

PERANCANGAN DAN REALISASI PENGENALAN TULISAN TANGAN BERBASIS APLIKASI ANDROID PADA KOMPUTER MINI

DESIGN AND REALIZATION OF HANDWRITING RECOGNITION BASED ANDROID APPLICATIONS ON MINI COMPUTER

Ghilman Hafizhan¹, Gelar Budiman², Sugondo Hadiyoso³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

³Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

ghilmanhz@gmail.com, gelarbudiman@telkomuniversity.ac.id, sugondohadiyoso@gmail.com

Abstrak - Kertas merupakan barang yang banyak digunakan dalam dunia pendidikan formal. Salah satu contoh penggunaannya adalah untuk mencatat pelajaran yang diberikan oleh pengajar pada saat kegiatan belajar mengajar. Jika semakin banyak kertas yang digunakan, maka penebangan pohon juga akan semakin banyak dilakukan. Hal tersebut akan membuat hutan menjadi gundul dan meningkatkan resiko *global warming*. Sebagai salah satu solusi, maka dibuat suatu aplikasi android dengan fitur *handwriting recognition* pada perangkat komputer mini. Sistem ini akan melakukan pengenalan pada huruf dan karakter yang dimasukkan oleh *user* pada area gambar. Hasil pengenalan tersebut dapat disimpan dalam bentuk *text file*. File tersebut yang kemudian akan dijadikan sebagai catatan oleh *user*. Hasil pengujian dengan parameter dimensi *downsample* didapatkan nilai akurasi tertinggi pada dimensi 7x7, yaitu sebesar 96.2% untuk angka, 94.69% untuk *lowercase*, dan 91.30% untuk *uppercase*. Hasil pengujian dengan parameter jumlah data latih didapatkan nilai akurasi tertinggi pada jumlah 1 data latih, yaitu sebesar 96.8% untuk angka, 91.53% untuk *lowercase*, dan 91.23% untuk *uppercase*. Dengan adanya aplikasi ini para pelajar tidak memerlukan banyak kertas dalam hal catat-mencatat atau pengerjaan tugas (*paperless*).

Kata kunci: Komputer mini, android, *handwriting recognition*, *paperless*.

Abstract - Paper is an item that is widely used in the world of formal education. One example is used to write the note from the lessons given by the teacher during the teaching and learning activities. If more paper is used, then the felling of trees will also be getting a lot done. This will make the forest bare and increase the risk of *global warming*. As one solution, then made an android application with handwriting recognition feature on the mini computer. This system will make recognition to letters and characters entered by the user on the image area. The recognition results can be saved in a text file. The file will then be used as a note by the user.

Results of testing with *downsample* dimensional parameter values obtained the highest accuracy in dimensions 7x7, amounting to 96.2% for the numbers, 94.69% to lowercase, and 91.30% for uppercase. Results of testing with the amount of training data parameter values obtained the highest accuracy on the amount of training data 1, amounting to 96.8% for the numbers, 91.53% to lowercase, and 91.23% to uppercase. With this application, the students do not require a lot of paper in terms of log-recording or processing tasks (*paperless*).

Keywords: Minicomputer, android, *handwriting recognition*, *paperless*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan perangkat digital pada saat ini sudah menyebar pada seluruh aspek kegiatan manusia sehari-hari. Salah satu bidang yang menggunakan perangkat digital adalah pendidikan. Buku pelajaran yang menjadi sarana penunjang kegiatan belajar mengajar sudah banyak tersedia dalam bentuk digital, biasa disebut dengan *e-book* (*electronic book*). Sistem pembelajaran tatap muka dengan pengajar juga sudah mengalami perkembangan ke dunia digital, yaitu dengan sistem pembelajaran jarak jauh.

Salah satu kegiatan seorang pelajar adalah menulis catatan pelajaran yang diberikan oleh pengajar. Alat tulis yang digunakan untuk kegiatan tersebut saat ini masih bersifat konvensional, seperti kertas, pulpen, pensil, dan lain sebagainya. Penggunaan alat tulis kertas saat ini sudah mencapai kondisi kuantitas yang berlebihan. Akibat yang ditimbulkan oleh penggunaan kertas secara berlebihan adalah kerusakan lingkungan. Hal tersebut dikarenakan bahan pembuatan kertas adalah serat – serat kayu yang berasal dari pohon.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka solusinya adalah dengan mengganti alat tulis kertas yang berifat konvensional menjadi suatu aplikasi yang berbasis digital. Penelitian yang berkaitan dengan hal tersebut adalah mengenai pengenalan tulisan tangan (*handwriting recognition*). Penelitian tersebut telah banyak dilakukan seiring dengan semakin berkembangnya perangkat digital. Pengenalan tulisan tangan dapat dilakukan dalam dua metode yang berbeda, yaitu secara *on-line* dan *off-line*.
controller.

2. DASAR TEORI

2.1 Jenis Tulisan Tangan^[1]

Berdasarkan penelitian sebelumnya tulisan tangan dapat dibagi menjadi lima kategori:

- Boxed Discrete Characters* yaitu secara eksplisit tersegmentasikan oleh *author* yang memasukkan setiap karakter ke dalam kotak-kotak terpisah.
- Spaced discrete characters* yaitu tipe yang hanya memerlukan segmentasi spasial.
- Run-On Discretely Written Characters* yaitu tipe yang tidak dapat dipisahkan dengan kriteria spasial, namun huruf dapat dilihat dari mulai dan akhir dari gerakan pena
- Pure Cursive Script Writing* yaitu tipe yang memerlukan metode segmentasi kompleks, karena segmentasi yang dihasilkan akan memiliki berbagai interpretasi yang dapat menyebabkan ambiguitas.
- Mixed Cursive Script Writing* yaitu tipe gabungan dari tipe c dan d.

2.2 Pengertian OCR (*Optical Character Recognition*)^[1]

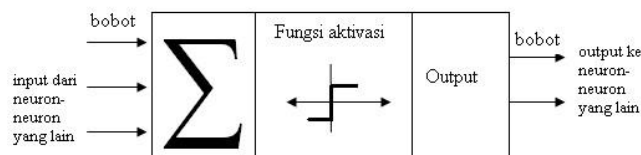
OCR adalah sebuah sistem komputer yang dapat membaca huruf, baik yang berasal dari sebuah pencetak (printer atau mesin ketik) maupun yang berasal dari tulisan tangan. Adanya sistem pengenal huruf ini akan meningkatkan fleksibilitas ataupun kemampuan dan kecerdasan sistem komputer. Dengan adanya sistem OCR maka user dapat lebih leluasa memasukkan data karena user tidak harus memakai papan ketik tetapi bisa menggunakan pena elektronik untuk menulis sebagaimana user menulis di kertas. Adanya OCR juga akan memudahkan penanganan pekerjaan yang memakai input tulisan seperti penyortiran surat di kantor pos, pemasukan data buku di perpustakaan, dll. Adanya sistem pengenal huruf yang cerdas akan sangat membantu usaha besar-besaran yang saat ini dilakukan banyak pihak yakni usaha digitalisasi informasi dan pengetahuan, misalnya dalam pembuatan koleksi pustaka digital, koleksi sastra kuno digital, dan lain-lain.

2.3 Teori Dasar Citra Digital^[3]

Citra didefinisikan sebagai sebuah fungsi intensitas cahaya dua dimensi, $f(x,y)$ dengan x dan y menyatakan koordinat ruang dan nilai dari f pada tiap titik (x,y) *proporsional* dengan derajat kecerdasan dari citra pada titik tersebut. Citra digital memiliki harga diskrit dan dapat dinyatakan dalam sebuah matrik $M \times N$ dimana M menyatakan baris dan N menyatakan kolom. Nilai dari elemen matrik (*pixel*) menyatakan derajat kecerahan pada titik tersebut. Citra suatu obyek yang diterima oleh alat penangkap merupakan berkas cahaya yang dipantulkan obyek. Fungsi intensitas cahaya dipandang sebagai karakteristik dari dua komponen, yaitu pencahayaan (*illumination*), yang menyatakan jumlah sumber cahaya yang datang pada bidang yang diamati, dinotasikan $i(x,y)$ dan pantulan (*reflectance*) yang menyatakan jumlah cahaya yang dipantulkan oleh obyek pada bidang tersebut, dinotasikan dengan $r(x,y)$.

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan^[1]

Jaringan syaraf tiruan (*artificial neural network*) atau disingkat JST adalah sistem komputasi dimana arsitektur dan operasi dilihat dari pengetahuan tentang sel syaraf biologi di dalam otak manusia. Ada beberapa tipe jaringan syaraf, namun demikian, hampir semuanya memiliki komponen-komponen yang sama. Seperti halnya otak manusia, jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron, dan ada hubungan dari neuron tersebut. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf hubungan ini disebut dengan bobot.



Gambar 1. Struktur neuron jaringan syaraf^[1]

2.4.1 Jaringan syaraf tiruan *Self Organizing Maps*^[7]

Teknik self-organizing map (SOM) dikenalkan pertama kali oleh Teuvo Kohonen, merupakan proses *unsupervised learning* yang mempelajari distribusi himpunan pola-pola tanpa informasi kelas. Ide dasar teknik ini diilhami dari bagaimana proses otak manusia menyimpan gambar/pola yang telah dikenalnya melalui mata, kemudian mampu mengungkapkan kembali gambar/pola tersebut. Pada mata kita proses tersebut adalah realisasi pemetaan *Imapping* dari retina menuju cortex. Oleh karenanya aplikasi model JST ini banyak digunakan pada pengenalan obyek/citra visual (*visual image*).

2.4.2 Metode JST Kohonen-SOM (*Self Organizing Maps*)^[7]

Ditinjau dari metode pembelajarannya, jaringan syaraf tiruan (JST) dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu JST dengan *supervised learning* dan JST dengan *unsupervised learning*. JST Kohonen-SOM merupakan salah satu model JST yang menggunakan metode *unsupervised learning*. Artinya, jaringan tersebut melakukan pembelajaran tanpa bimbingan data input-target. Jaringan ini terdiri dari dua lapisan (layer), yaitu lapisan *input* dan lapisan *output*. Setiap neuron dalam lapisan *input* terhubung dengan setiap neuron pada lapisan *output*. Setiap neuron dalam lapisan *output* merepresentasikan kelas (*cluster*) dari *input* yang diberikan.

Algoritma Pembelajaran Kohonen-SOM^[7]

- Langkah 0 : Inisialisasi pembobotan w_{ij} dengan nilai random. Mengeset parameter laju pembelajaran (α) dan faktor penurunannya (a), serta radius *neighbourhood* (R).
- Langkah 1 : Selama kondisi penghentian bernilai salah, lakukan langkah 2-7.
- Langkah 2 : Untuk tiap vektor input $x(x_i, i=1, \dots, n)$, lakukan langkah 3-5.
- Langkah 3 : Untuk setiap j ($j=1, \dots, m$), hitung jarak Euclidean
- Langkah 4 : Mencari indeks J dengan jarak $D(J)$ terdekat (minimum).
- Langkah 5 : Melakukan perbaikan nilai w_{ji} untuk setiap unit j di sekitar J , yaitu $w_{ji}(\text{baru}) = w_{ji}(\text{lama}) + \alpha[x_i - w_{ji}(\text{lama})]$
- Langkah 6 : Memodifikasi laju pemahaman.
 $a_{(t+1)} = a \cdot a_t$ (2.2.3)
- Langkah 7 : Uji kondisi penghentian.

2.5 Android^[13]

Android adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat mobile berbasis linux yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi. Android menyediakan *platform* terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka. Awalnya, Google Inc. membeli Android Inc. yang merupakan pendatang baru yang membuat piranti lunak untuk ponsel/*smartphone*. kemudian untuk mengembangkan Android, dibentuklah *Open Handset Alliance*, konsorsium dari 34 perusahaan piranti keras, piranti lunak, dan telekomunikasi, termasuk Google, HTC, Intel, Motorola, Qualcomm, T-Mobile dan Nvidia.

3. PERANCANGAN SISTEM

3.1 Deskripsi Umum Sistem

Sistem yang dirancang adalah aplikasi berbasis android pada komputer mini yang dapat mengenali dan membaca setiap huruf dan karakter yang ditulis langsung oleh *user* pada *touchscreen* menggunakan *stylus pen*. *Stylus pen* digunakan sebagai pengganti alat tulis pulpen dan pensil. *User* menulis huruf pada *touchscreen* sebagai pengganti buku atau kertas. Setelah *user* menulis pada *touchscreen*, hasil keluarannya adalah catetan yang berupa file dengan ekstensi *.txt. File tersebut yang digunakan user dan dapat dipindahkan ke media penyimpanan flashdisk. Secara umum sistem yang dirancang adalah sebagai berikut:

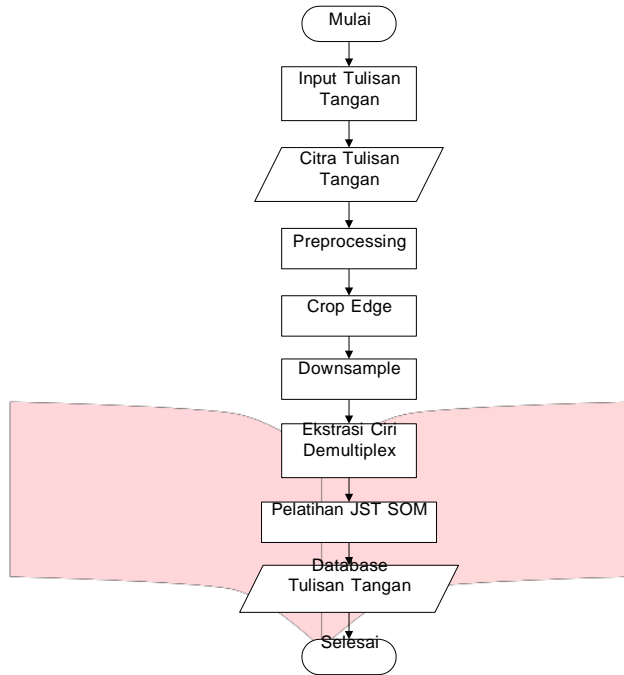


Gambar 2. Gambaran Umum Sistem

Pengenalan tulisan tangan terdapat pada tahap setelah user menulis pada *touchscreen*. Pengenalan tulisan tangan memiliki dua proses utama, yaitu proses pelatihan (*training*) dan proses pengenalan (*recognizing*). Proses pelatihan memiliki 5 tahap yaitu *preprocessing*, *crop edge*, *downsample*, ekstraksi ciri, dan pelatihan oleh JST SOM. Pada proses pengenalan memiliki 4 tahap awal yang sama seperti proses pelatihan. Perbedaannya terletak pada tahap terakhir yaitu tahap pengenalan oleh JST SOM.

3.2 Diagram Alir Proses Pelatihan Tulisan Tangan

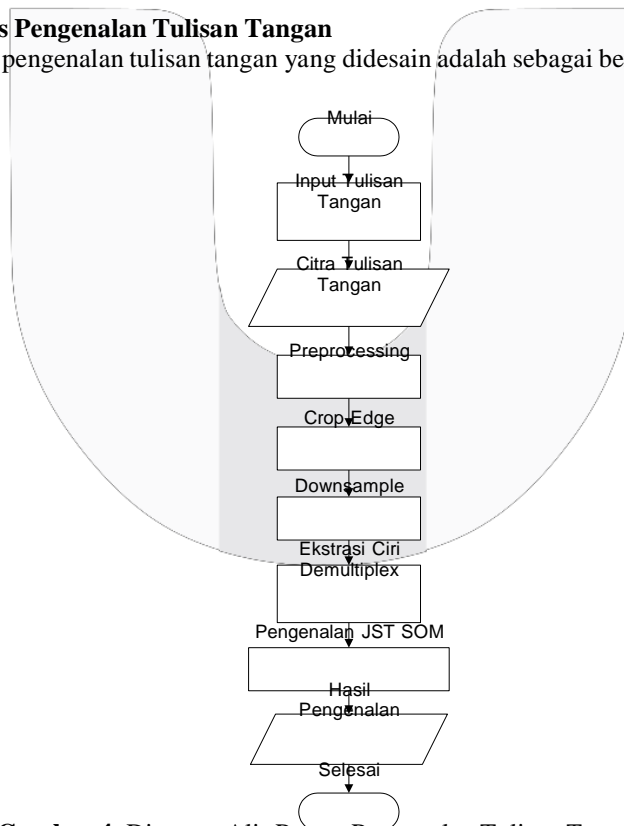
Secara umum proses pelatihan tulisan tangan yang didesain adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Proses Pelatihan Tulisan Tangan

3.3 Diagram Alir Proses Pengenalan Tulisan Tangan

Secara umum proses pengenalan tulisan tangan yang didesain adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Diagram Alir Proses Pengenalan Tulisan Tangan

3.4 Proses Pelatihan

Citra yang digunakan pada proses pembelajaran adalah tulisan tangan pada area gambar aplikasi android. Area gambar pada aplikasi android dibuat dengan parameter minimum untuk menghasilkan citra yang sesuai

kebutuhan pada proses pembelajaran. Setelah user menulis atau menggambar karakter pada area gambar, tahap selanjutnya adalah menyimpan gambar pada training set awal. Training set awal merupakan kumpulan data training yang berupa gambar huruf dan karakter (terdapat pada lampiran). Informasi yang digunakan dari gambar pada training set awal adalah pixel gambar, lebar gambar, tinggi gambar, dan huruf. Kemudian data training set awal akan melalui tahap selanjutnya, yaitu *crop edge* dan *downsample* citra.

3.5 Proses Pengenalan

Proses pengenalan (*recognize*) adalah mengenali karakter tulisan tangan sesuai dengan pengetahuan yang dimilikinya dari proses pelatihan yang sebelumnya telah dilakukan.

3.5.1 Proses Pengenalan JST SOM

Sebelum masuk ke dalam proses pengenalan oleh JST SOM maka dilakukan tahap *downsample* dan ekstraksi ciri yang sama dengan proses pelatihan.

Langkah-langkah yang dilakukan pada proses pengenalan adalah sebagai berikut:

1. Proses *downsample*, yaitu menurunkan resolusi citra dan melakukan normalisasi citra berdasarkan tinggi dan lebar yang ditentukan, salah satu contoh karakter yang telah dilatihkan yaitu 10 X 10 pixel.
2. Mengidentifikasi ekstraksi ciri yaitu setiap karakter yang telah melalui proses *downsample* selanjutnya akan diubah menjadi matrik (1 x 100) yang nantinya akan digunakan sebagai masukan JST SOM.
3. Mengidentifikasi setiap karakter yang didapat dengan menggunakan kelas yang didapat dari hasil proses pelatihan. Identifikasi dilakukan dengan membandingkan kelas yang didapat pada proses pengenalan dengan proses pelatihan.

3.6 Pengujian Sistem

Untuk pengujian sistem akan digunakan parameter akurasi dan beberapa parameter untuk memperkirakan hasil performansi dari sistem. Parameter yang akan diujikan adalah:

- a. Dimensi [panjang x lebar] pada proses *downsample* citra.
- b. Jumlah data latih.

3.7 Layout Aplikasi



Gambar 5. Layout Aplikasi

4. PENGUKURAN DAN ANALISIS

4.1 Skenario Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini dilakukan 2 skenario pengujian:

1. Skenario 1
Pengujian dilakukan dengan parameter dimensi *downsample*. Pada skenario ini menggunakan 5 dimensi, yaitu 6x6, 7x7, 8x8, 9x9, dan 10x10.
2. Skenario 2
Pengujian dilakukan dengan parameter jumlah data latih yang digunakan. Pada skenario ini menggunakan 5 jumlah data latih yang berbeda, yaitu 1 data latih, 2 data latih, 3 data latih, 4 data latih, 5 data latih.

4.1.1 Data Yang Digunakan

Pada pengujian sistem ini data yang digunakan adalah tulisan tangan penulis yang langsung ditulis pada area gambar aplikasi. Jumlah huruf dan karakter pada pengujian sistem ini adalah sebanyak 50 data tulisan tangan.

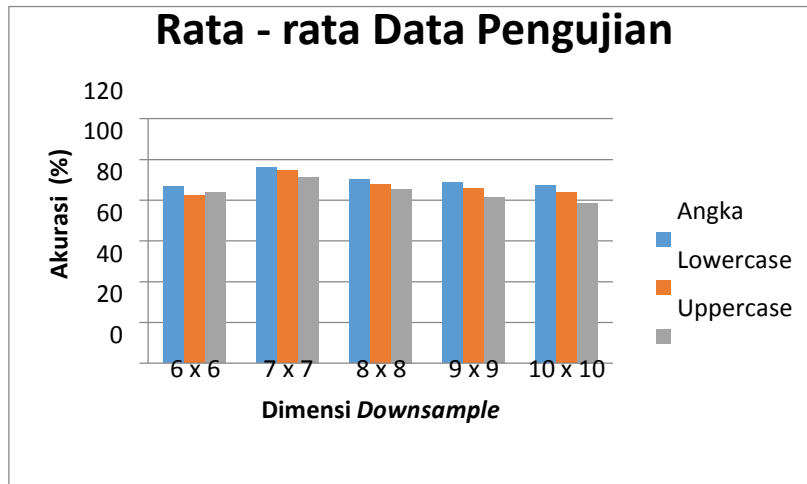
4.1.2 Akurasi Citra Tulisan Tangan Ke Teks

Pengujian dilakukan terhadap sistem yang telah dibangun, menggunakan data uji tulisan tangan penulis, untuk mengetahui tingkat akurasi dari hasil konversi citra tulisan tangan. Tingkat akurasi sistem adalah ukuran ketepatan sistem dalam mengenali masukan yang diberikan sehingga menghasilkan keluaran yang benar.

4.1.3 Hasil Pengujian Akurasi

1. Hasil Pengujian Akurasi Skenario 1

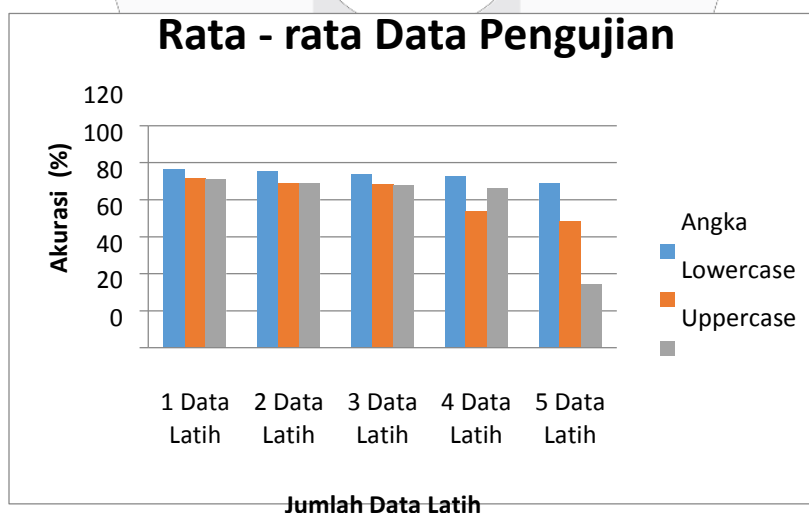
Pengujian dilakukan terhadap 50 data tulisan tangan dari masing-masing huruf dan karakter. Pengujian akan dibagi menjadi 5 percobaan dengan 10 data tulisan tangan pada masing-masing percobaan. Seluruh pengujian menggunakan 1 data latih dari masing-masing huruf dan karakter yang terdapat pada *engine*. Berikut adalah data hasil pengujian skenario 1 dengan parameter dimensi *downsample* 6x6, 7x7, 8x8, 9x9, dan 10x10.



Gambar 6. Grafik Akurasi Pengujian Dengan Parameter Dimensi *Downsample*

2. Hasil Pengujian Akurasi Skenario 2

Pengujian dilakukan terhadap 50 data tulisan tangan dari masing-masing huruf dan karakter. Pengujian akan dibagi menjadi 5 percobaan dengan 10 data tulisan tangan pada masing-masing percobaan. Seluruh pengujian menggunakan dimensi *downsample* 7x7. Berikut adalah data hasil pengujian skenario 2 dengan parameter jumlah data latih yang berbeda, yaitu 1 data latih, 2 data latih, 3 data latih, 4 data latih, dan 5 data latih.



Gambar 7. Grafik Akurasi Pengujian Dengan Parameter Data Latih

4.2 Analisis Hasil Pengujian Tingkat Akurasi

Hasil pengujian akurasi skenario 1 yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan parameter dimensi *downsample* didapatkan nilai akurasi tertinggi pada dimensi 7x7, yaitu sebesar 96.2% untuk angka, 94.69% untuk *lowercase*, dan 91.30% untuk *uppercase*. Pada pengujian skenario 1, dapat disimpulkan dimensi pada proses *downsample* mempengaruhi akurasi yang dihasilkan oleh sistem. Akurasi tertinggi didapatkan pada dimensi 7x7. Berdasarkan sumber^[15] penggunaan dimensi *downsample* merupakan *trial and error*. Jadi tidak ada batasan minimum dan maksimum untuk dimensi *downsample*. Namun, dimensi *downsample* tersebut diusahakan mempunyai nilai yang kecil. Jadi hasil pengujian akurasi dengan parameter dimensi *downsample* sudah mendekati hasil yang sesuai dengan sumber yang ada. Dimana dimensi *downsample* 7x7 yang mempunyai tingkat akurasi tertinggi dengan dimensi terkecil kedua.

Hasil pengujian akurasi skenario 2 yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pengujian dengan parameter jumlah data latih didapatkan nilai akurasi tertinggi pada jumlah 1 data latih, yaitu sebesar 96.8% untuk angka, 91.53% untuk *lowercase*, dan 91.23% untuk *uppercase*. Pada pengujian skenario 2, dapat disimpulkan jumlah data latih juga mempengaruhi akurasi yang dihasilkan oleh sistem. Akurasi tertinggi didapatkan pada jumlah 1 data latih. Hal tersebut sesuai dengan teori yang digunakan, dimana aplikasi pengenalan tulisan tangan ini menggunakan *library* eksternal *encog-core-3.1.0* dan *Cluster Copy* sebagai metode pelatihan jaringan syaraf tiruan SOM (*Self Organizing Maps*).

Pada metode *Cluster Copy* jumlah data latih yang digunakan sama dengan jumlah data pada kelas (*Cluster*) yang ada. Jumlah kelas yang terbentuk pada proses pelatihan akan sesuai dengan banyaknya jumlah angka, *lowercase*, dan *uppercase*. Dengan demikian jika jumlah data latih lebih banyak dari data kelas yang ada, maka tingkat akurasi akan mengalami penurunan.

5. PENUTUP

Dari hasil analisis terhadap pengujian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian dengan parameter dimensi *downsample* didapatkan nilai akurasi tertinggi pada dimensi 7x7, yaitu sebesar 96.2% untuk angka, 94.69% untuk *lowercase*, dan 91.30% untuk *uppercase*.
2. Hasil pengujian dengan parameter jumlah data latih didapatkan nilai akurasi tertinggi pada jumlah 1 data latih, yaitu sebesar 96.8% untuk angka, 91.53% untuk *lowercase*, dan 91.23% untuk *uppercase*.
3. Tidak ada batasan minimum dan maksimum untuk dimensi *downsample*, karena dimensi *downsample* yang digunakan merupakan *trial and error*. Namun, dimensi *downsample* tersebut diusahakan mempunyai nilai yang kecil, sehingga mendapatkan akurasi yang tinggi.
4. Penggunaan metode pelatihan mempengaruhi jumlah data latih yang dapat digunakan pada proses pelatihan. Dengan menggunakan metode *Cluster Copy* jumlah data latih yang digunakan sama dengan jumlah data pada kelas (*Cluster*) yang ada.

REFERENSI

- [1] Afrianti, Fitri. Tugas Akhir. 2009. *Implementasi Handwriting Recognition (HWR) Dengan Pendekatan Struktur Melalui Ekstraksi Ciri Vektor Dan Pengenalan Karakter Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan SOMs (Self-Organizing Maps)*. Jurusan Teknik Telekomunikasi IT Telkom.
- [2] Android [Online]. Tersedia: [http://id.wikipedia.org/wiki/Android_\(sistem_operasi\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi)) [14 Maret 2014]
- [3] Ardyansyah, Gesha. Tugas Akhir. 2013. *Konversi Gambar Teks Ke Teks Berdasarkan Hasil Pengambilan Citra Digital Berbasis Android*. Jurusan Teknik Telekomunikasi IT Telkom.
- [4] Eclipse (perangkat lunak) [Online]. Tersedia: http://id.wikipedia.org/wiki/Eclipse_perangkat_lunak [14 Maret 2014]
- [5] Hakim S, Rachmad. 2009. *Mastering Java™*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [6] Hardkernel. (2014). *Odroid XU* [Online]. Tersedia: http://hardkernel.com/main/products/prdt_info.php?g_code=G138503207322&tab_idx=2 [14 Maret 2014]
- [7] Hariyani, Yuli Sun. Tugas Akhir. 2010. *Pengenalan Plat Kendaraan Berbasis Pengolahan Citra Digital Dan Jaringan Syaraf Tiruan Self-Organizing Maps (SOM)*. Jurusan Teknik Telekomunikasi IT Telkom.
- [8] Hariyanto, Bambang. 2010. *Esensi-Esensi Bahasa Pemrograman Java*. Bandung: Penerbit Informatika.
- [9] Heaton, Jeff. 2007. *Introduction to Neural Networks with Java, 1st Edition*. St. Louis, MO, USA: Heaton Research, Inc.
- [10] Heaton, Jeff. 2011. *Programming Neural Networks with Encog 3 in Java*. St. Louis, MO, USA: Heaton Research, Inc.

- [11] Kusumadewi, Sri. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan (Menggunakan Matlab dan Excel Link)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [12] *Pengenalan Tulisan Tangan* [Online]. Tersedia: http://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan_tulisan_tangan [14 Maret 2014]
- [13] Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [14] Safaat, Nazaruddin H. 2012. *Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC berbasis Android*. Bandung: Penerbit Informatika.
- [15] *Training The Thulika Keyboard* [Online]. Tersedia: <https://sinujohn.wordpress.com/2013/01/14/training-the-thulika-keyboard/> [06 November 2014]
- [16] Wijayanto, Inung. Tugas Akhir. 2008. *Identifikasi Nomor Polisi Kendaraan Bermotor Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Self Organizing Maps (SOMs)*. Jurusan Teknik Telekomunikasi IT Telkom.

