenis *network*-nya, yaitu :

1. *Single-Layer Neural* adalah jaringan syaraf tiruan yang memiliki koneksi pada inputnya secara langsung ke jaringan output.
2. *Multilayer Perceptron Neural Network* adalah jaringan syaraf tiruan yang mempunyai layer yang dinamakan "'hidden', ditengah layer input dan output. *Hidden* ini bersifat variabel, dapat digunakan lebih dari satu *hidden layer*.
3. *Recurrent Neural Networks Neural network* adalah jaringan syaraf tiruan yang memiliki ciri, yaitu adanya koneksi umpan balik dari *output* ke *input*

ADAPTIVE LEARNING RATE

Adaptive Learning Rate merupakan pendekatan atau metode yang bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dari parameter tingkat pembelajaran atau learning rate, dimana tingkat pembelajaran merupakan parameter yang berfungsi untuk meningkatkan kecepatan belajar dari jaringan backpropagation.

Adaptive learning rate muncul karena penelitian yang dilakukan pada nilai yang konstan pada tingkat pembelajaran menyebabkan metode jaringan backpropagation menjadi tidak efisien, dikarenakan sangat bergantung pada nilai tingkat pembelajaran yang dipilih (Plagianakos, 1998). Pemilihan tingkat pembelajaran yang tidak tepat akan menyebabkan jaringan sangat lambat mencapai local optima. Karena alasan tersebut maka muncullah pendekatan adaptive learning rate.

Implementasi adaptive learning rate adalah mengganti nilai learning rate yang digunakan dalam koreksi bobot pada jaringan pada tiap iterasi menggunakan persamaan yang diusulkan oleh (Plagianakos, 1998) sebagai berikut.

$$w^{t+1} = w^t - \lambda_t \nabla E(w^t)$$

Dimana :

w^{t+1} = Bobot baru untuk iterasi berikutnya (t+1)

w^t = Bobot pada iterasi saat (t)

λ_t = *Adaptive Learning Rate*

$\nabla E(w^t)$ = Fungsi Error pada bobot iterasi saat (t)

Nilai λ_t dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$\lambda_t = \begin{cases} \eta_t & , \left| \frac{\eta_t}{\eta_{t-1}} \right| \leq \mu \\ \mu \eta_{t-1} & , \text{kondisi lain} \end{cases}$$

Dimana :

$$\eta_t = \frac{\langle \delta_{t-1}, \delta_{t-1} \rangle}{\langle \delta_{t-1}, \psi_{t-1} \rangle}$$

μ = Faktor Pertumbuhan Maksimum

PARALLEL TRAINING

Parallel training merupakan pendekatan implementasi pelatihan jaringan *Backpropagation* dimana proses pelatihan dilakukan secara paralel. Dipandang dari sudut pandang perangkat keras, *parallel training* dapat dibagi menjadi dua kategori yang mana kategori pertama adalah pelatihan paralel dengan memanfaatkan unit pengolah atau CPU lebih dari satu sedangkan kategori kedua adalah pelatihan paralel dengan menggunakan teknologi *multithreading* (Mumtazimah, 2012).

Jaringan *backpropagation* adalah sebuah proses berulang yang seringkali membutuhkan waktu yang sangat lama dalam prosesnya. Ketika proses pelatihan dibagi menjadi beberapa unit dan diproses secara bersamaan maka waktu yang dibutuhkan juga akan jauh lebih sedikit. Berikut tahap - tahap dalam implementasi *Parallel Training* pada jaringan *Backpropagation* (Schuessler & Loyola, 2011).

1. Partisi set data pelatihan T menjadi bagian - bagian yang sama besar (T_1, T_2, \dots, T_n)

2. Masukkan partisi - partisi data pelatihan ke dalam unit - unit jaringan backpropagation yang telah disediakan, tiap unit jaringan memiliki struktur dan parameter yang sama atau identik.
3. Lakukan proses *forward propagation* pada tiap unit.
4. Hitung total perubahan bobot dari semua unit jaringan, dan terapkan koreksi perubahan bobot pada tiap jaringan.
5. Ulangi langkah tiga sampai kondisi berhenti tercapai.

PHP

Visual Basic 2010 adalah sebuah bahasa pemrograman berbasis OOP atau *object oriented programming* yang memanfaatkan teknologi .NET yang digunakan untuk membuat aplikasi di lingkungan kerja berbasis Windows. Visual Basic 2010 atau Visual Basic .NET 2010 merupakan pengembangan dari versi visual basic sebelumnya, dibandingkan dengan versi sebelumnya Visual Basic 2010 telah menggunakan antar muka pengguna yang canggih dan teknologi .NET terbaru yaitu .NET 4.0.

Visual Basic 2010 telah menggunakan gaya pemrograman berbasis objek atau OOP, hal ini merupakan perkembangan yang sangat signifikan dibandingkan dengan versi sebelumnya seperti Visual Basic 6.0 kebawah yang belum menerapkan pemrograman berbasis objek secara penuh. Penggunaan paradigm pemrograman berbasis objek pada Visual Basic 2010 telah membuat gaya pemrograman Visual Basic selama ini berubah, dimana setiap entity atau komponen pada suatu *project* akan dianggap sebagai kelas atau tipe, seperti form atau komponen *textbox* akan dianggap sebagai kelas tersendiri.

MySQL

MySQL adalah *multiuser database* yang menggunakan bahasa *Structured Query Language* (SQL). MySQL dalam operasi *client server* melibatkan *server daemon* MySQL disisi *server* dan berbagai macam program serta *library* yang berjalan disisi *client*. MySQL mampu menangani data yang cukup besar. Perusahaan yang mengembangkan MySQL yaitu TEX, mengaku mampu menyimpan data lebih dari 40

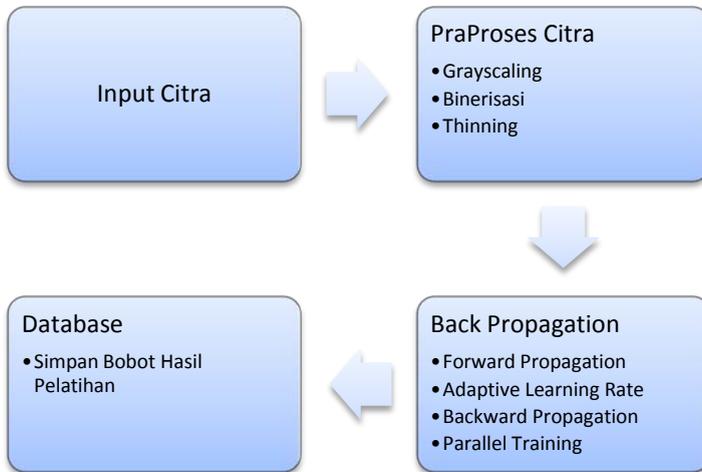
database, 10.000 tabel, dan sekitar 7.000.000 baristotalnya kurang lebih 100 Gigabyte data. (Aan Tri Wibowo. 2013).

ANALISIS SISTEM

Analisis adalah tahap aktifitas kreatif dimana analis berusaha memahami permasalahan secara mendalam terhadap metode yang diterapkan. Ini adalah proses *iterative* yang terus berjalan hingga permasalahan dapat dipahami dengan benar. Analisis bertujuan untuk mendapatkan pemahaman metode yang diangkat secara keseluruhan tentang sistem yang akan dibuat berdasarkan masukan dari pihak-pihak dan juga pengalaman analis yang berkepentingan dengan sistem tersebut.

Algoritma

Algoritma yang akan menjadi topic utama pada penelitian ini adalah algoritma *Backpropagation* dan pengembangannya. Pengembangan yang akan diterapkan pada algoritma *backpropagation* terbagi menjadi dua jenis pengembangan, dimana pengembangan *adaptive learning rate* merupakan pengembangan yang ditujukan untuk mempercepat jaringan dalam mencapai nilai local optima, sedangkan pengembangan *parallel training* merupakan pengembangan yang ditujukan untuk mempercepat proses pembelajaran terhadap input data pembelajaran. Untuk gambaran alur proses yang akan diterapkan pada aplikasi yang dibangun dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1 Alur Proses Pembelajaran



Gambar 2 Alur Proses Identifikasi

ALGORITMA BACKPROPAGATION

Algoritma backpropagation merupakan algoritma yang digunakan dalam mengidentifikasi karakter huruf atau angka yang terdapat pada citra input. Secara garis besar, algoritma backpropagation dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap forward propagation dan backward propagation. Seperti yang telah dijelaskan pada bab landasan teori sebelumnya, tahap forward propagation merupakan tahap dimana data input berupa bit-bit karakter diproses melalui lapisan - lapisan yang terdapat pada jaringan dan menghasilkan output. Jika output tidak sesuai dengan yang diharapkan,

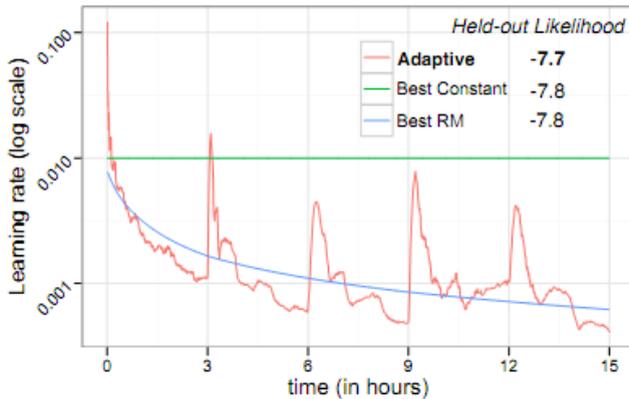
maka proses pembelajaran akan dilakukan atau tahap *backward propagation*.

Backward propagation melakukan koreksi nilai bobot pada tiap lapisan mulai dari lapisan output menuju ke lapisan input, koreksi bobot didasarkan atas selisih antara output yang dihasilkan oleh jaringan dengan output yang diharapkan. Setelah proses koreksi bobot selesai maka tahap *forward propagation* akan di lakukan kembali dengan bobot baru yang telah dikoreksi. Proses *forward* dan *backward propagation* terus dilakukan sampai jaringan mampu menghasilkan output yang diharapkan atau dianggap mampu mengenali karakter yang diberikan.

ANALISIS ADAPTIVE LEARNING RATE

Adaptive learning rate merupakan pengembangan pada algoritma *backpropagation*. Metode *adaptive learning rate* dilakukan pada saat koreksi bobot berlangsung. Algoritma *backpropagation* normal menggunakan parameter *learning rate* sebagai konstanta, dimana parameter tersebut digunakan terus menerus selama proses iterasi pembelajaran tanpa mengalami perubahan. Dengan menggunakan *adaptive learning rate*, parameter *learning rate* atau tingkat pembelajaran terus mengalami perubahan seiring proses pembelajaran yang perubahan nilainya bergantung pada selisih error pada tiap iterasi pembelajaran.

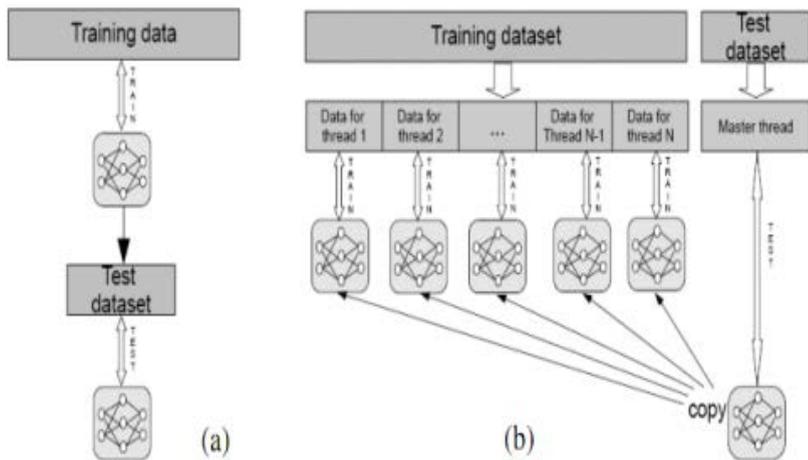
Penggunaan *adaptive learning rate* memberikan dampak positif dimana proses menuju local optima akan semakin cepat. Dimana dengan tingkat pembelajaran yang selalu menyesuaikan diri dengan nilai error yang dihasilkan mampu memberikan stabilitas dalam proses pembelajaran dibandingkan dengan tingkat pembelajaran yang konstan atau statis.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Implementasi *Learning Rate*

ANALISIS PARALLEL TRAINING

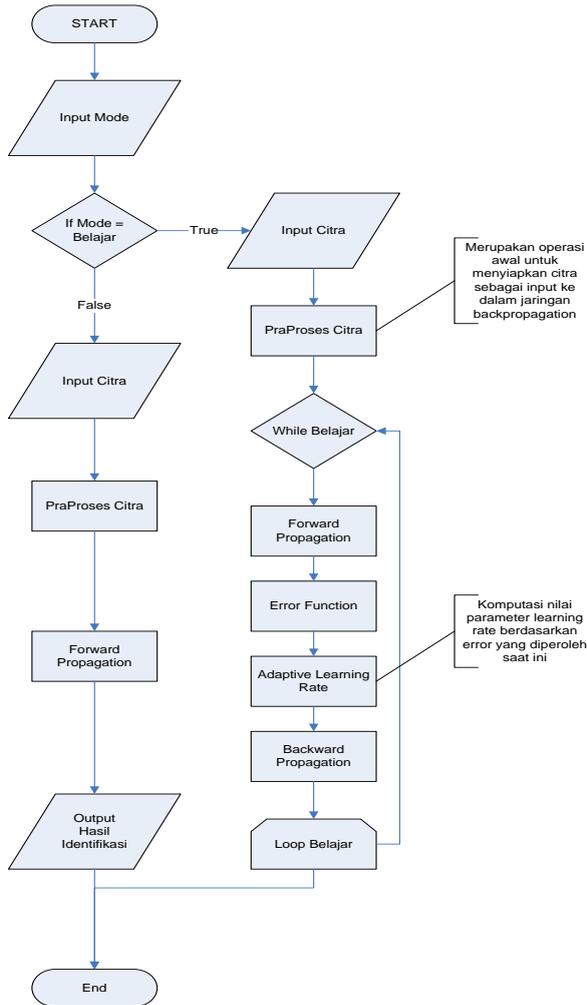
Parallel training merupakan pengembangan pada implementasi jaringan *backpropagation*. Kelebihan penggunaan *parallel training* adalah penghematan waktu dalam proses pembelajaran karena data input pembelajaran tidak lagi diproses secara bergantian, namun dapat diproses secara parallel.



Gambar 4 Presentasi skema pelatihan pada jaringan (a) Pelatihan tanpa implementasi parallel, (b) Pelatihan dengan implementasi parallel

PROSES IDENTIFIKASI

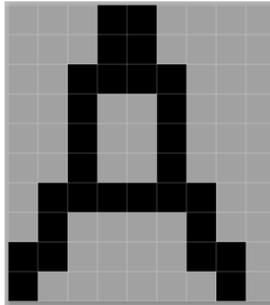
Pada penelitian ini proses identifikasi karakter atau huruf pada citra digital dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap pembelajaran dan tahap identifikasi. Tahap - tahap tersebut dapat dilihat pada diagram *flowchart* pada gambar 5 berikut.



Gambar 5 Diagram Flowchart Proses Identifikasi Karakter Huruf atau Angka Pada Citra Digital

Bahan penelitian huruf karakter huruf dan angka terdiri dari himpunan karakter huruf besar dan huruf kecil serta karakter huruf angka mulai dari karakter 0 sampai 9. Berdasarkan batasan masalah yang telah penulis

jabarkan, ukuran jendela untuk tiap karakter adalah 9×10 piksel. Berikut sample dari bahan penelitian karakter huruf 'A', arah pembacaan nilai dilakukan dari sumbu Y menuju sumbu X, dengan kata lain pembacaan nilai piksel dilakukan kebawah dan dilanjutkan ke samping. Bagian dari karakter akan diberi nilai 1, dan selain dari bagian karakter akan bernilai 0.



Gambar 6 Contoh Karakter yang digunakan.

PENGUJIAN

Pada jaringan *backpropagation* terdapat beberapa parameter yang harus ditentukan untuk membentuk jaringan *backpropagation* itu sendiri, berikut parameter - parameter yang akan digunakan pada penelitian ini.

1. Jumlah Node Input.

Sesuai dengan batasan masalah yang telah penulis uraikan mengenai ukuran piksel pada tiap karakter yaitu 9×10 , maka jumlah node input pada jaringan harus dapat menampung tiap nilai dari tiap piksel karakter, sehingga jumlah node input yang digunakan adalah **90 Node**.

2. Jumlah Node Output.

Karakter huruf terdiri dari karakter huruf besar dengan jumlah 26 karakter dan karakter huruf kecil dengan jumlah 26 karakter, ditambah dengan jumlah karakter angka yaitu 10, sehingga total jumlah karakter yang harus dikenali adalah 62 karakter. Untuk itu harus disusun pola output biner yang dapat mengakomodasi jumlah karakter, sehingga digunakan jumlah node output sebanyak **6 node**, dimana 2^6 adalah 64 sehingga dengan menggunakan 6 node akan memberikan kemungkinan 64 nilai keluaran berbeda.

3. Jumlah Node Hidden.

Jumlah node hidden dapat dikalkulasikan sebagai berikut.

$$NH = \left(\frac{2}{3} \times IH\right) + OH = (2/3 * 90) + 6 = 66 \text{ Hiden Node.}$$

4. Jumlah Partisi dan Unit Jaringan pada pelatihan paralel.

Jumlah Partisi dan Unit Jaringan yang digunakan adalah sebanyak 10 Partisi dengan data sebagai berikut.

NO.	PARTISI	UNIT JARINGAN	KARAKTER INPUT
1	T1	U1	<i>A,B,C,D,E,F</i>
2	T2	U2	<i>G,H,I,J,K,L</i>
3	T3	U3	<i>M,N,O,P,Q,R</i>
4	T4	U4	<i>S,T,U,V,W,X</i>
5	T5	U5	<i>Y,Z,A,B,C,D</i>
6	T6	U6	<i>E,F,G,H,I,J</i>
7	T7	U7	<i>K,L,M,N,O,P</i>
8	T8	U8	<i>Q,R,S,T,U,V</i>
9	T9	U9	<i>W,X,Y,Z,0,1</i>
10	T10	U10	<i>2,3,4,5,6,7,8,9</i>

pelatihan pertama terhadap jaringan syaraf backpropagation menggunakan parameter pelatihan sebagai berikut.

- a. Maksimum iterasi : 5000 iterasi
- b. Init alpha : 0.3
- c. Minimum error : 0.001

Dengan menggunakan parameter pelatihan yang telah disebutkan, berikut hasil pelatihan jaringan syaraf backpropagation normal dan backpropagation yang telah dikembangkan.

Tabel 1 Statistik Hasil Pelatihan

No	Jaringan BackPropagation	Iterasi yang dilakukan	Target Error Minimum	Error yang dicapai	Jaringan Mampu Belajar
1	Normal	4999	0,001	0,01596	Tidak
2	Pengembangan	1615	0,001	0,00099	Ya

KESIMPULAN

Setelah melakukan implementasi serta pengujian pada improvisasi jaringan backpropagation, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengembangan backpropagation yang dilakukan penulis dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kompleksitas iterasi pada proses pelatihan backpropagation, yakni dengan cara menerapkan *adaptive learning rate* dan *parallel training* pada proses pelatihan.
2. Dalam kasus rata-rata dan kasus terburuk, pengembangan backpropagation yang dilakukan penulis membutuhkan jumlah iterasi lebih efisien dalam mencapai error minimum dibandingkan backpropagation sebelumnya dalam proses pelatihan.

SARAN

Penelitian kedepannya diharapkan untuk mengatasi waktu yang lebih lama untuk tiap iterasi.

REFERENSI

Aan Tri Wibowo. (2013). "Pembuatan Aplikasi E-Commerce Pusat Oleh-Oleh Khas Pacitan Pada Toko Sari Rasa Pacitan". IJNS - Indonesian Journal on Networking and Security - ISSN: 2302-5700.

- Moreira, M., & Fiesler, E. (1995). *“Neural Network with Adaptive Learning Rate and Momentum Terms.”* SUISSSE: Institut Dalle Molle D'Intelligence Artificielle Perceptive.
- Mumtazimah, M. (2012). *“Parallel Training for Back Propagation in Character Recognition”*. Terengganu: ICCIT.
- Plagianakos, V. P. (1998). *“An Improved Backpropagation Method with Adaptive Learning Rate”*. Patras: University Of Patras.
- Putra, D. (2010). *“Pengolahan Citra Digital”*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Schuessler, O., & Loyola, D. (2011). *“Parallel Training of Artificial Neural Network Using Multithreaded and Multicore CPUs”*. Berlin: German Aerospace Center, Institute of Remote Sensing.